

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE
LOS EQUIPOS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE
LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL OLEODUCTO
TRANSECUATORIANO”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización: POTENCIA

Presentada por:

Ángel Emilio Alvarado Rugel

Abelardo Javier Moreno Nicolalde

Guayaquil – Ecuador

2003

DECLARACIÓN EXPRESA

**“La Responsabilidad Por Los Hechos, Ideas Y Doctrinas Expuestos
En Esta Tesis, Me Corresponden Exclusivamente; Y El Patrimonio
Intelectual De La Misma A La Escuela Superior Politécnica Del
Litoral”**

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

ÁNGEL ALVARADO RUGEL

JAVIER MORENO NICOLALDE

AGRADECIMIENTOS

Ing. Alberto Manzur

Director de Tesis

*Por el desinteresado apoyo brindado
para la consecución de tan ansiada meta.*

Sr. Fernando Brito

Sr. Gustavo Guerrón

Ing. Herman Grunauer

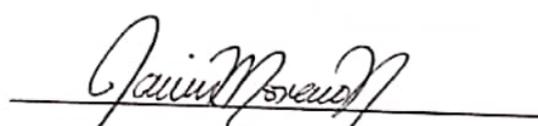
DECLARACIÓN EXPRESA

**“La Responsabilidad Por Los Hechos, Ideas Y Doctrinas Expuestos
En Esta Tesis, Me Corresponden Exclusivamente; Y El Patrimonio
Intelectual De La Misma A La Escuela Superior Politécnica Del
Litoral”**

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)



ANGEL ALVARADO RUGEL

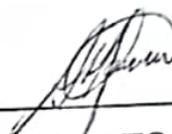


JAVIER MORENO NICOLALDE

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



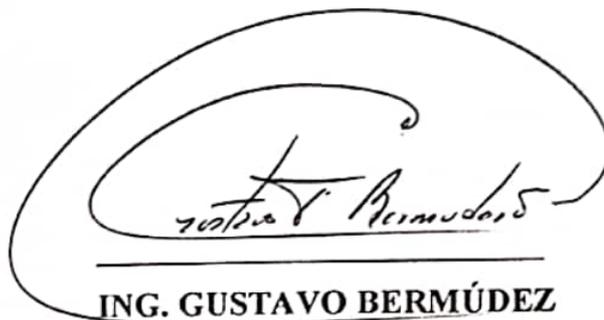
ING. NORMAN CHOOTONG
SUB-DECANO DE LA FIEC



ING. ALBERTO MANZUR
DIRECTOR DE TESIS



ING. JUAN GALLO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. GUSTAVO BERMÚDEZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A mi Mamá

A mi Abuelita

A mis Hermanos

A mi Familia

A mis Amigos

-EMILIO-

A mi familia

A mis amigos

A ella

-JAVIER-

RESUMEN

El presente trabajo de graduación tiene como objetivo realizar el análisis del montaje industrial del sistema automatizado de las estaciones de bombeo del oleoducto transecuatoriano, 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 ejecución de un proyecto de esta magnitud depende en gran medida de la correcta planificación de las actividades de campo, adecuada a sus características particulares. El trabajo se puede resumir de la siguiente manera:

El primer capítulo, presenta un bosquejo general de la industria petrolera, su importancia en el transcurso de los años en la economía nacional y una revisión histórica del sistema de oleoducto transecuatoriano SOTE. A continuación se describe 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.

Seguidamente, nos centramos en el estudio de los componentes principales de la unidad de bombeo como son: el motor de combustión, el incrementador de velocidad, la bomba, los servicios auxiliares de lubricación, refrigeración, etc.; su funcionamiento y operación. Finalmente, se definen las tomas de proceso que tienen que ser continuamente monitoreadas para el óptimo desempeño de la unidad y sus respectivos valores de operación en condiciones normales.

En el capítulo dos, se estudian los fundamentos tecnológicos y la arquitectura del sistema utilizada 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.

Se expone el estándar de la organización Fundación Fieldbus, sus características principales, el modelo de comunicaciones y los bloques fieldbus, los cuales son la base para la interoperabilidad de los dispositivos de campo. Además, se describen los criterios para utilizar la tecnología de red ethernet en la automatización de procesos industriales. Finalmente, se presentan las características básicas del sistema de control que utiliza una arquitectura abierta basada en el campo.

En el capítulo tres, se presentan las características técnicas de los equipos seleccionados. Para garantizar la seguridad, se definieron y se clasificaron 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. Se definen los requisitos exigidos para la fabricación y utilización de artefactos para las instalaciones eléctricas en ambientes clasificados como peligrosos.

La selección de los equipos de instrumentación y control que serán 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, requerimientos operacionales y normas aplicables.

En el capítulo cuatro, 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. Se analiza además, el cableado y aterrizamiento de los equipos electrónicos.

En el capítulo cinco, se plantea la gestión del montaje del proyecto en sus diferentes etapas de planificación, organización, dirección y control. Se definen 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 establecen las requisiciones logísticas de personal, mano de obra, materiales y herramientas necesarias para la correcta ejecución del montaje industrial. Se especifican los imprevistos que pueden surgir durante la etapa de construcción y una descripción de las pruebas de aceptación en sitio, las cuales se las realizan una vez terminados los trabajos con el propósito de fiscalizar el montaje, y establece los parámetros para aceptar o no aceptar la instalación.

Se realiza la asignación de recursos, tiempos y secuencias a las actividades detalladas en la planificación utilizando diagramas de barras de Gantt, y se emplea la técnica de la ruta crítica, con el propósito de conocer las actividades que limitan la duración del proyecto y observar sus respectivas holguras.

Finalmente, en base a la relación costo – tiempo se estimarán los costos del montaje del proyecto, para esto se tendrá que encontrar 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.

INDICE GENERAL

Declaración Expresa.....	ii
Agradecimientos	iii
Tribunal de Graduación.....	iv
Dedicatorias	v
Resumen.....	vi
Índice General	ix
Índice de Tablas	xiii
Índice de Figuras	xv
Índice de Anexos.....	xvi
Introducción	xvii
1. Estudio De Los Requerimientos Operacionales Del Sote.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Importancia De La Industria Petrolera En La Economía Ecuatoriana.....	2
1.3. Descripción General Del Sote.....	5
1.3.1. Descripción Histórica Del Oleoducto Transecuatoriano.....	5
1.3.2. Disposición General De Las Instalaciones Del Oleoducto	6
1.3.3. Las Estaciones De Bombeo.....	8
1.4. Operación General Del Sote	10
1.4.1. Inspecciones Previas Al Arranque De La Unidad De Bombeo	12
1.4.2. Procedimiento Para El Arranque General.....	13
1.4.3. Secuencias De Arranque De La Unidad De Bombeo	14
1.4.4. Secuencias De Parada De La Unidad De Bombeo.....	18
1.5. Procedimiento De Arranque Inicial De Las Estaciones De Bombeo.....	22
1.6. Descripción Y Operación De La Unidad De Bombeo	23
1.6.1. Descripción Y Operación Del Motor	23

1.6.2.	Descripción Y Operación Del Incrementador De Velocidad.....	27
1.6.3.	Descripción Y Operación De La Bomba Centrífuga	28
1.6.4.	Funcionamiento De La Unidad De Bombeo.....	29
1.6.5.	Definición De Las Tomas De Proceso	31
1.6.6.	Valores De Operación En Condiciones Normales	33
2.	Fundamentos De La Tecnología Utilizada En El Proyecto	36
2.1.	Introducción	36
2.2.	Redes De Comunicaciones Industriales	40
2.2.1.	Buses De Campo Existentes.....	41
2.3.	El Protocolo Fieldbus En Procesos Industriales.....	42
2.3.1.	Características Del Fieldbus Fundación.....	44
2.3.2.	Ventajas Del Fieldbus Fundación	46
2.3.3.	El Modelo De Comunicaciones Fieldbus Fundación.....	47
2.3.4.	Bloques Fieldbus Fundación	51
2.3.5.	Interoperabilidad	53
2.4.	El Protocolo TCP/IP En Procesos Industriales	53
2.5.	La Red Ethernet En Procesos Industriales	56
2.5.1.	Características Básicas De Una Red Ethernet.....	56
2.5.2.	Análisis Comparativo Entre Hub y Switch	59
2.5.3.	Criterios Para El Uso De Ethernet En Aplicaciones Industriales	60
2.6.	Principios De La Arquitectura Abierta Basada En El Campo	61
3.	Análisis Técnico De Los Equipos Seleccionados	65
3.1.	Normas Aplicables Y Estándares.....	65
3.2.	Clasificación De Áreas Peligrosas	66
3.2.1.	Áreas Peligrosas Clase I.....	67
3.2.2.	Áreas Peligrosas Clase II	68
3.2.3.	Áreas Peligrosas Clase III	70
3.2.4.	Clasificación Por Grupos Atmosféricos.....	70
3.2.5.	Clasificación De Las Áreas En La Estación De Bombeo	71
3.3.	Normas Para El Diseño Y Construcción De Equipos	73

3.3.1. Características Principales De Las Normas Nema-UL	74
3.4. Selección De Los Dispositivos De Medición Y Control	75
3.4.1. Comparación De Equipos Transmisores	78
3.4.2. Definiciones Básicas De Instrumentación	81
3.5. Especificaciones Técnicas De Los Equipos De Temperatura.....	82
3.5.1. Termocuplas	84
3.5.2. Termoresistencias RTDs	85
3.5.3. Transmisor Indicador De Temperatura	87
3.5.4. Tarjeta Transmisora De Temperatura	88
3.6. Especificaciones Técnicas De Los Equipos De Presión	89
3.6.1. Transmisor Indicador De Presión	90
3.7. Especificaciones Técnicas De Los Equipos De Flujo.....	92
3.7.1. Transmisor De Flujo	96
3.8. Especificaciones Técnicas De Los Transmisores De Vibración.....	97
3.9. Especificaciones Técnicas De Los Actuadores.....	98
3.10. Equipos Para El Control De Velocidad De La Unidad	99
3.10.1. Transmisor De Velocidad	99
3.10.2. El Grupo Actuador/Gobernador.....	101
3.10.3. Tarjeta De Control De Velocidad	104
3.10.4. La Regulación De Velocidad En La Unidad De Bombeo.....	104
4. Análisis De La Ingeniería Previo a la Ejecución del Montaje Industrial	107
4.1. Requerimientos De La Instalación Industrial.....	107
4.2. Consideraciones Para La Instalación De Segmentos Fieldbus	111
4.3. Análisis De Los Segmentos Fieldbus.....	113
4.4. Consideraciones Durante La Etapa De La Ingeniería De Diseño	115
4.4.1. Codificación De La Instrumentación	118
4.5. Análisis Integral De Las Especificaciones Técnicas Del Proyecto.....	122
4.5.1. Detalle Del Agrupamiento De Las Señales De Campo	125
4.5.2. Panel De Control Local Y Centro De Control De Motores	132
4.5.3. Tipos De Cables	133

4.5.4. Aterrizamiento Del Sistema	136
4.6. Consideraciones De Seguridad Industrial Para El Montaje	140
4.6.1. Requerimiento De Los Equipos De Protección Individual	142
5. La Gestión del Montaje Industrial del Proyecto	146
5.1. Definición Del Proyecto De Montaje.....	146
5.2. Planificación Del Montaje.....	148
5.2.1. Preparación De La Logística Del Proyecto.....	149
5.2.2. Definición De Tareas Para Ejecutar El Montaje	150
5.2.3. Aplicación De La Técnica De Diagrama De Barras De Gantt.....	156
5.2.4. Aplicación De La Técnica PERT/CPM	159
5.3. Organización del Montaje	168
5.4. Dirección y Control De Montaje.....	172
5.4.1. Imprevistos Durante La Etapa De Montaje.....	173
5.4.2. Pruebas De Aceptación En Sitio SAT.....	174
5.4.3. Procedimientos Para Las Pruebas SAT.....	175
5.5. Análisis De Los Costos Del Montaje Del Proyecto	180
5.5.1. Costos Directos	181
5.5.2. Costos Indirectos	182
5.5.3. Relación Costo – Tiempo.....	185
5.5.4. Estimación de los Costos del Montaje	190
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	194
ANEXOS	197
BIBLIOGRAFÍA	257

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1.- Tabla de Densidad del Petróleo	2
Tabla N° 1.2.- Tabla de Estaciones Reductoras del SOTE	7
Tabla N° 1.3.- Tabla de Estaciones de Bombeo del SOTE.....	8
Tabla N° 1.4.- Tabla de Puntos Fijos de Operación de las Estaciones de Bombeo ..	11
Tabla N° 1.5.- Tabla de Posición de las Válvulas en Estación Lago Agrio.....	14
Tabla N° 1.6.- Tabla de Tiempos de Asentamiento del Motor	18
Tabla N° 1.7.- Tabla de las Tomas de Proceso de la Unidad de Bombeo.....	32
Tabla N° 1.8.- Tabla de Valores de Operación de la Unidad	34
Tabla N° 1.9.- Tabla de Valores de Operación de Aceite Incrementador.....	34
Tabla N° 1.10.- Tabla de Valores de Operación Bomba	34
Tabla N° 1.11.- Tabla de Valores de Operación de Condiciones de Arranque de Unidad	35
Tabla N° 1.12.- Tabla de Valores de Operación de Presión Incrementador	35
Tabla N° 1.13.- Tabla de Valores de Operación de Presiones de Combustible	35
Tabla N° 1.14.- Tabla de Valores de Operación de Velocidad del Motor	35
Tabla N° 3.1.- Análisis comparativo entre NEMA e IEC	75
Tabla N° 4.1.- Tabla de Codificación de las Tomas de Proceso de la Unidad.....	121
Tabla N° 4.2.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-01	126
Tabla N° 4.3.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-05	128
Tabla N° 4.4.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-02	128
Tabla N° 4.5.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-03 Bloque de Borneras 1.....	129
Tabla N° 4.6.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-03 Bloque de Borneras 2.....	129
Tabla N° 4.7.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-04 Bloque de Borneras 1.....	130
Tabla N° 4.8.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-04 Bloque de Borneras 2.....	130
Tabla N° 4.9.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-07	131
Tabla N° 4.10.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-06	131

Tabla N° 4.11.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-08	132
Tabla N° 4.12.- Tabla de Moldes y Cargas Explosivas.....	140
Tabla N° 5.1.- Matriz de Secuencias	165
Tabla N° 5.2.- Cálculo de la Ruta Crítica.....	166

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1.1: Ingresos Petroleros y no Petroleros del Presupuesto General del Estado.....	4
FIGURA N° 1.2: Recorrido del Sote.....	6
FIGURA N° 1.3: Ubicación de Estaciones de Bombeo y Reductoras del SOTE	8
FIGURA N° 1.4: Unidad de Bombeo	29
FIGURA N° 1.5: Servicios Auxiliares	30
FIGURA N° 2.1: Niveles en una arquitectura tradicional de red industrial.....	37
FIGURA N° 2.2: Clasificación de redes industriales.....	38
FIGURA N° 2.3: Modelo de Comunicaciones.....	48
FIGURA N° 3.1: Regulación de Velocidad	105
FIGURA N° 4.1: Codificación de la Instrumentación	118
FIGURA N° 5.1: Actividades Predecesoras y Sucesoras.....	163
FIGURA N° 5.2: Relación de tiempos para una actividad.....	164
FIGURA N° 5.3: Ruta Crítica del Montaje.....	167
FIGURA N° 5.4: Organigrama del Montaje	171
FIGURA N° 5.5: Característica de Costo Directo de una actividad	186
FIGURA N° 5.6: Característica de Costo Directo para todo el proyecto.....	187
FIGURA N° 5.7: Característica Costo Indirecto – Tiempo	189
FIGURA N° 5.8: Costo Total de un Proyecto.....	190

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.- Diagrama de Flujo de la Estación de Bombeo Lumbaqui	197
ANEXO 2.- Despliegues del Sistema de Control	198
ANEXO 3.- Pruebas de Aceptación en Sitio SAT	204
ANEXO 4.- Tabla de la Codificación de la Instrumentación	217
ANEXO 5.- Fotos del Proyecto	218
ANEXO 6.- Proyecto “SOTE FASE II” Diagrama de Gantt del Montaje.....	225
ANEXO 7.- Proyecto “SOTE FASE II” Diagrama de Gantt de los trabajos en la Unidad de Bombeo (Máquina Parada).....	239
ANEXO 8.- Planos de Ingeniería.....	243

INTRODUCCIÓN

La tecnología fieldbus (bus de campo) es un protocolo de comunicaciones digital de alta velocidad creada para reemplazar la clásica señal analógica de 4 -20 mA, es abierta e interoperable y está llamada a convertirse en el estándar mundial para aplicaciones de automatización industrial. La arquitectura fieldbus conecta estos instrumentos digitales con computadoras, utilizando la ampliamente difundida red ethernet con protocolo TCP/IP. La finalidad es crear comunicaciones globales en todos los niveles de una planta industrial.

En el Ecuador, una de las 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.

El proyecto SOTE Fase II 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.

El éxito de un proyecto de esta magnitud depende en gran medida del desarrollo e implantación de un plan de ejecución adecuado a las características específicas del trabajo, que tome en consideración las condiciones del sitio de ejecución.

Uno de los aspectos claves para un control efectivo del proyecto es el conocimiento detallado del alcance a ejecutar y así poder identificar de manera oportuna cualquier desviación al alcance del proyecto. En tal sentido se debe realizar un análisis del alcance, especificaciones técnicas y normas que aplican en el proyecto.

De acuerdo a la experiencia adquirida en proyectos similares, previo a la fase de montaje debe presentarse un plan de ejecución detallado utilizando diagramas de barras de Gantt que muestre los recursos necesarios y el tiempo aproximado de duración de cada actividad, y gracias a la técnica de la ruta crítica se calculará la duración total del proyecto. Siendo estos puntos muy importantes para estimar los costos directos e indirectos del montaje del proyecto.

CAPITULO 1

1. ESTUDIO DE LOS REQUERIMIENTOS OPERACIONALES DEL SOTE

1.1. INTRODUCCIÓN

El petróleo es una mezcla de hidrocarburos que se caracterizan por la ausencia de oxígeno y que se presentan en los tres estados de la materia. La palabra petróleo proviene de los vocablos latinos: *petra*, que significa piedra y *oleum*, aceite. Se presenta como un líquido viscoso de color variable del negro al ámbar. Es insoluble y menos denso que el agua.

Contribuye en alto grado al progreso económico de la humanidad. El proceso de transformación del petróleo comprende la exploración, extracción, transporte, refinación y utilización del crudo.

Dos medidas muy utilizadas cuando se habla de petróleo son el barril y los grados API. El barril es una unidad de volumen equivale a 42 galones americanos, ó 159 litros. La calidad del crudo está en relación inversa a la proporción de azufre que contiene, así mientras menos azufre exista en el petróleo este será considerado más liviano y por lo que tendrá más grados API (*Instituto Americano del Petróleo*), medida de densidad del petróleo.

Tabla N° 1.1.- Tabla de Densidad del Petróleo

Aceite Crudo	Densidad (g/cm³)	Densidad grados API
Extrapesado	> 1.0	10.0
Pesado	1.0 - 0.92	10.0 - 22.3
Mediano	0.92 - 0.87	22.3 - 31.1
Ligero	0.87 - 0.83	31.1 - 39
Superligero	< 0.83	> 39

Los derivados más importantes que se obtiene de la destilación del aceite crudo son: naftas o bencinas, kerosene, gas oil y residuo o fuel oil.

Según la Agencia Internacional de Energía (AIE). El petróleo y sus derivados proveen el 57% de la energía que el mundo consume actualmente. Se estima que durante el año 2002 el mundo utilizó 76,8 millones de barriles de crudo.

1.2. IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA PETROLERA EN LA ECONOMÍA ECUATORIANA

La primera exportación de petróleo ecuatoriano se la realizó el 17 de agosto de 1972 por la cantidad de 308,283 barriles, vendidos a US\$ 2.34 por barril.

La actual estructura empresarial conocida como PETROECUADOR, creada el 26 de septiembre de 1989, en reemplazo de CEPE, tiene como objetivo la óptima utilización de los hidrocarburos, que pertenecen al patrimonio inalienable e intangible del Estado, para el desarrollo económico y social del país, de acuerdo con la política nacional de hidrocarburos, incluyendo la investigación científica, la generación y transferencia de tecnología.

La captación de divisas a través de las exportaciones es el elemento vital de la economía ecuatoriana, y la fuente más importante es la exportación de petróleo y sus derivados que en los últimos 10 años ha oscilado entre un 43 y 66% del

total de exportaciones del país y entre un 43 y 59% del presupuesto general del Estado.

La tasa de producción anual de petróleo es de aproximadamente 380 mil barriles de petróleo por día. El 86% corresponde a los 34 campos de Petroecuador y el 14% a las empresas privadas.

PETROECUADOR es la matriz ejecutiva de un grupo formado por una matriz y tres empresas filiales. A la matriz le pertenecen las gerencias de comercio internacional, oleoducto, administración, economía, finanzas, medio ambiente; y las unidades coordinadoras de las rondas de licitación petrolera y administración de contratos. Las empresas filiales de PETROECUADOR son:

PETROPRODUCCIÓN encargada de la exploración y explotación de hidrocarburos. Opera los campos hidrocarburíferos y transporta el petróleo y gas hasta los centros de almacenamiento.

PETROINDUSTRIAL encargada de transformar los hidrocarburos mediante procesos de refinación para producir derivados que satisfagan la demanda interna. Cuenta con tres centros de producción de derivados: la Refinería Estatal de Esmeraldas, el Complejo Industrial Shushufindi y la planta de La Libertad.

PETROCOMERCIAL encargada del transporte, almacenamiento, comercialización de derivados de petróleo en el territorio nacional. Dispone de una capacidad operativa de almacenamiento de 2,681,441 barriles.

La participación del petróleo en el PIB, que en 1970, presentó apenas un 0.2%, se elevó a un ritmo acelerado, hasta el 17% en 1974. Para 1979, su participación se ubica nuevamente en el 15%, cifra que se mantiene hasta los

años finales del siglo XX. Las ventas de hidrocarburos en 1997, representaron el 13% del PIB, el 75% de los ingresos corrientes del presupuesto general del estado, y el 30% en el total de las exportaciones ecuatorianas.

La industria petrolera ha contribuido a la formación bruta de capital, mediante inversiones de capital fijo, que a su vez constituyen un elemento dinámico para el crecimiento del País. Desde la década de los setenta el Ecuador se convirtió en exportador de petróleo, esta materia prima se ha convertido en el puntal de su economía. En los once últimos años representó más de la tercera parte de los ingresos del Presupuesto General del Estado. Por lo tanto, de él depende gran parte del funcionamiento del Estado y constituye el mayor generador de divisas para el país, lo cual en el actual esquema de dolarización se vuelve preponderante.

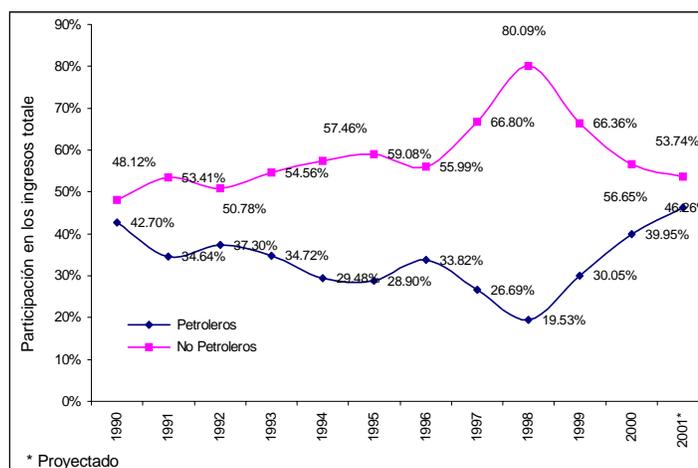


FIGURA N° 1.1. Ingresos Petroleros y no Petroleros del Presupuesto General del Estado

Para los próximos años no solo los objetivos fiscales y de comercio exterior dependen del petróleo, sino el objetivo de crecimiento económico en sí, alimentado por la inversión y la generación de empleo formal que implicará la construcción del oleoducto de crudos pesados; así como la inversión indirecta en los campos petroleros.

1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOTE

1.3.1. Descripción Histórica del Oleoducto Transecuatoriano

En Julio de 1970, se firmó el contrato de construcción del SOTE con la compañía norteamericana WILLIAM BROTHERS, contratista del consorcio TEXACO-GULF, a un costo de USD 117 millones que fue amortizado a 14 años, actualmente tiene un valor estimado de USD 600 millones. La tubería del SOTE fue diseñada, originalmente, para transportar 400 mil bpd con un API de 30°.

Desde 1972 el Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) transporta la producción de petróleo de la Amazonía desde Lago Agrio hasta Balao, provincia de Esmeraldas. Opera las 24 horas del día, los 365 días del año.

En Junio de 1972, se inauguró el SOTE para transportar 250 mil bpd de petróleo de 30° API, con 3 unidades de bombeo y una de reserva. En 1985 la capacidad de transporte original fue ampliada a 300 mil bpd, con la instalación de 1 unidad de bombeo adicional por estación.

En Octubre de 1989 PetroTransporte (llamada desde 1994, Gerencia de Oleoducto) asumió las operaciones del SOTE con personal nacional, en reemplazo de TEXACO. En 1991 se instala la sexta unidad en todas las estaciones con lo cual la capacidad del SOTE se incrementó a 325 mil bpd.

En Junio del 2000 se completó la tercera y última ampliación con la instalación de una séptima unidad en todas las estaciones de bombeo del lado oriental, cambio de las válvulas en las estaciones reductoras excepto La Palma, y la construcción de una nueva estación de bombeo

El SOTE comprende: 497.7 Km. de línea principal tanto aérea como subterránea, 6 estaciones de bombeo, 4 estaciones reductoras de presión, 3 líneas submarinas, 1 Terminal Marítimo con 2 monoboyas fuera de la costa.

Debido a que en nuestro país el oleoducto pasa por montañas y valles se colocan en lugares estratégicos estaciones que constan con sistemas de bombas para impulsar el crudo.

Las estaciones reductoras fueron diseñadas y ubicadas en sitios estratégicos del declive de la Cordillera Occidental para controlar las presiones en los tramos de tubería del oleoducto. Cuando se incrementa la presión del crudo que se encuentra en la línea occidental actúan inmediatamente los controles que gobiernan las válvulas que regulan la presión de salida de las Estaciones, impidiendo que la presión del crudo sobrepase los valores fijados.

Tabla N° 1.2.- Tabla de Estaciones Reductoras del SOTE

ESTACION	UBICACIÓN (KM)	ALTITUD (msnm)
San Juan	261.66	3497
Chiriboga	273.62	1998
La Palma	295.96	1998
Santo Domingo	295.96	566

El terminal de Balao recibe el crudo de entrada en 10 tanques con capacidad de 322 mil barriles cada uno a 183 msnm, lo que permite cargar los buques cisterna por gravedad. Existen dos monoboyas: La monoboya X de 42” de diámetro con un caudal máximo de carga de 84 mil bph; y la monoboya Y conectada a la playa por una tubería submarina de 36” de diámetro, con un caudal máximo de carga de 56 mil bph.

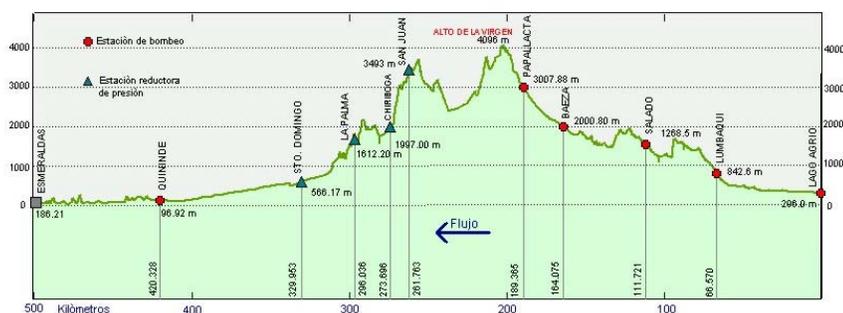


FIGURA. N° 1.3: Ubicación de Estaciones de Bombeo y Reductoras del SOTE

1.3.3. Las Estaciones de Bombeo

La estación cabecera ubicada en Lago Agrio y las 4 estaciones restantes del lado oriental: Lumbaqui, Salado, Baeza y Papallacta, cuentan en la actualidad con 7 unidades de bombeo, conectadas en paralelo, accionadas con motores de combustión, con 6 unidades en línea y 1 en espera (standby). La estación de Quinindé en el lado occidental cuenta con 3 unidades de bombeo conectadas en serie, con 2 unidades en línea y 1 en espera.

Tabla N° 1.3.- Tabla de Estaciones de Bombeo del SOTE

ESTACION	UNIDADES BOMBEO	UBICACIÓN (KM)	ALTITUD (msnm)	POTENCIA (hp)
Lago agrio	8	0.00	297	20000
Lumbaqui	7	66.57	850	17500
Salado	7	111.72	1289	12950
Baeza	7	164.08	2002	20300
Papallacta	7	189.29	3009	20300
Quinindé	3	420.25	97	12600

A continuación se enumeran los principales equipos e instalaciones que componen las estaciones de bombeo del lado oriental:

- 1 Múltiple de válvulas (manifold), para la recepción y despacho de crudo desde los campos de producción y tanques de almacenamiento hacia el SOTE y OTA y para la recirculación en la línea de succión. (sólo en Lago Agrio)
- 6 Tanques de techo flotante, de 250 mil bbl de capacidad, para almacenamiento de petróleo. (sólo en Lago Agrio)
- 3 Unidades elevadoras de presión (booster) (sólo en Lago Agrio)
- 5 Medidores principales, para fiscalizar el crudo bombeado. (sólo en Lago Agrio)
- 1 Múltiple de válvulas (trampa de salida), descarga de la estación.
- 1 Sistema de purificación, almacenamiento y entrega de crudo combustible, para motores ALCO.
- 1 Tanque de aceite lubricante para motores ALCO.
- 1 Sistema colector y separador de agua-aceite.
- 1 Sistema de aire, para arranque y herramientas neumáticas.
- 1 Sistema de inyección de químico reductor de fricción.
- 1 Sistema de generación eléctrica.
- 1 Sistema contra incendios.
- 7 Unidades de bombeo, cada una equipada con:
 - Bomba UCP (United Centrifugal Pump)
 - Incrementador de velocidad Philadelphia cuya relación es de 1: 3.64
 - Motor ALCO de 16 cilindros, de 2500 HP 1050 RPM, con:
 - Turbocargador NAPIER
 - Bomba B&A (*before & after*) para pre y postlubricación interna
 - Filtro centrífugo de aceite y portafiltros
 - Intercambiadores auxiliares de calor agua-aceite, para el motor y el incrementador de velocidad.
 - Tanque acumulador de agua del motor.

- Disipador de calor marca MARLEY, circuito abierto de refrigeración alterno del aftercooler, accionado con motor eléctrico.
- Intercambiador principal de calor agua-crudo marca WARNER
- Panel de control y sistema de monitoreo de presiones y temperaturas de agua, aceite y combustible de la unidad.
- Válvulas de compuerta para succión, descarga y recirculación de crudo de la bomba principal (UCP).

1.4. OPERACIÓN GENERAL DEL SOTE

La estación de Lago Agrio (Estación No. 1) es la cabecera de la línea principal del oleoducto y controla el sistema, conjuntamente con el Terminal de Balao.

El volumen total de los tanques de almacenamiento en Lago Agrio debe ser medido con el objeto de mantener los registros de crudo recibido y bombeado.

Para el almacenamiento del crudo que será transportado por el oleoducto hasta el Terminal Marítimo de Balao, en Lago Agrio existen seis tanques de 250 mil barriles de capacidad cada uno; son de techo flotante por razones de seguridad ya que, al estar la tapa (techo) en contacto directo con el líquido combustible, evita la evaporación y acumulación de gases inflamables en el interior del tanque, reduciendo a un mínimo los riesgos de incendio. Antes de poner en funcionamiento el oleoducto, deberá comprobarse el correcto funcionamiento de los sistemas auxiliares.

Criterios básicos para la Operación del Oleoducto:

1. Se operará con una unidad solamente para arranque o parada del oleoducto.
2. En ningún caso la velocidad de los motores ALCO excederá las 1030 rpm.
3. Los puntos fijos de operación están sujetos a revisión, dependiendo de las características del crudo y las condiciones de temperatura.

Puntos Fijos de Operación

Tabla N° 1.4.- Tabla de Puntos Fijos de Operación de las Estaciones de Bombeo

ESTACIONES	UNIDADES	FLUJO	PRESION		VELOCIDAD	%
			SUCCION	DESCARGA	MOTOR	
		B.P.H.	P.S.I.	P.S.I.	R.P.M.	CARGA
L. AGRIO	6	14800	120	1506	1030	90
	5	14300	120	1464	1030	92
	4	13800	120	1290	1020	95
	3	10700	120	1240	1010	96
	2	7500	120	1000	985	96
	1	3500	120	975	950	96
LUMBAQUI	6	14800	100	1520	1030	90
	5	14300	110	1370	1030	92
	4	13800	125	1330	1020	95
	3	10700	160	1255	1010	96
	2	7500	200	1155	985	96
	1	3500	240	1130	950	96
SALADO	6	14800	470	1640	1030	90
	5	14300	480	1390	1030	92
	4	13800	480	1360	1020	95
	3	10700	500	1290	1010	96
	2	7500	555	1170	985	96
	1	3500	580	1140	950	96
BAEZA	6	16500	100	1770	1030	90
	5	14300	100	1420	1030	92
	4	13800	120	1380	1020	95
	3	10700	150	1380	1010	96
	2	7500	175	1370	985	96
	1	3500	200	1360	950	96
PAPALLACTA	6	16500	100	1770	1030	90
	5	14300	100	1420	1030	92
	4	13800	100	1380	1020	95
	3	10700	100	1380	1010	96
	2	7500	115	1370	985	96
	1	3500	130	1360	950	96
QUININDE	2	16500	100	1030	900	94
	1	15800	240	980	900	97
	L. AGRIO	LUMBAQUI	SALADO	BAEZA	PAPALLACTA	QUININDE
IMPELLER	12 13/16"	12 13/16"	12 13/16"	12 13/16"	12 13/16"	16,67"
ETAPAS	5	5	4	6	6	1

1.4.1. Inspecciones Previas al Arranque de la Unidad de Bombeo.

Inspección de los Motores ALCO

Se debe hacer un chequeo visual, para ver si existen fugas en acoples, cañerías y mangueras de combustible, aceite, pernos o cables sueltos. Revisar el nivel del agua de enfriamiento del acumulador. Chequear el nivel de aceite en la caja del cigüeñal (cárter), y el tanque de suministro de aceite para los motores ALCO.

Además, se debe comprobar que en los tanques acumuladores de aire la presión sea adecuada para el arranque (150 psi). Se debe asegurar que el sistema de combustible mantenga un nivel adecuado en los tanques de almacenamiento (500 bbl) y una presión de 30 psi en las dos bombas, una de las cuales debe estar prendida. Luego de lo cual se deberán prender los calentadores de combustible y drenar la línea principal de distribución de combustible de los motores ALCO, ubicada en las trincheras de la sala de máquinas.

Inspección del Incrementador

Chequear el nivel de aceite en la caja del incrementador, verificar que las válvulas del sistema de refrigeración y de aceite, estén abiertas. El interruptor de la bomba prelubricadora, debe estar en posición de operación automático.

Verificar que la temperatura de las chumaceras del incrementador no sobrepase los 198 °F. Si la temperatura en los puntos antes mencionados no se encuentra en los valores indicados, la unidad no podrá arrancar y se deberá esperar el tiempo que sea necesario hasta que las temperaturas se normalicen.

Inspección de la Bomba

Se debe verificar que no haya fugas excesivas por los sellos del eje de la bomba. Verificar que las válvulas para venteo y las de drenaje, estén cerradas. Revisar el sumidero (cajetín) de la bomba, comprobar que el orificio del neplo de seguridad esté limpio y en su lugar.

Verificar que la temperatura de las chumaceras de la bomba no sobrepase los 198 °F, y que la temperatura de la carcasa superior e inferior de la bomba no sobrepase los 150 °F, además que la temperatura del crudo a ser bombeado no exceda los 135 °F en la línea de descarga. Si la temperatura en los puntos antes mencionados no se encuentran en los valores indicados, la unidad no podrá arrancar y se deberá esperar el tiempo que sea necesario hasta que las temperaturas se normalicen.

1.4.2. Procedimiento para el Arranque General

Para el arranque general del oleoducto debe chequearse en la Estación Lago Agrio, antes de poner en marcha las unidades de bombeo de la estación y luego de haber efectuado los chequeos preliminares, todas las válvulas de la estación deben estar alineadas en sus correctas posiciones para el funcionamiento.

En condiciones normales de operación, la correcta alineación de las válvulas es la siguiente: el múltiple de válvulas, debe operarse de tal forma que las líneas de flujo de los campos estén abiertas a los tanques que están recibiendo y el tanque destinado para despachar se halle separado de las líneas de producción de petróleo.

Tabla N° 1.5.- Tabla de Posición de las Válvulas en Estación Lago Agrio

Válvula	Posición
Local del Tanque	Abierta
Succión de la bomba impulsora (Booster)	Abierta
Succión de la estación y despacho del tanque	Abierta
Descarga de la bomba impulsora (Booster)	Abierta
Entrada de la línea de Petroproducción	Abierta
Descarga de la estación	Abierta
Despacho del raspador	Cerrada
Línea para impulsar el raspador	Cerrada
Suministro de combustible a los motores ALCO	Abierta
Circulación del Booster	Entreabierta

El proceso de recirculación (bypass) únicamente es necesario para evitar temperaturas altas en la carcasa de la bomba, mientras se pone en línea la primera unidad de la línea principal. La bomba reforzadora puede funcionar a velocidad normal con el sistema cerrado durante períodos que no excedan de 5 minutos, evitando así el sobrecalentamiento de la bomba.

Luego de verificar que las válvulas estén alineadas correctamente, se debe arrancar la bomba reforzadora hasta que alcance la velocidad de vacío (1,200 rpm), después de que las presiones y temperaturas de la máquina estén en condiciones normales, se pasa a velocidad de carga (1,800 rpm).

1.4.3. Secuencias de Arranque de la Unidad de Bombeo

Las unidades de la línea principal, normalmente se ponen en marcha desde la sala de máquinas de la estación. Antes de arrancar una unidad, las válvulas de succión y de by-pass deben estar totalmente abiertas.

El arranque y puesta en marcha de una unidad de bombeo, se efectúa en forma secuencial siguiendo los pasos que se describirán más adelante. El sistema de control está evaluando permanentemente que todas las

acciones ordenadas se lleven a cabo, en caso de que no se cumpla una orden dada dentro de la secuencia, no se podrá ejecutar la siguiente acción y la secuencia se irá a estado de falla teniéndose que reiniciar el arranque. En líneas generales la secuencia es como sigue:

- Condiciones previas al arranque.
- Arranque y puesta en operación a mínima velocidad (Relanti).
- Rampa de aceleración y puesta en línea de la unidad.

Condiciones previas al Arranque

Previo al arranque de la unidad de bombeo se debe verificar que el dispositivo de seguridad para protección del volante esté habilitado. Se procede a abrir las válvulas de succión y by-pass, a la vez que se cierra la válvula de descarga.

En el mismo momento en que la unidad recibe energía eléctrica para la respectiva alineación de válvulas: Se pone en marcha la bomba B&A de aceite y agua del motor ALCO, se pone en marcha la bomba prelubricadora del incrementador y se enciende la bomba de agua y ventilador del sistema Marley.

El funcionamiento de estas 2 bombas eléctricas es de importancia ya que son las que mantienen las presiones mínimas necesarias para poder arrancar el motor. La bomba B&A debe alcanzar 2 psi en el cárter, la bomba prelubricadora 8 psi en el incrementador, el acumulador de agua 4.6 psi en las chaquetas; todas estas presiones permitirán que la válvula de aire de el paso necesario para el arranque de 90 psi. Se abre la Válvula Solenoide de paso de combustible

Para poder realizar todo esto, se bloquean las alarmas “bajo-bajo” (Lo-Lo) para las señales de los transmisores de presión de aceite del motor y del incrementador, y de presión de agua del acumulador; se bloquean las señales “alto-alto” (Hi-Hi) para las señales de los transmisores de vibración de la bomba y del motor de la unidad de bombeo.

Se fijan las alarmas “bajo-bajo” para las señales de los transmisores de presión de aceite del motor (1 psi), transmisor de presión de aceite del incrementador (8 psi) y transmisor de presión de agua del acumulador (4.6 psi). Si los valores provenientes del campo superan estos niveles, entonces se acciona la válvula solenoide de paso de aire y de combustible, en espera del accionamiento de la válvula neumática de arranque.

Arranque y Puesta en Operación a Mínima Velocidad

En la sala de máquinas, en la unidad que va a arrancar, se debe presionar el botón de paso de aire al motor de arranque neumático. Se chequea que la presión del aceite del incrementador exceda los 45 psi.

Se verifica que la presión del agua de la chaqueta exceda los 14 psi, con lo cual se activará la señal del horómetro que contabiliza el tiempo que ha permanecido encendida la unidad de bombeo, esto es de suma importancia para el control del mantenimiento de la unidad.

Si la velocidad del motor de la unidad alcanza los 670 RPM aproximadamente como mínima velocidad, permanecerá en régimen estacionario, es decir en mínima velocidad (Relanti), y se realiza la siguiente secuencia: Se cierra la válvula de paso de aire, se activan las alarmas de operación seteadas por la lista de disparos, se enciende el

extractor de gases y se pone en marcha el temporizador de la unidad, con tiempo de 190 seg. que pueden ser reseteados.

Rampa de Aceleración y Puesta en Línea de la Unidad

El motor funcionará en vacío (Relanti) 190 seg., hasta que las temperaturas sean las adecuadas, luego de lo cual se procederá con la siguiente secuencia:

- Se enviará la orden para la apertura de la válvula de descarga de la unidad de bombeo
- Cuando la válvula de descarga alcanza el 50% de apertura (aproximadamente 30 segundos), se da la orden para el cierre de la válvula de by-pass. Además, se activa el regulador del motor (Actuador) y el extractor de gases de la unidad, se apagan la bomba B&A y la prelubricadora del incrementador.
- Se inicia la rampa para el incremento de velocidad de la unidad. Esta rampa aumenta la velocidad del motor desde su velocidad mínima (670 RPM) hasta la velocidad de operación de las unidades (1030 RPM), en 30 segundos aproximadamente. Al final de la rampa el Control General de la estación toma la potestad de la unidad.

Asentamiento del Motor

El cambio del motor de una unidad de bombeo se lo realiza cada 15,000 horas de funcionamiento, para lo cual después de realizado se procede al asentamiento del motor por lo que se lo tiene que hacer

funcionar sin carga, es decir, se desacopla el matrimonio entre el incrementador y la bomba.

Tabla N° 1.6.- Tabla de Tiempos de Asentamiento del Motor

RPM (motor)	Tiempo
670	30 min
800	30 min
900	1 hora
1000	1 hora

Se controla que la temperatura del agua sea 175°F, solo se alimenta agua por el acumulador, se toman datos cada 15 min durante todo el proceso y se deja enfriar la unidad por dos horas para luego acoplar el matrimonio y se poner a funcionar la unidad.

1.4.4. Secuencias de Parada de la Unidad de Bombeo

Si se requiere suspender la operación de la unidad de la línea principal, mientras se deja en funcionamiento una o más unidades, o para apagar todas las unidades en línea, deberá realizarse en coordinación con todas las estaciones. De igual forma que en el arranque de las unidades, existe una secuencia de pasos a seguir para la parada de cualquier unidad de bombeo de la estación:

- Rampa de desaceleración y puesta en operación a mínima velocidad
- Operación a mínima velocidad y apagado de la unidad de bombeo.

Rampa de desaceleración y puesta en operación a mínima velocidad

Al dar la orden de paro, el contador de tiempo de la secuencia de parada es energizado; la operación de parada no se completará mientras no transcurran los 5 minutos que dura la secuencia de válvulas. Las válvulas se alinean para un nuevo arranque: se abre la válvula de by-pass (30 segundos) y se cierra la válvula de descarga (1 minuto).

Desde el valor actual de velocidad, se inicia la rampa de desaceleración cuando la rampa finaliza (aproximadamente 30 segundos), la unidad se encuentra en operación de mínima velocidad. Al perder la presión de aceite del motor y el incrementador, se energizan las bombas B&A y de prelubricación del incrementador, a la vez que se retira la unidad del control principal. Mientras no finalice la operación del temporizador de 190 seg. no se podrá poner la unidad de bombeo en línea nuevamente.

Al finalizar la operación del temporizador por 190 seg., se ejecutarán las siguientes acciones: Se retira el suministro de 24 Vdc hacia el actuador. Se cierra la válvula solenoide de paso de combustible. El sistema ordena el cierre de la válvula de by-pass y de succión, a la vez que se mantiene cerrada la válvula de descarga. Se desenergiza el motor y el ventilador del aftercooler y del Marley, el extractor de gases. Al transcurrir 10 minutos se apagará la bomba B&A.

En la eventualidad de que sea necesario parar todas las unidades en operación, al dar la orden de paro general se paralizan inmediatamente todas las unidades de bombeo siguiendo la secuencia normal de paro.

Parada de emergencia

La parada de emergencia se utilizará únicamente en casos de incendio o rotura del tubo. Al dar la señal de paro de emergencia se activa el contador de tiempo por 50s, durante este lapso el botón de reposición no afectará el sistema. Se energizan dos relés en redundancia, que accionarán lo siguiente:

Se enciende la sirena general de alarma de la estación. Apaga los motores de las unidades principales de bombeo, cierra las válvulas de succión, descarga y by-pass de todas las unidades principales y de la estación (excepto la de succión en la estación Lago Agrio), apaga la bomba principal de combustible para los motores Alco.

Cierra las válvulas de despacho de los tanques de almacenamiento de 250000 bbl en Lago Agrio, apaga los motores de las bombas booster de Lago Agrio, la centrifugadora de combustible y los calentadores de crudo, cierra la válvula de suministro de combustible. Las bombas B&A y las prelubricadoras de los incrementadores, se mantendrán por 10 min. en funcionamiento.

Para reiniciar el bombeo, luego de superada la emergencia o la comprobación del sistema, será indispensable esperar el minuto que dura la secuencia. Presionar el botón de la reposición, abrir localmente la válvula del suministro de combustible desde los tanques a los motores, alinear normalmente las válvulas de la estación, cumplir con los chequeos y las comprobaciones previas al reinicio de operaciones.

Parada por rotura de la tubería

Cuando por situaciones emergentes el oleoducto tenga que suspender el bombeo, la Superintendencia de Operaciones será la responsable de coordinar este operativo desde Lago Agrio hasta las válvulas de entrada a Balao, de acuerdo al siguiente procedimiento:

Cuando la rotura ocurra en el lado Oriental, la estación que se apague por pérdida brusca de succión pedirá a la estación anterior y a Lago Agrio que ejecute inmediatamente el procedimiento de “parada de motores” y cerrará la válvula de succión de la estación y la estación anterior cerrará la válvula de descarga.

Cuando la emergencia ocurra en el lado Occidental, la estación que detecte la emergencia comunicará a Lago Agrio, la misma que ordenará la parada de motores de forma inmediata a todas las estaciones de bombeo; luego de verificar que esta disposición se haya cumplido, ordenará cerrar la válvula de entrada de la estación de San Juan, cerrada ésta, se cerrará la válvula de entrada de Chiriboga y así sucesivamente hasta la estación que reportó la emergencia.

Personal de las estaciones anterior y posterior al sitio de la rotura verificarán el lugar exacto y las condiciones y reportará por radio móvil a Lago Agrio.

Parada por paro programado

Si la parada es por reparación programada de la tubería que implique corte en el lado oriental, la estación Lago Agrio dispondrá parar las estaciones de bombeo del lado oriental por baja succión y apagar la

estación Quinindé, luego ordenará el cierre de la válvula de descarga de la estación anterior y de la válvula de succión de la estación posterior al sitio de la reparación.

Si la parada es por reparación programada de la tubería que implique corte, en el lado occidental, la estación Lago Agrio dispondrá parar las estaciones de bombeo del lado oriental por baja succión y apagar la estación Quinindé, luego ordenará cerrar la válvula de entrada a la estación de San Juan, luego la de Chiriboga y así sucesivamente hasta llegar a la estación anterior al tramo donde se vaya a realizar la reparación.

Si es que el trabajo programado o emergente de la tubería implica cerrar las válvulas seccionadoras de la línea principal, la Superintendencia de operaciones coordinará con las otras superintendencias su cierre y terminados los trabajos el reinicio de las operaciones.

1.5. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE INICIAL DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

Después de haber completado los chequeos preliminares de arranque y verificar la alineación de las válvulas de la estación, el operador debe comunicar a Lago Agrio el número de unidades de bombeo que están disponibles para la operación. El programa de bombeo es comunicado desde Lago Agrio a todo el SOTE e iniciará el bombeo con la primera unidad. El operador de Lumbaqui pedirá a Lago Agrio que pare la unidad, cuando la presión de succión de la estación haya superado ligeramente el límite de baja succión de la estación (70 psi), para proceder a evacuar el aire entrampado en las cámaras interiores de las bombas principales. Luego pedirá a Lago Agrio que se reinicie la operación.

Cuando Lumbaqui esté en línea con la primera unidad, comunicará al Salado. El operador del Salado, cuando la presión de succión haya superado las 480 psi, podrá prender la primera unidad y comunicar a Baeza. En Salado normalmente la presión estática de la succión es alta y no se da el caso de que en las bombas principales se baje a cero la presión. No será pues necesario drenar las bombas cuando se para el oleoducto. En muchas ocasiones se debe igualar la presión de descarga a la de succión (abrir manualmente cualquier válvula de descarga de una unidad) pues, siendo mayor la presión en un lado de la compuerta de la válvula de descarga de una unidad, el operador eléctrico de la válvula no podrá abrir y se producirán daños de consideración en su mecanismo.

Cuando la presión de succión de la estación de Baeza llegue a los 60 psi, pedirá a Lago Agrio que paren de bombear las Estaciones anteriores y procederá con el drenado de las bombas principales. En la estación de Papallacta de igual forma, cuando la presión de succión llegue a 40 psi, se pedirá la suspensión del bombeo para el drenado de las bombas principales, después de lo cual se reiniciará el bombeo desde Lago Agrio; cada estación ordenadamente irá entrando en línea, desde la primera unidad hasta cuantas unidades se requieran conforme disponga Lago Agrio.

Se considera prendido o en operación el sistema de Oleoducto desde el momento en que la estación de Lago Agrio empieza a bombear y se registra el paso del crudo por los medidores principales.

1.6. DESCRIPCIÓN Y OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE BOMBEO

1.6.1. Descripción y Operación del Motor

Las unidades ALCO poseen 16 cilindros en las estaciones Lago Agrio y Lumbaqui, 12 cilindros Salado y 18 cilindros en Baeza y Papallacta.

Son motores de combustión interna de cuatro tiempos con turbocargador, diseñado con cámaras de combustión abiertas y un sistema de inyección de combustible. Cuentan con un actuador eléctrico que realiza la regulación automática de velocidad.

Cada cilindro requiere dos revoluciones de cuatro ciclos del pistón para completar un ciclo de trabajo. Un ciclo de trabajo completo del pistón es como sigue: El aire ingresa al cilindro luego, el aire es comprimido por acción del pistón, produciendo un incremento en su temperatura. Justo antes del ciclo de compresión, se inyecta combustible dentro del cilindro donde se inicia la ignición debido al calor del aire comprimido. La combustión resultante incrementa la presión del cilindro y esta presión del gas fuerza el accionamiento del pistón y por último los gases de la combustión son expulsados mediante conductos ascendentes.

A continuación se describen las partes con que cuenta el motor:

Base motor.- La base del motor es una estructura de acero soldado que proporciona una superficie de montaje para el bloque de cilindros, bomba de aceite lubricante, bomba de agua y cuatro soportes de montaje del motor, además actúa como reservorio para el aceite lubricante. Desde los costados de la base se tiene acceso al cigüeñal, bielas y cojinetes; para inspeccionar las líneas de aceite, pistones y líneas de cilindros.

Válvula de alivio de aire manifold.- La válvula de alivio de presión de aire de manifold libera la presión de aire excesiva sobre un valor predeterminado. La válvula responde a cambios de carga con gran sensibilidad y exactitud. Consta de una válvula piloto que interactúa

con la válvula principal de acuerdo a los valores seteados que pueden ser aumentados o disminuidos mediante un tornillo de ajuste.

Bloque de cilindros.- El bloque de cilindros está construido de acero soldado y contiene los componentes principales del motor: como son el cigüeñal, árbol de levas, bielas y pistones, rodamientos, cilindros, cabezotes, el cárter, distribuidor de combustible y el actuador. Además proporciona superficie de montaje para el soporte del turbocargador, múltiple de escape, y tomas de aire.

Cigüeñal.- El cigüeñal está fabricado en una sola pieza de aleación de acero forjado. Con sus chumaceras principales maquinadas para permitir el giro del árbol principal. El cigüeñal forma parte integral del sistema de lubricación del motor un flujo continuo de aceite desde la base del motor hacia todas las chumaceras y rodamientos a través de los pasajes perforados de los árboles hacia las bielas.

Aftercooler.- El motor está equipado con un aftercooler agua – aire, el cual consiste de una serie de tubos montados en la entrada de aire del soporte del turbocargador. Su propósito es enfriar el aire de entrada del motor después de que este es descargado desde el turbocargador.

El agua fluye desde la descarga de la bomba de agua hacia los radiadores. Luego es conducida hacia la conexión de entrada de agua ubicada debajo de la cubierta del aftercooler, fluye a través del aftercooler y sale por una tubería ubicada sobre la cubierta hacia la succión de la bomba de agua del motor.

Turbocargador.- La función de un turbocargador es utilizar la energía de los gases de combustión del motor (los cuales de otra manera serían

desperdiciados) para accionar una turbina y un compresor. El compresor incrementa la presión y la densidad de la carga en el cilindro del motor, de este modo se logra incrementar la potencia del motor.

El principio del turbocargador ha sido mostrado como el más exitoso método para reducción de costos, condiciones de peso y espacio en este tipo de motores, y es reconocido como un método confiable para optimizar su desempeño, eficiencia y consumo de combustible. El turbocargador consiste en una turbina de motor y un compresor simple axial del aire centrífugo conectado por un eje rotativo soportado en cojinetes internos.

Los gases descargados desde los cilindros del motor entran a la turbina y son acelerados por medio de una boquilla hacia los álabes de la turbina, donde los gases hacen rotar el eje. Los gases luego pasan por la turbina de salida hacia una tubería de expulsión a la atmósfera. El aire requerido por el motor es conducido por medio de un filtro de aire y comprimido por un impulsador y un difusor dentro de la carcasa del compresor. El aire es luego forzado dentro de la cámara de combustión del motor.

Bomba de aceite lubricante.- La bomba de circulación de aceite lubricante es del tipo de engranajes de desplazamiento positivo. Está montado en el lado libre de la base del motor y es accionado por una caja de extensión. Una válvula de alivio de presión proporciona protección a la bomba de presiones excesivas.

Bomba de agua.- La bomba de circulación de agua de enfriamiento está localizada sobre el lado libre del motor y es accionada por la caja de extensión del cigüeñal. El alojamiento de los cojinetes de la bomba

está conectado al motor a través de una conexión bridada y las tuberías de succión y descarga están conectadas directamente a las bridas de succión y descarga de la bomba. Cuenta con un sello mecánico para eliminar los empaques y sus problemas inherentes de mantenimiento.

1.6.2. Descripción y Operación del Incrementador de Velocidad

El incrementador acopla mecánicamente el eje de rotación del motor de combustión con el eje de rotación de la bomba centrífuga, utilizando para ello ruedas dentadas que transfieren la energía mecánica desarrollada por el motor, entregando el trabajo necesario para elevar la presión del crudo que fluye por el oleoducto. La unidad de engranajes de alta velocidad es una máquina robusta de alta calidad, diseñada en concordancia con los estándares de la Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes.

La relación del incrementador es de 1 a 3.64, con lo cual se logra elevar la velocidad de giro de 1,030 RPM, y hacer que la bomba gire a 3,750 RPM, a través de un juego de piñones con lo que se aumenta la presión del crudo que es enviado a la trampa de salida desde donde se dirige hacia la siguiente estación.

Consta de un alojamiento, rodamientos, dos levas con piñones incorporados dentados oblicuamente y colocados en direcciones contrapuestas. Las partes rotativas del incrementador están sumergidas en aceite en un alojamiento sellado. La lubricación de las partes internas del incrementador de velocidad es suministrada por un sistema de lubricación a presión desde la bomba prelubricadora.

1.6.3. Descripción y Operación de la Bomba Centrífuga

La bomba centrífuga es ampliamente utilizada en la industria química y petrolera, debido a que puede bombear líquidos con un rango de propiedades muy extenso incluso con un alto contenido de sólidos en suspensión. Puede acoplarse directamente a un motor eléctrico o a un motor de combustión interna.

El fluido es alimentado hacia el centro del impulsor rotatorio y es expulsado por la acción centrífuga. Como resultado de la alta velocidad de rotación el líquido adquiere una energía cinética elevada y la diferencia de presión entre la succión y la descarga de la bomba se debe a la conversión de la energía cinética en energía de presión.

El impulsor consiste en una serie de aspas encorvadas dispuestas de tal forma que el flujo dentro de la bomba sea lo más parejo posible. El líquido ingresa a la bomba, normalmente en dirección axial, y es recogido por las aspas del impulsor. Mientras mayor sea el número de aspas en el impulsor, mejor es el control de la dirección de movimiento del líquido y menores las pérdidas debido a la turbulencia.

La succión de la bomba recibe el crudo proveniente del intercambiador de calor en valores que van de los 100 a los 240 psi dependiendo de la estación y del número de unidades en funcionamiento, con excepción de la estación Salado que por su ubicación geográfica recibe el crudo a presiones que van de 470 a los 580 psi. La bomba centrífuga eleva la presión del crudo a valores que circundan los 1,500 psi en Lago Agrio, Lumbaqui y Salado; en Papallacta, donde el crudo bombeado debe vencer el Alto de La Virgen (4,096m), la presión de descarga alcanza los 1,770 PSI.

1.6.4. Funcionamiento de la Unidad de Bombeo

El crudo proveniente de la trampa de entrada de la estación pasa por el strainer en donde esta una malla que impide que pasen objetos extraños a las máquinas y en donde se separa la parafina del petróleo, luego se dirige el crudo hacia los intercambiadores de calor de las unidades de bombeo, cabe recalcar que todas las unidades están colocadas en paralelo.

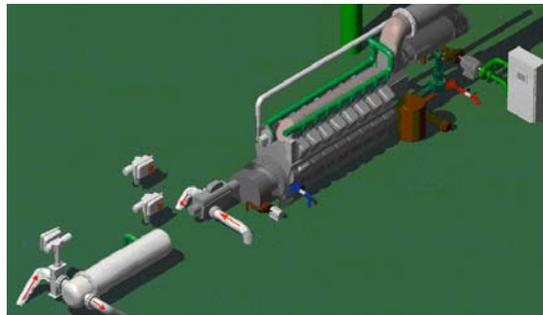


FIGURA. N° 1.4: Unidad de Bombeo

En condiciones normales de operación el motor gira a 1030 RPM, el incrementador de velocidad (relación 1:3.64) está conectado entre el motor y la bomba, éste a través de un juego de piñones incrementa la velocidad en la bomba con lo que se aumenta la presión del crudo que es enviado a la trampa de salida desde donde se dirige a la siguiente estación, en la trampa de salida se encuentra ubicado la bomba que inyecta químico reductor al petróleo con el propósito de que fluya de una mejor manera.

Los equipos auxiliares de las unidades como la bomba Prelubricadora, la B&A y el extractor de gases, permiten la lubricación de las partes móviles de toda la unidad y mantienen las temperaturas de la misma a un nivel adecuado. Los arrancadores de estos motores están ubicados en el cuarto de control en el MCC (Centro de Control de Motores).

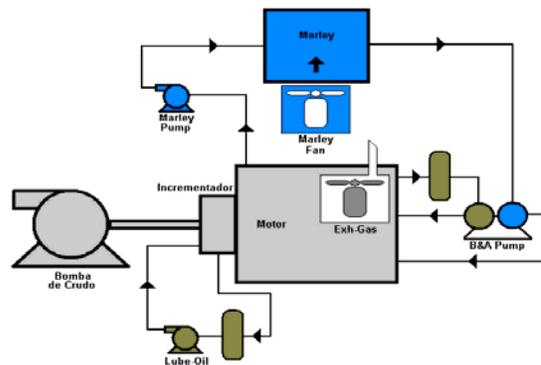


FIGURA. N° 1.5: Servicios Auxiliares

La unidad ALCO es un motor de combustión interna, en cuyos cilindros se producen altas temperaturas durante la operación normal. Para su operación el crudo pasa por unas rejillas que impide que pasen cuerpo extraños al motor y es centrifugado, por lo que el crudo que se utiliza es de 33.3°API a 60°F.

El sistema Marley está instalado en cada uno de los motores de las estaciones de Lago Agrio, Lumbaqui y Salado. En Papallacta y Baeza utilizan AirCooler. Este sistema no sustituye al sistema original que es el aftercooler, sino que se complementan. Ya que enfría el agua que circula por el aftercooler, produciéndose intercambio de calor, el aire que se dirige a los cilindros se enfría y el agua que sale del aftercooler se calienta. Con esto el motor tiende a bajar la temperatura en los cabezotes y en el interior del turbo.

Los gases producidos por el motor ALCO son enviados al ambiente por un escape, para la expulsión de los mismos se utiliza un motor que es el del extractor de gases.

Antes de arrancar la unidad, se pone en funcionamiento la bomba B&A, que hace circular agua y aceite con el propósito de mantener las

presiones óptimas para el arranque. Una vez arrancado el motor, el agua que sale de las chaquetas va hacia el intercambiador de calor de aceite, recogiendo el calor del aceite y se dirige al intercambiador exterior, donde entrega el calor recogido, y finalmente cierra el ciclo regresando a las chaquetas del motor.

1.6.5. Definición de las Tomas de Proceso

Utilizando como base fundamental, los criterios de la operación general del oleoducto transecuatoriano y el de la unidad de bombeo en particular, es necesario proceder ahora con la definición de cada una de las tomas de proceso y el tipo que se proporcionará al sistema de control.

En la mayoría de procesos industriales es necesario controlar y mantener entre ciertos rangos varias magnitudes, tales como la presión, caudal, nivel, temperatura, velocidad, etc. Los instrumentos de medición se encargan de regular estas constantes en las condiciones más idóneas para el proceso. De lo estudiado anteriormente, se desprende que los principales puntos críticos para la correcta operación de las unidades de bombeo, se pueden listar de la siguiente manera;

- Motor de combustión interna
- Bomba centrífuga principal
- Incrementador de velocidad
- Intercambiador de calor agua/crudo
- Actuadores eléctricos para las válvulas de succión, descarga y bypass.
- Motor y bomba para prelubricación (aceite) de incrementador
- Motor y bomba para prelubricación (aceite) del motor

- Extractor de gases
- Enfriadores por aire: bomba y ventilador del sistema de enfriamiento de agua del motor
- Enfriadores por agua (Marley): bomba, motor y ventilador de sistema de enfriamiento del aire que ingresa al aftercooler.

En cada uno de los puntos definidos, deben medirse las variables correspondientes, según el siguiente detalle:

Tabla N° 1.7.- Tabla de las Tomas de Proceso de la Unidad de Bombeo

SERVICIO	UBICACIÓN
Flujo de Crudo	Intercambiador
Válvula Succión	Intercambiador
Válvula Descarga	Bomba
Válvula By-Pass	Bomba
Sensor de Velocidad	Turbo
Sensor de Velocidad	Motor
Sensor de Vibración	Bomba
Sensor de Vibración	Motor
Actuador/Gobernador	Motor
Nivel de fuga de Crudo	Bomba
Sobre Velocidad	Motor
Proximidad del volante	Motor
Válvula Solenoide Aire	Motor
Válvula Solenoide Combustible	Motor
Temperatura Chumaceras	Bomba
Temperatura Chumaceras	Incrementador
Temperatura Cabezotes	Motor
Termocupla Salida de Gases	Turbo
Temperatura Descarga Crudo	Bomba
Temperatura Succión Crudo	Bomba
Temperatura Salida Agua	Intercambiador
Temperatura Entrada Crudo	Intercambiador
Temperatura Entrada Agua	Marley
Temperatura Salida Aceite	Motor
Temperatura Salida Chaqueta	Motor
Temperatura Salida Aire	After-Cooler
Temperatura Entrada Aire	After-Cooler
Presión Diferencial Crudo	Intercambiador
Presión Entrada Agua	Intercambiador
Presión Salida Agua	Intercambiador

Presión Succión	Bomba
Presión Descarga	Bomba
Presión Aceite	Incrementador
Presión Aire manifold	Motor
Presión Combustible	Motor
Presión Aceite	Motor
Presión Aire Arranque	Motor
Presión Chaqueta Agua	Motor
Presión Agua Acumulador	Motor
Presión Aceite	Turbo

Adicionalmente en cada estación de bombeo se encuentran instalados equipos que supervisan y controlan los siguientes parámetros:

- Presión de succión de la estación
- Presión de descarga de la estación
- Parada de emergencia de la estación por condiciones operativas (alta descarga, baja succión, etc.)
- Parada de emergencia de la estación iniciada intencionalmente al presionar el respectivo interruptor.

1.6.6. Valores de Operación en Condiciones Normales

El motor, la bomba y el incrementador de velocidad están todo el tiempo protegidos por dispositivos de seguridad. Cuando uno de éstos es activado en el instante que haya alcanzado los límites permitidos para los cuales fueron calibrados, el motor se apagará inmediatamente sin pasar por la secuencia de cierre, como una medida de seguridad para evitar daños en los equipos.

De acuerdo al detalle de la tabla anterior, en el **motor** se tienen que monitorear los siguientes valores en cada toma de proceso:

Tabla N° 1.8.- Tabla de Valores de Operación de la Unidad

Función	Ajuste
Baja presión de aceite	45 psi
Bajo nivel de agua en el acumulador	3,8 psi
Baja presión de agua cuando la válvula de descarga de la unidad está abierta	10 psi
Alta temperatura de agua	190 °F
Alta vibración del motor	4 g* aprox.
Sobre velocidad del motor	1050 rpm
Alta temperatura de agua en el sistema Marley	115F
Baja presión de agua en el sistema Marley	20 psi

* Unidad de Gravedad (Gravity Unit)

En el **incrementador de velocidad** se tienen que monitorear los siguientes puntos:

Tabla N° 1.9.- Tabla de Valores de Operación de Aceite Incrementador

Función	Ajuste
Baja presión de aceite	8 psi
Alta temperatura de chumaceras	198 °F

En la **bomba** se tienen que monitorear los siguientes puntos

Tabla N° 1.10.- Tabla de Valores de Operación Bomba

Función	Ajuste
Alta temperatura de chumaceras	198°F
Alta temperatura de la carcaza	150°F
Alta temperatura de descarga	135°F
Alta vibración de la bomba	2 g* aprox.
Baja succión	35 psi
Filtración del sello / eje de la bomba: entre 8 a 32 gotas por minuto, normal. Si aumenta el goteo, acciona el dispositivo del sumidero (cajetín) de la bomba	

Para el **arranque** se necesitan varias condiciones que tienen que cumplir:

Tabla N° 1.11.- Tabla de Valores de Operación de Condiciones de Arranque de Unidad

Función	Ajuste
Válvula de succión	Abierta
Válvula de By-pass	Abierta
Nivel de agua en el acumulador	4.6 psi
Presión de aceite en la bomba B & A	1 psi
Presión de aceite en el incrementador	8 psi
Presión de agua en el motor	4.8 psi
Seguro del piñón para girar el Volante	Desacoplado

Presiones en el incrementador

Tabla N° 1.12.- Tabla de las Valores Operación de Presión Incrementador

Función	Ajuste
Presión de aceite en la tubería	30 psi
Presión de la bomba prelubricadora	22 psi

Presiones de combustible

Tabla N° 1.13.- Tabla de Valores de Operación de Presiones de Combustible

Función	Ajuste
Cuando el motor está funcionando	40 psi
Ajuste del regulador derecho	43 psi
Ajuste del regulador izquierdo	40 psi

El regulador del motor Alco, está ajustado para mantener las siguientes velocidades:

Tabla N° 1.14.- Tabla de Valores de Operación de Velocidad del Motor

Función	Ajuste
Velocidad de relantí	670 rpm
Máxima velocidad	1030 rpm

CAPITULO 2

2. FUNDAMENTOS DE LA TECNOLOGÍA UTILIZADA EN EL PROYECTO

2.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se exponen los fundamentos de la tecnología utilizada para la automatización del sistema de control y monitoreo de las unidades de bombeo del oleoducto transecuatoriano.

En este aspecto, la ausencia de estandarización en sistemas de automatización, la aparición de nuevos protocolos propietario, fabricantes de instrumentos y software de control fueron las principales causas del fracaso de los sistemas de control distribuido tradicional. Sólo cuando un estándar está totalmente concebido, los usuarios adquirieren productos basados en él, suministrando un mercado suficientemente grande, sólo entonces los fabricantes se arriesgan a invertir su dinero en el desarrollo de nuevos productos haciendo uso del estándar.

La instalación y el mantenimiento de los sistemas de control tradicionales implican un alto costo. Con el objetivo de minimizar estos costos y de aumentar la operatividad de una aplicación, se introdujo el concepto de red para interconectar todos los equipos de una aplicación. La utilización de redes en aplicaciones industriales prevé un significativo avance en las siguientes áreas:

- Costos de instalación.
- Procedimientos de mantenimiento.
- Opciones de actualización.
- Información para el control de calidad

La opción de ejecución de sistemas de control basado en redes, requiere un estudio para determinar cuál es el tipo de red que ofrece las mayores ventajas de implementación para el usuario final, el cual deberá buscar una plataforma de aplicación que sea compatible con el mayor número posible de equipos.

De ahí surge la opción de utilizar arquitecturas abiertas que, al contrario de las arquitecturas propietarias, le permite al usuario encontrar en más de un fabricante la solución a sus problemas. Las redes industriales están normalizadas sobre 3 niveles de jerarquía, donde cada uno de ellos es responsable por la conexión de diferentes tipos de equipos con sus propias características de información.



FIGURA N° 2.1: Niveles en una arquitectura tradicional de red industrial

El nivel más alto es el nivel de información de la red y está destinado procesar el comportamiento de la producción en la planta y permite operaciones de monitoreo estadístico de la misma, siendo implementado, por lo general, con un software de gestión gerencial. Una red Ethernet, operando con el protocolo TCP/IP, es en la práctica el estándar internacional para este nivel.

El nivel intermedio es el nivel de control de la red. Es la red central localizada en la planta, que incorpora los PLCs, DCSs y PCs. En este nivel, la información debe moverse en tiempo real para garantizar la actualización de los datos en el software que se encarga de la supervisión de la aplicación.

El nivel más bajo es el nivel de control discreto, que se refiere, generalmente, a las conexiones físicas de la red o nivel de E/S. Este nivel de red conecta los equipos de bajo nivel entre las partes físicas y las de control. En este nivel se encuentran los sensores discretos, contactores y bloques de E/S.

Las redes de equipos son clasificadas por el tipo de equipamiento conectado a ellas y el tipo de datos que circula por la red. Los datos pueden ser bits (bus de sensor), bytes (bus de dispositivo) y bloques o paquetes de datos (bus de campo). Las redes con datos en formato de bits transmiten señales discretas conteniendo simples condiciones ON/OFF. Las redes con datos en el formato de byte pueden contener paquetes de informaciones discretas y/o analógicas, mientras las redes con datos en formato de bloque son capaces de transmitir paquetes de información de tamaños variables. De esta forma, las redes se clasifican en cuanto al tipo de red de equipos y los datos que por ella circulan:

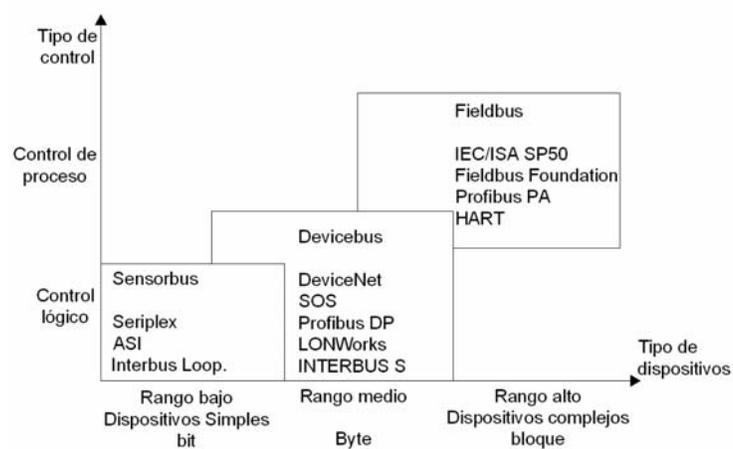


FIGURA N° 2.2: Clasificación de redes industriales

Las redes sensorbus son comunes en operaciones discretas donde deben minimizarse costos y sólo unos cuantos bits de información deben ser transmitidos. Conecta equipos simples y pequeños directamente a la red. Los equipos de este tipo de red necesitan de una comunicación rápida en los niveles discretos y son típicamente sensores y actuadores de bajo costo. Estas redes cubren distancias cortas o medias; su principal preocupación es mantener los costos de conexión tan bajos como sea posible. Ejemplos típicos de redes Sensorbus son: ASI e Interbus Loop.

Las redes devicebus son utilizadas en operaciones discretas complejas y de gran velocidad que requieren comunicaciones cortas y rápidas. Con capacidades de enviar desde unos cuantos bytes hasta más de 200 bytes. Pueden cubrir distancias de hasta 500 m. Los equipos conectados a esta red tienen más puntos discretos, algunos datos analógicos o una mezcla de ambos. Además, algunas de estas redes permiten la transferencia de bloques de datos con una menor prioridad comparado con los datos en forma de bytes. Esta red tiene los mismos requisitos de transferencia rápida de datos que la red Sensorbus, pero consigue manejar más equipos y datos. Algunos ejemplos de redes de este tipo son: DeviceNet, Profibus DP.

Las redes fieldbus proporcionan comunicación bidireccional altamente confiable entre dispositivos “inteligentes”. Maneja información que contenga varias variables de punto flotante, los equipos acoplados a la red pueden desempeñar funciones específicas de control, como lazos de control PID, control de flujo de información. Los tiempos de transferencia pueden ser largos ya que tiene transmisiones a velocidades más bajas que las redes anteriores, debido a que la red es capaz de comunicar varios tipos de datos (discretos, analógicos, parámetros, programas e informaciones del usuario). Ejemplo de estas redes: IEC/ISA SP50, Fieldbus Foundation, Profibus PA y HART.

Debido a que estas diferentes tecnologías de red tienen diferentes capacidades, el escoger el o los buses correctos para su funcionamiento ayuda a minimizar los costos del proyecto y aumenta al máximo los beneficios operacionales. Hacer una elección equivocada, en el mejor de los casos costará mucho dinero, impidiendo alcanzar altos beneficios, mejorar la calidad, y bajar costos de operación.

2.2. REDES DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción. La instrumentación digital es capaz de manejar grandes volúmenes de datos y guardarlos en registros históricos. Su precisión es diez veces mayor que la clásica señal 4-20 mA c.c. En lugar de enviar cada variable por un par de hilos, transmiten secuencialmente las variables a través de un cable de comunicaciones que recibe el nombre de “bus”.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4-20 mA c.c. Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores y sensores. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus.

La principal ventaja que ofrecen los buses de campo es la reducción de costos. El ahorro proviene fundamentalmente de tres fuentes: ahorro en costo de instalación, ahorro en el costo de mantenimiento y ahorros derivados de la

mejora del funcionamiento del sistema. Una de las principales características de los buses de campo es su significativa reducción en el cableado necesario, y en comparación con otros sistemas, dispone de herramientas de administración que permiten la reducción del número de horas necesarias para la instalación y puesta en marcha.

Los buses de campo ofrecen mayor flexibilidad al usuario en el diseño del sistema. Algunos algoritmos y procedimientos de control que con sistemas de comunicación tradicionales debían incluirse en los algoritmos de control, radican ahora en los propios dispositivos de campo.

2.2.1. Buses de Campo Existentes

Debido a la falta de estándares, diferentes compañías han desarrollado varias soluciones, con distintas prestaciones y campos de aplicación. La mayoría de protocolos no permiten al usuario final la intercambiabilidad o interoperabilidad de sus instrumentos, es decir, no es posible sustituir un instrumento de un fabricante por uno similar de otro fabricante, ni intercambiar instrumentos de funcionalidad equivalente.

El primer bus de campo abierto ampliamente utilizado fue el Modbus. En su definición inicial era una especificación de tramas, mensajes y funciones utilizada para la comunicación con los PLCs de la firma Modicon en el año 1979. Modbus puede implementarse sobre cualquier línea de comunicación serie y permite la comunicación por medio de tramas binarias o ASCII. En la actualidad es soportado por el Grupo Schneider.

Los protocolos de comunicaciones abiertos más importantes son el Hart, Profibus (ISP), FIP (Worldfip), Foundation Fieldbus.

El protocolo Hart (Highway Addressable Remote Transducer) agrupa la información digital sobre la señal analógica. La señal digital usa dos frecuencias individuales, 1200 y 2200 Hz, que representan los dígitos 1 y 0 que forman una onda senoidal que se superpone sobre el lazo de corriente. Como la señal promedio de una onda senoidal es cero, no se añade ninguna componente de c.c. a la señal analógica de 4-20 mA c.c.

Profibus es un estándar alemán desarrollado por la ISP (Interoperable Systems Project). El desarrollo y posterior comercialización ha contado con el apoyo de ABB, Siemens, Fisher-Rosemount, Foxboro y Yokogawa, etc. Existen tres perfiles: Profibus DP (Descentralized Periphery), orientado a sensor/actuador; Profibus PA (Process Automation), para control de procesos; y Profibus FMS (Fieldbus Message Specification), para comunicación entre equipos.

FIP (Factory Instrumentation Protocol), fue desarrollado en Francia a finales de los ochenta. Está apoyado por fabricantes como Allen-Bradley, Honeywell, SquareD, etc.

La Fundación Fieldbus fue creada en 1994 para definir un único estándar según las normas IEC-ISA y agrupa a las organizaciones WorldFip e ISP. La capa física y de aplicación del FF H1 son compatibles con las de FIP y Profibus PA, sus principales competidores.

2.3. EL PROTOCOLO FIELDBUS EN PROCESOS INDUSTRIALES

Un protocolo es un conjunto de reglas que permiten que uno o más recursos intercambien información utilizando la red física (cables y placas de comunicación). Dentro de estas reglas existen formas por las cuales se puede identificar y distinguir cada uno de los recursos y lo que pueden ofrecer a los demás recursos de la red.

Un sistema operativo puede soportar varios protocolos, pero solamente los dispositivos que utilizan el mismo protocolo pueden comunicarse entre sí. Cuando se conecta una computadora a la red, la computadora asocia automáticamente un protocolo con dicho dispositivo. El protocolo asociado por defecto con el dispositivo dependerá del sistema operativo instalado en la computadora.

Fieldbus es un protocolo de comunicaciones totalmente digital, bidireccional, con comunicación multipunto con detección y transmisión multivariable entre dispositivos inteligentes y dispositivos de control que sirve como red base en un ambiente de automatización industrial. Permite la interconexión en red de múltiples instrumentos directamente en el campo, realizando funciones de control y monitoreo de procesos.

Conexión multipunto quiere decir que se pueden conectar múltiples dispositivos de campo a un mismo cable, reduciendo el número de cables. En un sistema de transmisión analógica convencional, solo un dispositivo de campo puede ser conectado a un simple cable que lleva la señal al sistema.

Detección y Transmisión Multivariable significa que múltiples variables son medidas, una detección multivariable significa que un dispositivo de campo puede detectar múltiples variables a medir. Un sistema de transmisión analógica convencional requiere un cable por cada variable medida. Fieldbus soporta transmisión multivariable. Por consiguiente, un dispositivo de campo puede transmitir variables medidas detectadas por los dispositivos de campo por un solo cable.

Fieldbus está basado en el desarrollo alcanzado por OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos), el cual fue desarrollado por ISO (Organización de Estándares Internacionales) para representar las funciones requeridas en

cualquier red de comunicación. Es el primer protocolo que permite hacer uso de todo el potencial de los microprocesadores en el campo de la instrumentación.

La configuración se realiza en la misma forma básicamente para todos los dispositivos utilizando el concepto de bloques de funciones. Está basado en un conjunto de etiquetas (tags) definidos por el usuario a través de los cuales se hace referencia a los dispositivos por lo que no es necesario para el usuario orientarse a través de direcciones particulares. Las configuraciones de las estrategias de control son desarrolladas en un computador y luego descargadas en los dispositivos de campo.

En Fieldbus las funciones de control están distribuidas en los equipos de campo y permite la calibración de los equipos desde el cuarto de control haciendo uso de la comunicación digital. No es necesario utilizar tarjetas de entrada o salida y estas operaciones de control son realizadas en los propios equipos, eliminando las tarjetas de control.

Los dispositivos FF son nodos inteligentes en la red, ejerciendo como sensor, actuador, proveyendo control del proceso e información de diagnóstico. En este sentido, el sistema de host o un sistema de control como un DCS, PLC o PC, pueden ser considerados como un tipo de dispositivo en una red Fieldbus.

2.3.1. Características del Fieldbus Fundación

Uno de los aspectos más importantes de FF es su habilidad para recoger y entregar inmensas cantidades de información, no sólo variables del proceso y señales de control, sino otros tipos de información de los instrumentos y del proceso también. Esto lo hace de una manera consistente y confiable, además de proporcionar interoperabilidad entre

dispositivos de fabricantes diferentes y compatibilidad con el cableado existente.

En la actualidad se han desarrollado dos aplicaciones FF para satisfacer necesidades diferentes dentro del ambiente de automatización de procesos. Estas dos aplicaciones usan medios de comunicación físicos y velocidades de comunicación diferentes.

H1 trabaja a 31.25 Kbit/sec y generalmente conecta dispositivos de campo. Es actualmente la aplicación más común, ya que fue desarrollado específicamente para satisfacer las necesidades del proceso industrial:

- Puede resistir el ambiente áspero y peligroso de plantas procesadoras.
- Proporciona comunicación y fuerza sobre un cable de par trenzado normal.
- Puede usar el cableado existente en la planta.
- Proporciona seguridad intrínseca.
- Múltiples dispositivos pueden ser conectados sobre un mismo cable, por lo que el costo de cableado es reducido.
- En resumen, está diseñado para operar donde se realiza el proceso.

HSE (Ethernet de gran velocidad) trabaja a 100 Mbit/sec y generalmente conecta subsistemas del entrada/salida, sistemas de host, dispositivos de enlace, gateways, y dispositivos de campo usando un cableado de Ethernet normal.

2.3.2. Ventajas del Fieldbus Fundación

No es necesario comprender todo el detalle técnico oculto en los dispositivos de campo para poder percatarse de todo su potencial. Fieldbus es fácil de usar, no hay necesidad de comprender las “capas” o los “bloques”, estos detalles han sido tomados en cuenta por las compañías líderes en transmisores, sistemas y actuadores por todo el mundo.

Todos los fabricantes hacen uso de los mismos bloques. La configuración se vuelve fácil, se realiza en la misma forma básicamente para todos los dispositivos utilizando el concepto de los bloques de funciones, no hay necesidad de entrenamiento en diferentes tipos de dispositivos o lenguajes de programación.

Realizar la conexión es una tarea fácil pues los dispositivos se conectan en paralelo y la cantidad de terminales a identificar es mínima. Un par de cables normalmente conectará doce instrumentos. Bandejas y soportes para cables son drásticamente reducidos. Inclusive para añadir un nuevo dispositivo no se necesita utilizar un nuevo cable, se puede hacer la conexión en paralelo directamente al cable utilizado actualmente.

Fieldbus tiene la capacidad de simular valores de entradas, salidas o status haciendo posible probar la respuesta del sistema a condiciones y fallas del proceso desde el cuarto de control. La facilidad de realizar estas pruebas off-line dota al sistema de una gran seguridad. Esta facilidad evita la exposición a ambientes peligrosos y de alto riesgo tanto para los operadores como para el personal de puesta en marcha.

Los dispositivos Fieldbus almacenan información útil para el mantenimiento en los propios dispositivos, la cual incluye datos sobre los materiales de fabricación y otras opciones, así como el número de serie. La información del mantenimiento y calibración puede ser almacenada en la base de datos del transmisor, esta no podrá ser separada o eliminada del transmisor.

Los dispositivos Fieldbus actuales tendrán un precio que puede ser elevado inicialmente en comparación con los instrumentos convencionales o inteligentes. Los beneficios económicos parten desde el punto de vista de que es necesario una menor cantidad de equipamiento, dispositivos, cableado, bandejas de conducción y cajas de conexiones que harán al sistema más barato.

En los sistemas de automatización tradicionales, el volumen de información disponible para el usuario no es muy grande, aparte de aquella destinada al uso del control. El volumen de información que no es de control es mucho mayor debido a las facilidades atribuidas principalmente a la comunicación digital entre los equipos.

Fieldbus ayuda a las plantas industriales a incrementar su productividad, flexibilidad y calidad, a cumplir con las más exigentes regulaciones para el medio ambiente y a disminuir sus costos de operación.

2.3.3. El Modelo de Comunicaciones Fieldbus Fundación

El modelo de comunicaciones FF puede ser explicado de una mejor manera si se lo compara con el modelo de comunicación por capas OSI. El modelo FF tiene tres capas: Capa física, Capa de enlace de datos y Capa de aplicación.

Se debe destacar que, para el diseño, montaje y operación, toda esta teoría es transparente ya que se basa en estándares de ingeniería previamente sometidos a numerosas y rigurosas pruebas.

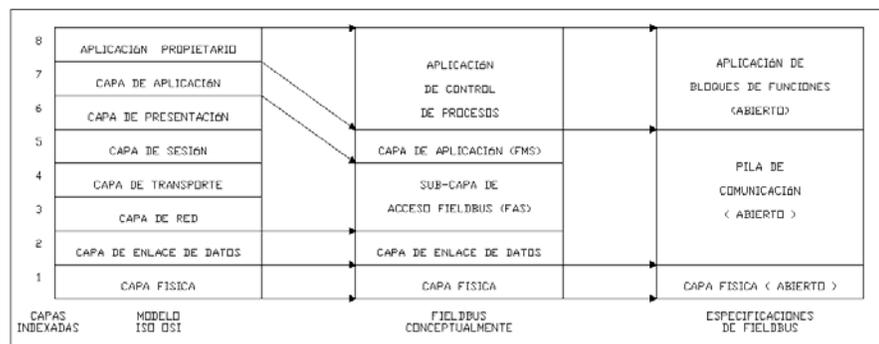


FIGURA N° 2.3: Modelo de Comunicaciones

Capa Física

La capa física es el mecanismo para transmitir y recibir las señales desde y hacia el medio, por lo que estos datos consistentes en unos y ceros son transmitidos de un nodo a otro. En este nivel se toman en cuenta: el tipo de cable, la señal, la forma de onda, voltajes de operación, etc; trabaja únicamente con la conversión de los mensajes en señales físicas hacia y desde el alambre, mantiene la interfase eléctrica común para todos los dispositivos.

Los segmentos FF H1 requieren 9-32 voltios DC y aproximadamente 15-20 mA de corriente por cada dispositivo. Opera a una velocidad de comunicación de 31.25 kbaud. Está definida por normas establecidas (IEC 1158-2 y ANSI/ISA 50.02). Puede operar en el cableado de campo existente y ofrece seguridad intrínseca.

Capa de Enlace de Datos

Las capas dos a siete (de acuerdo al modelo OSI) son implementadas en su mayor parte vía software y son llamadas la pila de comunicaciones.

La Capa de Enlace de Datos y de Aplicación combina varias tecnologías que juntas controlan la transmisión de datos, proporcionan un estándar para su “empaquetamiento”, asignación de tiempos para transmisiones y la ejecución de los bloques de función. Este nivel se interesa por todo lo relacionado con la transferencia de datos: datos, direccionamiento, prioridad, control del medio, etc. Garantiza que los datos lleguen en tiempo correcto y la integridad del mensaje.

En este nivel se determina qué dispositivo puede transmitir y cuando. Debido a que todos los dispositivos de un mismo cable reciben la misma señal de la capa física, solamente a uno de ellos se le permite transmitir su señal a la vez. El dominio de dispositivos compartiendo la misma señal en la capa física se le llama un “enlace”.

Los bloques de función de los dispositivos de un segmento FF se ejecutan y transmiten la información de control del proceso en un ciclo repetitivo y regular, según un sincronismo predeterminado.

FF proporciona una gran cantidad de información además de la información de los lazos de control del proceso, entre las cuales tenemos:

- Información de la configuración enviada a dispositivos o a una base de datos central
- Información de alarmas, eventos y tendencias.

- Información para los despliegues del operador
- Información de estado y diagnóstico.

Esta información es importante, pero no es tan crítica como la información de los lazos de control. Si se transmiten antes o después en un ciclo de comunicación no hay impacto en el control del proceso o en el funcionamiento de la planta.

Capa de Aplicación

El Nivel de Aplicación suministra una interfase para el software de aplicación de los equipos. Básicamente, este nivel define cómo se debe leer, escribir o realizar una tarea en una estación remota. El punto principal es la definición de una sintaxis para los mensajes.

Se define el modo por el cual un mensaje debe ser transmitido: cíclicamente, inmediatamente, solamente una vez o cuando es solicitado por el consumidor. En este nivel se define cómo inicializar la red: atribución de tags, direcciones, sincronización del tiempo, escalonamiento de las transiciones en la red o conexión de los parámetros de entrada y salida de los bloques funcionales.

Capa de Usuario

Se sitúa encima de la pila de comunicaciones donde le permite interactuar con las otras capas y con otras aplicaciones. Se fundamenta en las características de los diferentes bloques especificados en el estándar FF. Los bloques de recursos, de transductores, y los bloques de funciones describen y ejecutan las capacidades del dispositivo como el control y los diagnósticos. Las descripciones del dispositivo

permiten al host interactuar con estos bloques sin la programación acostumbrada.

En este nivel se define el modo para acceder a la información dentro de los equipos Fieldbus y de qué forma esta información puede ser distribuida a otros equipos del mismo tipo o eventualmente a otros conectados en la red fieldbus. Este atributo es fundamental para aplicaciones en control de procesos.

La base para la arquitectura de un equipo Fieldbus son los bloques funcionales, los cuales ejecutan las tareas necesarias en las aplicaciones existentes, tales como: adquisición de datos, control PID, cálculos y actuación. Todo bloque funcional contiene un algoritmo, una base de datos (entradas y salidas) y un nombre definido por el usuario (el tag del bloque debe ser único para toda la planta). Un dispositivo Fieldbus contiene un número definido de bloques funcionales. La base de datos puede ser accedida vía comunicación.

2.3.4. Bloques Fieldbus Fundación

Los bloques FF son como pequeños módulos de software. Cada bloque tiene un conjunto definido de entradas/salidas para una función específica o para cierto tipo de información. FF usa tres tipos de bloques:

Bloques de recursos, se encarga de la configuración global del dispositivo. Contiene información acerca del fabricante, tipo, número de serie y estado del dispositivo. El acceso a esta información adicional es uno de las características más importantes de FF porque permite descubrir problemas potenciales del dispositivo antes de que afecten al

proceso. Se usa para identificar un dispositivo, etiquetarlo, y comisionarlo.

Bloques de transductores, proporciona las funciones de entrada/salida locales necesarias para leer sensores y operar actuadores, u otro hardware de salida. Es el enlace entre el “mundo físico” de los sensores y actuadores y el “mundo de los datos” del control de procesos. Contiene información acerca de la calibración, tipo, materiales de construcción, y el estado de operación de actuadores y sensores.

Durante la ejecución del proyecto, se usan bloques de transductor para calibrar el dispositivo, setear las unidades, y otras tareas relacionadas para proporcionar una entradas o salidas exactas y fiables.

Durante la realización de las operaciones, los técnicos de mantenimiento usan estos bloques para arreglar y calibrar dispositivos, realizar la verificación de diagnósticos, y para llevar a cabo otras tareas de mantenimiento.

Los **bloques de funciones** son la parte fundamental para un control abierto, interoperable e independiente del tipo de dispositivo, definen el comportamiento del sistema de control dentro del ambiente Fieldbus. Realizan procesos de control de funciones, como entrada analógica (AI), salida analógica (AO), lazos PID, control difuso, etc. Proporcionan una estructura común definiendo entradas, salidas, parámetros de control, eventos, alarmas, y modos, y los combina en un proceso que puede llevarse a cabo dentro de un solo dispositivo o en la red fieldbus.

Un dispositivo simple puede tener sólo un bloque de funciones de entrada o de salida. Los dispositivos más complejos pueden tener varios bloques de entrada y salida, así como los bloques para control y monitoreo. Durante la ejecución del proyecto, se usan tantos bloques de función como sean necesarios para implementar la estrategia de control.

2.3.5. Interoperabilidad

El punto principal de tener un Fieldbus interoperable es la capacidad de usar productos de diferentes proveedores para que puedan trabajar juntos, enviando y recibiendo información de acuerdo a su función específica dentro del proceso.

Una de las más grandes limitaciones para los sistemas de automatización de planta “cerrados” es que no se tiene libertad para escoger productos apropiados debido a que son de otros fabricantes.

Se define la interoperabilidad como “la habilidad para operar dispositivos múltiples, independientemente del fabricante, en el mismo sistema, sin pérdida de funcionalidad”. Para ser interoperables, los dispositivos deben ser física y eléctricamente compatibles.

2.4. EL PROTOCOLO TCP/IP EN PROCESOS INDUSTRIALES

El Protocolo de Control de Transmisión (TCP, Transmission Control Protocol) y el Protocolo de Internet (IP, Internet Protocol). No forman un único protocolo sino que son protocolos separados, pero sin embargo están estrechamente relacionados para permitir una comunicación más eficiente.

Ellos dividen los datos en secciones denominadas paquetes, entregan estos paquetes a su sitio de destino en Intranet o Internet y les devuelven a estos paquetes su forma original para que se los pueda visualizar y utilizar. El TCP desempeña la tarea de separar los datos en paquetes y reensamblarlos, mientras que el IP es responsable de que estos datos lleguen al destino correcto.

Los protocolos TCP/IP presentan las siguientes características:

- Son estándares de protocolo abiertos y gratuitos. Su desarrollo y modificaciones se realizan por consenso, no a voluntad de un determinado fabricante. Cualquiera puede desarrollar productos que cumplan sus especificaciones.
- Independencia a nivel software y hardware. Su amplio uso los hace especialmente idóneos para interconectar equipos de diferentes fabricantes, no solo a Internet sino también formando redes locales. La independencia del hardware nos permite integrar en una sola varios tipos de redes.
- Proporcionan un esquema común de direccionamiento que permite a un dispositivo con TCP/IP localizar a cualquier otro en cualquier punto de la red.
- Son protocolos estandarizados de alto nivel que soportan servicios al usuario ampliamente disponibles y consistentes.

Descripción del Modelo de Capas de TCP/IP

Capa de Aplicación.- Invoca programas que acceden servicios en la red. Interactúan con uno o más protocolos de transporte para enviar o recibir datos.

Capa de Transporte.- Provee comunicación desde un programa de aplicación a otro. Regula el flujo de información, asegurándose que los datos lleguen sin

errores y en la secuencia correcta. Coordina múltiples aplicaciones que se encuentren interactuando con la red simultáneamente de tal manera que los datos que envíe una aplicación sean recibidos correctamente por la aplicación remota, esto lo hace añadiendo identificadores de cada una de las aplicaciones.

Capa Internet.- Controla la comunicación entre un equipo y otro, decide qué rutas deben seguir los paquetes de información para alcanzar su destino. Conformar los paquetes IP que serán enviados por la capa inferior. Desencapsula los paquetes recibidos pasando a la capa superior la información dirigida a una aplicación.

Capa de Interfase de Red.- Emite al medio físico los flujos de bit y recibe los que de él provienen. Consiste en los manejadores de los dispositivos que se conectan al medio de transmisión.

Direcciones IP y el Envío de Datos

TCP establece una conexión virtual entre equipos. Provee una conexión confiable entre equipos para el intercambio de datos. Todos los paquetes se colocan en secuencia y se verifican. El TCP/IP identifica cada punto de comunicación con su propia dirección IP que está formada por una serie de cuatro números separados por puntos.

Las direcciones IP tienen una longitud de 32 bits, identifica a las redes y a los nodos conectados a ellas. Especifica la conexión entre redes. El envío de datos entre dos servidores requiere mover los datos a través de la red, hacia el servidor correcto y dentro de ese servidor hacia el usuario o proceso adecuado.

Los paquetes de informaciones que es enviado individualmente en la red (datagramas) en ocasiones llegan desordenados y hay que ordenarlos y pedirlos

de nuevo si se extravían. Mientras el datagrama es específico del TCP/IP y representa la mínima unidad lógica utilizable por los diversos protocolos, el paquete es una entidad física característica de redes Ethernet. Existen configuraciones específicas que utilizan paquetes de dimensión menor, por lo que el datagrama se descompone en más paquetes durante el envío a la red específica y se recompone a la llegada.

2.5. LA RED ETHERNET EN PROCESOS INDUSTRIALES

Ethernet es la tecnología de red de área local más extendida en la actualidad. Fue diseñada originalmente por Xerox. Posteriormente, fue formalizada por la IEEE como el estándar Ethernet 802.3.

Ethernet está diseñado de manera que no se pueda transmitir más de una información a la vez. El objetivo es que no se pierda ninguna información, y se controla con un sistema conocido como CSMA/CD (Detección de Portadora con Acceso Múltiple y Detección de Colisiones), cuyo principio de funcionamiento consiste en que una estación, para transmitir, debe detectar la presencia de una señal portadora y, si existe, comienza a transmitir. Si dos estaciones empiezan a transmitir al mismo tiempo, se produce una colisión y ambas deben repetir la transmisión, para lo cual esperan un tiempo aleatorio antes de repetir, evitando de este modo una nueva colisión, ya que ambas escogerán un tiempo de espera distinto. Este proceso se repite hasta que se reciba confirmación de que la información ha llegado a su destino.

2.5.1. Características Básicas de una Red Ethernet

La topología se refiere a la forma en que están interconectados los distintos equipos (nodos) de una red. Un nodo es cualquier dispositivo activo conectado a la red.

Las topologías más usadas son: anillo, bus y estrella. En la topología en anillo, los nodos están enlazados formando un círculo a través de un mismo cable. Las señales circulan en un solo sentido por el círculo, regenerándose en cada nodo. En la topología en bus, los nodos se unen en serie conectados a un cable largo o bus, no se produce regeneración de las señales en cada nodo. Una rotura en cualquier parte del cable causará que el segmento entero pase a ser inoperable hasta que la rotura sea reparada. Cuando se usa topología en estrella, lo más usual es que en un extremo del segmento se sitúe un nodo y el otro extremo se termine en una situación central con un switch o ruteador. La principal ventaja de este tipo de red es la confiabilidad, dado que si uno de los segmentos tiene una rotura, afectará sólo al nodo conectado en él. Otros usuarios de los nodos de red continuarán operando como si ese segmento no existiera.

Según el tipo de cable, topología y dispositivos utilizados para su implementación podemos distinguir los siguientes tipos de Ethernet

Los Tipos 10Base5 y 10Base2 conceptualmente son sencillos y de precios asequibles. Utilizan topología en bus, con un cable coaxial que conecta todos los nodos entre sí. Resulta difícil realizar cambios en la disposición de los dispositivos una vez montada, si el cable se corta o falla un conector toda la red dejará de funcionar.

La tecnología 10BaseT utiliza una tecnología en estrella, aumentando la movilidad de los dispositivos y la fiabilidad.

Ventajas

- Aislamiento de fallas. Debido a que cada nodo tiene su propio cable hasta el concentrador.

- Fácil localización de averías. Cada nodo tiene un indicador en su concentrador indicando que está funcionando correctamente.
- Conectar y desconectar un nodo de la red, no tiene ningún efecto sobre los demás.
- De los 8 hilos que dispone el cable UTP, sólo se usan cuatro para los datos de la LAN (dos para transmisión y dos para la recepción), los cuatro que quedan se pueden utilizar para telefonía, sistemas de seguridad, transmisión de vídeo, etc.

Desventajas

- La distancia máxima entre el nodo y el concentrador es de 90m. En algunas instalaciones esto puede ser un problema, aunque siempre se puede recurrir a soluciones como el uso de repetidores para alargar la distancia.
- Sensibilidad a interferencias externas. En la mayoría de los casos, el trenzado interno que lleva el cable UTP es suficiente para evitarlas.

El cableado de par trenzado es más fácil de utilizar y más flexible que el cable coaxial. Como resultado de esto, la mayoría del equipo de red de Ethernet, tiene puertos para cables de par trenzado.

Aunque podríamos disponer como quisiéramos el orden de los cables, siempre y cuando todos los cables que acoplemos mantengan el mismo orden en los extremos, y no tendríamos ningún problema de comunicación, existen normativas oficiales sobre el orden que ha de utilizarse en instalaciones certificadas. El conector usado es el RJ-45 que consta de 8 pines.

La especificación que regula la conexión de hilos en los dispositivos Ethernet es la EIA/TIA T568A y T568B, de acuerdo a la cual sólo el par Blanco/Naranja y Naranja, y el Par Blanco/Verde y Verde son los únicos utilizados. Los dos primeros sirven para la emisión de datos y los otros dos para la recepción.

2.5.2. Análisis Comparativo entre Hub y Switch

Los hubs son equipos que permiten estructurar el cableado de la red. Desde cada nodo va un cable a un concentrador común o hub que es el encargado de interconectarlos. Su función es distribuir y amplificar las señales de red y detectar e informar de las colisiones que se produzcan. En el caso de que el número de colisiones que se producen en un segmento sea demasiado elevado, el concentrador lo aislará para que el conflicto no se propague al resto de la red.

Un hub es básicamente un repetidor, repite en todos sus puertos cualquier cosa que reciba. En este esquema existe la posibilidad que uno o más nodos intenten transmitir a un mismo tiempo produciendo una colisión. En estos casos todas esas transmisiones se invalidan, cada nodo espera un tiempo cuya duración se determina al azar y reintentan la transmisión.

La frecuencia de colisiones depende más de la cantidad de nodos involucrados que del tráfico de la red. Como cada nodo no puede transmitir más de un paquete por vez, una red (teórica) de muy alto tráfico y un solo nodo no puede generar colisiones pero en una red de muy bajo tráfico y mil nodos la probabilidad de encontrar el hub libre sería de una en mil.

Al transmitir solo un paquete por vez también se invalida la opción de full dúplex (transmisión simultánea en ambos sentidos). En este caso la cantidad de nodos se incrementa mucho y el sistema tiene un tráfico considerable.

Un switch tiene la capacidad de almacenar los paquetes y determinar a que puerto o puertos debe transmitirlos. Al almacenar los paquetes que ingresan previenen las colisiones, todos los puertos están siempre libres.

Replicando los paquetes solo en los puertos donde se encuentran los nodos de destino se reduce drásticamente la ocupación de los puertos. En un hub todos los nodos reciben todo el tráfico siempre. Esto es una ventaja muy importante para nodos que solo pueden operar en half duplex (transmisión en un solo sentido) porque están inhibidos de transmitir si están recibiendo, no importa si el paquete que reciben está dirigido o no a ellos.

2.5.3. Criterios para el uso de Ethernet en Aplicaciones Industriales

El interés en el uso de Ethernet para conectar dispositivos de campo proviene del deseo de combinar conectividad de alto desempeño con costos más bajos. Para operaciones discretas, esta idea tiene mérito, pero para la automatización de procesos, el problema es relativamente más complejo.

La automatización de procesos industriales tiene requisitos muy diferentes de aquellos para utilizados en una red comercial, que una red Ethernet no reúne, como por ejemplo:

- Condiciones extremas del medio ambiente
- Seguridad intrínseca
- Transmisión de fuerza y señal en los mismos hilos
- Compatibilidad con el cableado existente.

En la actualidad se está desarrollando la tecnología para obtener una red Ethernet Industrial para proporcionar seguridad intrínseca en ambientes extremos, con requisitos de memoria diferentes, mayor robustez, y que soporte fuerza y comunicación en un mismo cable.

Hasta que esto suceda, la mejor alternativa es usar cada tecnología dónde es apropiado: Fieldbus para la automatización del proceso, y Ethernet como soporte principal para las comunicaciones hasta el cuarto de control.

2.6. PRINCIPIOS DE LA ARQUITECTURA ABIERTA BASADA EN EL CAMPO

Las redes industriales con una arquitectura basada en el campo optimizan la automatización de procesos, las funciones van más allá del simple control distribuido, entregan mayor cantidad de información y permiten un mayor desempeño. Los componentes de la red están enlazados por estándares de comunicación abierta que incluyen FF en el nivel de campo, TCP/IP al nivel de planta. Todos los componentes actúan como nodos de red, recolectando, distribuyendo y utilizando la información. Las redes industriales se basan en tres componentes principales:

- Dispositivos de campo inteligentes, que recogen la información.
- Diversos estándares y plataformas, que proporcionan un fácil manejo y entrega de la información para poder controlar el proceso.

- Un software modular integrado, que procese la información para añadir funcionalidades de administración.

La arquitectura integrada y abierta conlleva una ventaja competitiva real de la planta. Específicamente, esta ventaja se alcanza por medio de una menor variabilidad del proceso, mayor disponibilidad de la planta, menores costos de ingeniería, operación y mantenimiento. Si bien es cierto que pueden lograrse ventajas incrementales implementando cualquiera de las partes de esta arquitectura, la ventaja competitiva total solo puede ser alcanzada con la integración de los tres componentes.

Dispositivos de Campo Inteligentes

En una arquitectura basada en el campo, los dispositivos de campo ya no son solo periféricos de un sistema central. Su capacidad de control en sitio hace de ellos nodos inteligentes en la red de automatización del proceso.

Al contrario de la tradicional arquitectura DCS, la arquitectura abierta está diseñada específicamente para tomar completa ventaja de la información proporcionada. Por ejemplo, pueden proporcionar diagnósticos y otras funciones que antes requerían sistemas separados. Esta clase de información reducen los costos de ingeniería, operación y mantenimiento.

Estándares y Plataformas

Se utilizan software y plataformas con estándares abiertos para comunicaciones con dispositivos de campo inteligentes y con otros sistemas y aplicaciones en la industria.

Con plataformas completamente escalables (como es el caso del sistema DeltaV) se puede trabajar en pequeñas aplicaciones, y luego ir añadiendo capacidad o funcionalidad en incrementos considerables, hasta cualquier tamaño que desee. Esto permite comenzar en pequeña escala, y luego crecer y expandirse.

Los estándares abiertos permiten seleccionar los mejores componentes necesarios, integrar estos componentes con otros y con otras sistemas industriales, e incorporar cualquier producto y capacidades que se añadan en el futuro.

Al contrario de lo que sucede con los protocolos propietarios, un protocolo abierto basado en el campo, beneficia a usuarios y proveedores, proporciona un ambiente de integración sencillo que utiliza todas las capacidades de HART, OPC, FF y otros protocolos conocidos, desde 4-20 mA , ASI, DeviceNet, Profibus DP, Modbus, hasta Ethernet de Alta Velocidad.

Una red FF actúa como red de área local (LAN) para los dispositivos de instrumentación y control en una industria. Con fieldbus, la instrumentación de campo se convierte en servidores y proporcionan diagnósticos que permiten optimizar las actividades de mantenimiento predictivo y preventivo.

El sistema DeltaV fue diseñado para hacer que FF sea fácil de utilizar. Incluye características como una librería de estrategias de control prediseñadas, la facilidad drag&drop, la capacidad de autosensar nuevos dispositivos instalados, y proporciona una sola interfase para HART, fieldbus, E/S convencionales, y otros protocolos de comunicación.

El estándar OPC (OLE para Control de Procesos) permite el intercambio de información de proceso entre aplicaciones basadas en el sistema operativo

Windows de Microsoft. Los sistemas DeltaV y AMS utilizan el estándar OPC para llevar esta información hacia una amplia variedad de aplicaciones industriales.

Software Modular Integrado

La integración de un software modular, permite que toda la información capturada desde los dispositivos de campo sea aprovechada para fines de administración. Se puede implementar sólo las partes necesarias, los módulos son integrados para trabajar en conjunto, con el mismo aspecto que cualquier aplicación de Windows. Este software debe facilitar un mejor control sobre cada dispositivo en la planta, proporcionando a los técnicos de mantenimiento la posibilidad de chequear o configurar remotamente un dispositivo. La información se integra completamente entre la parte técnica y la parte administrativa, optimizando la gestión del mantenimiento y de los recursos. Por ejemplo, se puede relacionar la información del proceso con los datos de inventario y órdenes de compra, utilizando incluso el internet para un mejor manejo del proceso industrial y de la fábrica en general.

CAPITULO 3

3. ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS

3.1. NORMAS APLICABLES Y ESTÁNDARES

El diseño, selección e instalación de la instrumentación y del sistema de control deberán estar acordes con los siguientes códigos y estándares:

National Fire Protection Association (NFPA)

National Electrical Code (NEC)

National Electrical Manufacturers Association (NEMA)

Underwriters Laboratories (UL)

Instrument Society of America (ISA)

Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)

Occupational Safety Health Administration (OSHA)

American Petroleum Institute (API)

Estas normas se consideran complementarias entre sí. Sin embargo, en caso de presentarse diferencias o contradicciones, se deberá considerar la más estricta o exigente desde el punto de vista de seguridad y operación.

Otros códigos y normas reconocidas, de otros países, serán aceptables si la instalación eléctrica y los equipos basados en dichas normas son al menos iguales a los que se rigen por las normas listadas anteriormente.

El equipo y material eléctrico será diseñado, fabricado y probado según las normas y regulaciones del país donde fueron fabricados. En general, en caso de conflicto, las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) regirán para los equipos fabricados fuera de los Estados Unidos y las normas NEMA rigen para los fabricados en ese país.

3.2. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS

En cualquier proceso industrial un ambiente de trabajo seguro es de trascendental importancia. Para garantizar la seguridad, se definen áreas peligrosas usando estándares desarrollados por organizaciones internacionales. El hecho de colocar un área de trabajo dentro de una categoría clasificada como peligrosa significa que el equipo utilizado debe estar certificado para operar de forma segura bajo condiciones de peligro.

De acuerdo al Código Eléctrico Nacional (NEC), una zona peligrosa se define como aquella en la que pueden producirse deterioro en las instalaciones debido a una explosión o ignición de vapores, líquidos, gases y polvos, debido a ataques de productos químicos o a la propagación de fuego, de mezclas de elementos contenidos en la atmósfera.

Los lugares peligrosos se clasifican por las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables y los polvos o fibras combustibles que pueda haber en ellos y por la posibilidad de que se produzcan concentraciones inflamables o combustibles.

Frecuentemente se puede instalar la mayor parte de los equipos en lugares no peligrosos o menos peligrosos, de acuerdo a la experiencia, con lo que se reduce el número de equipos especiales.

Las áreas peligrosas están clasificadas en tres clases y dos divisiones:

3.2.1. Áreas Peligrosas Clase I

Son aquellas zonas en las que el aire contiene o puede contener gases en suspensión o vapores en cantidades que puedan producir mezclas inflamables o explosivas (acetileno, hidrógeno, gasolina, butano, gas natural, etc.).

División I.- Define los lugares con las siguientes características:

- a. Ambiente con concentraciones peligrosas de gases y vapores inflamables en condiciones normales de funcionamiento.
- b. Ambiente donde dichas concentraciones pueden existir con frecuencia por pérdida o reparaciones.
- c. Ambiente donde pueden liberarse concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables por fallas o chispas en el funcionamiento de los equipos eléctricos.

Los lugares referidos en la Clase I División I son aquellos donde se trasvasan líquidos volátiles o gases licuados inflamables, operaciones de pintado o rociado con líquidos volátiles, secadores con evaporación de disolventes inflamables, lugares usados para extracción de gases con disolventes, lavaderos que usan líquidos volátiles inflamables, plantas generadoras de gas con posibilidad de escapes, salas de bombeo de gases inflamables y otros lugares en que la concentración de gas o vapor inflamable puede llegar a niveles peligrosos.

División II.- Define lugares con las siguientes características:

- a. Ambiente donde se usan, procesan o manufacturan líquidos volátiles y gases o vapores inflamables, pero ellos se encuentran en recipientes o tuberías cerradas, de los cuales pueden salir únicamente por algún accidente, rotura o mal funcionamiento del equipo.
- b. Ambiente donde se evitan las concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables por medio de ventilación forzada, pero que al producirse una falla o mal funcionamiento del equipo, representa peligro.
- c. Lugares vecinos a los de la Clase I División I, a los que pueden introducirse vapores y gases inflamables a menos que cuenten con ventilación forzada con un sistema de seguridad que impida fallas en el equipo de ventilación.

La **Clase I División II** define lugares donde se emplean corrientemente líquidos volátiles, gases y vapores peligrosos, que representan peligro solamente en los casos de fallas, averías, accidentes o del anormal funcionamiento de las instalaciones. Para delimitar el área peligrosa en estos casos debe tenerse presente la cantidad de elementos peligrosos que pueden escapar, capacidad de ventilación, volúmenes de los locales, etc.

3.2.2. Áreas Peligrosas Clase II

Son aquellas zonas en que el aire presenta polvo combustible en suspensión en cantidades que pueden producir ignición o explosión (polvo de aluminio, polvo de magnesio, carbón de piedra, etc.).

División I.- Define los lugares con las siguientes características:

- a. Ambiente donde en condiciones de funcionamiento normal, habrá en forma periódica o continua polvo combustible en condiciones de producir ignición o explosión.
- b. Ambiente donde por posibles desperfectos, mal funcionamiento o accionamiento de máquinas o equipos, pueden producirse mezclas inflamables que provoquen ignición o explosión.
- c. Lugares donde puede haber polvo conductor de electricidad.

La **Clase II División I** comprende en general plantas de almacenamiento de granos, plantas de pulverización, limpieza, mezcladoras, elevadoras, colectoras y todo equipo similar productor de polvo, todo lugar o depósito donde en condiciones normales de funcionamiento existe en el aire polvo que produzca mezcla inflamable o explosiva; los polvos muy peligrosos son conductores de la electricidad, al igual que los de coque y carbón vegetal. Los polvos no conductores de la electricidad pero combustibles, son los producidos en el manipuleo de toda materia orgánica que pueda producir polvos combustibles.

División II.- Considera aquellos lugares donde en condiciones normales no es posible que exista polvo combustible en suspensión en el aire pero que pueda afectar de las siguientes formas:

- a. Que la cantidad de polvo depositado sea suficiente para impedir la disipación del calor de los equipos eléctricos.

- b. Que por el polvo acumulado sobre y/o el interior de los equipos eléctricos éste pueda inflamarse debido a chispas o amos producidos por el polvo.

Los lugares donde pueden darse estas condiciones son fundamentalmente las vecinas a las de Clase II División I, además los lugares que cuentan con transportadores, ventiladores y equipos donde pueden desprenderse cantidades de polvos en condiciones de funcionamiento anormales.

3.2.3. Áreas Peligrosas Clase III

Son aquellas zonas en que el aire presenta en suspensión fibras y volátiles inflamables, pero no en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

División I.- Son los lugares donde se emplean o fabrican fibras de fácil inflamabilidad y materiales productores de combustibles volátiles, tales como rayón, nylon, algodón, estopa, cáñamo, etc.

División II.- Son aquellos lugares que dan fácil ignición en fibras cuando son almacenadas o manipuladas.

Los lugares que pertenecen a estas clases generalmente incluyen partes de molinos textiles, algodonerías, fábricas de madera, fábricas de ropa, etc. Los lugares de Clase III no se subdividen más.

3.2.4. Clasificación por Grupos Atmosféricos

La clasificación de grupos A, B, C y D corresponde a la Clase I, los grupos E, F y G corresponden a la Clase II. Esta agrupación está

determinada de acuerdo a la peligrosidad de las mezclas atmosféricas, según se muestra a continuación:

- Grupo A: Acetileno.
- Grupo B: Hidrógeno, combustibles o gases de proceso con más de 30% de hidrógeno en volumen, etc.
- Grupo C: Éter, etileno, gases o vapores de riesgo equivalente.
- Grupo D: Acetona, amoníaco, benceno, butano, etanol, metano, gas natural, nafta, propano o gases o vapores de riesgo equivalente.
- Grupo E: Atmósferas que contienen polvos metálicos incluyendo aluminio, magnesio, u otro polvo o partículas en suspensión combustibles.
- Grupo F: Atmósferas que contienen polvos de carbón, o polvos sensibilizados por otros materiales que estén presentes en explosiones.
- Grupo G: Atmósferas que contienen polvos combustibles no incluidos en el grupo E o grupo F, incluyendo harina, granos, madera y químicos.

3.2.5. Clasificación de las Áreas en la Estación de Bombeo

Cada área o zona del lugar se debe considerar independientemente de acuerdo a la clasificación que establece en NEC en los artículos 500 a 505 que tratan sobre los requisitos de las instalaciones y equipos eléctricos y electrónicos de cualquier tensión instalados en lugares donde puede existir riesgo de incendio o explosión, por lo que las diferentes áreas que conforman la estación deben ser clasificadas de acuerdo a las normas ya expuestas.

La sala de control no está clasificada como zona peligrosa debido a que no se encuentra expuesta significativamente a gases en suspensión o crudo derramado.

La sala de máquinas, debido a que el aire contiene o puede contener gases en suspensión o vapores en cantidades que puedan producir mezclas inflamables o explosivas es considerada una zona peligrosa clasificada como Clase I. Además se reconocen dos divisiones:

1. **Clase I División I.**- En el área de la Trinchera debido a que en esta se encuentran concentraciones peligrosas de gases, crudo y combustible derramado debido a los diferentes mantenimientos realizados a las unidades de bombeo.
2. **Clase I División II.**- La sala de máquinas con excepción de la trinchera se considera con esta clasificación debido a que es un lugar vecino a una zona Clase I División I, en donde pueden introducirse vapores y gases inflamables.

Por lo tanto los equipos y accesorios que sean montados en la sala de máquinas deben cumplir con las características requeridas para este tipo de áreas. Adicionalmente, se deben tomar en cuenta que son ambientes clasificados según los grupos atmosféricos B y D debido a la presencia del crudo y sus diversos componentes.

En los lugares de **Clase I División 1**, la instalación de los diferentes equipos debe hacerse en tubo metálico rígido roscados, tubo semi-rígido de acero roscado o cables con herrajes de terminación aprobados para esos lugares. Todas las cajas y elementos de unión deben estar roscados

para conectarlos a los tubos o terminaciones de los cables y deben ser antideflagrantes.

En los lugares de **Clase I División II** está permitido instalar tubo metálico rígido roscado, tubo semi-rígido de acero roscado, conductos montados en envolventes con juntas o cables de tipo PLTC, en bandejas de cables, en canalizaciones, soportados por cables fiadores o directamente enterrados.

3.3. NORMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS

Al situar una zona de trabajo dentro de una categoría clasificada como peligrosa implica que el equipamiento utilizado debe estar certificado para operar de forma segura bajo condiciones de peligro.

Las normas de la Asociación de Fabricantes Eléctricos (NEMA, por sus siglas en inglés), han sido desarrolladas en Norteamérica, y enfatizan la construcción para servicio pesado y aplicación universal. Las normas emitidas por Underwriter's Laboratories Inc. (UL) definen los requisitos exigidos para la fabricación y utilización de artefactos (cajas y accesorios) para instalaciones eléctricas a efectuarse en ambientes clasificados como peligrosos. Los productos NEMA-UL a menudo son sobredimensionados y por ello tienen una apariencia más durable, pueden ser operados en condición de sobrecarga no permanente cuando sea necesario; la aplicación y selección de los equipos se realiza en forma práctica.

Las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés), de aplicación global (América y Europa), enfatizan el ahorro de espacio y peso, y por lo tanto tienen que ser especificadas con profundo y

detallado cuidado para cada aplicación. Los productos IEC al ser de aplicación específica, ahorran espacio valioso en tableros de distribución y control.

Uno de los temas que resalta en cualquier discusión de equipos eléctricos de distribución y control, es la diferenciación entre las normas NEMA-UL e IEC (Comisión Electrotécnica Internacional). Estos son los dos tipos de normas más ampliamente seguidas en el mundo para equipo eléctrico y están basadas sobre diferentes prácticas y filosofías, provenientes de dos diferentes ambientes de mercado.

3.3.1. Características Principales de las Normas Nema-UL

Entre las características más importantes de las normas NEMA-UL, se pueden mencionar:

1. Especifican los requerimientos de diseño y construcción de los equipos.
2. Son de aplicación general, algunas veces calificado como “sobre diseñado o sobre dimensionado”. Esto es, son más pesados y más grandes de lo que una aplicación particular podría requerir, y pueden trabajar con sobrecarga eventual.
3. Están orientadas al distribuidor de los equipos, permitiendo una racionalización de la bodega de equipos para aplicaciones diversas con pocos productos diferentes.
4. Permiten la intercambiabilidad, ya que una vez que se conoce la capacidad NEMA, usted puede escoger entre los productos de una variedad de diferentes fabricantes.
5. Facilidad de aplicación, permite que cualquiera especifique simplemente conociendo la capacidad (KW, Tensión, Corriente, etc.)

Las normas NEMA-UL no son mejores que las normas IEC, son diferentes. Los componentes de cada una de ellas trabajan bien cuando son usadas apropiadamente, el problema surge cuando estas dos normativas son mezcladas inapropiadamente.

Los ahorros de espacio y peso de los productos clasificados por IEC han incrementado su aceptación para ciertas aplicaciones de la industria pesada que eran antiguamente reservadas para los productos clasificados por NEMA. Pero es necesario seleccionar adecuadamente en base a los datos específicos que están acostumbrados a trabajar con los productos clasificados por NEMA podrían, al principio, tener dificultad para recibir las especificaciones precisas por parte del usuario no familiarizado con la ingeniería de los productos IEC.

Tabla N° 3.1.- Análisis comparativo entre NEMA e IEC

Análisis Comparativo entre NEMA e IEC	
Características NEMA-UL	Características IEC
Especifican los requerimientos	Orientadas al cumplimiento de pruebas
Aplicación General	Aplicación Específica
Orientación al distribuidor	Orientación al usuario final
Intercambiabilidad	Especificación detallada
Facilidad de aplicación	Énfasis en el costo y material

3.4. SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN Y CONTROL

Parte de las funciones del diseñador de instrumentación y control es entender el proceso e implementar el sistema de control requerido con los dispositivos apropiados. Para la correcta selección de instrumentos se debe considerar:

- Cumplimiento de todos los códigos y disposiciones aplicables

- Requerimientos de la planta y del proceso
- Buena práctica de ingeniería, incluyendo costos aceptables y durabilidad.

La selección de equipos de instrumentación y control involucra varios aspectos importantes como por ejemplo la tecnología a utilizarse. El punto más importante que debe considerarse es la seguridad, utilizar materiales inadecuados puede provocar la falla de equipos o daños mayores. El material de empaques y sellos debe ser compatible. Adicional a estas consideraciones, los equipos de medición y control debe seguir otros criterios, como son: localización del equipo, desempeño, tipo de alojamiento, suministro eléctrico, la instalación y mantenimiento.

Localización de los Equipos

Todos los equipos de medición, control y su cableado deben cumplir con los códigos eléctricos y los requerimientos establecidos en sitio. El diseño de la ubicación final y la instalación propiamente dicha, debe hacerse en total coordinación con los criterios particulares del personal de mantenimiento y operación. Esto evitará cambios de última hora que implican retrasos en el cronograma de instalación y complican labores de montaje y desmontaje de equipos para fines de mantenimiento.

La temperatura ambiente máxima y mínima debe ser considerada, y los equipos electrónicos deben ser protegidos de la temperatura del proceso. En caso de procesos de alta temperatura son utilizados equipos electrónicos remotos. La precisión en la medición no debe ser afectada por las variaciones de la temperatura. El transmisor también debe ser capaz de soportar ambientes corrosivos, en el lado del proceso y del lado del ambiente. Además debe

considerarse el ruido eléctrico, vibraciones, variaciones en la alimentación de energía y su efecto en el desempeño del instrumento.

Desempeño

La implementación de equipos de medición y control debe satisfacer ciertos requerimientos de desempeño. Un dispositivo de medición y control específico tiene capacidades de rango y ajuste de cero determinados, con su señal de salida eléctricamente aislada. Los tipos de señales de salida requeridos mayoritariamente en la actualidad son la tradicional señal analógica de 4 a 20 mA y la señal digital fieldbus. En resumen, los requerimientos de precisión están directamente relacionados a las necesidades del proceso.

De esta manera, surgen dos cuestiones básicas. ¿Cuál es la precisión requerida? y ¿Cuál es el dispositivo que satisface esta precisión? Debe tomarse en cuenta que esta precisión debe ser mantenida dentro de los rangos de operación máximo y mínimo, y no sólo alrededor de los valores normales.

Tipo de alojamiento

Los alojamientos o gabinetes deben ser adecuados para las condiciones del proceso y del medio ambiente, así como también para la clasificación de las áreas peligrosas. En muchos casos los transmisores son especificados para ser del tipo indicativo. Cuando los transmisores indicadores son requeridos se debe determinar si son necesarios displays análogos o digitales así también el número de dígitos para ser mostrados ya sea en unidades de porcentaje o en unidades de ingeniería.

Los alojamientos utilizados son los NEMA 4X que son para uso interior o exterior, principalmente para proporcionar un grado de protección contra la

corrosión, la lluvia y el polvo. El alojamiento es de poliéster reforzado con fibra de vidrio con una empaquetadura de goma sintética entre la cubierta y la base.

Alimentación de Energía

El servicio de alimentación de energía es necesario para todos los sistemas de control modernos. La calidad de la energía debe ser mantenida en un alto nivel a través del uso de dispositivos tales como Fuentes de Energía Ininterrumpida (UPS), un transformador de aislamiento ferromagnético o un supresor de picos. La puesta a tierra es una parte esencial en un sistema de control digital, debido a que ayuda a asegurar la calidad de las instalaciones y una operación sin problemas.

Instalación y Mantenimiento

Cuando se seleccionan los dispositivos de medición y control deben ser determinados los requerimientos de mantenimiento. El mantenimiento es una parte del costo del equipo que debe ser considerado debido a que se los realiza con equipos y personal especializado. La frecuencia con que se debe realizar el mantenimiento preventivo es uno de los factores a ser tomado en consideración. Algunas actividades de instalación y mantenimiento requieren que el proceso este fuera de operación, es necesario establecer si el equipo seleccionado puede ser removido en línea.

3.4.1. Comparación de Equipos Transmisores

Los transmisores son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos. Existen varios tipos de señales de transmisión: neumáticas, electrónicas, digitales, hidráulicas y telemétricas.

Los transmisores neumáticos generan una señal neumática variable linealmente de 3 a 15 psi para el campo de medida de 0-100% de la variable. Esta señal está normalizada por la SAMA (Scientific Apparatus Makers Association) y ha sido adoptada en general por los fabricantes de transmisores y controladores neumáticos.

Los transmisores electrónicos generan la señal estándar de 4-20 mA C.C., a distancias de hasta 1 Km. La señal electrónica de 4-20 mA c.c. Al ser continua y no alterna, elimina la posibilidad de captar perturbaciones, está libre de corrientes parásitas y emplea sólo dos hilos que no necesitan blindaje.

La relación de 4-20 mA es de 1 a 5, la misma que la razón de 3 a 15 psi en la señal neumática y el nivel mínimo seleccionado de 4 mA elimina el problema de la corriente residual que se presenta al desconectar los circuitos a transistores. La alimentación de los transmisores puede realizarse con una unidad montada en el panel de control y utilizando el mismo par de hilos del transmisor. El “cero vivo” con que empieza la señal (4 mA) ofrece las ventajas de poder detectar una avería por corte de un hilo (la señal se anula) y de permitir diferenciar todavía más el ruido de la transmisión cuando la variable está en su nivel más bajo.

El transmisor digital “inteligente” tiene incorporadas funciones adicionales que se añaden a las propias de la medida exclusiva de la variable. Lógicamente dichas funciones son proporcionadas por un microprocesador, pero esto no es esencial para que al instrumento pueda aplicársele la denominación de “inteligente”. Hay dos modelos básicos de transmisores inteligentes:

El capacitivo que está basado en la variación de capacitancia que se produce en un condensador formado por dos placas fijas y un diafragma sensible interno y unido a las mismas, cuando se les aplica presión o presión diferencial a través de dos diafragmas externos. La transmisión de la presión del proceso se realiza a través de un fluido (aceite) que rellena el interior del condensador. Un circuito formado por un oscilador y demodulador transforma la variación de capacidad en señal analógica. Esta a su vez es convertida a señal digital.

El de semiconductor que aprovecha las propiedades eléctricas de los semiconductores al ser sometido a tensiones. El modelo de semiconductor difundido está fabricado a partir de una delgada película de silicio y utiliza técnicas que generan una zona sensible a los esfuerzos. Se comporta como un circuito dinámico de puente de Wheatstone aplicable a la medida de presión, presión diferencial y nivel, formado por una pastilla de silicio difundido en el que se hallan embebidas las resistencias del puente.

En resumen, las ventajas del transmisor inteligente con relación a los instrumentos electrónicos analógicos convencionales son:

- Mejora de la precisión (2:1 como mínimo)
- Mejora de la estabilidad en condiciones de trabajo diversas
- Campos de medida más amplios
- Mayor fiabilidad
- Bajos costos de mantenimiento.
- Menor desviación por variaciones de la temperatura ambiente o de la tensión de alimentación.
- Diagnóstico continuo del circuito (estado del instrumento)
- Comunicación bidireccional

- Configuración remota desde cualquier punto de la línea de transmisión

3.4.2. Definiciones Básicas de Instrumentación

El rango (range) o campo de medida es el conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida o de transmisión del instrumento; se expresa estableciendo los valores extremos, por ejemplo de 100 a 300 °C. Otro concepto derivado es el de rangeabilidad, que es el cociente entre el valor de medida superior e inferior de un instrumento, por ejemplo $300/100 = 3$.

El alcance (span) es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento. Por ejemplo, $300 - 100 = 200$ °C.

El error es la diferencia algebraica entre el valor transmitido por el instrumento y el valor real de la variable medida

La precisión (accuracy) es la tolerancia de medida o de transmisión del instrumento (intervalo donde es admisible que se sitúe la magnitud de la medida), y define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio durante un período de tiempo determinado (normalmente 1 año)

Repetibilidad (repeatability) es la capacidad de reproducción de la señal de salida del instrumento al medir repetidamente valores idénticos de la variable en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido de variación, recorriendo todo el campo.

Estabilidad es la capacidad de un instrumento para mantener su comportamiento durante su vida útil y de almacenamiento especificadas.

Los términos precisión y repetibilidad son esenciales en la medición y control. La precisión (una indicación del error de medición) proporciona el valor correcto en el display del instrumento, mientras que la repetibilidad es la capacidad de dar el mismo valor varias veces. Sin repetibilidad no se puede obtener una buena precisión, pero puede darse el caso de tener una buena repetibilidad sin obtener precisión. Esto es un indicativo de la habilidad del dispositivo para reproducir una misma medición bajo condiciones similares, lo cual no significa que la medición sea correcta.

3.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE TEMPERATURA

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes e importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento.

Los instrumentos de medición más conocidos son las termocuplas y las RTDs. Los criterios básicos para la selección de cada uno de ellos, son:

Termocuplas:

- Aconsejable para rangos de temperatura elevados
- Mejor desempeño en aplicaciones extremadamente exigentes

- Ofrece respuesta muy rápida a los cambios de temperatura
- Ocupan menos espacio, y
- Pueden tener un costo inicial más bajo en algunas aplicaciones.

RTDs:

- Ofrecen una salida estable dentro de amplios rangos de temperatura
- Pueden ser recalibrada para obtener una exactitud verificable
- Son estables por largos períodos de tiempo
- Siguen una curva más lineal que las termocuplas
- Tienen alta sensibilidad, y
- Proporcionan una lectura exacta sobre un alcance de temperatura estrecho.

Cable de Extensión y Termopozo

El objetivo de los cables de extensión es extender la termocupla o RTD hasta la junta de referencia del instrumento. El cable de extensión está constituido generalmente de dos conductores y está provisto con una clase de aislante de acuerdo con las condiciones de servicios particulares. Generalmente se usan otros metales para construirlos que tienen propiedades termoeléctricas iguales o semejantes a las originales.

Para la elección del termopozo se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Resistencia a la temperatura.
- Acción de gases oxidantes y reductores.
- Conductividad térmica alta para transferencia de energía rápida.
- Resistencia a los cambios bruscos de temperatura.

- Resistencia a los esfuerzos mecánicos y a la corrosión de vapores ácidos.

3.5.1. Termocuplas

El principio de la termocupla se basa en la circulación de una corriente en un circuito formado por dos metales diferentes, cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distinta temperatura. Una pequeña tensión continua o f.e.m. aparece entre los dos metales en función de la temperatura de la unión de medida siempre que haya una diferencia de temperatura con la unión de referencia, ese voltaje es la señal que actúa sobre el controlador de temperatura.

Las termocuplas son en general los sensores más baratos y robustos, aunque para evitar errores de materiales disímiles, los cables de extensión deben ser del mismo material de la termocupla.

La selección de los alambres para termocuplas se hace de forma que tengan una resistencia adecuada a la corrosión, a la oxidación, a la reducción y a la cristalización, que desarrollen una f.e.m. relativamente alta, que sean estables, de bajo costo y de baja resistencia eléctrica y que la relación entre la temperatura y la f.e.m. sea tal que el aumento de ésta sea aproximadamente paralelo al aumento de la temperatura.

Termocupla tipo J

Son termocuplas de hierro-constantán, se aplican normalmente para temperaturas que van de -15°C a 750°C , dependiendo de su calibre. Son recomendables en atmósferas donde existe deficiencia de oxígeno libre (atmósferas reductoras). Como tienen un precio relativamente

bajo son muy ampliamente usados para la medición de temperaturas dentro de su rango recomendado.

Se tiene que seleccionar un determinado tipo de termocupla de acuerdo con las necesidades de medición y control de temperatura. La selección, por supuesto, esta basada en varios factores, tales como el rango de temperatura de operación, exactitud requerida, respuesta térmica elevada de f.e.m. y el medio ambiente en que la termocupla va a ser instalada.

Las termocuplas tipo J serán montadas en el interior de cada uno de los cilindros del motor, y para sensar la temperatura de los gases del turbo, cuyas señales de salida van a las tarjetas transmisoras de temperatura, ya que la temperatura máxima de disparo del motor es de 900 °F. Además son instaladas para sensar las temperaturas de las chumaceras del incrementador y de la bomba y la carcasa de la bomba.

3.5.2. Termoresistencias RTDs

La medición de temperatura utilizando detectores termoresistivos depende de las características propias del elemento de detección, el cual consiste en un arrollamiento de un hilo muy fino del conductor adecuado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica, encapsuladas y situadas dentro de un tubo de protección.

Los materiales que forman el conductor de la resistencia poseen las siguientes características:

1. Alto coeficiente de temperatura de la resistencia.

2. Alta resistividad, ya que cuanto mayor es la resistencia a una temperatura dada mayor será la variación por grado (mayor sensibilidad).
3. Relación lineal resistencia-temperatura
4. Rigidez y ductibilidad, a fin de obtener tamaños pequeños (rapidez de respuesta)
5. Estabilidad de las características durante la vida útil del material

Los materiales que se usados en las sondas de resistencia son el platino y el níquel. El platino es el material más adecuado desde el punto de vista de precisión y estabilidad, pero presenta el inconveniente de su costo. El tipo Pt100 presenta una resistencia de 100 ohmios a 0° C, y varía a razón (coeficiente α) de 0.00385 °C⁻¹.

Sensores de la Serie 78

Los sensores de la serie 78 con RTDs de platino, proporcionan una resistencia de alta linealidad, elementos dobles, ideal para ambientes industriales donde se requiere exactitud, durabilidad y estabilidad a largo plazo, están sujetos a altas temperaturas y su rango de temperatura está entre -200 a 600 °C (-328 a 1112 °F).

Estos sensores permiten la inmersión directa en fluidos no corrosivos en presiones estáticas razonables, para ambientes corrosivos y en muchas aplicaciones industriales, comúnmente son usados con termopozos.

Los sensores de elemento simple de alta temperatura tienen cuatro alambres principales y pueden usarse con 2, 3 y 4 alambres según las condiciones del sistema. Los sensores de elemento doble son

redundantes para proporcionar una lectura separada, y las señales de control de una medición simple. Estos tienen tres cables principales para cada elemento y pueden ser usados con 2 o 3 alambres.

Los sensores de temperatura seleccionado es de platino, con cabezal de conexiones de aluminio de seis terminales, estilo resorte con un rango de temperatura entre -200 a 500°C (-328 a 932°F), con termopozo roscado del tipo 316 SST cuya longitud es de 4" con conexión del proceso de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ", esta aprobado para ambientes explosivos.

3.5.3. Transmisor Indicador de Temperatura

El Transmisor Indicador de Temperatura Modelo 3244MV fabricado por Rosemount es un equipo multivariable, con señal de salida digital fieldbus, tiene la capacidad de aceptar entradas simultáneas de dos sensores independientes. Opera entre 9.0 y 32.0 Vdc, con una corriente máxima de 17.5 mA. Posee un alojamiento de aluminio cubierto con poliuretano, está aprobado para ser utilizado en ambientes explosivos Clase I, Grupo D, División 2, con certificación de UL. Contiene un display de cristal líquido, además un bloque de entrada analógica que permite al usuario configurar alarmas a HI, HI-HI, LO y LO-LO.

Proporciona una exactitud (accuracy) de 0.10°C , y una estabilidad de 0.1% durante 24 meses. Su rango de operación está entre -328 a $1,562^{\circ}\text{F}$, suficiente para los requerimientos operacionales del SOTE. La calibración de los rangos de operación varían entre $0-200^{\circ}\text{F}$ y $0-300^{\circ}\text{F}$ según la aplicación del instrumento.

El transmisor puede configurarse en línea o fuera de línea. En línea, se ingresan los parámetros directamente al transmisor. La configuración fuera de línea consiste en entrar y guardar los parámetros sin que el

transmisor esté conectado. Los datos son almacenados en la memoria y pueden ser transmitidos en otro momento al transmisor. Los transmisores vienen con un soporte universal en “L” para montaje de tubería de 2” de acero inoxidable. Cuentan con su respectivo certificado de calibración. Estos transmisores tienen como elemento primario sensores tipo RTD de platino de la serie 78.

3.5.4. Tarjeta Transmisora de Temperatura

Es una tarjeta que convierte las señales analógicas de RTDs y termocuplas a señales tipo FF, cuenta con protección para transcientes. Fabricado por Rosemount (modelo 848T), es óptimo para procesos de monitoreo de temperatura debido a su habilidad de medir simultáneamente ocho entradas con un solo equipo con lo que se logra una reducción de costos y requerimientos de espacio. Puede ser montado directamente con un riel dentro de un gabinete o en una caja de paso.

La tarjeta proporciona una precisión (accuracy) de 0.1 °C y una estabilidad de 0.1% durante 24 meses. Opera entre 9 a 32 Vdc. Con un máximo de 22 mA, aproximadamente lee los ocho sensores en 1.5 segundos, contiene bloques que permiten al usuario configurar las alarmas con una variedad de prioridades. Los ocho canales pueden ser configurados independientemente para RTDs o termocuplas.

Las tarjetas reciben las 16 señales de las termocuplas de los cilindros del motor y la termocupla de los gases del turbo y las transforman a señal digital fieldbus.

3.6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE PRESIÓN

Cualquier recipiente o tubería posee cierta presión máxima de operación, de acuerdo al material y al tipo de construcción. Presiones excesivas pueden provocar la destrucción de equipos y poner al personal en situaciones peligrosas, especialmente cuando están presentes fluidos inflamables o corrosivos. Además, la presión puede llegar a tener efectos directos o indirectos en el valor de las variables del proceso. El control de presión en procesos industriales proporciona condiciones de operación seguras.

La medición de presión es una variable básica de todo proceso. Todos los sistemas de medición de presión consisten en dos partes básicas: un elemento primario, y un elemento secundario que puede ser un indicador, transmisor o un controlador.

El elemento primario está en contacto con el medio de presión, ya sea directa o indirectamente, e interactúa con los cambios de presión. Además causa el diferencial de presión para la medición de flujo del cual resulta en el cálculo del flujo.

El elemento secundario de un sistema de medición de presión emplea la interacción del elemento primario con la presión del medio y la convierte en valores apropiados para utilizarse en indicadores, transmisores o registradores. Los elementos secundarios en un sentido general pueden ser considerados en medición húmeda o en medición seca. Medición húmeda, es cuando el fluido del proceso está en contacto con el líquido en el dispositivo. Medición seca es cuando no se usa ningún líquido para el contacto con el fluido del proceso.

3.6.1. Transmisor Indicador de Presión

Los transmisores de presión instalados utilizan transductores capacitivos, cuya señal analógica luego es digitalizada para ser transmitida por la red fieldbus. Los transductores capacitivos se caracterizan por su pequeño tamaño y su construcción robusta, son adecuados para medidas estáticas y dinámicas.

Estos transductores se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de las placas por la aplicación de presión. Consiste de una placa móvil en forma de diafragma que se encuentra situada entre dos placas fijas, de este modo se obtienen dos condensadores, uno de capacidad fija o de referencia y el otro de capacidad variable. Son sensibles a variaciones de temperatura y a aceleraciones transversales.

Los equipos seleccionados utilizan una técnica de capacitancia de dos hilos. La presión del proceso es transmitida a través de diafragmas aislantes y silicona las cuales llevan el fluido hacia un diafragma sensor en el centro del aparato. El diafragma sensor es un elemento de resorte que sufre una deflexión en respuesta a la presión diferencial que lo atraviesa. El desplazamiento del diafragma sensor es proporcional a la presión diferencial. La posición del sensor es detectada por platos capacitivos ubicados en ambos lados del diafragma. El diferencial de capacitancia entre el diafragma sensor y los platos capacitivos es convertida a una señal digital fieldbus para ser transmitida.

Los transmisores de presión contienen un fluido interno que se utiliza para transmitir la presión del proceso a través de los diafragmas de aislamiento al elemento sensor de presión. Un transmisor con una fuga de fluido de llenado puede continuar funcionando normalmente por un

período de tiempo. Una pérdida continuada de aceite hará que finalmente, uno o más de los parámetros de funcionamiento excedan las especificaciones. Los síntomas de una pérdida avanzada de aceite y otros problemas no relacionados incluyen:

- Respuesta ineficiente al incremento o disminución de presión
- Índice de rendimiento limitado o poco uniforme
- Cambio en el ruido del proceso del rendimiento
- Rendimiento inestable o saturado

Se utilizaron dos tipos de transmisores indicadores de presión el de presión diferencial (modelo 3051CD), y el de presión manométrica (3051T).

Transmisor de Presión Manométrica

Las especificaciones de los transmisores de presión seleccionados fueron los siguientes del modelo 3051T. Para presión manométrica, los rangos de presión para las diferentes tomas de proceso fueron: 0–30 psi, 0–150 psi, 0–800 psi, 0–4,000 psi.

La señal de salida de los transmisores es FF, cuenta con un indicador de pantalla de cristal líquido para alojamiento de aluminio, con conexión de proceso de ½” NPT hembra, con diafragma aislador y el material de las piezas de acero inoxidable, el líquido de llenado es silicona, el alojamiento es de aluminio cubierto con poliuretano y el tamaño de la entrada del conducto es de ½” NPT, aprobado para ambientes explosivos con certificación UL para áreas clasificadas como Clase I División 2 Grupo D.

Para los transmisores que van montados en el panel frontal de instrumentos vienen con un soporte universal en “L” de acero inoxidable para montaje en tubería.

Transmisor de presión diferencial — Modelo 3051CD

Las especificaciones del transmisor de presión diferencial seleccionado fue el modelo 3051CD con un rango de 0–3 a 0–300 psi, con señal de salida Fieldbus Fundación, contiene un indicador de pantalla de cristal líquido, y diafragma aislador de acero inoxidable. La junta teórica es TFE relleno de vidrio, el líquido de llenado es silicona, el material del alojamiento es de aluminio cubierto con poliuretano y el tamaño de la entrada del conducto es de ½” NPT. El transmisor está aprobado para ambientes explosivos con certificación UL para áreas clasificadas como Clase I División 2 Grupo D. Mide la presión diferencial desde 0–20.7 a 0–2070 kPa (0–3 a 0–300 psi) con una precisión del 0.075%, estabilidad de 0.0125% durante cinco años y una rangeabilidad de 100:1.

Viene con un soporte universal en “L” de acero inoxidable para montaje en tubería. Estos transmisores vienen con un certificado de calibración. Este transmisor mide la presión diferencial entre la entrada y salida de crudo en el intercambiador de calor de la unidad.

3.7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE FLUJO

La medición de flujo es uno de los aspectos más importantes en un proceso de control, generalmente es inferido gracias a la medición de velocidad a través de un área conocida. Con este método indirecto, el flujo medido en términos simples es:

$$Q_v = A \times V$$

En esta ecuación, Q_v es el caudal medido, A es el área transversal de la tubería y V es la velocidad del fluido. Una indicación confiable de flujo depende de la medición correcta de A y V . Por ejemplo, si la velocidad es medida en el centro de la tubería, se tendría una medición errónea porque V debe reflejar la velocidad promedio del flujo cuando pasa por la sección transversal de la tubería.

Factores que afectan la medición de flujo

Los mayores factores que afectan el paso de fluidos a través de tuberías son:

- Velocidad del fluido.
- Fricción de contacto con la tubería.
- Viscosidad del fluido.
- Densidad del fluido.

La velocidad de flujo depende de la presión ejercida sobre el fluido para que circule a través de la tubería. A mayor presión, mayor razón de flujo (siempre que los demás factores permanezcan constantes), y por consiguiente, mayor caudal. El tamaño de la tubería también afecta la razón de flujo. Por ejemplo, duplicar el diámetro de la tubería aumenta cuatro veces el flujo potencial.

La fricción reduce la razón de flujo, por lo que es considerado un factor negativo. Debido a la fricción del fluido con la tubería, la razón de flujo es más lenta cerca de paredes de la tubería que en el centro. Para disminuir los efectos de la fricción sobre la razón de flujo, la tubería debe ser lisa, limpia, y grande.

La viscosidad, o fricción molecular interna, afecta negativamente la razón de flujo. La viscosidad y la fricción disminuyen el flujo cercano a las paredes de la tubería. La viscosidad aumenta o disminuye con los cambios de temperatura, pero no sigue un patrón determinado. En los líquidos, la viscosidad generalmente disminuye cuando la temperatura aumenta.

La densidad de un fluido afecta la razón de flujo ya que un fluido más denso requiere más presión para mantener la razón de flujo deseada.

Medición de Flujo en una Tubería

El tipo de equipo utilizado para la medición del flujo depende de la naturaleza del fluido y de las condiciones del proceso. El flujo es usualmente medido indirectamente mediante una medición inicial de un diferencial de presión o de la velocidad del fluido. Esta medición es relacionada con el caudal.

Los equipos para medición de flujo pueden ser agrupados en cuatro tipos:

- De medición desplazamiento positivo (integración de muestras)
- De medición frontal (tubo pitot, tubo venturi)
- De medición de masa. (medición térmica)
- De medición de velocidad

Medición de flujo mediante la velocidad.

Cuando se usa la velocidad para medir una razón de flujo, el elemento primario genera una señal proporcional a la velocidad del flujo. La ecuación $Q_v = A \times V$ muestra que la señal generada está relacionada linealmente con respecto a la razón de caudal. Los caudalímetros de velocidad pueden ser de turbina,

electromagnéticos, de vórtice, o ultrasónicos. El transmisor que va a ser montado es del tipo ultrasónico.

Flujómetros Ultrasónicos

Los caudalímetros ultrasónicos utilizan ondas de sonido para determinar el flujo. Desde un transductor piezoeléctrico se envían pulsos a la velocidad de sonido a través del fluido en movimiento, lo cual proporciona una indicación de la velocidad.

El primer método consiste en dos transductores montados opuestamente para que entre ellos viajen las ondas de sonido con un ángulo de 45° con respecto a la dirección del flujo dentro de la tubería. La velocidad de sonido del transductor ubicado aguas arriba hacia el transductor ubicado aguas abajo representa la velocidad del sonido más una contribución debida a la velocidad del fluido. En una medición simultánea en direcciones opuestas, un valor (determinado electrónicamente) representa la velocidad del fluido la cual es linealmente proporcional al caudal. Este método trabaja bien en la mayoría de fluidos, pero es esencial que estén libres de gases o sólidos atrapados.

El segundo tipo de medición ultrasónica del flujo utiliza el efecto Doppler. Se utilizan también dos transductores, pero ambos están montados en el mismo lado de la tubería. Una onda ultrasónica de frecuencia constante es emitida a través del fluido por uno de los elementos. Sólidos o burbujas dentro del fluido reflejan el sonido hacia el elemento receptor. El principio de Doppler establece que habrá un cambio aparente en la frecuencia o en la longitud de onda cuando hay un movimiento relativo entre el emisor y el receptor.

En este tipo de instrumentos, el movimiento relativo de sólidos suspendidos reflejantes dentro del fluido tiende a disminuir la longitud de onda del sonido (o

elevar la frecuencia). Esta nueva frecuencia medida en el elemento receptor se compara electrónicamente con la frecuencia transmitida para proporcionar un diferencial de frecuencia que es directamente proporcional a la velocidad de flujo en la tubería. En contraste con el método anterior, este requiere de gases atrapados o sólidos en suspensión dentro del fluido.

3.7.1. Transmisor de Flujo

El Transmisor de Flujo Controlotron (modelo 1010X) es un equipo que opera con fuente de poder externa de corriente alterna o corriente continua, consta con un display de cristal líquido de 2x16 caracteres alfanuméricos que muestra datos de tiempo real y menú de instalación.

Contiene una cubierta cilíndrica a prueba de explosión NEMA 7 de aluminio diseñada para instalación en ambientes peligrosos División I, lo mismo que todo el cableado, los transductores y el diseño eléctrico. La temperatura de operación del transmisor esta entre los -29 °C a 50 °C y para los transductores el rango de operación esta entre -29 °C a 68 °C.

El transmisor trabaja con dos transductores que están montados sobre la tubería. Y se los identifica por la dirección del flujo a través de la tubería, según su localización es “aguas arriba” y el otro transductor esta “agua abajo”.

Durante la operación el equipo convierte una serie de pulsos electrónicos de alta frecuencia de señales sónicas. Los transductores inyectan estas señales sónicas a través de las paredes de la tubería en el fluido. Cada transductor alterna como un transmisor o un receptor de señales de alta frecuencia. La velocidad de propagación del sonido en el líquido varía con el ángulo entre los rayos de sonido y el flujo.

3.8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS TRANSMISORES DE VIBRACIÓN

El transmisor de vibración es necesario para proteger a la máquina contra serios problemas producidos por un mal funcionamiento detectando cualquier incremento en la vibración.

El transmisor de vibración seleccionado para proteger al motor y a la bomba centrífuga es el PMC/BETA Modelo 162VTR-A3, el cual proporciona una señal de salida de 4-20 mA proporcional a la velocidad, que representa la intensidad de la vibración, la cual es detectada usando un cristal piezo-eléctrico.

La señal de salida del cristal representa la aceleración y es convertida electrónicamente a velocidad. El cristal de estado sólido genera una salida eléctrica cuando este es deformado por las fuerzas de vibración. El dispositivo requiere una alimentación de 12 a 36 Vdc.

El nivel de vibración es un excelente indicativo de la condición de la máquina. El modelo 162VTR se emplea para el continuo monitoreo donde las tendencias, alarmas y desconexiones son requeridos por el computador o PLC.

El equipo debe ser montado sobre una superficie plana en dirección perpendicular a la base del motor, mide 1.25" de diámetro por 3.125" de longitud. Opera a un rango de temperatura de -20 a 150°F, el rango de frecuencia es de 120 a 60000 ciclos por minuto, está aprobado para ambientes explosivos con certificación UL para áreas clasificadas como Clase I División I Grupo B-D.

3.9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ACTUADORES

En los procesos industriales la válvula de control juega un papel muy importante en el lazo de control, realiza la función de variar el caudal del fluido. Tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador. Una válvula de control típica se compone básicamente del cuerpo y del actuador. Las posiciones de succión, descarga y bypass cuentan con una válvula tipo compuerta, apropiada para control todo-nada, conectada con bridas a la tubería de 12" en el caso de la succión y descarga, y de 4" en el bypass.

El cuerpo de la válvula efectúa su cierre con un disco plano que se mueve verticalmente al flujo de crudo, presenta poca resistencia cuando está en posición de apertura total. En su interior, el obturador realiza la función de control de paso del fluido. Está unido a un vástago que pasa a través de la tapa del cuerpo y que es accionado por el actuador. Este vástago dispone de un índice que señala en una escala la posición de apertura o de cierre de la válvula.

El actuador es un motor trifásico de 4HP 460V 1725 RPM, acoplado al vástago de la válvula a través de un tren de engranajes. El alojamiento del actuador está diseñado para lugares clasificados como Clase I, II, III, División I, Grupos C, D, E, F, G. Cuenta con contactores térmicos, interruptores de torque y de posición. El rango de temperatura ambiente es de -40°C a 80°C. La tuerca de bronce que se acopla al vástago presenta diámetros de acople de 6cm para la succión, 8cm para la descarga, y 3.6cm la de bypass.

La alimentación de 460 V energiza el motor y todos los componentes electrónicos con excepción del módulo Fieldbus CAM08, el cual se energiza vía fieldbus y es capaz de mantener la comunicación, aún cuando el actuador no reciba energía. Cuenta con los bloques de función fieldbus analógicos y discretos, de entrada y salida.

3.10. EQUIPOS PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD DE LA UNIDAD

3.10.1. Transmisor de Velocidad

La medición de la velocidad en la industria se efectúa de dos formas: con tacómetros mecánicos y con tacómetros eléctricos. Los primeros detectan el número de vueltas del eje de la máquina por medios exclusivamente mecánicos pudiendo incorporar o no la medición conjunta del tiempo para determinar el número de revoluciones por minuto, mientras que los segundos captan la velocidad por sistemas eléctricos.

Para usos industriales se suelen utilizar tacómetros eléctricos porque permiten la transformación directa de la señal para alimentar los instrumentos registradores o controladores de panel.

El tacómetro de frecuencia o frecuencímetro, mide la frecuencia de la señal AC captada por los transductores del tipo electromagnético, capacitivo u óptico que dan impulsos cuyo número es proporcional a la velocidad de giro de la máquina. El transductor no tiene contacto mecánico con el eje rotativo. La medida de la frecuencia puede pasarse a un contador electrónico basado en la medida de las revoluciones por unidad de tiempo.

Otro modelo de tacómetro de frecuencia mide óptimamente la velocidad. Dispone de un disco opaco perforado periféricamente y acoplado al eje cuya velocidad desea medirse, de una fuente de luz y de una fotocélula. Esta genera una frecuencia dependiente de los impulsos luminosos que pasan a través del disco, es decir, es función de la velocidad.

Los sensores del tipo pick-up magnético son utilizados para detectar la velocidad de la máquina motriz. Este tipo de sensor es necesario cuando se acciona algo distinto a un alternador, y a menudo se utilizan cuando un alternador está conectado directamente al accionador principal y cuando se necesita una señal de control antes de que el alternador alcance su voltaje de salida apropiado. Un circuito electrónico para el sensor de velocidad, ya sea que este incorporado en la tarjeta del gobernador o en una unidad separada, es necesaria para convertir la señal de salida del pick-up en una señal usable por el amplificador del gobernador.

El pick-up magnético produce un voltaje de salida cuando cualquier material magnético se mueve a través del campo magnético en el extremo del instrumento. Debido a que la mayoría de los motores y turbinas poseen ruedas dentadas u otro tipo de engranajes fabricados de materiales magnéticos (habitualmente hierro o acero), los pick-up magnéticos generalmente pueden ser instalados sin añadir equipos adicionales a los engranajes o al árbol. Materiales no magnéticos, como el aluminio y latón, no excitarán el instrumento.

El MPU hace uso de un “campo magnético perdido” y sin provisión para circuitos magnéticos de retorno o caminos si es necesario. Cualquier dispositivo que produzca una discontinuidad dinámica de material magnético en el campo del instrumento producirá un voltaje. Aunque las cajas de engranajes son los dispositivos normales medidos por un MPU, otros dispositivos como una superficie en vibración, barra de accionamiento, cigüeñal, rayos radiales o la cabeza de un tornillo acerado montada en alguna superficie en movimiento trabajará de similar manera si la velocidad de la superficie y otros factores son tomados en cuenta.

El voltaje de salida de un pick-up magnético es afectado por tres factores:

- Aumenta con incrementos en la velocidad de la superficie del material magnético monitoreado.
- Disminuye cuando la franja de aire entre el MPU y la superficie del diente del engranaje es incrementada.
- Forma de la de la onda del voltaje está determinada por el tamaño y forma del diente en relación al tamaño y forma de la pieza principal.

Sin importar las condiciones dadas de velocidad y espacio, la potencia máxima de salida se dará cuando el campo sea llenado con una masa infinita relativamente, de material magnético en un instante y la completa ausencia de dicho material en el siguiente instante. Existe un razonable acercamiento a estas condiciones cuando la sección atravesada de masa excitante es igual o mayor que la de la pieza principal, y el espacio de separación sea igual o más de tres veces el diámetro de la pieza principal.

3.10.2. El Grupo Actuador/Gobernador

Todas las máquinas de potencia deben ser controladas si se requiere que esa potencia sea transformada en trabajo efectivo. El dispositivo esencial que controla la velocidad o la potencia de salida del motor es un gobernador.

El gobernador sensa la velocidad del motor y controla el flujo en la línea de combustible manteniendo la velocidad deseada. Cuando se discute de las funciones del gobernador, a menudo se habla de la velocidad del

motor, su potencia de salida, la carga y posición del sistema de combustible. Con una posición dada del sistema de combustible, la velocidad del motor está determinada por su carga. El gobernador controla la posición del sistema de combustible para mantener la velocidad deseada o la carga. En líneas generales el funcionamiento del gobernador es como sigue:

1. Se establece la velocidad deseada, necesaria para controlar eficientemente el motor, utilizando para ello una variable eléctrica como voltaje o corriente. A mayor incremento de voltaje o corriente, se obtiene un mayor incremento en la inyección de combustible.
2. Se mide la velocidad actual, utilizando la señal de frecuencia que proviene del pickup magnético. Esta frecuencia es luego cambiada a una variable electrónica para que pueda ser utilizada por el sistema de control.
3. Se compara la velocidad actual con la velocidad deseada, cuando son del mismo valor su suma será cero y en ese punto el gobernador está controlando la velocidad actual en el punto deseado.
4. El gobernador cambia la inyección de combustible hacia el motor. Una señal electrónica es enviada hacia el actuador el cual la convierte en fuerza mecánica para enviar más combustible mediante un árbol de levas que está conectado al sistema de combustible.
5. Se estabiliza el motor después de la variación de combustible, generalmente por retroalimentación. La compensación astática (o “droop”) es relacionada a la magnitud en que el árbol de levas del sistema de combustible es accionado.

Para la regulación de velocidad de cada unidad de bombeo se utiliza en conjunto un actuador eléctrico de tipo integral EG para gobernadores PG.

El tipo EG es un actuador controlado electrohidráulicamente que acepta señales de 0 – 200 mA C.C., con salidas hacia un gobernador proporcional estándar PG. El control electrónico del actuador puede ser directo o reverso. En actuación directa asume un incremento en el sistema de combustible como un incremento en el nivel de corriente. En actuación reversa una disminución en el nivel de corriente se asume como un aumento en el sistema de combustible.

La señal proveniente del MPU es llevada a la tarjeta de control de velocidad Woodward 2301A, donde la señal de frecuencia es convertida a una señal de 4 – 20 mA CC. que pueda ser utilizada en los circuitos internos de la tarjeta. Esta señal de voltaje es luego comparada con la velocidad de referencia seteada en el punto de suma, al error obtenido se le aplica el control PID, para finalmente enviar la salida hacia el actuador.

El control de velocidad básico sensa la velocidad del primomotor por medio de un MPU, el cual envía una señal alterna con frecuencia directamente relacionada con la velocidad del primomotor.

La señal sensada es convertida en el control de velocidad a una señal de corriente continua que es proporcional a la velocidad del primomotor. En otras palabras, mientras más rápido gira el primomotor, más grande es la magnitud del voltaje DC relacionado.

3.10.3. Tarjeta de Control de Velocidad

El regulador de velocidad a carga plena ajusta la velocidad o la carga de motores y turbinas, la unidad cuenta con accionamiento isócrono el cual se utiliza para mantener la velocidad constante de la maquina. El regulador va envuelto en un chasis de lámina metálica y consta de un único conjunto de placa de circuitos impresos. El acceso a todos los ajustes se realiza desde la parte delantera del chasis. La gama de velocidades se ajusta posicionando un conmutador interno, accesible desde el interior de la cubierta del regulador. Las velocidades se regulan según la frecuencia de salida del sensor de velocidad, en hercios.

Los circuitos especiales permiten definir las velocidades máxima y mínima que pueden regularse variando la referencia de miliamperios o de voltios del ajuste de velocidad. El límite inferior puede ajustarse como máximo a la velocidad nominal, si se desea, limitando la capacidad del ajuste de velocidad del proceso o del ordenador para reducir la velocidad. Dispone de un dispositivo interno y aislado de alimentación, con el objeto de disponer de una mejor inmunidad al ruido y de una mejor protección contra saltos. El regulador ofrece la máxima protección contra interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencia.

3.10.4. La Regulación de Velocidad en la Unidad de Bombeo

La señal de salida para la regulación de velocidad de la unidad de bombeo es suministrada por el controlador de la unidad que proviene del controlador ubicado en la sala de control. Cuando la señal de salida es de 4mA equivalente a 0% en porcentaje de salida del controlador, los actuadores de los motores funcionarán a la velocidad de vacío 670

RPM; con la señal de salida de 18.94 mA o su valor seteado a 94.7 %, los motores funcionarán a su máxima velocidad 1030 RPM.

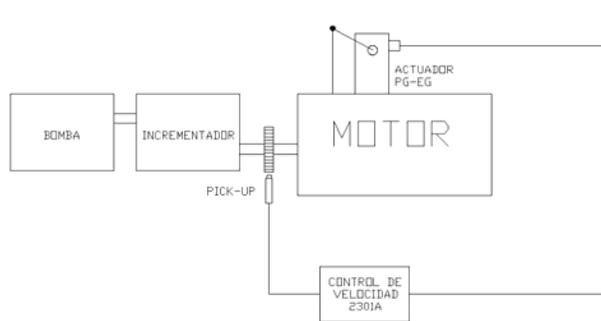


FIGURA. N° 3.1: Regulación de Velocidad

Cada una de las estaciones dispone de un control, para mantener un “punto fijo” (setpoint), de presión de succión y/o para sostener una presión de descarga en un “punto fijo”. Normalmente mantendrán la tasa de flujo requerida, ajustando el punto fijo tanto de la succión como de la descarga de la estación, en conformidad con el cuadro de puntos fijos de operación.

El sistema de control está configurado para que se pueda disponer de un controlador de presión de succión y uno de descarga de la estación. Para mantener los puntos fijos requeridos, el sistema envía señales de corriente al controlador 2301A y de allí al Actuador PG-EG de los motores Alco, evitando que las presiones de succión y de descarga no estén bajo o sobre los puntos fijos de operación. El índice de fijación de los puntos fijos en los controladores deberán ser regulados para satisfacer las presiones mínimas y máximas de succión y descarga respectivamente, para cumplir con las tasa de flujo determinadas.

El sistema funciona de la siguiente manera: después de realizar la comparación entre la señal de presión de succión y el punto fijo correspondiente, el controlador genera una señal de salida la cual es comparada con la correspondiente salida del controlador de descarga y la señal de menor valor porcentual es la que se aplica al bloque que se lo ha denominado control de velocidad de motores, el mismo que si se encuentra en la posición automática aplicara la misma señal al controlador 2301A, en caso de encontrarse en manual este bloque (control de velocidad de motores) se habilita el control de salida y con el cual se puede variar la salida al controlador 2301A entre el 66.5% y 90.5% correspondiente al rango de velocidad de 950 a 1030 RPM.

El punto fijo para la succión de la estación, está habilitado para que pueda fijarse en un valor más alto que la mínima succión de la estación y el punto fijo para la descarga se ha habilitado para que pueda fijarse en un valor más bajo que la máxima descarga, adicionalmente se puede leer la información velocidad de cada una de las unidades de bombeo, y el flujo de la estación en bph.

Para el despliegue de históricos se ha configurado el sistema de tal manera que el mismo conserve por el lapso de 30 días anteriores a la fecha actual y también permita revisar, las presiones de succión, descarga, flujo y revoluciones de cada una de las unidades de bombeo.

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DE LA INGENIERÍA PREVIO A LA EJECUCIÓN DEL MONTAJE INDUSTRIAL

4.1. REQUERIMIENTOS DE LA INSTALACIÓN INDUSTRIAL

De acuerdo con el Código Eléctrico Nacional los requerimientos serán exigidos en cajas y accesorios eléctricos, a utilizarse en ambientes peligrosos definidos como Clase I División I Grupos A, B, C y D, y Clase II División I Grupos E, F y G. Estos requisitos abarcan los diferentes tipos de cajas, accesorios para tuberías, accesorios para drenaje y ventilación, accesorios selladores, conexiones y uniones de tuberías, accesorios de conexiones para tramos flexibles de tuberías, accesorios para aislamiento de cables y accesorios de sujeción flexible o rígida.

Las cajas y accesorios, deben ser de materiales ferrosos, cobre, latón, bronce, aluminio o sus aleaciones que contengan más del 60% de aluminio. Los metales tales como el zinc y magnesio o sus aleaciones no son aceptados. Deberán resistir la presión interna resultante, de la explosión de una mezcla de aire-vapor o gas sin estallar y sin aflojarse ni deformarse, en la unión con la tapa. Además, deberán resistir durante un minuto, sin rotura ni deformaciones permanentes, una prueba de presión hidrostática cuyo valor será cuatro veces el valor de la presión aplicada durante la prueba de explosión.

La tubería flexible de metal corrugado debe tener un aislamiento interior para evitar arcos eléctricos que produzcan chispas a través de las paredes. El tubo metálico flexible y la trencilla de un accesorio flexible, debe ser soldado a los neoplos terminales.

Todos los tubos roscados deben tener como mínimo cinco filetes de rosca por pulgada perfectamente terminados y completos, con una conicidad de 0,75 pulgadas por pie, además deben llevar rosca estándar NPT hecha con una máquina de roscar. Dichos tubos se deben apretar con llave de modo que eviten las chispas cuando pase por la instalación una corriente de falla y aseguren la integridad contra explosiones o ignición de polvos de la instalación entubada, cuando así lo exijan las condiciones del local.

Sellado de Tubería en Áreas Peligrosas

Uno de los requisitos más importantes de cualquier instalación antiexplosiva, es que ante una explosión interna en un determinado gabinete o envoltura, la misma no deberá propagarse al exterior de la instalación, ni provocará ignición de la atmósfera circundante. Igualmente dicha explosión se circunscribirá al gabinete en cuestión y no deberá propagarse al resto de la instalación. Para ello, los conductos deberán estar perfectamente sellados. Se recomienda en conductos de largo recorrido, sellados cada 15 metros como máximo. Asimismo se especifica sellar todos los conductos a una distancia no mayor a 0.45 metros antes de entrar a la envoltura de llaves o aparatos que produzcan chispas o arcos eléctricos.

El propósito del sello en los conductos puede resumirse de la siguiente manera:

1. En el caso de equipos que producen chispas o arcos, confinará la explosión a la envoltura y previene la comunicación de los conductos laterales.
2. Previene el desarrollo de presiones excesivas en envolturas conectadas a los conductos.
3. Para suprimir el desplazamiento de mezclas explosivas desde zonas peligrosas hacia zonas no peligrosas a través de los conductos.

A su vez se recomienda el uso de drenadores para eliminar, de conductos y envolturas, la acumulación de líquidos producidos por la condensación de vapores o filtración de agua. El tamaño de los mismos será de acuerdo al tamaño de los gabinetes y a la cantidad de líquidos a drenar.

El compuesto sellante que se emplea para cierres herméticos, tendrá que cumplir los siguientes requisitos:

- No deberá contraerse cuando seque, ni ser afectado por la atmósfera que lo rodea.
- No se ablandará, ni agrietará bajo condiciones normales de uso.
- Su punto de fusión no será inferior a 93⁰C.
- Su espesor no será menor a 16mm.

En los lugares de Clase I División 1, los sellantes de las tuberías se deben aplicar como se indica a continuación:

1. En todos los tramos de tubería que entren en un alojamiento de interruptores, fusibles, relés, resistencias u otros equipos que puedan producir arcos

eléctricos, chispas o altas temperaturas en condiciones normales de funcionamiento

2. En los tubos de 2 pulgadas de sección o más que entren en alojamientos que albergue terminales, tomas o derivaciones, a menos de 18 pulgadas de dicho alojamiento.
3. Cuando haya dos o más de alojamientos que deban ir sellados de acuerdo con las anteriores disposiciones conectadas con uniones roscadas o por tramos de tubo de 36 pulgadas de largo como máximo, se considera suficiente un sólo sellante en cada conexión del manguito o del tramo si la unión está situada a menos de 18 pulgadas de cada alojamiento.
4. En los tramos de tubería que salgan de lugares de Clase I División 1, se permite una unión sellante a cada lado de la división de dicho lugar y situada a menos de 10 pies de dicha división, pero debe estar proyectada e instalada para evitar en lo posible que el gas o vapor que pueda haber entrado en el tubo desde el lugar de Clase I División 1 pase por el tubo más allá de la junta.

En los lugares de Clase I División 2, los sellantes de los tubos deben estar situados del siguiente modo:

En los tramos de tubo que salgan de lugares de Clase I División 2 a lugares no clasificados, se permite una junta sellante a cada lado de la división de dicho lugar, pero debe estar proyectada e instalada para evitar en lo posible que el gas o vapor que pueda haber entrado en el tubo desde el lugar de Clase I División 2 pase por el tubo más allá de la junta. Entre la junta sellante y el punto en el que el tubo sale del lugar de Clase I División 2 se debe instalar un tubo metálico rígido o un tubo semi-rígido de acero roscado, y en la junta se debe instalar una conexión roscada. En el tubo y en el tramo comprendido entre la junta

hermética y el punto en el que dicho tubo sale del lugar de Clase I División 2, no debe haber uniones, acoplamientos, cajas ni herrajes, excepto los reductores aprobados antideflagrantes en la junta.

4.2. CONSIDERACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE SEGMENTOS FIELDBUS

La comunicación digital permite que varios dispositivos compartan el mismo cable, reduciendo ampliamente los requerimientos de cable, lo que implica utilizar soportería de menores dimensiones y por lo tanto de menor costo. Las instalaciones analógicas convencionales requieren un par de hilos para conectar cada dispositivo de campo al sistema de control. La instalación de FF utiliza un sencillo cable de par trenzado para conectar múltiples dispositivos, llamado bus o troncal. El cable, los dispositivos conectados y componentes adicionales son llamados un segmento.

Los dispositivos en un segmento pueden ser conectados en dos tipos de topologías o despliegues: tipo rama o tipo árbol. La conexión en árbol consiste en ramales individuales que se desprenden del troncal principal. Un bus con ramales conectados al troncal principal en grupos cerrados constituye un despliegue o topología tipo árbol. Un segmento sencillo puede combinar ambas topologías, siempre que sigan las reglas para longitud total del segmento.

La especificación del cable fieldbus es importante en el diseño del sistema y las restricciones de la caída de voltaje. Los límites de la caída de voltaje están dados de tal manera que el voltaje de salida mínimo de la fuente de poder menos la caída de voltaje debido a la resistencia del cable no sea menor que el voltaje mínimo de operación del dispositivo, considerando las fluctuaciones de voltaje.

La longitud total del segmento está determinada por la suma de longitudes de todas las secciones del segmento. El material aislante del cable el más apropiado es el polietileno.

Accesorios para segmentos Fieldbus

La instalación física de los segmentos FF requiere de diversos componentes:

El principal es el alimentador de energía, ya que se requiere de una fuente 24 Vdc que proporcione energía para múltiples segmentos FF. Deber ser redundante. Esta fuente es complementada con un condicionador de energía que proporciona el aislamiento de las comunicaciones entre los diferentes segmentos múltiples que estén conectados a una fuente común. El condicionador de energía limita la cantidad de energía en el segmento, un valor típico es 400 mA. Además limita la corriente al segmento.

Otro accesorio importante son las barreras de seguridad intrínseca, que proporciona energía segura intrínsecamente para un máximo de seis dispositivos. FF fue diseñado para soportar seguridad intrínseca. En el mundo análogo cada entrada y salida tenía una barrera, pero como en fieldbus un simple cable soporta varios dispositivos, una barrera puede servir para múltiples dispositivos.

Los terminadores, son un simple circuito resistor-capacitor que ayuda a proporcionar alta calidad a la señal de comunicaciones y previene la reflexión de la señal en el bus. Debe haber un terminador en ambos extremos del segmento. No debe haber ninguna conexión entre el terminador y el blindaje del cable. El valor de la impedancia del terminador debe estar dentro del rango de frecuencias (7,8 KHz a 39 KHz). Este valor es aproximadamente el valor medio de la impedancia característica del cable en las frecuencias de trabajo y

es seleccionado para minimizar las reflexiones en la línea de transmisión. La circulación de corriente directa a través del terminador no debe exceder los 100 μ A. El terminador debe ser no polarizado. Todos los terminadores utilizados en aplicaciones intrínsecamente seguras deben cumplir los requerimientos de aislación y distanciamiento (necesarias para la aprobación de seguridad intrínseca).

4.3. ANÁLISIS DE LOS SEGMENTOS FIELDBUS

A continuación se explicaran los principios para la instalación y el cableado de segmentos y dispositivos Fieldbus, este análisis esta basado en las definiciones aprobadas vigentes para la capa física del fieldbus fundación y están basadas también en los estándares de capa física de la IEC y de la ISA.

Cada segmento fieldbus normalmente contiene varios dispositivos activos, una fuente de poder y terminadores especiales localizados al inicio y al final de cada segmento. Debido a que FF es un protocolo puramente digital las reglas para la instalación y mantenimiento del cableado fieldbus son considerablemente diferentes del cableado de 4–20 mA. tradicional.

Fieldbus no es difícil de entender e instalar, sólo deben seguirse unas pocas reglas para realizar la instalación de los segmentos del proyecto. Los estándares de fieldbus están llenos de reglas acerca de cables, tipos de cables, terminadores y muchas cosas más. Pero lo primero que hay que aprender que algunas reglas son flexibles y otras que son absolutas.

La justificación para esta filosofía es que fieldbus como la mayoría de los esquemas de comunicación digital, esta sujeto a variaciones de desempeño debido a un gran número de factores.

En instalaciones análogas, usualmente dos hilos transportan una señal de voltaje o corriente desde o hacia el área de campo, el voltaje o la corriente en el par de alambres representa una sola variable de proceso, en terminología fieldbus el par de alambres es llamado una red. Esta puede transportar muchas variables de proceso, así como también otra información. Esta definición de una red es propiamente estrecha y solo incluye los dispositivos y las señales que funcionan a 31.25 Kbits/s, las que comúnmente son llamadas como dispositivos H1.

Una red fieldbus típica se diferencia de la red de un sistema de control distribuido tradicional, en los siguientes puntos.

1. La tarjeta de interfase de 4-20mA. del sistema de control es reemplazada por una tarjeta de Interfase de Fieldbus Fundación (FFI), la cual puede ser una computadora personal o un PLC.
2. El dispositivo de campo análogo 4-20mA. es reemplazado por varios dispositivos FF que son conectados en paralelo.
3. Un terminador es añadido antes de la FFI. y otro luego de los dispositivos de campo.

Cabe recalcar que una de las reglas absolutas para la instalación y cableados de redes fieldbus es que ninguno de los dos cables debe estar aterrizado.

Los terminadores deben ser localizados al final de una troncal, la cual es una regla flexible. Una troncal es el recorrido de cable más largo entre los dispositivos en una red, las otras conexiones son llamadas entonces ramales. Para el caso de una disposición en estrella se puede obviar la búsqueda del recorrido del cable más largo y en lugar de ello el terminador puede estar localizado junto a la unión de los dispositivos de campo, para la cual se puede ser un bloque de borneras.

Algunos dispositivos de campo consumen energía desde la red fieldbus de manera similar de los dispositivos de campo analógicos de dos hilos. La fuente de poder es conectada a la red como si fuera un dispositivo de campo, todas las mismas reglas se aplican sino que no se puede contar a la fuente de poder como un dispositivo de campo.

La fuente de poder debe ser diseñada para fieldbus e incluso algunos fabricantes la construyen dentro del equipo. Uno de los requisitos importantes es que cada uno de los dispositivos debe ser alimentado por lo menos con 9Vdc. Para lo cual es necesario saber:

1. El consumo de corriente de cada dispositivo
2. Su localización en la red Fieldbus
3. La localización de la fuente de poder en la red
4. La resistencia de cada sección de cable (Despreciando los efectos por temperatura la resistencia por metro es 0.1 ohm)
5. El voltaje de salida de la fuente de poder.

4.4. CONSIDERACIONES DURANTE LA ETAPA DE LA INGENIERÍA DE DISEÑO

Las especificaciones del sistema de control de procesos son verificadas constantemente durante el diseño básico, diseño general para especificaciones comunes y diseño de detalle para componentes individuales del sistema.

Primero se desarrolla el diseño básico, luego el diseño general para las especificaciones del sistema. Si el diseño básico y general aun no han sido completados se podrían presentar inconsistencias en las especificaciones del sistema, lo cual requerirá retornar a los pasos previos provocando un retraso en

el proyecto. Mientras más sofisticado se torne el sistema de control más importante se vuelve el diseño del proyecto.

Durante el diseño de detalle, los componentes individuales a ser diseñados son identificados sobre el diseño básico y general.

Durante el diseño básico de un sistema fieldbus, es necesario considerar apropiadamente el propósito del sistema y los costos de construcción. Debe tomarse en consideración lo siguiente:

- El propósito del sistema de control
- Los costos de la implementación del sistema; se debe realizar una estimación total que incluya los costos del montaje
- Períodos de entrega del sistema implementado
- Criterios de seguridad
- Procedimientos de operación y mantenimiento

Así también, en el diseño general, la configuración del sistema y los alcances de integración y agrupamiento deben ser cuidadosamente considerados. Debe ser tomado en consideración lo siguiente:

- Configuración del sistema de control (software y hardware)
- Ámbito y alcance de integración y agrupamiento
- Diseño seguro, confiable
- Medición bajo condiciones anormales
- Diseño de interfase
- Futuras expansiones

En el diseño de detalle, son realizados el contexto del diseño básico y general. Las consideraciones para límite y restricción de ítems dependiendo sobre la

longitud del cable, capacidad de la fuente de poder. Debe ser considerado en lo que respecta al ámbito y alcance de integración y agrupamiento la integración de buses de campo y la consistencia de los tipos de operación entre el sistema de control de procesos y otros sistemas. Así también la integración de los sistemas entre los diferentes niveles de comunicación.

Para el diseño de un sistema seguro y confiable se debe tomar en consideración la selección de dispositivos y la clasificación de las áreas de montaje (el método de alimentación de energía para dispositivos de seguridad intrínseca), la asignación de entradas y salidas fieldbus y convencionales para la funcionalidad del sistema, la selección del tipo de cables, dispositivos de campo y redundancia de la alimentación de energía, además la selección de dispositivos y ruta del cableado que minimicen el ruido.

El sistema y los dispositivos de campo son fabricados acorde a las especificaciones confirmadas en el proceso de diseño. La inspección de aceptación se realiza antes de la instalación. Requieren inspección especial los parámetros de seteo (nombre del tag, dirección del nodo)

Después de la inspección, el sistema y la instrumentación son instalados. Se debe planificar las condiciones para la puesta en marcha. Chequeando la identificación de todos los dispositivos, las entradas/salidas del sistema y ajustando los parámetros de control

Se ajustan parámetros tales como constantes proporcionales, integrales, derivativas de los bloques de funciones en los dispositivos FF. Se monitorea la generación de error usando las mismas funciones de diagnósticos de los dispositivos de campo. Así también como el estado durante la operación de la planta.

4.4.1. Codificación de la Instrumentación

La representación e identificación de la instrumentación de control y medición se realiza mediante distintas normas, que varían según la industria. Esta gran variedad indica la necesidad universal de una normalización en este campo. Varias organizaciones han dirigido sus esfuerzos en este sentido, y entre las más importantes está la Sociedad de Instrumentos de Estados Unidos (ISA, por sus siglas en inglés) cuyas normas tienen por objeto establecer sistemas de designación (códigos y símbolos), y no son de uso obligatorio sino que constituyen una recomendación a seguir en la identificación de instrumentos en la industria.

La simbología e identificación de instrumentos utilizados en este proyecto serán los establecidos en la norma ISA S5.1 “Instrument Symbols and Identification” que establece recomendaciones para identificar la instrumentación de campo muy práctico y utilizado ampliamente en diferentes proyectos, las cuales siguen los siguientes criterios:

P I T		2 A	
Primera Letra	Letras Sucesivas	Número Del lazo	Sufijo
Identificación Funcional		Identificación Del Lazo	

FIGURA. N° 4.1: Codificación de la Instrumentación

- Cada instrumento debe identificarse con un sistema de letras y números que lo clasifique funcionalmente.

- El número de letras funcionales debe ser mínimo, no excediendo de cuatro.
- Los lazos de instrumentos de un proyecto o sección de proyecto deben identificarse con una secuencia única de números.
- Si un lazo cualquiera tiene más de un instrumento con la misma identificación funcional, es preferible añadir un sufijo.

La identificación cada instrumento será la siguiente:

WWWW-XXYZZS

En donde:

- **WWWW:** Tipo de Instrumento: se utilizará de dos a cuatro caracteres alfabéticos siguiendo la nomenclatura ISA S5.1. (Ver Anexo 4). El primer carácter estará asociado a la variable de proceso, medida ó variable a controlar por el instrumento.
- **XX:** Código de Estación: Dos caracteres numéricos, comunes para instrumentos asociados a una misma área física del proyecto.

Las áreas físicas del Oleoducto son identificadas de la siguiente manera:

01: Estación LAGO AGRIO.

02: Estación LUMBAQUI.

03: Estación EL SALADO.

04: Estación BAEZA.

05: Estación PAPALLACTA

- **Y:** Código de Unidad: Un carácter numérico, comunes para instrumentos asociados a una misma unidad operativa. Las unidades operativas son identificadas de la siguiente manera:

1: Unidad de Bombeo 1

2: Unidad de Bombeo 2

3: Unidad de Bombeo 3

4: Unidad de Bombeo 4

5: Unidad de Bombeo 5

6: Unidad de Bombeo 6

7: Unidad de Bombeo 7

- **Z1Z2:** Numeración asociada al número de lazo, dos caracteres numéricos del “00” al “99”. Para cada tipo de instrumento (manómetros, termómetros, válvulas, etc.) de acuerdo al primer carácter “Y” de cada estación (“XX”) se completa la asignación del número de lazo con este consecutivo.
- **S:** Es un sufijo alfabético opcional (A, B, C,...). Es utilizado para diferenciar pares de instrumentos en el mismo lazo (PS-zzA & PS-zzB), instrumentación principal y secundaria (TI-zzA en campo y TI-zzB en panel) y/o conjunto de instrumentos o válvulas asociadas a una operación en particular.

Adicionalmente a la nomenclatura antes descrita, se colocará una breve descripción del servicio asociado al instrumento.

Por lo que los tags de los distintos equipos que conforman la unidad de bombeo quedan de la siguiente manera:

Tabla N° 4.1.- Tabla de Codificación de las Tomas de Proceso de la Unidad

TAG	SERVICIO
LS-0XY70	Nivel de fuga de Crudo
SS-0XY45	Switch de Sobre Velocidad
ZS-0XY46	Switch de Proximidad
ASV-0XY01	Válvula Solenoide Aire
ASV-0XY02	Válvula Solenoide Combustible
ST-0XY39	Sensor de Velocidad
ST-0XY38A	Sensor de Velocidad
ST-0XY38B	Sensor de Velocidad
VT-0XY12A	Sensor de Vibración
FIT-0XY43	Flujo de Crudo
VT-0XY12B	Sensor de Vibración
SY-0XY40	Gobernador
TTMP-0XY01	TE-0XY11A Temperatura Chumacera T1.... T4
	TE-0XY23A Temperatura Chumacera G1....G4
TTMP-0XY02	TE-0XY29A Temperatura Cabezote 1R.... 8R
TTMP-0XY03	TE-0XY29I Temperatura Cabezote 1L8L
TTMP-0XY04	TE-0XY29Q Termocupla Tipo J Turbo
MOV-0XY01	Válvula Succión
MOV-0XY02	Válvula Descarga
MOV-0XY03	Válvula By-Pass
TIT-0XY09	Temperatura Descarga
TIT-0XY25	Temperatura Succión
TIT-0XY10	Temperatura Salida Agua
TIT-0XY24	Temperatura Entrada Crudo
TIT-0XY26	Temperatura Entrada Agua
TIT-0XY28	Temperatura Salida Aceite
TIT-0XY30	Temperatura Salida Chaqueta
TIT-0XY32	Temperatura Salida Aire
TIT-0XY33	Temperatura Entrada Aire
PDIT-0XY16	Presión Diferencial Crudo
PIT-0XY07	Presión Entrada Agua
PIT-0XY08	Presión Salida Agua
PIT-0XY05	Presión Succión
PIT-0XY06	Presión Descarga
PIT-0XY13	Presión Aceite
PIT-0XY14	Presión Aire manifold
PIT-0XY15	Presión Combustible
PIT-0XY20	Presión Aceite
PIT-0XY21	Presión Aire Arranque
PIT-0XY41	Presión Chaqueta Agua
PIT-0XY42	Presión Agua Acumulador
PIT-0XY23	Presión Aceite

4.5. ANÁLISIS INTEGRAL DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO

Como ya se expuso anteriormente, en la actualidad es común el uso de redes fieldbus en los equipos de campo y redes ethernet para las comunicaciones al cuarto de control remoto, este es el estándar que se impone hasta que una red ethernet industrial esté completamente desarrollada. El sistema de control tiene como base la arquitectura abierta y escalable, donde cualquier componente del proceso puede realizar acciones de control de forma autónoma. El uso de la tecnología fieldbus es la columna vertebral del sistema de control.

La filosofía de operación del sistema de control a ser instalado en las estaciones de bombeo, consiste en el control y monitoreo de las variables de proceso que afectan directa e indirectamente el arranque, correcto funcionamiento y parada de las unidades de bombeo de cada estación, así como el control de velocidad de las unidades de bombeo, la parada y arranque de las bombas B&A, prelubricadora del incrementador, ventilador y extractores de gases.

La función principal del sistema es brindar al operador las herramientas necesarias para la manipulación de la unidad de bombeo y sus componentes de manera eficiente, contando con ayudas gráficas para interactuar con el mismo.

Para la instrumentación se utiliza dispositivos fieldbus, en conjunto con señales de entrada y salida discretas, analógicas de 4-20 mA y señales de pulso. En cada unidad de bombeo, las señales FF provenientes de los transmisores de presión, temperatura y de las válvulas motorizadas se las agrupa utilizando una topología tipo árbol, agrupadas en cajas de conexiones. Se empleará el cable Belden Databus 3076F.

Se prevé la instalación de un panel frontal de los instrumentos de presión y temperatura con elemento primario remoto, cuyo transmisor cuenta con visualización del valor de operación de la variable controlada.

Las señales de las termocuplas de los cilindros del motor, la carcasa y chumaceras de la bomba y de las chumaceras del incrementador de velocidad van hacia cuatro cajas en las cuales se montarán transmisores de temperatura que convierten las señales analógicas a fieldbus. Las restantes señales como son las analógicas, discretas y de pulso irán a una sola caja de conexiones, en cuyo interior se alojan bloques de borneras de paso.

Una vez agrupadas las señales de campo, estas serán conducidas a un panel de control local, que será el nexo para los sistemas de comunicación y fuerza entre el cuarto de control y los dispositivos de campo de cada unidad.

En cada panel de control local se instalará un controlador para realizar la supervisión y el control de cada una de ellas. Este controlador tendrá la capacidad suficiente para recibir las señales de los instrumentos fieldbus, como del resto de la instrumentación asociada a la unidad. También se dispone de una interfaz local para el operador, que consiste en una pantalla LCD sensible al tacto, pulsadores y lámparas y un botón de parada de emergencia. Se dispone además de dos puertos seriales para realizar la comunicación con el LCD. Los actuadores de las válvulas de succión, descarga y by-pass, todas las señales presión, temperatura, tanto del motor, como de la bomba y el incrementador, se conectarán al sistema de control a través de segmentos fieldbus.

Para llevar las distintas señales desde el cuarto de máquinas al cuarto de control se utiliza una red Ethernet con protocolo TCP/IP, la cual deberá ser redundante, es decir, de cada panel de control local partirán dos cables de

comunicaciones de manera independiente hacia dos switches primario y secundario y estos a su vez se conectan con las estaciones de trabajo. Los switches son concentradores inteligentes de comunicación entre: los controladores de las unidades de bombeo, controladores de la sala de control y los computadores del sistema. Para el sistema de comunicaciones se utilizará el cable de datos Belden 1624R.

El controlador de cada unidad de bombeo se comunica con los equipos de campo de acuerdo a:

- Punto a punto.- Señales discretas de entrada y salidas, señales analógicas y de Pulso que se cablean directamente desde el controlador a los equipos de campo.
- Fieldbus.- Red de comunicación digital en dos hilos que conecta diversos instrumentos digitales “inteligentes”, capaces de manejar información y manipular lazos de control como PID y diversos módulos de función.
- Serial.- Permite el flujo bidireccional de información entre el LCD y el controlador

En la sala de control de cada una de las estaciones de bombeo: Lago Agrio, Lumbaqui, Salado, Baeza y Papallacta, se encuentran ubicados tres computadores llamados estaciones de trabajo; dos configurados como estaciones de operador en los cuales se puede monitorear señales y ubicar puntos fijos de operación, realizar diagnósticos y visualizar alarmas de las siete unidades de bombeo y también del control de la estación y el tercero como estación principal, donde reside la base de datos del sistema. Esta estación también puede ser utilizada para labores de operación, además de las inherentes a la configuración, diagnóstico y mantenimiento del sistema. Se

dispone de dos impresoras, para emitir los reportes, las alarmas y cualquier otra información que esté disponible en el sistema de control.

4.5.1. Detalle del Agrupamiento de las Señales de Campo

Las diferentes señales de campo anteriormente definidas deben ser adecuadamente agrupadas y conducidas hacia el panel de control local de cada unidad de bombeo, para luego ser transmitidas en forma redundante hacia la sala de control.

Las señales analógicas, digitales, de pulso, discretas y tomando énfasis en las señales FF que fueron agrupadas tomando en cuenta las restricciones del modelo de comunicaciones, en lo que se refiere al número máximo de equipos y longitudes de cada segmento. Con este objetivo se utilizaron ocho cajas de conexiones en cada unidad que se distribuyen en la siguiente forma:

En el área del intercambiador todas las señales son de transmisores de presión y temperatura fieldbus con excepción del transmisor de flujo tiene señal de salida analógica que va directamente al Panel de control local sin pasar por la caja de conexiones. Se montará la caja JB-01 del tipo Hoffman Nema 4X de acero inoxidable de dimensiones 10 x 12 pulgadas la cual será colocada sobre una estructura que soporta la bandeja que porta los cables de fuerza de los actuadores. En el interior de la caja se encuentran las borneras, puentes y el terminador del segmento fieldbus, y todos los accesorios necesarios para trasladar las ocho señales que recibe hacia el panel de control local por solo cable fieldbus.

En esta área se montarán dos rutas de tuberías conduit, la primera recoge con soportería de ¾” las señales del transmisor de presión diferencial, del transmisor de temperatura de entrada de crudo, del transmisor de presión de la salida de agua del intercambiador, y el actuador de succión; ingresando a la caja con tubería de 1½”. La segunda ruta de tubería recoge las señales de los actuadores de descarga y by-pass y del transmisor de presión de entrada de agua al intercambiador con tubería de ¾”, se realizará una derivación para llevar la salida de la caja de conexiones hacia el panel de control local.

Tabla N° 4.2.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-01

Tag	Descripción
MOV-01Y01	Válvula Succión
MOV-01Y02	Válvula Descarga
MOV-01Y03	Válvula By-Pass
TIT-01Y10	Temperatura Salida Agua
TIT-01Y24	Temperatura Entrada Crudo
PDIT-01Y16	Presión Diferencial Crudo
PIT-01Y07	Presión Entrada Agua
PIT-01Y08	Presión Salida Agua

Para las instalaciones de la toma de proceso en donde se colocará la válvula de aguja a los transmisores de presión se hará con tubing. El tubing de 316 SS de acero inoxidable será de 3/8” de diámetro externo y ½” o ¼” donde sea necesario, los accesorios de compresión asociados deberán ser de 316 SS, en todo el recorrido se colocarán los soportes necesarios. Los materiales de tuberías, válvulas y accesorios a escoger para el diseño de la instalación de instrumentos deberán ser compatibles y apropiados para el servicio o fluido de proceso.

La instrumentación de la bomba será distribuida en tres diferentes cajas de conexiones. Al costado izquierdo, sobre la base de la bomba, se

colocará una caja de conexiones (JB-05) a prueba de explosión de dimensiones 8 x 8 pulgadas, la cual estará soportada considerando las condiciones de vibración presentes, a esta caja serán conducidas las extensiones de las cuatro termocuplas que se colocarán en las chumaceras anterior y posterior, y en la parte superior e inferior de la carcasa. Cada acceso deberá llevar el correspondiente sello de seguridad. Adicionalmente, recibe las señales de las cuatro termocuplas de las chumaceras del incrementador. En el interior de la misma se encuentra alojada la tarjeta transmisora que convierte las 8 señales analógicas de entrada a una sola salida fieldbus. La salida de esta caja es con tubería de ¾" sobre la base de la trinchera, donde luego se agrupa los transmisores de presión y temperatura de la descarga de la unidad de bombeo. Luego de ello los accesorios utilizados deberán ser de 1", para recoger las señales de presión y temperatura de la succión de la bomba y finalmente dirigirse hacia una segunda caja de conexiones (JB-02) a prueba de explosión de dimensiones 8 x 8 pulgadas, que al contrario de la anterior será montada dentro de la trinchera. En el interior de la caja se encuentran las borneras, puentes y el terminador del segmento fieldbus, y todos los accesorios necesarios para trasladar las cinco señales que recibe hacia el panel de control local por solo cable fieldbus.

Las dos últimas señales de la bomba correspondientes al switch de nivel de fuga de crudo de la bomba y al del transmisor de vibración de la bomba, son conducidas tubería rígida de ¾" soportadas por sobre la base metálica y luego enviadas introducidas a la caja JB-03, que está ubicada en la trinchera a la altura del motor. Esta caja es de dimensiones 10 x 14 pulgadas, la cual agrupará todas las once señales de entrada como son analógicas, discretas y de frecuencia.

Tabla N° 4.3.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-05

Tag	Descripción
TE-0XY11A	Temperatura Chumacera T1
TE-0XY11B	Temperatura Chumacera T2
TE-0XY11C	Temperatura Carcaza T3
TE-0XY11D	Temperatura Carcaza T4
TE-0XY23A	Temperatura Chumacera G1
TE-0XY23B	Temperatura Chumacera G2
TE-0XY23C	Temperatura Chumacera G3
TE-0XY23D	Temperatura Chumacera G4

Tabla N° 4.4.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-02

Tag	Descripción
TIT-01Y09	Temperatura Descarga
TIT-01Y25	Temperatura Succión
PIT-01Y05	Presión Succión
PIT-01Y06	Presión Descarga
TTMP-01Y01	Señal de Caja 5

La caja (JB-03) posee cuatro rutas de tubería rígida, incluyendo la de ¾" ya descrita anteriormente y la que conduce las once señales hacia el panel de control local con tuberías y accesorios de 2". Las otras dos rutas recogen las señales se indica a continuación: Las señales de los transmisores de velocidad y del barring device, ubicadas sobre el lado derecho de la unidad, son conducidas con tuberías y accesorios de ¾", y luego agrupadas y enviadas hacia el lado derecho de la unidad utilizando tuberías y accesorios de ¾", para atravesar el skid. Luego, ya sobre el lado derecho, recibe la señal de salida hacia el gobernador, y de la válvula solenoide de la línea de aire de arranque de la unidad (tuberías y accesorios de ¾"). Una vez agrupadas estas cinco señales, ingresan a la caja JB-03 por el lado izquierdo de la misma. Del lado derecho de la caja JB-03 se tiene la salida ya descrita, y la última ruta de

tubería que recoge las señales provenientes de la válvula solenoide de la línea de combustible, el transmisor de velocidad del turbocargador, el switch de sobrevelocidad del motor, todos con tuberías y accesorios de ¾”, y el transmisor de vibración del motor, para finalmente ingresar a la caja con tuberías y accesorios de 1”. En el interior de la caja JB-03 se montarán dos bloques de borneras, cuyas salidas serán enviadas al panel de control local por la tubería de 2”.

Tabla N° 4.5.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-03 Bloque de Borneras 1

Tag	Descripción
ST-0XY39	Sensor de Velocidad
ST-0XY38A	Sensor de Velocidad
ST-0XY38B	Sensor de Velocidad
VT-0XY12A	Sensor de Vibración
VT-0XY12B	Sensor de Vibración
SY-0XY40	Gobernador

Tabla N° 4.6.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-03 Bloque de Borneras 2

Tag	Descripción
LS-0XY70	Fuga de Crudo
SS-0XY45	Switch de Sobre Velocidad
ZS-0XY46	Switch de Proximidad
ASV-0XY01	Válvula Solenoide Aire
ASV-0XY02	Válvula Solenoide Combustible

En la parte inferior del turbocargador, se construirá un panel frontal para montar todos los transmisores que tienen su elemento primario colocado remotamente, en total son 9 de presión y 5 de temperatura.

Sobre el costado izquierdo se colocarán los transmisores de presión de aceite del incrementador y del motor y del turbo, de aire de arranque y del manifold, de combustible, y de agua de la chaqueta y del acumulador de agua. Sobre el costado derecho irán los transmisores de

temperatura de la entrada y salida de aire del turbo, de la línea de aceite lubricante, de la chaqueta de agua, y entrada de agua hacia el sistema del Marley, adicionalmente se ubicará el transmisor de presión de descarga de agua del Marley.

En la parte inferior derecha del panel frontal, se instalará la caja de conexiones JB-04 del tipo Hoffman Nema 4X de acero inoxidable, en cuyo interior se montarán dos bloques de borneras para recibir las señales fieldbus de los catorce instrumentos del panel y de las tarjetas tres transmisoras de temperatura.

Tabla N° 4.7.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-04 Bloque de Borneras 1

Tag	Descripción
TIT-01Y26	Temperatura Entrada Agua
TIT-01Y28	Temperatura Salida Aceite
TIT-01Y30	Temperatura Salida Chaqueta
TIT-01Y32	Temperatura Salida Aire
TIT-01Y33	Temperatura Entrada Aire
TTMP-01Y02	Señal de Caja 7
TTMP-01Y03	Señal de Caja 6
TTMP-01Y04	Señal de Caja 8

Tabla N° 4.8.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-04 Bloque de Borneras 2

Tag	Descripción
PIT-01Y13	Presión Aceite
PIT-01Y14	Presión Aire manifold
PIT-01Y15	Presión Combustible
PIT-01Y20	Presión Aceite
PIT-01Y21	Presión Aire Arranque
PIT-01Y41	Presión Chaqueta Agua
PIT-01Y42	Presión Agua Acumulador
PIT-01Y23	Presión Aceite

En la parte superior del motor, cercana a la ubicación del Gobernador, se colocarán tres cajas en cuyo interior se montarán las tarjetas transmisoras de temperatura, la caja JB-06 recibe las señales de las

termocuplas de los cilindros del lado derecho del motor, la caja JB-07 recibe las señales de las termocuplas de los cilindros del lado izquierdo del motor, la caja JB-08 recibe la señal de la termocupla que sensa la temperatura de la gases de expulsión del motor en el turbo. Estas tres señales fieldbus, luego son enviadas hacia la caja JB-04 con tubería de 3/4".

Las cajas JB-06, JB-07 y JB-08 son de la serie RS de Appleton, las tapas laterales son removibles y se escogen según la necesidad, cuentan con empaques para cada una de las tapas. Son de hierro maleable, clasificadas para ser usadas en lugares Clase I División II. La RS tiene una medida estándar de 8.5 x 8.5 pulgadas.

Tabla N° 4.9.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-07

Tag	Descripción
TE-0XY29I	Temperatura Cabezote 1L
TE-0XY29J	Temperatura Cabezote 2L
TE-0XY29K	Temperatura Cabezote 3L
TE-0XY29L	Temperatura Cabezote 4L
TE-0XY29M	Temperatura Cabezote 5L
TE-0XY29N	Temperatura Cabezote 6L
TE-0XY29O	Temperatura Cabezote 7L
TE-0XY29P	Temperatura Cabezote 8L

Tabla N° 4.10.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-06

Tag	Descripción
TE-0XY29A	Temperatura Cabezote 1R
TE-0XY29B	Temperatura Cabezote 2R
TE-0XY29C	Temperatura Cabezote 3R
TE-0XY29D	Temperatura Cabezote 4R
TE-0XY29E	Temperatura Cabezote 5R
TE-0XY29F	Temperatura Cabezote 6R
TE-0XY29G	Temperatura Cabezote 7R
TE-0XY29H	Temperatura Cabezote 8R

Tabla N° 4.11.- Tabla de Agrupamiento de Caja JB-08

Tag	Descripción
TE-0XY29Q	Temperatura Turbo

4.5.2. Panel de Control Local y Centro de Control de Motores

Cada unidad de bombeo contará con un panel de control de local de dimensiones 60”x36”x12” Tipo Hoffman de acero inoxidable, el cual estará debidamente soportado y anclado a la nave industrial, tomando en cuenta los niveles de vibración presentes.

En su interior en la parte central estarán alojado el rack con las diferentes tarjetas de derecha a izquierda: Alimentación de energía, Controladora, Entrada Discreta, Salida Discreta, Multifunción, Entrada Análoga, Salida Análoga, dos Tarjetas Fieldbus H1, y la tarjeta serial. Junto a ellos irá colocada la tarjeta 2301A para regulación de velocidad de la unidad.

Hay que resaltar que el DeltaV sincroniza la hora en todo el sistema (computadores y controladores), a través del servidor o cualquier estación de trabajo que se le asigne esta tarea. El computador que se encarga de mantener sincronizado el reloj de red DeltaV se llama “Maestro de reloj”.

En el interior en la parte superior se colocarán las dos fuentes de poder redundantes de 24 Vdc. En la parte inferior se distribuirán en múltiples rieles para soportar los fusibles y bloques terminales marca Phoenix Contact, en total seis rieles: Un riel para señales discretas de entrada/salida y pulso, un riel para señales análogas de entrada/salida, un riel para las señales fieldbus, comunicación serial y para el gobernar,

otro riel para los relés y los condicionadores fieldbus, un riel para el voltaje DC y un riel para el voltaje AC

En la parte frontal exterior se cuenta con el Panel LCD sensible al tacto, para realizar un monitoreo rápido de las principales variables del sistema de control. Se cuenta con tres luces pilotos de colores amarillo, verde y rojo. Y los botones de arranque (verde), parada (rojo), reset (negro) y ESD (rojo).

En la parte superior se realizarán tres agujeros de $\frac{3}{4}$ " para las bajantes de las tuberías de fuerza y comunicación que van desde el panel de cada unidad hacia el cuarto de control. De igual manera en la parte inferior se realizarán tres agujeros de 1", 1 $\frac{1}{2}$ " y 2" para las tuberías que transportan los cables provenientes de las cajas de conexiones de campo. Adicionalmente, un agujero de 1" por donde pasaran los cables aislados que van de la malla de tierra hacia las barras de cobre de tierra aislada y no aislada.

4.5.3. Tipos de Cables

A continuación se presentan los tipos de cables utilizados en el proyecto.

Cables de Extensión para termocuplas y RTDs

El cable Belden 1000A es el apropiado para enviar las señales de las termocuplas de los cilindros del motor y del turbo hacia las tarjetas transmisoras de temperatura, está formado por dos conductores sólidos de hierro y Constantan calibre 16 AWG, con aislamiento individual y chaqueta de PVC, con apantallamiento de aluminio.

Para llevar las señales de las RTDs a los transmisores de temperatura se empleará el cable Belden 1031A. Está formado por tres conductores de cobre de 7x24 calibre 16 AWG, con aislamiento individual y chaqueta de PVC, con apantallamiento de aluminio.

Cables de Instrumentación

Se utilizará el cable Belden 1030A para llevar las señales de fuerza y del control del transmisor de flujo al panel de control local, para el switch de nivel, el switch de sobre velocidad, para los transmisores de velocidad, para el actuador, los transmisores de vibración y el switch de proximidad. En general se utiliza para llevar las señales analógicas, discretas, de pulso y de fuerza. Está formado por dos conductores de cobre de 7x24 calibre 16 AWG, con aislamiento individual y chaqueta de PVC, con apantallamiento de aluminio.

Se colocará el cable Belden 1493A para llevar las señales analógicas, discretas, y de pulso de la caja JB-03 hacia el panel de control local. Está formado por nueve conductores de cobre de 7x24 calibre 16 AWG, con aislamiento individual y chaqueta de PVC, con apantallamiento de aluminio.

Para transportar las señales de las válvulas solenoides de combustible y de aire hacia la caja JB-03 y de la caja al panel de control local se utilizará el cable Belden 27080A. Está formado por dos conductores de cobre de 7x22 calibre 14 AWG, con aislamiento individual y chaqueta de PVC.

Cable de Datos

Para llevar las señales de los paneles de control local de cada unidad hacia los switches, y de los switches a los computadores ubicados en la sala de control se empleará el cable Belden 1624R. Formado por ocho conductores sólidos de cobre calibre 24 AWG, con aislamiento individual y chaqueta de PVC, con apantallamiento de aluminio.

Cable Multiconductor

El cable Belden 27624A se utilizará para enviar las señales desde el MCC al Delta V. Está formado por diecinueve conductores calibre 16 AWG de cobre de 7x24, con aislamiento individual y chaqueta de PVC.

Cable de Fuerza

Se utilizará el cable Belden 27139A para enviar la alimentación a los paneles de control local de cada unidad. Está formado por tres conductores de cobre de 7x18 calibre 10 AWG, con aislamiento individual y chaqueta de PVC.

Cable Fieldbus

El cable Belden 3076F es el apropiado para conducir las señales de los dispositivos fieldbus a las cajas de paso y de las cajas de paso al panel de control local. Está formado por dos conductores de cobre de 7x26 calibre 18 AWG, con aislamiento individual y chaqueta de PVC, con apantallamiento de aluminio.

Procedimiento para cableado

El procedimiento para el cableado será el siguiente: Se revisará que todas las tuberías de cableado estén totalmente terminadas, previamente se ha procedido a señalar los cables que corresponda a cada ruta por ejemplo de un instrumento a la Caja de Conexiones y de Caja de Conexiones al panel de control local según su TAG correspondiente.

Se procederá a pasar un alambre guía (galvanizado #18 AWG) por todas las tuberías que han sido verificadas. Seguidamente se pasarán los cables correspondientes poniendo especial cuidado en la tensión aplicada a estos. Seguidamente se pela el cable y se machinan las puntas colocándolos en sus respectivos bornes con el destornillador adecuado.

4.5.4. Aterrizamiento del Sistema

Los equipos electrónicos cuando no son conectados a una malla de puesta a tierra pueden tener distintos problemas como son los transitorios o interferencias que hacen que el equipo proporcione datos erróneos por lo que es importante drenar a tierra estas corrientes estáticas y de fuga para asegurar la operación óptima del equipo electrónico. La cubierta metálica (“shield”), o apantallamiento puesto a tierra, es usual en muchas líneas de transmisión de información, porque protege a los equipos electrónicos contra perturbaciones electromagnéticas. También sirve como referencia de las señales de los equipos electrónicos y para eliminar las diferencias de potencial entre diferentes componentes de un sistema de comunicaciones o control automático.

Los efectos de la inducción electromagnética (EMI) se corrigen con un buen blindaje en cables y equipos; mientras que, los efectos de la interferencia en radiofrecuencia (RFI) se corrigen con una puesta a tierra aislada. Para cancelar el ruido inducido en líneas de instrumentación y de comunicaciones se usan pares trenzados, ya que el ruido se induce igualmente en ambos conductores cancelando el efecto.

Para mejorar su desempeño para bloquear la interferencia en altas frecuencias, ambos extremos del blindaje deberían estar bien aterrizados. Sin embargo, a menos que ambos extremos estén al mismo potencial, una corriente de tierra fluirá a través del blindaje entre esos puntos. De ahí que, las pantallas en sistemas electrónicos son conectadas únicamente en el extremo más cercano al equipo de control, y se dejan completas y aisladas en el otro extremo, normalmente el lado del sensor.

La mayor causa de fallas de equipos electrónicos es el sobre esfuerzo eléctrico que usualmente se origina de los transitorios causados por las descargas atmosféricas, de las maniobras de interrupción de cargas inductivas, o de descargas electrostáticas. Las corrientes provocadas por las descargas atmosféricas prefieren viajar por conductores metálicos más que por la simple tierra, porque representan un camino de menor impedancia. Esto destruye el aislamiento. Y también causa una diferencia de potencial entre el blindaje y los conductores internos que puede destruir los componentes electrónicos en la conexión.

Los fabricantes de equipos electrónicos usualmente exigen una tierra aislada o separada, y malinterpretando el verdadero significado del código eléctrico sólo proveen una terminal para las dos tierras la tierra de seguridad y la tierra aislada, y como consecuencia se pierde la

utilidad de la tierra aislada. La función de la tierra aislada es la de proporcionar una referencia cero, libre de ruido para los circuitos electrónicos.

Esta configuración se tiene una tierra relativamente libre de ruido e interferencia para equipos electrónicos sensibles y, es complementada con la tierra de seguridad convencional del sistema de tierras de potencia.

Ninguno de los dos conductores de los segmentos fieldbus debe ser aterrizado, ya que si se hace esto se dejará fuera de servicio a todo el segmento. Las técnicas de aterrizaje recomendadas para alambre blindado usualmente establecen un punto de aterrizaje único para cada uno de estos, para evitar crear un lazo de tierra. El punto de tierra generalmente se lo ubica del lado de la fuente de poder.

El sistema de puesta a tierra está diseñado en base a los requerimientos de los equipos más exigentes (bajo valor de resistencia) y en base a los requerimientos de corrientes de los dispositivos de energía (capacidad de dispersión). Ambas condiciones garantizaran bajos valores de tensiones asociadas a una falla y un rápido despeje de la misma garantizando la integridad del conjunto.

La puesta a tierra del proyecto se la realiza exclusivamente para el sistema de comunicaciones, con el propósito de que no ocurran problemas en la transmisión de datos desde los diferentes equipos electrónicos ubicados en la sala de máquinas hasta el cuarto de control. Consiste en un circuito de tierra para cada una de las siete unidades de bombeo y una adicional para la sala de control, ubicada a un metro de profundidad y está formada por tres varillas de cobre de 3 metros de longitud con un diámetro $\frac{3}{4}$ ", separadas a una distancia de 6 pies unidas

cable desnudo # 2 AWG formando un triángulo. Todas las tierras de cada unidad están unidas equipotencialmente por un cable aislado verde/amarillo # 2 AWG.

Se unió la tierra de comunicaciones con la tierra del sistema de fuerza de la sala de máquinas y con la del cuarto de generadores que contenían un cable 4/0, en tres lugares diferentes. Esto se hace porque si ocurre una falla en cualquiera de los sistemas de tierra se produciría una diferencia de potencial entre éstos, lo cual va contra la norma.

En cada una de las mallas se realizó la conexión de la tierra aislada y para la tierra no aislada se realizó una conexión desde la malla del sistema de potencia, es decir, desde el cable 4/0, las cuales fueron conectadas a las dos barras de cobre en los paneles de control local y en el cuarto de control solo se conectó la tierra aislada.

Para llegar a ambas tierras la aislada y la no aislada al panel local se utilizó cable aislado verde/amarillo # 6 AWG y este fue sujeto a cada de las barras con terminales de compresión de cobre. Dichos cables van por una tubería rígida de 1" que esta enterrada a 1 metro de profundidad.

Los distintos equipos van conectados a la tierra no aislada, y para las tarjetas del panel y para el bloque de terminales de distribución de corriente directa. Para las distintas uniones se escoge el método de soldadura aluminotérmica por lo que se empleándose los siguientes moldes y cargas explosivas:

Tabla N° 4.12.- Tabla de Moldes y Cargas Explosivas

Molde	Carga Explosiva
Molde cable # 2 a varilla 3/4"	90
Molde cable # 2 a cable # 2	45
Molde cable # 2 a cable # 6	45

Con el propósito de que la resistencia de puesta a tierra disminuya se agrega carbón vegetal alrededor del electrodo, con el fin de obtener una buena y estable toma de tierra, con lo que se logra que sea más conductiva y con la propiedad de retener la humedad.

4.6. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA EL MONTAJE

Puesto que las actividades de montaje se realizarán en zonas en donde se pueden producir incendios, y donde las cañerías se encuentran a temperaturas elevadas, los pisos y las trincheras llenas de aceite y crudo se deberá utilizar equipos de protección personal como son gafas, casco, guantes, arnés de seguridad, botas antideslizantes, orejeras.

El equipo de protección individual se define como cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

Antes de realizar cualquier trabajo dentro de la estación de bombeo, se deberá gestionar ante Petroecuador el "Permiso De Trabajo En Caliente" correspondiente y se atenderán a todas las indicaciones que allí indiquen o emanen del Encargado de Seguridad del Área, quien será, en última instancia, quien autorice el inicio y desarrollo de los trabajos. Debido a que se realizarán diversos trabajos con soldadura.

Durante la ejecución los trabajos se deberán tomar en cuenta todas las medidas de seguridad, por lo que para cuando se realicen los mismos se deberán colocar señales de seguridad indicando el lugar y tipo de trabajo con el propósito de evitar accidentes.

Las condiciones en que un equipo de protección deba ser utilizado, en particular en lo que se refiere al tiempo durante el cual haya de llevarse, se determinarán en función de:

- La gravedad del riesgo.
- El tiempo o frecuencia de exposición al riesgo.
- Las condiciones del puesto de trabajo.
- Las prestaciones del propio equipo.
- Los riesgos adicionales derivados de la propia utilización del equipo que no hayan podido evitarse.

Evaluación de riesgos

El proceso de evaluación de riesgos se divide en varias etapas

- Determinación de los límites de la maquinaria
- Un análisis para identificar casos potencialmente peligrosos.
- Estimación del grado de riesgo
- Una evaluación de riesgos, donde las medidas de seguridad existentes son evaluadas para determinar si son adecuadas, o si se requieren medidas suplementarias.
- A este proceso luego le siguen las medidas adoptadas para la reducción del riesgo si es necesario. Medidas de seguridad suplementarias, derivadas de la evaluación de riesgos, pueden introducirse y re-evaluarse hasta que sean consideradas satisfactorias.

Para reducir o eliminar peligros o acontecimientos peligrosos, deberá primero reunir información pertinente sobre la naturaleza, diseño, ciclo de vida útil y límites de su maquinaria, así como un historial de todos los accidentes o incidentes ocurridos, si es posible. La ausencia de un historial de accidentes, un pequeño número de accidentes o la levedad de los accidentes no deberá considerarse como una suposición automática de bajo riesgo.

Un riesgo de maquinaria puede definirse como el posible acontecimiento de un caso peligroso que puede causar lesiones al usuario y/o daños a su salud. Los riesgos se dividen en varias categorías:

- Mecánicos (perforación, cortes, golpes, caídas, etc.)
- Eléctricos (contactos eléctricos, chispas, etc.)
- Físicos (ruido, vibraciones, radiaciones, etc.)
- Químicos (polvo, gases, vapores etc.)
- Biológicos (hongos, virus, bacterias, etc.)

4.6.1. Requerimiento de los Equipos de Protección Individual

Los equipos de protección individual proporcionarán una protección eficaz frente a los riesgos que motivan su uso, sin ocasionar riesgos adicionales ni molestias innecesarias. A tal fin deberán responder a las condiciones existentes en el lugar de trabajo, teniendo en cuenta el estado de salud del trabajador.

En caso de riesgos múltiples que exijan la utilización simultánea de varios equipos de protección individual, éstos deberán ser compatibles entre sí y mantener su eficacia en relación con el riesgo o riesgos correspondientes.

Protección auditiva.- Las obras en construcción son sitios ruidosos. La exposición prolongada al ruido fuerte como los de una máquina ruidosa puede causar daños permanentes de audición, tensión nerviosa y dificultad para conciliar el sueño.

El ruido fuerte puede provocar pérdida parcial del oído durante un tiempo, con períodos de recuperación que oscilan entre 15 minutos y varios días, según el nivel de ruido. También se da un campanileo auditivo que debe tomarse como advertencia, ya que la pérdida provisoria puede volverse permanente con exposiciones reiteradas. La sordera se desarrolla muy gradualmente pero una vez declarada no se cura. Hay que tener en cuenta cuales son los niveles de ruido, y qué valores alcanzan; recuerde que un ruido continuo de 85-90 decibeles o más es perjudicial para el oído por lo se recomienda usar obligatoriamente orejeras o tapones todo el tiempo cuando esté en áreas ruidosas de la obra.

Protección de la cabeza.- Los objetos que caen se dan por todas partes en una obra en construcción. Una herramienta pequeña o un perno que cae de 10 o 20 m de altura pueden causar lesiones graves, hasta la muerte, si golpea a una persona en la cabeza desnuda.

Las heridas en la cabeza se producen cuando el obrero trabaja o se desplaza inclinado hacia adelante, o cuando endereza el cuerpo después de haberse inclinado. Los cascos de seguridad resguardan la cabeza efectivamente contra la mayoría de esos riesgos, y es preciso usar casco constantemente en la obra, sobre todo en las áreas donde se está realizando trabajo más arriba.

Protección de los pies.- Las lesiones de los pies se dividen en dos categorías principales: las causadas por la penetración de clavos en la planta del pie, y las debidas a aplastamiento del pie por materiales que caen. Ambas pueden minimizarse usando calzado protector. La clase de botas o zapatos de seguridad dependerá de la índole del trabajo, pero todo el calzado protector debe tener suela impenetrable, antideslizante y con una punta de acero.

Protección de las manos.- Las manos son sumamente vulnerables a las lesiones accidentales, y en la construcción manos y muñecas sufren más lastimaduras que ninguna otra parte del cuerpo. Sufren heridas abiertas, raspaduras, fracturas, luxaciones, esguinces, amputaciones y quemaduras, que en su mayoría son evitables con mejores técnicas y equipo de trabajo manual, y con el uso de equipo protector adecuado como guantes.

Entre las tareas riesgosas más comunes que requieren protección de las manos están las siguientes:

- operaciones que obligan al contacto con superficies ásperas, cortantes o serradas;
- contacto con, o salpicaduras de sustancias calientes, corrosivas o tóxicas;
- trabajo con máquinas vibratorias como perforadoras neumáticas, en las cuales es recomendable amortiguar las vibraciones;
- trabajo eléctrico en tiempo frío y húmedo.

Protección de la vista.- Los fragmentos y esquirlas, el polvo o la radiación son causa de muchas lesiones de la vista en las siguientes tareas:

- el picado, corte, perforación, labrado o afirmado de piedra, concreto y ladrillo con herramientas de mano o automáticas;
- el rasquetado y preparación de superficies pintadas o corroídas;
- el pulido de superficies con rectificadoras a motor; el corte y soldadura de metales.

Arnés de seguridad.- La mayoría de los accidentes fatales en la construcción se deben a caídas desde cierta altura. Cuando no es posible realizar el trabajo desde un andamio o escalera de mano, o desde una plataforma móvil de acceso, el uso de arnés de seguridad puede ser el único medio de prevenir lesiones graves o mortales.

El arnés de seguridad y su cable deben llenar los siguientes requisitos:

- limitar la caída a no más de 2 m por medio de un dispositivo de inercia;
- ser lo suficientemente resistentes para sostener el peso del obrero;
- estar amarrados a una estructura sólida en un punto de anclaje firme por encima del lugar donde se trabaja.

CAPÍTULO 5

5. LA GESTIÓN DEL MONTAJE INDUSTRIAL DEL PROYECTO

5.1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO DE MONTAJE

Un proyecto se define como una combinación de actividades interrelacionadas que deben ejecutarse en un cierto orden antes que el trabajo completo pueda terminarse. Las actividades están interrelacionadas en una secuencia lógica en el sentido que algunas de ellas no pueden comenzar hasta que otras se hayan terminado. Una actividad en un proyecto, usualmente se ve como un trabajo que requiere tiempo y recursos para su terminación. En general, un proyecto es esfuerzo de un solo periodo; esto es, la misma sucesión de actividades puede no repetirse en el futuro.

En la realización de cualquier proyecto, el personal de ingeniería tiene una importancia vital ya que son quienes generalmente asumen la dirección del proyecto encargándose así de tomar las decisiones que ayuden a que el proyecto cumpla con los objetivos propuestos. Es por esta razón que es importante y necesario que el ingeniero esté familiarizado con la gestión de proyectos y todas las herramientas y técnicas que la componen, ya que le facilitarán su labor al trabajar en un proyecto.

La gestión de proyectos es el proceso mediante el cual se planifica, dirige y controla el desarrollo de un sistema eficiente con un mínimo costo y dentro de un período de tiempo específico.

Una de las principales causas por las que el proyecto puede fallar es el hecho de que los ingenieros no conocen bien las herramientas y las técnicas de gestión de proyectos. Además existen una serie de factores que pueden hacer que el proyecto sea mal evaluado, entre las cuales se mencionan:

- Necesidades no satisfechas o no identificadas
- Cambio no controlado del ámbito del proyecto
- Exceso de costo
- Retrasos en la entrega de materiales o equipos

El proyecto consiste extender la solución implementada en la Fase I (séptima Unidad de Bombeo) a las restantes Unidades de cada una de las siguientes estaciones de bombeo del Sote:

- Lago Agrio (7 Unidades)
- Lumbaqui (6 Unidades)
- Salado (6 Unidades)
- Baeza (6 Unidades)
- Papallacta (6 Unidades)

Adicionalmente, se efectuarán modificaciones menores en las séptimas Unidades de Bombeo (con excepción de Lago Agrio) con el propósito de que todas las máquinas queden iguales.

Para poder administrar efectivamente un proyecto, aplicar mejor los recursos y resolver en la forma más óptima cualquier proyecto existen distintas

herramientas que se encuentran al alcance del ingeniero. Es así como se han desarrollado un sin número de métodos que tratan de reunir todos los datos disponibles, como son: Pert/Cpm, Diagramas de Gantt, etc.

5.2. PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE

El propósito final de una buena planificación del proyecto se obtiene respondiendo las siguientes preguntas: ¿Qué actividades deben realizarse?, ¿Cuánto tiempo se requiere?, ¿Qué actividades deben terminarse antes de empezar otras?, ¿Pueden traslaparse algunas actividades? ¿Cuántos recursos serán necesarios?, ¿Cuánto costará?.

Previo al inicio del montaje industrial se debe realizar una planificación general de las actividades, estableciendo los recursos necesarios, acorde con los requisitos del proyecto durante el desarrollo de las actividades. Se establecen los procedimientos y métodos de montaje de equipos, el orden que se debe seguir, las herramientas y materiales necesarios. Se determinan 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.

Es necesario el desarrollo de un programa de montaje acorde a las especificaciones técnicas y planos de ingeniería para construcción, teniendo en cuenta las condiciones de la obra (entorno, otras instalaciones, localización, etc.). El plan de montaje de la instalación contiene la lista de actividades, tiempos y materiales necesarios para su ejecución, así como la asignación de responsabilidades, respondiendo en plazos y costos a las especificaciones del proyecto.

Las áreas de trabajo de montaje en obra se organizan atendiendo a la optimización de los procedimientos de ejecución de los trabajos, asegurando

los espacios necesarios y la no interferencia de diferentes profesionales, con la seguridad necesaria.

La selección del equipo de trabajo debe hacerse teniendo en cuenta sus conocimientos técnicos y de empresa que puedan ser necesarios para llevar a cabo las actividades planificadas. La clave de esta misión es saber elegir adecuadamente a las personas que habrían de desarrollar las tareas requeridas.

La asignación de trabajos permite optimizar los recursos humanos y materiales, propios y/o externos, atendiendo a los objetivos programados en la obra. La contratación de los recursos externos previstos se realiza con la antelación suficiente y por el tiempo necesario, evitando interrupciones temporales en su utilización y/o actividad.

Los diagramas de planificación de mano de obra, materiales y medios (Pert, Gantt) han establecido los caminos críticos para la consecución de plazos y costos establecidos, cumpliendo con los requisitos requeridos por la planificación general. Muchos proyectos tienen una fecha límite de entrega. Por lo que debe elaborarse un calendario factible basado en dicha fecha.

5.2.1. Preparación de la Logística del Proyecto

Previo al arranque de las actividades de montaje y durante el transcurso del mismo se reconocen una serie de actividades de soporte o logística.

Para esta etapa se deben de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Proveer personal necesario para la ejecución del proyecto de acuerdo al cronograma de trabajo a definir según provisiones y al alcance establecido.

2. Proveer transporte, estadía y alimentación para el personal involucrado en la construcción e instalación.
3. Contratar seguros para el personal asignado al proyecto.
4. Proveer almacenamiento, seguros y transporte para materiales y equipos en la obra, hasta su instalación.
5. Dedicar un supervisor por estación, dos supervisores generales y un director general de construcción e instalación.

En cada estación se montarán dos contenedores uno para oficina y el otro para bodega, un taller en el cual se colocarán mesas de trabajo con las herramientas y los materiales necesarios para el correcto desempeño de los trabajos, con el propósito de que las personas involucradas en el montaje permanezcan expuestas menos tiempo en el área de máquinas debido al ruido que provocan.

La bodega de obra se localiza en el lugar más propicio y en función de la cercanía al área de trabajo, permitiendo su fácil localización y disposición, optimizando el espacio disponible, con los elementos necesarios y garantizando la conservación de los materiales.

Debido a que es una obra de vital importancia para el país y además porque la estación de bombeo es un área peligrosa, las personas participantes del proyecto deben recibir un curso preparatorio sobre temas como: Instalación en áreas peligrosas, funcionamiento de la estación de bombeo, Seguridad Industrial, etc.

5.2.2. Definición de Tareas para Ejecutar el Montaje

Esta parte tiene por finalidad describir las tareas generales e indicar las pautas para los trabajos de montaje del proyecto. El montaje del proyecto, se lo ha dividido en dos etapas fundamentales como son:

- Trabajos con máquinas en funcionamiento
- Trabajos con máquina parada

Los trabajos con máquinas en funcionamiento se realizaran diferentes tareas que no impidan con la operación normal de la unidad como son:

- Construcción de Soportería
- Sistema de Puesta a Tierra
- Sistema de Comunicación y Fuerza
- Conexionado y marquillado entre Delta V y MCC
- Instalación de Termopozos
- Construcción de Cámaras
- Instalación de Cajas de paso
- Instalación de Tuberías Conduit
- Doblado de Tubbing para las tomas de proceso
- Instalación del panel de control local de cada unidad

Los trabajos con máquina parada se los realizarán en un lapso de tres días por máquina en el cual se realizara primero el desmontaje de toda la instrumentación, tuberías, paneles y cableado para dar paso al montaje de la nueva instrumentación, y así comenzar los diferentes trabajos eléctricos, mecánicos y electrónicos. Una vez terminados los mismos se realizará el comisionamiento de los instrumentos dentro del Delta V y las pruebas en sitio de la unidad, y se la dejará un día en funcionamiento, durante este lapso de tiempo estará continuamente supervisada por el personal de la estación con el propósito de verificar la optima operación de todos los instrumentos instalados.

Para esta etapa se realizarán trabajos de diversa índole como son eléctricos, electrónicos, mecánicos, entre los cuales tenemos:

- Desconexión de instrumentación existente.
- Montaje de actuador, actuadores de válvulas, tomas de procesos, instrumentos.
- Conexión y marquillado de Instrumentos.
- Conexión y marquillado de Cajas de paso.
- Conexión y marquillado de panel de control local.
- Comisionamiento de Instrumentos.
- Pruebas en Sitio.

En líneas generales, las tareas para cada unidad de bombeo se pueden dividir en: actividades de soportería, actividades mecánicas, actividades eléctricas, asistencia para comisionado y puesta en marcha.

1. Actividades de Soportería

Para el montaje del transmisor de flujo ultrasónico es necesaria la construcción de una cámara de hormigón impermeabilizada, en la tubería de 12" de diámetro que va de la salida del intercambiador a la bomba. Una vez terminada la construcción de la cámara se debe igualar el terreno dejándolo en las condiciones actuales y retirando del lugar la tierra y escombros sobrantes para colocar los transductores.

Para soportar debidamente los transmisores de flujo y de presión diferencial es necesaria la construcción de dos pedestales con base de hormigón, tomando en cuenta las indicaciones del punto anterior.

Para soportar los transmisores de vibración, velocidad y el tablero de control local es indispensable construir soportes, para los transmisores de presión y temperatura es necesaria la construcción de un panel frontal, cabe recalcar que los soportes deben ser galvanizados con el propósito de evitar la corrosión.

Se precisa de una canalización con tubería rígida de 1", con la finalidad de conducir los cables aislados verde – amarillo # 6 AWG que van de la malla de tierra al panel de control local de cada unidad, a una profundidad de 10 cm.

2. Actividades Mecánicas

Cambiar el gobernador neumático por un actuador de accionamiento electrónico y se realizar un nuevo brazo de acople y pistón neumático.

Montar los instrumentos y sus accesorios, ya sea sobre soportes, pedestal o directamente sobre cañería o máquina. Para los transmisores de presión, realizar los tendidos de tubings de acero inoxidable desde las tomas de proceso hasta los instrumentos efectuando los soportes necesarios.

Soldar las conexiones necesarias en las cañerías de agua para efectuar nuevas tomas de presión y temperatura, evitando el ingreso de escoria a la cañería.

En las cañerías existentes de $\frac{3}{4}$ " y $1\frac{1}{2}$ ", de combustible y aire de arranque respectivamente, existen dos válvulas con actuador neumático. Desmontar ambas válvulas y reconstruir la cañería para luego intercalar en las mismas las nuevas válvulas solenoides, dentro de la trinchera. En

ambos casos se intervendrá la cañería entre dos accesorios roscados y se retirará el tramo. Entre las dos conexiones roscadas hembras que quedarán libres se construirá el nuevo tramo de cañería montando en él, la válvula solenoide correspondiente y una unión doble para facilitar el armado.

Desmontar el sistema de seguridad neumático y sobre la misma leva adaptar un switch eléctrico. Desmontar y modificar el cajetín del sensor de nivel para instalar switch de nivel con flotante eléctrico.

3. Actividades Eléctricas

Sobre el perfil del skid del motor se montan dos cajas de paso antiexplosivas y una tercera en la bomba, con su correspondiente soportería conduit.

En el tablero distribuidor de UPS realizar perforaciones para salir con alimentadores por las bandejas existentes a cada uno de los paneles de control de cada unidad.

Realizar el tendido de cables y conexionado desde los paneles de control local de cada unidad a los dos switches ubicados en la sala de control, tomando en cuenta que salen dos cables primario y secundario y desde los switches hasta las estaciones de trabajo.

Efectuar el tendido de tubería rígida conduit y el conexionado respectivo desde los instrumentos a las cajas de paso y de las cajas al panel de control.

Efectuar los tendidos de los cables multipares desde el centro de control

de motores de la Sala de control se deberán tomar las señales de los motores y sus comandos y conectarlos al panel de control. Para efectuar las acometidas de los cables se debe perforar los gabinetes en su parte superior.

Dentro del gabinete del panel de control en la sala de control colocar un riel en el cual se instalarán 63 relés para interconectar las borneras que contienen las salidas discretas.

Realizar trabajos en la séptima unidad de cada estación, son los siguientes: Instalar una caja de paso a prueba de explosión que recogerá las señales de temperatura de las termocuplas tipo J de la bomba y del incrementador, Instalación de las tres válvulas motorizadas succión, descarga y bypass, y adicionalmente las cajas que contendrán las tarjetas transmisoras de temperatura 848T que reciben las señales provenientes de las termocuplas del motor y del turbo. Realizar cambios en el panel de control local de la unidad. Actualizar el Delta V del cuarto de control.

Instalar las varillas en triángulo, para el aterrizaje de cada panel de control, con conexión de soldadura exotérmica de acuerdo a las especificaciones técnicas.

4. Asistencia para Comisionamiento y Puesta en Marcha

Toda instalación debe ser estrictamente comisionada, para lo cual debe satisfacer las correspondientes pruebas de aceptación en sitio. El listado de observaciones realizadas a cada instalación en el “punch list” debe ser apropiadamente corregidas.

El arranque y puesta en marcha del proyecto lo realiza personal de Petroecuador, con la asistencia de los responsables del montaje.

5.2.3. Aplicación de la Técnica de Diagrama de Barras de Gantt

Una herramienta de planeación útil y ampliamente difundida es el diagrama de barras de Gantt, donde se especifican los tiempos de inicio y terminación de cada actividad en una celda de tiempo horizontal. Las complejidades crecientes de los proyectos actuales han demandado técnicas de planeación más sistemáticas y más efectivas con el objeto de optimizar la eficiencia en la ejecución del proyecto.

La eficiencia implica efectuar la mayor reducción en el tiempo requerido para terminar el proyecto mientras se toma en cuenta la factibilidad económica de la utilización de los recursos disponibles.

El calendario de proyecto deberá desarrollarse con un conocimiento preciso de los requisitos de tiempo, las asignaciones de personal y las dependencias de unas tareas con otras. La función más difícil e importante es controlar el proyecto. Pocos planes hay que puedan llevarse a la práctica sin problemas y retrasos. La labor del Ingeniero es hacer un seguimiento de las tareas, los plazos, los costos y las expectativas, con el fin de controlar todos estos elementos.

El Diagrama de Gantt se puede utilizar para:

- Crear un proyecto especificando las tareas y sus duraciones.
- Establecer relaciones secuenciales entre las tareas, lo que le permite ver cómo la duración de una tarea afecta a las fechas de comienzo y de fin de otras tareas y a la fecha de fin del proyecto.

- Asignar personal y otros recursos a las tareas.
- Realizar un seguimiento del progreso del proyecto comparando las fechas programadas con las fechas reales de comienzo y fin, y comprobando el porcentaje completado de cada tarea.

En el diagrama se muestran los resultados obtenidos de acuerdo a la secuencia de los trabajos en cada una de las diferentes etapas y la duración total del proyecto, tanto en su etapa evaluativa como en su parte constructiva.

El Diagrama de Gantt muestra información acerca de las tareas del proyecto en forma de texto y gráficos de barras. En la parte izquierda de esta vista se encuentran las columnas en las que se escriben y modifican los nombres de tareas, las duraciones, las fechas de comienzo y de fin del proyecto, el nombre de los recursos, así como otro tipo de información.

En la parte derecha de esta vista puede utilizar barras de Gantt para mostrar gráficamente la duración de las tareas y las fechas de comienzo y fin del proyecto en una escala temporal. La posición relativa de las barras de Gantt muestra la secuencia en la que están programadas las tareas del proyecto.

Las barras de Gantt sirven para evaluar el avance del proyecto, para informar sobre el avance del mismo a los superiores. Además, suelen utilizarse para mostrar el avance de los proyectos, en virtud de que pueden comparar de forma conveniente la planificación original con el desarrollo real.

Si una tarea ha sido completada, su barra correspondiente aparecerá más oscura. Si ha sido completada solo parcialmente, la parte proporcional de la barra estará más oscura. El porcentaje de barra oscurecida corresponderá al porcentaje de tarea completa. Las barras más claras simbolizan tareas que no han sido empezadas.

Evaluación de Resultados de acuerdo a un Diagrama de Barras

La planificación del proyecto consta de la etapa evaluativa y de la etapa de montaje, en la descripción de la secuencia de los trabajos se indicará el tiempo que toma cada actividad y así se podrá determinar el número de días que durará cada una de las etapas y por ende la duración total del proyecto.

El diagrama del Anexo 6 es un cuadro de todo el proyecto de una forma ampliada en el cual se muestran los resultados obtenidos de acuerdo a la secuencia de los trabajos en cada sector y al tiempo que ocupa su instalación. Se puede apreciar el tiempo total de duración de la obra y el tiempo que ocupa cada fase en ser implementada, tanto en su etapa evaluativa como en la etapa de montaje. Adicionalmente, se muestra una ruta de trabajo de acuerdo a las actividades predecesoras.

En el diagrama del Anexo 7 se muestran todos los trabajos mecánicos, eléctricos y electrónicos, comisionamiento de los equipos dentro del sistema de control y las pruebas de arranque y Sitio que se realizan cuando se está en parada de las unidades de bombeo.

5.2.4. Aplicación de la Técnica PERT/CPM

La sigla PERT (Program Evaluation and Review Technique) significa Técnica de Evaluación y Control de Proyectos. La sigla CPM (Critical Path Method), significa Método del Camino Crítico.

El CPM es idéntico al PERT en concepto y metodología. La diferencia principal entre ellos es simplemente el método por medio del cual se realizan estimados de tiempo para las actividades del proyecto. Con CPM, los tiempos de las actividades son determinísticos. Con PERT, los tiempos de las actividades son probabilísticos o estocásticos.

La primera técnica fue el PERT en la cual dedicaban mayor atención al factor tiempo. Este modelo introduce una incertidumbre en los tiempos estimados para las duraciones de las actividades, y por ende, del proyecto. Es por lo tanto apropiado para programar y controlar proyectos compuestos principalmente cuyos tiempos de duración están sujetos a variaciones considerables que pueden ser provocados por factores tales como: el clima, fallas de equipos, problemas de personal, retrasos en la entrega de materiales, incertidumbre en los métodos o procedimientos a utilizar, etc.

La segunda técnica fue el CPM en la cual dedicaban mayor atención, a más del factor tiempo, al factor costo. Este modelo es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto, que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo. Se trata de un método determinístico, esto es, se desarrolla en un medio en que las actividades de un proyecto son completamente conocidas y de las que se tiene suficiente información.

El tiempo de duración de las actividades es el parámetro más importante en el análisis de tiempo para el proyecto. Si se puede estimar la duración de cada actividad: CPM. Si no se puede estimar la duración de cada actividad se puede usar un modelo probabilística: PERT.

Actualmente ésta técnica es una sola PERT/CPM, la cual sirve para planear, controlar y evaluar proyectos. Fue diseñado para proporcionar diversos elementos útiles de información para los administradores del proyecto. Primero, el PERT/CPM expone la “ruta crítica” de un proyecto. Estas son las actividades que limitan la duración del proyecto. En otras palabras, para lograr que el proyecto se realice pronto, las actividades de la ruta crítica deben realizarse pronto. Por otra parte, si una actividad de la ruta crítica se retarda, el proyecto como un todo se retarda en la misma cantidad. Las actividades que no están en la ruta crítica tienen una cierta cantidad de holgura; esto es, pueden empezarse más tarde, y permitir que el proyecto como un todo se mantenga dentro de los tiempos establecidos. El método PERT/CPM identifica estas actividades y la cantidad de tiempo disponible para posibles retardos.

El campo de acción de este método es muy amplio, dada su gran flexibilidad y adaptabilidad a cualquier proyecto grande o pequeño. Para obtener los mejores resultados debe aplicarse a proyectos que posean las siguientes características:

1. Que el proyecto sea único, no repetitivo, en algunas partes o en su totalidad.
2. Que se deba ejecutar todo el proyecto o parte de el, en un tiempo mínimo, sin variaciones, es decir, en tiempo crítico.
3. Que se desee el costo de operación más bajo posible dentro de un tiempo disponible.

Dentro del ámbito aplicación, el método se ha estado usando para la planeación y control de diversas actividades, tales como construcciones civiles, investigación de mercados, auditorías, planeación de carreras universitarias, ampliaciones de fábrica, instalación de equipos y sistemas, etc.

Definiciones Básicas

A fin de explicar la terminología usada, se definirán varios conceptos que en lo sucesivo se emplearán.

Actividad o Tarea.- Se denomina actividad o tarea a cualquier clase de trabajo que debe ser desarrollado durante el curso de un proyecto para ir de un evento a otro. Gráficamente una actividad se representa en forma de vector, indicando el sentido de la flecha, el progreso de la actividad.

Evento o Nodo.- Se denomina evento, acontecimiento o también nodo a los puntos en el tiempo en el que empiezan o terminan una o más actividades. Los nodos, no consumen tiempo ni recursos, se los representa habitualmente con un círculo.

Actividad Crítica.- Se denomina actividad crítica a la actividad que no puede retrasarse sin retrasar al proyecto.

Actividad Ficticia o Virtual.- Se denomina actividad ficticia a la actividad que se usa para indicar las imposiciones y dependencias entre ciertos eventos escritos de la red. Ella no ocupa tiempo ni recursos y está representada por una flecha punteada.

Ruta Crítica.- Se denomina ruta crítica a la secuencia de actividades críticas.

Duración de la Actividad.- Se denomina duración al tiempo necesario para poder cumplir con una actividad.

Malla, Redes o Diagrama de Flechas.- Es la representación gráfica de la secuencia de las actividades que componen un proyecto, y de las interrelaciones existentes.

Representación del Proyecto con una Red PERT/CPM

Las reglas para representar un proyecto con una red PERT/CPM son las siguientes.

- Eventos son representados por nodos
- Actividades son representadas por flechas
- Hay un solo evento inicial y uno final
- Actividades deben representarse una sola vez
- Una actividad no puede comenzar a menos que todas las actividades precedentes hayan terminado
- Actividades ficticias pueden introducirse, para resolver algunos problemas al construir la red.
- El trabajo fluye en el sentido de la flecha
- La longitud de la flecha no tiene significado
- Cada actividad tiene asociada una duración
- Varias actividades puede ocurrir simultáneamente

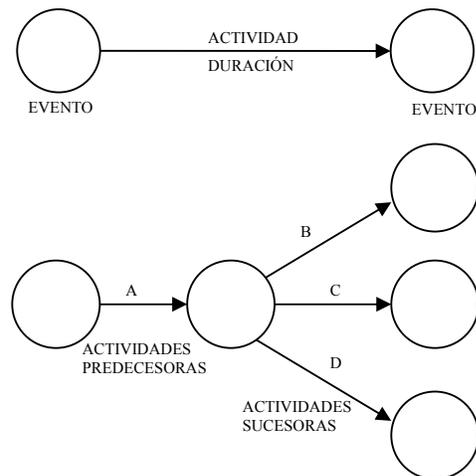


FIGURA. Nº 5.1: Actividades Predecesoras y Sucesoras

Obtención de la Ruta Crítica del Proyecto

La ruta crítica es una secuencia de tareas dependientes en un proyecto que conforma la suma mayor de las duraciones estimadas. Es el camino en el cual no existe tiempo muerto. El tiempo muerto disponible para una tarea es igual a la diferencia entre sus tiempos máximo y mínimo de finalización.

Si dichos tiempos son iguales, la tarea pertenece al camino crítico. Si una tarea del camino crítico se retrasa en sus plazos, retrasa todo el proyecto.

Para el cálculo de la ruta crítica se necesita la siguiente información:

ES (Earliest Start)	Inicio más temprano
EF (Earliest Finish)	Finalización más temprana
LS (Latest Start)	Inicio más tardío
LF (Latest Finish)	Finalización más tardía

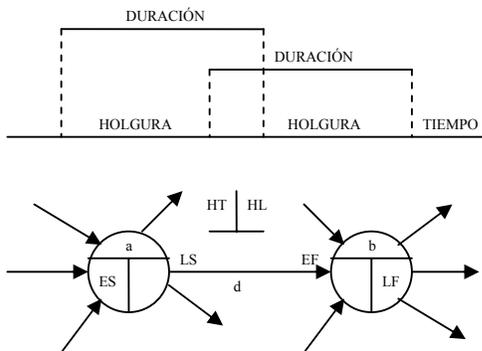


FIGURA. N° 5.2: Relación de tiempos para una actividad

Holgura total (HT).- Holgura total de la actividad con respecto al proyecto.

Holgura libre (HL).- Holgura de la actividad con respecto a otras actividades.

Las relaciones de tiempo para una actividad son:

$$ES = \text{MAX} (\text{EF de las actividades que llegan al nodo a})$$

$$EF = ES + d$$

$$LF = \text{MIN} (\text{LS de las actividades que salgan del nodo b})$$

$$LS = LF - d$$

$$HT = LS - ES = LF - EF$$

$$HL = (\text{ES de actividades que salen del nodo b}) - EF$$

Proceso de cálculo de la ruta crítica

- a. Listar actividades, asignando a cada una sus respectivas actividades predecesoras y sucesoras.
- b. Definir los recursos requeridos para realizar una actividad, y de acuerdo a la experiencia estimar los tiempos necesarios para realizar cada actividad.
- c. ES, EF (arriba hacia abajo)
- d. LF, LS (abajo hacia arriba)
- e. HT, HL
- f. La ruta crítica estará determinada por la secuencia de actividades que tengan holgura local y total equivalentes a cero (puede haber más de una).

Tabla N° 5.1.- Matriz de Secuencias

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	Conexión y marquillado de Delta V y MCC	3
K	E	L	Instalación de Tuberías Conduit	31
L	K	O	Cableado y conexión 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

Tabla N° 5.2.- Cálculo de la Ruta Crítica

ITEM	PREDECESOR	SUCESOR	DIAS	ES	EF	LF	LS	HT	HT	HL	RUTA CRÍTICA
A		B	25	0	25	25	0	0	0	0	*
B	A	C	15	25	40	40	25	0	0	0	*
C	B	I,D,E,F,G,J	6	40	46	46	40	0	0	0	*
D	C	H	14	46	60	91	77	31	31	0	
E	C	K	19	46	65	65	46	0	0	0	*
F	C	N	10	46	56	102	92	46	46	0	
G	C	M	5	46	51	101	96	50	50	0	
H	D	O	15	60	75	106	91	31	31	31	
I	C	O	13	46	59	106	93	47	47	47	
J	C	N	3	46	49	102	99	53	53	7	
K	E	L	31	65	96	96	65	0	0	0	*
L	K	O	10	96	106	106	96	0	0	0	*
M	G	N	1	51	52	102	101	50	50	4	
N	F,J,M	O	4	56	60	106	102	46	46	46	
O	I,H,L,N	P	4	106	110	110	106	0	0	0	*
P	O	Q	4	110	114	114	110	0	0	0	*
Q	P	R	4	114	118	118	114	0	0	0	*
R	Q	S	4	118	122	122	118	0	0	0	*
S	R	T	4	122	126	126	122	0	0	0	*
T	S	U	4	126	130	130	126	0	0	0	*
U	T	V	4	130	134	134	130	0	0	0	*
V	U		10	134	144	144	134	0	0	0	*

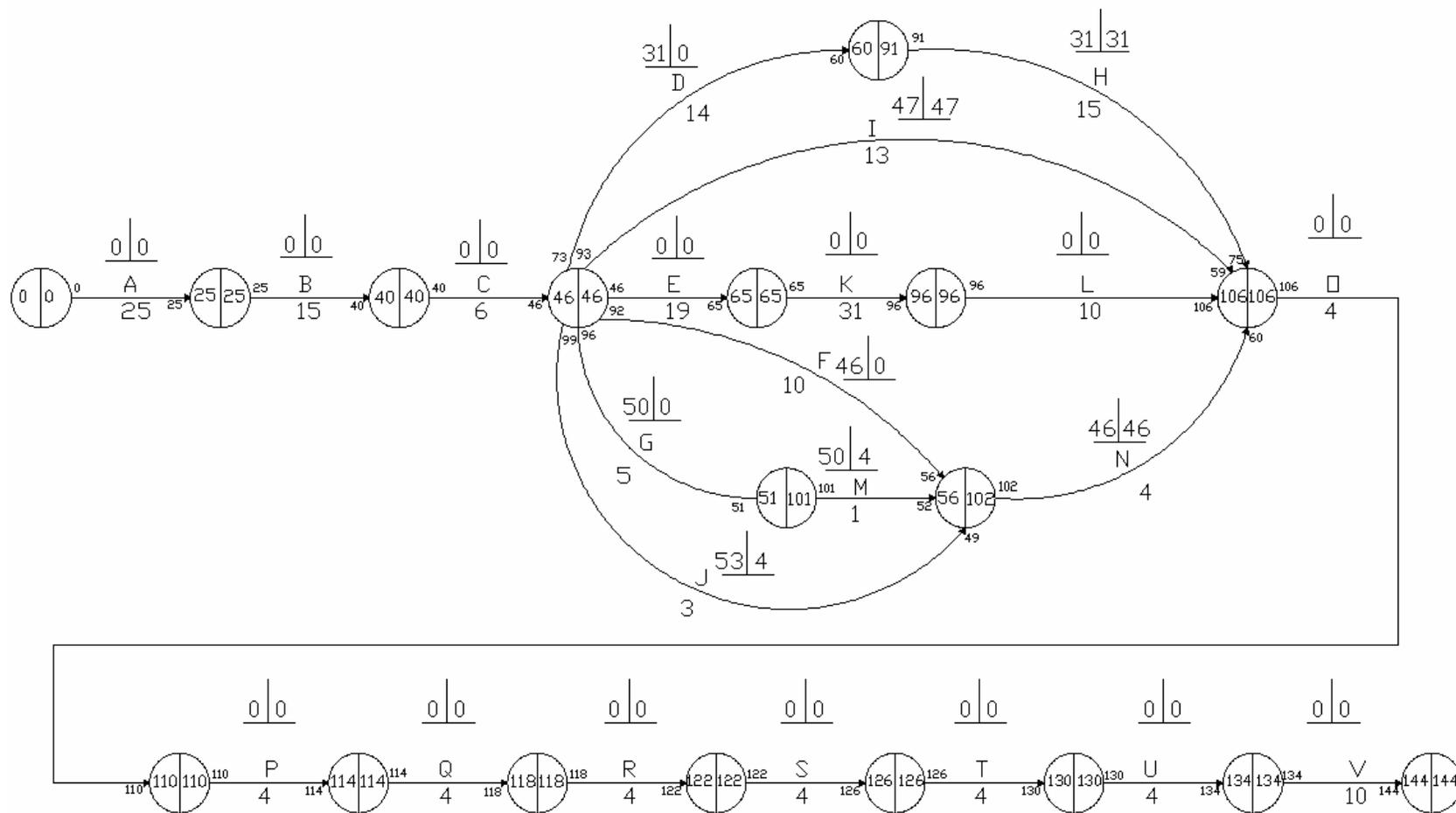


FIGURA. N° 5.3: Ruta Crítica del Montaje

Tiempo de Ejecución = $25+15+6+19+31+10+4+4+4+4+4+4+4+10 = 144$ días

Tiempo de Ejecución = $144 \text{ días} / 30 \text{ días} = 4.8$ Meses

5.3. ORGANIZACIÓN DEL MONTAJE

Dados el plan y el personal, se debe proceder a la organización del proyecto definiendo autoridades y responsabilidades. Los miembros del equipo de proyecto deberán conocer su cometido y sus responsabilidades concretas, así como su relación de dependencia con respecto al equipo de trabajo del proyecto. El calendario del proyecto deberá desarrollarse con un conocimiento preciso de los requisitos de tiempo, las asignaciones de personal y las dependencias de unas tareas con otras.

Se debe detallar en forma jerarquizada todo el trabajo a realizar, hasta el nivel de tarea, mostrando la organización interna del proyecto (responsabilidades y dependencias). La forma de dividir el trabajo depende del tipo de proyecto, pudiendo ser por etapas, disciplinas, funciones, componentes, zona geográfica, etc. La cantidad de niveles depende de la complejidad del proyecto (recomendable entre 4 y 6 niveles). Un elevado número de niveles da origen a la creación de subproyectos y dificulta el control del proyecto. Idealmente, cada especialista programará en detalle no más de 2 a 3 niveles.

La estructura general de las personas involucradas en el montaje debe reflejar los niveles de autoridad y la asignación de actividades de todo el equipo de trabajo. Dentro de la estructura del proyecto están involucradas tres empresas la contratante, la contratista y la sub-contratista. Cada una de las cuales tiene a su cargo diferentes actividades quedando para la empresa contratante la fiscalización, para la empresa contratista planificación global, dirección y

control del proyecto, y para la empresa sub-contratista la encargada de realizar el montaje de acuerdo a la planificación y a la asignación de recursos.

Los trabajos de montaje se realizarán en cinco frentes de trabajo debido a que cada una de las estaciones cuenta con siete unidades, seis en operación y una en stand-by y es en esa máquina donde se realizarán los trabajos con el propósito de evitar las paradas prolongadas e innecesarias del oleoducto con lo que llevaría un mayor tiempo del proyecto, ahora si los trabajos se los realizan de estación en estación, lo que tomaría menos tiempo, pero la desventaja es que el oleoducto dejaría de bombear crudo. Por lo que la mejor opción es realizar la instalación conjuntamente en las cinco estaciones, 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.

La empresa sub-contratista será la encargada de la instalación de todos los equipos, hasta el arranque y puesta en marcha de los mismos, proveer materiales consumibles y materiales civiles necesarios para la construcción de cámaras, pedestales y reparaciones de pisos, reparaciones de estructuras y consumibles tales como electrodos, pinturas, teflón, brocas, etc., además removerá los escombros y desperdicios y será la encargada de limpiar el lugar de la obra, de forma que al concluir los trabajos, el área se encuentre en las mismas condiciones iniciales.

Todos los trabajos que se realicen dentro de la estación de bombeo deben ser supervisados por el Ingeniero de Campo debido a que es el responsable del montaje eléctrico y mecánico para que estos se cumplan en los plazos establecidos por el director del proyecto. Por lo que deberá planificar diariamente en coordinación con los Ingenieros Mecánico y Electrónico y el maestro electricista los trabajos a realizarse con el propósito de que todos

tengan conocimiento de las tareas a realizarse, las personas involucradas y la duración de las mismas.

En cada estación se encuentran dos personas de la empresa contratista las cuales son un supervisor de obra que se encarga de la supervisión y el reporte diario de avance de la obra, y un integrador el cual es el encargado del comisionamiento de los equipos dentro del software de control, y en conjunto con la empresa sub-contratista y el instrumentista de la estación realizan las pruebas de aceptación en sitio y la puesta en marcha de la unidad de bombeo.

A continuación se presenta el organigrama que muestra el personal involucrado en todas las labores de montaje para que el proyecto tenga el éxito esperado:

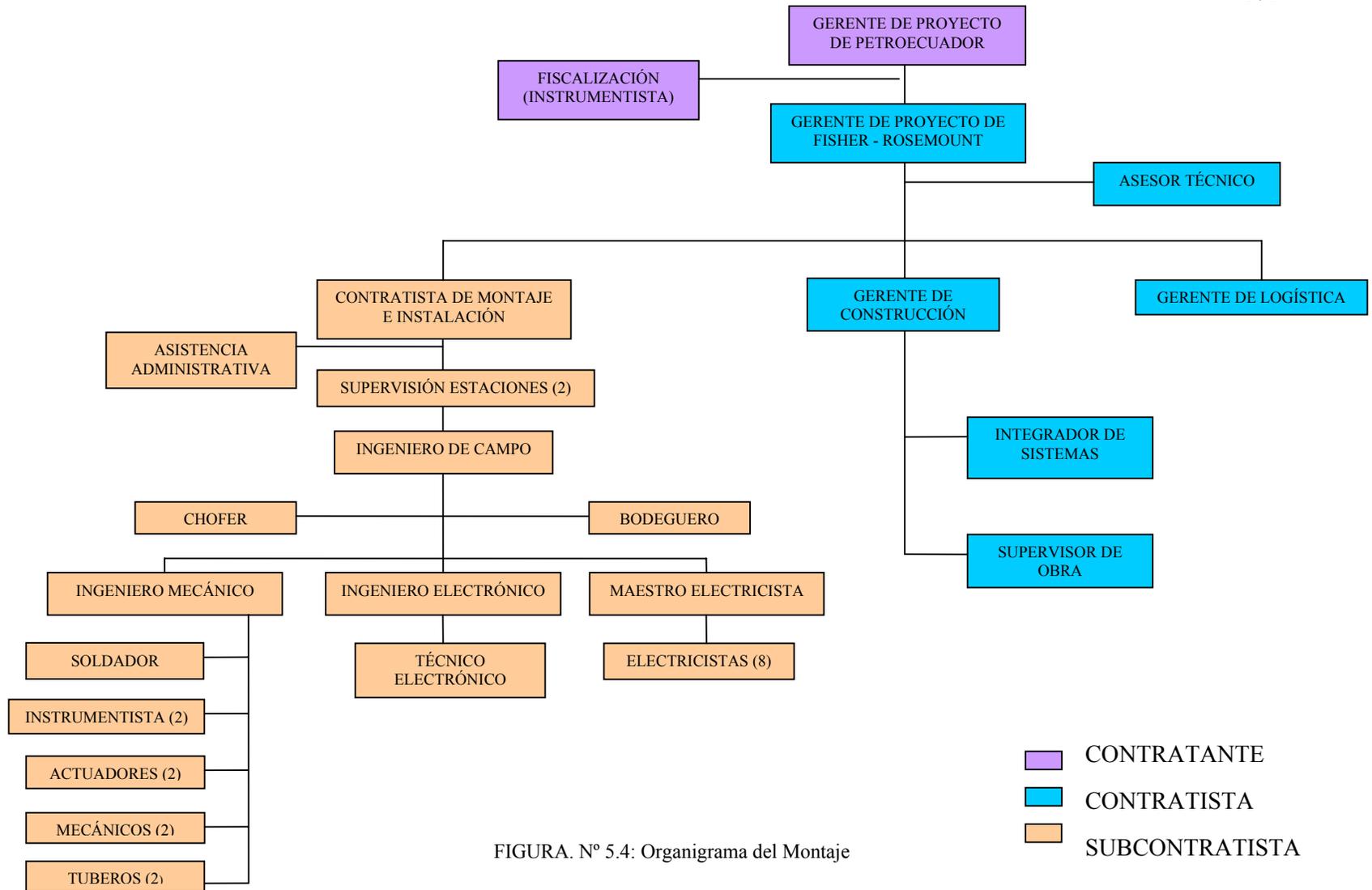


FIGURA. N° 5.4: Organigrama del Montaje

5.4. DIRECCIÓN Y CONTROL DE MONTAJE

Una vez iniciado el proyecto, el director del proyecto se convierte en su máximo responsable. Como tal, dirige las actividades del equipo y hace evaluaciones del avance del proyecto. Por consiguiente, debe demostrar ante su equipo cualidades de dirección, como son saber motivar, recompensar, asesorar, coordinar, delegar funciones y reconocer el trabajo de los miembros de su equipo. Además, debe informar frecuentemente del proyecto a sus superiores.

Tal vez, la función más difícil e importante del director sea controlar el proyecto debido a que pocos planes pueden llevarse a la práctica sin problemas y retrasos. La dirección del proyecto debe hacer un seguimiento de las tareas, los plazos, los costos y las expectativas, con el fin de controlar todos estos elementos. Si el ámbito del proyecto tiende a modificarse, debe tomar las decisiones correctas, por lo que debería ser capaz de presentar alternativas, y sus implicaciones a los plazos y presupuestos para saber responder a las expectativas.

Se coordina con la gestión del aprovisionamiento de materiales para que la instalación se realice optimizando los costos, logrando el cumplimiento de los plazos de entrega, asegurando y controlando la disponibilidad, cantidad y calidad de los suministros especificados en el plazo y en el lugar previsto.

Se debe realizar el seguimiento del programa de montaje y controlar los costos del montaje de las instalaciones, resolviendo las contingencias con la máxima eficiencia, cumpliendo con los objetivos programados.

La información sobre el estado de los trabajos se comprueba realizando las inspecciones requeridas a la obra, contrastando y valorando datos con los responsables de los mismos.

5.4.1. Imprevistos durante la Etapa de Montaje

A cada nivel o etapa de un planteamiento económico, corresponde un imprevisto. Entre los cuales tenemos los siguientes:

- Atraso en la entrega de equipos y materiales, lo cual retrasa el comienzo de toda obra o de algún sector en particular, en tal caso se tendrá que evaluar los contratiempos que originan estos retrasos y reprogramar los planes de construcción.
- Daño o pérdida de materiales, ocasionada por los trabajadores, lo cual llevará a un retraso hasta comprar nuevamente el material dañado o perdido.
- Incremento de costos indirectos, debido a que la planificación del proyecto se la realiza con mucha anticipación a la implementación del mismo. Estos costos indirectos deben ser continuamente actualizados.
- Retraso, ausencia o renuncia de trabajadores.
- Fuerza mayor no imputables al proyecto, se pueden mencionar accidentes, enfermedades, catástrofes naturales, huelgas, feriados bancarios, paros nacionales, etc.

5.4.2. Pruebas de Aceptación en Sitio SAT

La fiscalización de la obra debe ser estricta y constante, debe registrarse bajo las normas técnicas establecidas para este tipo de trabajo. Se precisa realizar una fiscalización de este tipo debido a que una vez terminada esta actividad difícilmente podrán registrarse cambios, sobretodo por la magnitud de la obra.

Antes de la puesta en servicio y entrega – recepción de las instalaciones del proyecto se debe realizar una serie de verificaciones del correcto funcionamiento de las mismas, denominadas pruebas de aceptación en sitio (SAT), con las cuales se pretende afinar el sistema de control y la instrumentación de campo para que la entrada en operación de las estaciones cumpla los requerimientos operacionales del proceso y las normas de seguridad.

Como resultado de estas verificaciones, se elabora un reporte de las desviaciones, modificaciones y/o adiciones que se implemente. Todas y cada una de esas posibles modificaciones a la configuración, aprobada durante el desarrollo de las pruebas de aceptación en fábrica (FAT), deberán llevar el visto bueno de PETROECUADOR y de FISHER ROSEMOUNT. En dichas pruebas se incluyen las siguientes verificaciones:

- Revisión de los Documentos para realización de las Pruebas.
- Revisión del Inventario de Hardware.
- Inspección Mecánica.
- Inspección del Cableado.
- Prueba de Inicialización de los Controladores.
- Pruebas de lazos de control.

- Pruebas de equipos
- Pruebas de secuencias
- Revisión de la Recolección Histórica de datos.

5.4.3. Procedimientos para las Pruebas SAT

Se deben definir los puntos que tienen que ser evaluados para elaborar el protocolo de pruebas en sitio, luego de lo cual se establecen los parámetros para aceptar o no la instalación realizada. Los puntos claves que deben ser tomados en cuenta para las pruebas son:

Instalaciones eléctricas de campo.- Verificar visualmente la correcta colocación de las borneras, canaletas y cualquier equipo asociado en las cajas de conexiones. La prueba pasará si las borneras están debidamente sujetadas al riel, existen las canaletas necesarias para albergar el cableado interno y los cables se hallan marquillados y conectados apropiadamente.

Instalaciones de Instrumentación.- Verificar visualmente la existencia de sellos en los instrumentos y salidas de las cajas y correspondencia entre los mismos. Debe comprobarse que exista una ruta de conduit asociada a cada instrumento.

Verificar visualmente la ruta de tubing y sus accesorios, así como el ajuste de las conexiones a los transmisores. Debe comprobarse que exista una ruta de asociada a cada instrumento. Debe considerarse que la ruta tubing y sus accesorios indicados en los planos pueden estar modificados para ajustarse a las condiciones en el campo.

Puesta a Tierra.- Verificar con un multímetro la continuidad entre un punto del cuerpo del gabinete y la tierra externa del sistema, medir la diferencia de voltaje entre Fase - tierra que debe estar entre 117 Vac +/- 5% y Neutro - tierra que debe estar entre 2 Vac +/- 5%.

Verificar los Segmentos Fieldbus.- Se energiza el Power Conditioner del segmento Foundation Fieldbus. Se medirá el valor del voltaje de salida en los bloques de terminales de FF y en bloques de terminales del Power Conditioner Fieldbus, dicho voltaje debe ser mayor o igual 18 Vdc. Se medirá el valor del voltaje en los puntos del elemento Terminador Fieldbus asociado al segmento, dicho voltaje debe ser mayor o igual 9,8 Vdc.

Verificar Operadores e Indicaciones externas en el Gabinete.- Verificar que el equipo LCD responda al tacto cambiando su despliegue. Para las luces pilotos de color rojo, verde y amarillo; se forzará la salida digital asociada a cada color, personal en campo verificará que se enciendan y apaguen en el mismo orden las luces color rojo, verde y amarillo. Para los pulsadores de arranque, parada, reset y ESD, se comprobará el módulo correspondiente asociado a cada uno. Personal en campo presionará cada botón y personal en sala de control comprobará la correspondencia.

Pruebas de Servicios Auxiliares.- Para hacer la prueba de control, se forzará el accionamiento de los motores asociados y se comprobará en el despliegue de pantalla el correcto encendido y apagado de los mismos. Personal en campo comprobará que los motores en prueba obedezcan la orden. Los servicios auxiliares son: La bomba Prelubricadora, el Marley, la bomba del extractor de gases y la bomba B&A, el mando de estos motores se realiza por medio del MCC ubicado en la sala de control. Los equipos tienen un selector HOA y

asegurarse de este en AUTO y verificar el encendido, apagado y parada de emergencia (ESD) el equipo.

Pruebas de continuidad en lazo Pick-Up.- Se debe medir el valor de resistencia presente en el lazo de los elementos pick-up, dicho valor debe estar entre los rangos normales de los Pick-Up. Para realizar dicha medición se debe ubicar la bornera con fusible asociada y abrirla para sacar del lazo al controlador sin desconectar los cables. Se debe comprobar que ambas borneras no marquen continuidad con la carcasa del gabinete. Dicho valor debe estar entre 250 Ohms +/- 50 Ohms.

Prueba del lazo de corriente del Governor.- Se debe medir el valor de resistencia presente en el lazo de corriente del governor, dicho valor debe estar entre los rangos normales de la bobina del governor. Para realizar dicha medición se debe ubicar la bornera con fusible asociada y abrirla para sacar del lazo al controlador sin desconectar los cables. Se debe comprobar que ambas borneras no marquen continuidad con la carcasa del gabinete. Dicho valor debe estar entre 30 Ohms +/- 5 Ohms.

Pruebas de instrumentos discretos.- Se prueban las señales discretas de entrada. Para hacer la prueba, se necesita una persona en campo y otra en la sala de control revisando el despliegue. Una persona en campo simula la acción que active la señal de entrada y la segunda persona en el cuarto de control verifica que la señal se reciba correctamente.

Entradas Discretas.- Entre las entradas discretas tenemos el nivel de fuga de crudo, el switch de sobrevelocidad, switch de proximidad y la fuente de poder.

Salidas Discretas.- Entre las salidas discretas tenemos los relés asociados a las luces indicadoras del gabinete de control y las válvulas solenoides.

Pruebas de lazo de instrumentos 4-20mA. Se verifican las indicaciones de transmisores 4-20mA de la unidad. Para realizar esta prueba una persona en el campo desconecta el transmisor y simula con el generador las señales el equivalente a 0 %, 50% y 100% de la señal. Personal en sala de control comprueba que en el módulo asociado se lean los valores simulados. Para pasar la prueba se aceptará una desviación del 0.25% del valor simulado. Esta prueba se la realiza en los siguientes equipos el Transmisor de Flujo y los sensores de Vibración de la bomba y del motor.

Pruebas de lazo de instrumentos FF

Transmisores de Temperatura y de Presión.- Se energiza el segmento fieldbus donde se encuentre la señal correspondiente al tag en prueba, la persona encargada en campo, toma lectura visual, a través del display del instrumento, Se desconecta el instrumento y se verifica que desaparece el valor en el Quick Panel y en DeltaV, se conecta de nuevo el instrumento y se verifica que aparece el valor y le informa a la persona de cuarto de control el valor leído. Este valor debe ser idéntico para pasar la prueba.

Transmisores de Temperatura 848T.- En esta se prueba se verifican las indicaciones de temperatura de la unidad que son medidos con termocuplas conectadas a través de multiplexores de señal de temperatura. Se energiza el segmento fieldbus donde se encuentre la señal correspondiente al Tag en prueba, la persona encargada en campo

desconecta de la bornera uno de los hilos del sensor, verifica que la lectura correspondiente al punto desconectado cambie en el despliegue principal de la unidad y al reconectar el cable, verifica que se lea la temperatura correspondiente.

Válvulas Motorizadas.- Se energiza el segmento fieldbus donde se encuentre la señal correspondiente al Tag en prueba, la persona encargada en campo, hace verificación visual de las posiciones de la válvula, en el cuarto de control se cambia la posición de la válvula abierto, cerrado, en cada cambio de posición de la válvula se pregunta en campo la posición física de la válvula y se chequea que la indicación de posición de la válvula en los despliegues de operación corresponda con la de campo.

Revisiones

- Protecciones para Motor y Bomba.- Simular fallas a equipos o simular valores de variables de proceso que activen las protecciones de la unidad.
- Revisión de Secuencia de Arranque y Parada.- Verificar que los equipos auxiliares arrancan en el orden especificado y todos las acciones en cada paso de la secuencia se hayan ejecutado.
- Revisión de Parada de Emergencia.- Simular desde campo una parada de emergencia para activar la secuencia de parada de emergencia y verificar que todas las acciones de los pasos de la secuencias sean ejecutados en el orden especificado.

Verificar Despliegues de alarmas, servicios auxiliares y temperatura de la unidad, diagnóstico del DeltaV, además del despliegue del Quick Panel.

Dependiendo de los resultados del protocolo de pruebas en sitio, se determina que la instalación y funcionamiento de los instrumentos y el sistema de control realizados en la unidad de bombeo es aceptada o no aceptada por el personal de Petroecuador, esta puede ser aceptada con observaciones o modificaciones que serán anotadas en una lista con la descripción de la prueba en que hubo el fallo, y estos se corregirán al terminar los trabajos en todas las unidades de bombeo.

5.5. ANÁLISIS DE LOS COSTOS DEL MONTAJE DEL PROYECTO

El costo que un proyecto involucra puede aumentar durante su desarrollo debido a que para comenzar generalmente no se incluyen datos completamente precisos de la cantidad de recursos que cada tarea consumirá, datos en base a los cuales se hacen estimaciones de los recursos totales que el proyecto va a necesitar. Además el costo puede aumentar por el uso de criterios de estimación poco eficientes por parte de los ingenieros.

Otro factor que puede aumentar el costo es el aumento en los tiempos de entrega que generalmente se debe a que los directores del proyecto no son buenos gestionando los tiempos de entrega de cada una de las diferentes tareas que el proyecto involucra, es así que cuando tienen un retraso no son capaces de alterar los plazos de entrega finales creyendo que podrán recuperar el tiempo perdido, en general esta es una muy mala política de trabajo porque no siempre es posible acelerar otras tareas para ahorrar tiempo en la entrega final.

Para evitar todas estas fallas, se debe tener al mando del proyecto un buen director que conozca profundamente las necesidades y requerimientos del mismo.

Dentro de la elaboración de presupuestos para la ejecución de obras, es muy frecuente por parte de las empresas constructoras hacer un examen exhaustivo de los costos directos. Generalmente para los costos indirectos ha sido costumbre colocar un porcentaje de los gastos directos para obtener aquellos, sin entrar a ningún análisis detallado de los mismos. Esto constituye un tremendo error y ha sido causa para que los contratistas tengan problemas económicos al ejecutar la obra y queden totalmente desfinanciadas antes de que se concluyan los trabajos.

Los costos indirectos, especialmente en obras de cierta complejidad y envergadura pueden llegar a variar entre el 40% y el 110% de los costos directos; razón por demás justificada para elaborar los mismos con tanto detalle como los costos directos.

5.5.1. Costos Directos

El costo directo de un rubro de construcción representa lo invertido y absorbido cien por ciento por el rubro respectivo, y es un gasto fácilmente identificable con respecto a dicho rubro, como por ejemplo el pago de jornales, el costo de materiales empleados, etc.

De esta manera el costo de un proyecto está constituido por el costo de la mano de obra empleada en la construcción de dicho proyecto, así como también el costo de las hora – máquina del equipo mecanizado utilizado y de los materiales de construcción.

El costo de mano de obra se relaciona con el pago de salarios que realiza el contratista al personal, individual o por cuadrilla que única y exclusivamente interviene en forma directa en la ejecución de la obra, no se considerarán dentro de este cargo las percepciones del personal técnico, administrativo, de control, supervisión y vigilancia, que corresponden a los cargos indirectos.

El costo de equipo, se deriva del uso correcto de las máquinas adecuadas y necesarias para la ejecución de la obra, conforme a lo estipulado en las especificaciones y en el contrato. El costo de equipo está formado por Cargos fijos y de Consumo calculados por hora efectiva de trabajo.

El costo de materiales, corresponde a las erogaciones que hace el contratista para adquirir todos los materiales necesarios para la correcta ejecución de la obra. Los materiales que se usan podrán ser permanentes y/o temporales. Los primeros son los que pasan a formar parte integrante de las obras; los segundos son los que no pasan a formar parte integrante de las obras y se consumen en uno o varios usos.

5.5.2. Costos Indirectos

Los costos indirectos se definen como todos los costos que no llegan a ser una parte final de la instalación, pero que son requeridos para ello y que pueden incluirse en forma no limitada a la administración de campo, supervisión directa, seguros, etc.

El costo indirecto se divide en dos grupos: el costo indirecto de operación y el costo indirecto de obra.

Los Costos indirectos de Operación son la suma de gastos que por su naturaleza, son aplicables a todas las obras efectuadas en un lapso determinado. Se divide en los siguientes rubros:

1. Gastos Técnicos Administrativos.- Son aquellos que representan la estructura ejecutiva, técnica, administrativa y de asesores de la empresa. Por ejemplo honorarios, sueldos, prestaciones, servicios, etc.
2. Alquileres y Depreciaciones.- Son aquellos gastos por concepto de bienes, muebles e inmuebles y de servicios, necesarios para el buen desempeño de las funciones ejecutivas, técnicas, administrativas y de asesoría de la empresa. Por ejemplo depreciación, mantenimiento y rentas.
3. Obligaciones y seguros.- Son aquellos gastos obligatorios para la operación de la empresa y convenientes para la dilución de riesgos. Por ejemplo seguros, fianzas y financiamiento.
4. Materiales de Consumo.- Son aquellos gastos necesarios para el buen desempeño de las funciones ejecutivas, técnicas, administrativas y de asesores de la empresa.

Los costos indirectos de obra son la suma de todos los gastos que por su naturaleza, son de aplicación a todos los conceptos de una obra en especial. Se divide en los siguientes rubros:

1. Gastos Técnicos y Administrativos.- Son aquellos que representan la estructura ejecutiva, técnica, administrativa y de asesores de la obra. Por ejemplo honorarios, sueldos, prestaciones y servicios.
2. Traslado de Personal de Obra.- Son aquellos gastos por concepto de traslado de personal técnico y administrativo.

3. Comunicaciones y Fletes.- Son aquellos gastos que tienen por objeto, establecer un vínculo constante entre la oficina central y la obra, así como el abasto de equipo idóneo para la misma, incluyendo mantenimiento y depreciaciones de otros que no se incluyan en los costos directos.
4. Construcciones Provisionales.- Son aquellos gastos necesarios para proteger los intereses del cliente, así como para mejorar la productividad de la obra.
5. Consumos y Varios.- Son aquellos gastos destinados al consumo de energéticos, gastos de oficina y auxiliares.

El establecimiento de la ruta crítica ha permitido localizar las actividades que gobiernan el desarrollo de un proyecto, y en particular, su fecha media de realización, asumiendo que cada actividad puede ser realizada solamente de una manera: es decir en el tiempo establecido. El cálculo de las holguras de las actividades pone en evidencia la elasticidad de las actividades o de los eventos no críticos y los retrasos que se podrán tolerar en su puesta en práctica.

En general, los tiempos de las actividades ya sean determinísticos o aleatorios, varían en función del costo, la importancia del costo, radica en determinar cuáles actividades deberán ser acortadas o comprimidas para decrecer la duración del proyecto a un costo mínimo.

El concepto que permite establecer un costo mínimo, está relacionado con la designación de los recursos generales a las diferentes actividades. La forma de la curva costo-tiempo forma la base para la redesignación.

El problema costo-tiempo tiene un número infinito de soluciones. Si el tiempo no tuviera consecuencias, cada operación podría ser ejecutada de

tal forma que resultará el mínimo costo directo. Si el costo no tuviera importancia, cada proceso podría ser acelerado hasta terminarlo en el menor tiempo. Entre estos dos límites se halla la mejor solución.

El acelerar un proceso aumentará su costo y disminuirá su tiempo, pero puede no disminuir el tiempo total del proyecto, a menos que la operación acelerada sea crítica, dentro de la larga cadena de actividades que constituye un trabajo. De esto resulta necesario encontrar una combinación apropiada de operaciones que deberán ser reducidas en tiempo a fin de que el proyecto sea económico, teniendo en cuenta el costo directo como el indirecto.

Los costos directos tienden a disminuir si hay más tiempo disponible para una operación, pero los costos indirectos y extras aumentarán con el tiempo. El equilibrio apropiado entre el tiempo y el costo total es el que nos da la solución óptima.

5.5.3. Relación Costo – Tiempo

Relación Costo Directo – Tiempo de una actividad

Para cada actividad existe un costo asociado que, generalmente depende de su tiempo específico de terminación.

La relación costo – tiempo para una actividad puede ser asumida como una línea recta, esta suposición produce un error igual a la diferencia en costo, entre la curva y la recta, sin embargo esta diferencia debido al alto grado de incertidumbre (costos de mano de obra especialmente, los cuales son difíciles de estimar en forma exacta) no es de significación para propósitos prácticos.

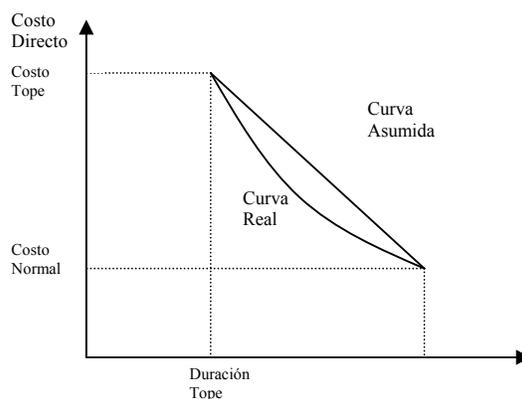


FIGURA. N° 5.5: Característica de Costo Directo de una actividad

El costo de una actividad puede variar entre dos límites; el de duración normal y el de duración tope.

Duración Normal.- es el tiempo necesario para terminar una actividad, con el menor costo posible, cualquier tiempo menor a éste costará más, a causa del tiempo, mano de obra y equipos extra.

Duración Tope.- es aquella bajo la cual es físicamente imposible completar la actividad sea cual fuere el nivel, calidad y/o costo de los recursos empleados.

Los puntos intermedios muestran los costos para diversos tiempos factibles a los que el trabajo puede ser acelerado con el empleo de procedimientos de construcción.

Los datos de costo-tiempo son una información detallada del costo y tiempo de las actividades obtenidas de los presupuestos para cada una de las actividades que intervienen en el proyecto.

En base a la información de cada actividad se puede hallar la característica de costo para cada proyecto.

Relación costo directo – tiempo de todo el proyecto

El gráfico costo-tiempo para todo el proyecto se construye a partir de la información generada por las características individuales de cada actividad. Esta relación la observamos en la siguiente figura:

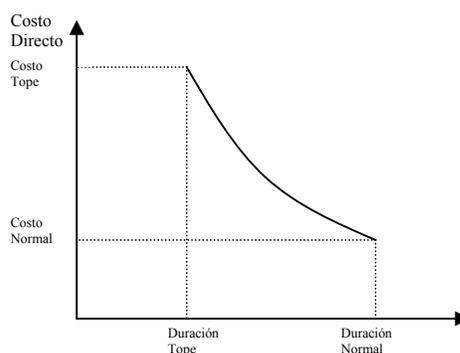


FIGURA. N° 5.6: Característica de Costo Directo para todo el proyecto

El primer programa se elabora con costos y tiempos normales, el costo total y el tiempo hallado en estas condiciones marcan un punto de la curva.

El siguiente paso es comenzar a comprimir las actividades individualmente. Si comprimimos una actividad no crítica no conseguiremos reducir el tiempo del proyecto, entonces procedemos a comprimir las actividades críticas una a una, escogiendo la actividad con pendiente de costo más barata.

La cantidad de tiempo que una actividad puede ser acortada, está dada por el menor de los límites siguientes:

1. **Límite Tope.-** Es la diferencia entre la duración que tengan las actividades seleccionada y su duración tope.
2. **Límite de holgura total.-** Es la cantidad de compresión de una actividad que produce una reducción a cero de la holgura total para alguna otra actividad.

Si hay varios caminos críticos en la red, varias actividades deben ser acortadas simultáneamente de otra manera, uno o más de estos caminos pueden llegar a ser no críticos, incrementando de esta manera el costo del proyecto, pero sin decrecer su duración.

La compresión realizada en cada paso crea diferentes programas, y cada punto terminal en un segmento de recta está asociado con un programa en particular. La curva así obtenida es la curva límite inferior para todos los puntos costo-duración que pueden ser generados comprimiendo las actividades de la red individualmente, y esta curva determina cual tiempo deberá ser usado por cada actividad en la red, para conseguir cada posible terminación del proyecto a un mínimo costo.

Como el proyecto es afectado también por los costos indirectos, es necesario incluir estos en una curva total que mostrará el desarrollo real del proyecto en diferentes tiempos.

Relación costo indirecto – tiempo

El costo indirecto de un proyecto es aquel que está formado por aquellos costos que no pueden ser imputados a actividades individualmente, sino a grupos de actividades o a todo el proyecto.

Se puede considerar como costos indirectos, los gastos de administración del proyecto, secretaría, contabilidad, alquiler de oficina, depreciaciones, obligaciones y seguros, pago de servicios, intereses, multas, etc., y los costos indirectos, de obra como traslado de personal, comunicaciones y fletes, construcciones provisionales, etc.

La característica del costo indirecto establece que cuando mayor es la duración de un proyecto, mayor es su costo indirecto.

El costo indirecto está representado por una curva, que en una primera aproximación podría asemejarse a una recta; sin embargo, la experiencia indica que conforme el tiempo es mayor, la pendiente crece. Esta relación la observamos en la siguiente figura:

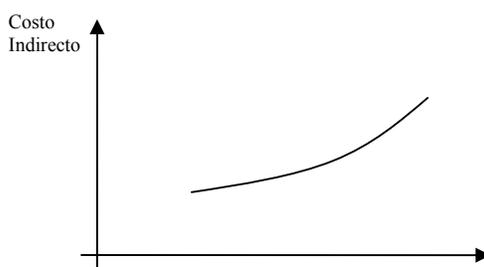


FIGURA. N° 5.7: Característica Costo Indirecto - Tiempo

Costo Total Estimado del Proyecto

El costo total de un proyecto es la suma del costo indirecto y el costo directo. Si se conocen los valores de estos dos costos, en función del tiempo, la característica del costo total se obtendrá sumando el costo indirecto más el costo directo para cada instante del tiempo. Esta representación se muestra en la siguiente figura:

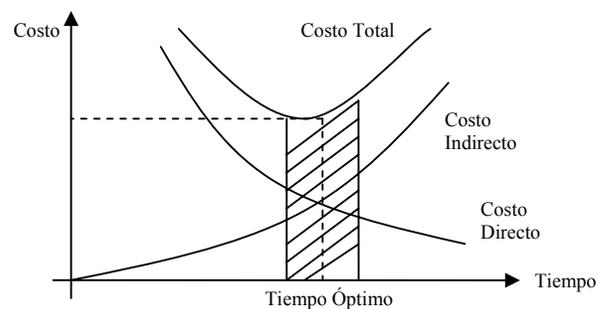


FIGURA. N° 5.8: Costo Total de un Proyecto

Se puede determinar así el tiempo óptimo en el cual debe ser construido el proyecto y a un mínimo costo. Alrededor de este punto es posible establecer una zona de tiempo dentro de la cual el proyecto puede ser ejecutado en las condiciones más óptimas de costo.

5.5.4. Estimación de los Costos del Montaje

Una vez de haber calculado la duración total del montaje que en este caso es 4.8 meses procedemos a obtener los costos directos e indirectos totales.

Tabla de Costos Directos

A. Gastos de Mano de Obra

	Mensual	Meses	Total
5 Maestro Electricista	1000	3	15000
20 Oficiales	500	3	30000
25 Ayudantes	300	3	22500
5 Soldador	400	3	6000
5 Tubero	400	3	6000
5 Ayudante de tubero	300	3	4500
5 Instrumentista	600	3	9000
10 Mecánicos	400	3	12000
5 Ayudante de mecánicos	300	3	4500
5 Montador de Actuadores	400	3	6000
5 Ayudante de Montador de Actuadores	300	3	4500

Total Gastos Mano de Obra **120000**

B. Gastos de Herramientas y Materiales

	Mensual	Meses	Total
5 Alquiler Herramientas	5000	3	75000
5 Materiales Consumibles	1500		7500

Total Gastos de Herramientas y Materiales **82500**

Total Costos Directos **202500**

Tabla de Costos Indirectos

A. Administración Central (Proporcional 30%)

	Mensual	Proporcional	Meses	Total
1 Gerente	4000	1200	4.8	5760
1 Asistente Administrativa	300	90	4.8	432
1 Contador	400	120	4.8	576
1 Mensajero	200	60	4.8	288
1 Bodeguero	300	90	4.8	432
20 Pasajes Aereos	120	-	-	2400
Gastos de Oficina	2000	-	-	2000

Total Administración Central 11888

B. Administración y Gastos de Obra

	Mensual	Meses	Total
1 Gerente de Proyecto	2500	4.8	12000
4 Supervisores Generales	1200	4.8	23040
5 Bodeguero de Obra	400	3	6000
7 Camionetas	400	3	8400
6 Casas para vivienda	300	3	5400
5 Ingeniero de Campo	800	4.8	19200
1 Ingeniero de Soporte de Comunicaciones	800	4.8	3840
5 Chofer	400	3	6000
5 Ingeniero Mecánico	1000	3	15000
5 Ingeniero Electrónico	700	3	10500
118 Alimentación	150	3	53100
20 Pasajes Aereos	120		2400
200 Pasajes Terrestres	36		7200
Servicios	2000		2000
10 Contenedores para campamento	2000		20000

Total Administración y Gastos de Obra 194080

C. Gastos Generales

	Mensual	Total
Elaboración de propuesta	3000	3000
Garantías	5000	5000
Seguros	5000	5000
118 Ropa de Trabajo	70	8260

Total Gastos Generales 21260

Total Costos Indirectos 227228

Tabla de 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 Y RECOMENDACIONES

En vista de los beneficios obtenidos con el Proyecto Sote Fase I, se decidió la automatización de todas las unidades de bombeo, utilizando tecnología de bus de campo o fieldbus.

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. En la actualidad se está desarrollando una red Ethernet Industrial para proporcionar seguridad en ambientes extremos, con mayores requisitos de memoria, mayor robustez, y que soporte fuerza y comunicación en un mismo cable.

La mejor alternativa para la automatización del oleoducto transecuatoriano, es usar fieldbus para la automatización del proceso, y ethernet como soporte principal para las comunicaciones hasta el cuarto de control.

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. La selección de equipos involucró varios aspectos importantes como: tecnología a utilizarse, nivel de redundancia, localización de los equipos, tipo de alojamiento, alimentación de energía, asignación de entradas y salidas para la funcionalidad del sistema, tipo de cables y ruta del cableado que minimicen el ruido.

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.

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.

Los trabajos de montaje se realizaron en cinco frentes de trabajo debido a que en cada una de las estaciones cuenta con siete unidades, seis en operación y una en stand-by y es en esa máquina donde se realizarán los trabajos con el propósito de evitar las paradas prolongadas e innecesarias del oleoducto con lo que llevaría un mayor tiempo del proyecto. Si los trabajos se los hubiera realizado de estación en estación, lo que tomaría menos tiempo, pero la desventaja es que el oleoducto dejaría de bombear crudo totalmente.

Por ello, la mejor opción fue realizar la instalación simultáneamente en las cinco estaciones, 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.

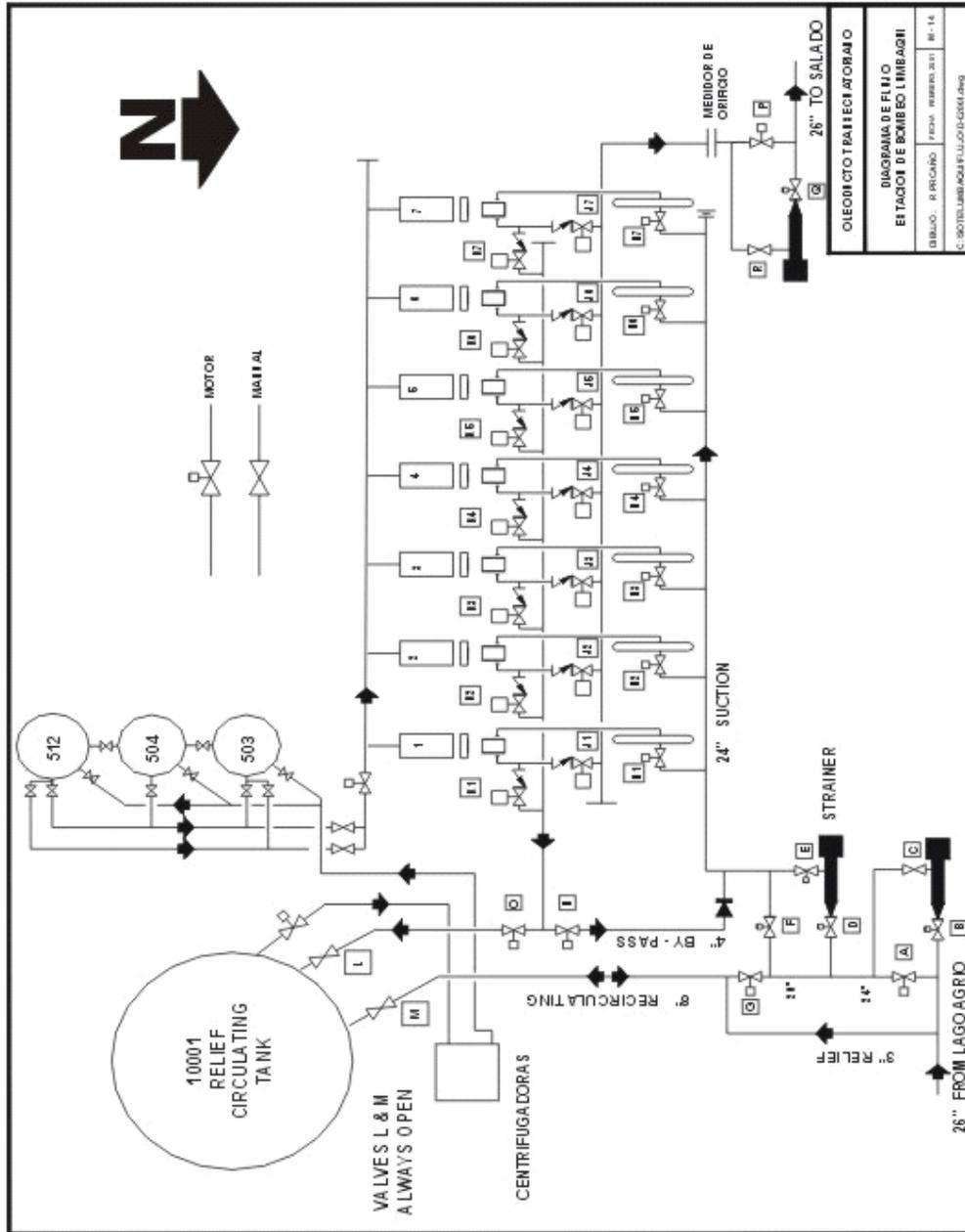
El montaje del proyecto tuvo una duración de 4.8 meses, empleando más de 100 personas entre profesionales y técnicos para el montaje industrial. El ingeniero de campo era el responsable de la supervisión de los trabajos tanto mecánicos, eléctricos y de instrumentación para que estos se ejecuten dentro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

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.

La fiscalización de la obra fue estricta y constante, rigiéndose bajo las normas técnicas establecidas para este tipo de trabajos. Se precisa realizar una fiscalización exhaustiva debido a que una vez terminada esta actividad difícilmente podrán registrarse cambios, sobretodo por la magnitud de la obra.

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.

ANEXO 1.- DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO LUMBAQUI

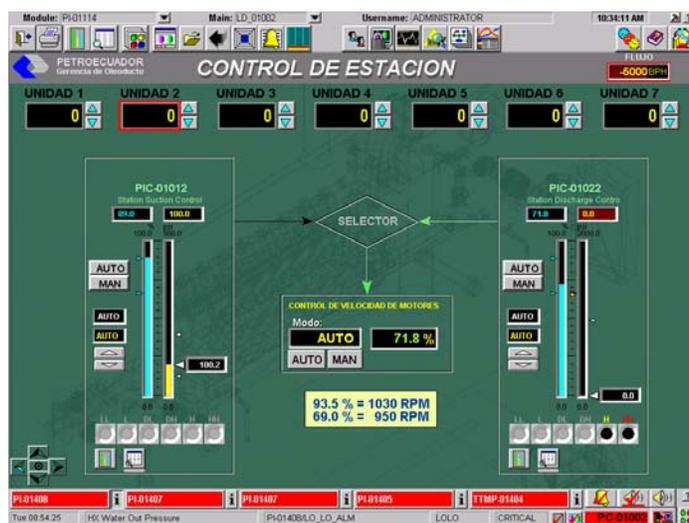


ANEXO 2.- DESPLIEGUES DEL SISTEMA DE CONTROL

Se describirán los despliegues que se configuraron en el Sistema de Control para la operación del proceso del oleoducto. Explicando las opciones que se presentan en ellos y los datos que proporcionan al operador.

DESPLIEGUE CONTROL DE ESTACIÓN

En el siguiente despliegue se muestran los valores de presiones de succión y descarga de toda la estación; las alarmas de baja o alta presión, las velocidades de cada una de las estaciones; la selección de la salida de los controladores de presión, de succión y descarga para poner el valor de la velocidad; y el modo de operación de la estación.



DESPLIEGUE DE SERVICIOS AUXILIARES

En este despliegue se muestran las bombas y motores encargados de mantener en condiciones óptimas a las unidades de bombeo. Los equipos llamados de

servicios auxiliares de las unidades, los cuales permiten la lubricación de las partes móviles de toda la unidad y mantienen las temperaturas de la misma a un nivel adecuado.



Como se muestra en la pantalla aparecen los valores de presión de succión y descarga de la estación, así como también el caudal manejado por la misma. En la representación gráfica de ellos aparecen dos rectángulos ubicados en el centro de la figura que se tornan de color rojo, arrancar/arrancado, ó verde, parar/parado. El recuadro superior corresponde a la orden que quiere ejecutar el operador, bien sea arrancar (rojo) o parar (verde), y el recuadro inferior corresponde a la confirmación que emite el controlador de la acción que se desea realice el equipo.

La señal *hourmeter* corresponde al tiempo que ha permanecido la unidad de bombeo encendida. Este parámetro comienza a contar desde que la presión de la chaqueta de motor exceda los 14,0 Psig. Los valores de presión en la succión, velocidad y presión en la descarga que se muestran corresponden a la unidad de bombeo. Debajo del valor de velocidad se encuentra el botón de selección del modo de ajuste de la velocidad de la unidad: AUTO, las

revoluciones del motor de la unidad son controladas por el control de presiones de la succión y la descarga. Al hacer clic, una sola vez, sobre el botón, el modo se cambia a manual, es decir el operador coloca las revoluciones a su conveniencia.

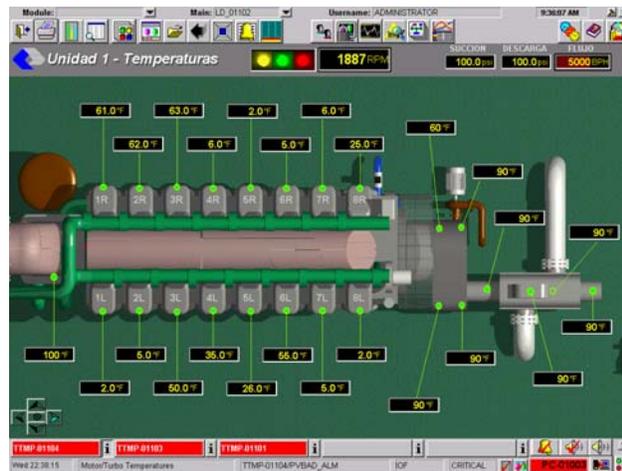
DESPLIEGUE DE LAS UNIDADES DE BOMBEO

Cada unidad de bombeo cuenta con 4 despliegues. En el primero se tienen las variables, el control de los equipos auxiliares y los comandos que inician las secuencias de arranque y parada; en el segundo se tienen las temperaturas del motor de la bomba; en el tercero se presenta un arreglo ordenado de las alarmas que puede tener una unidad; finalmente en el cuarto se presenta un diagnostico en línea del controlador DeltaV asignado a la unidad. En la figura siguiente se muestra la apariencia de grafico principal de una unidad. En el que se muestran los valores de operación de las tomas de proceso.



DESPLIEGUE DE TEMPERATURA DE LAS UNIDADES

En este despliegue se presentan las temperaturas de cada cilindro de los motores de las unidades, la temperatura del turbo, y las temperaturas de la bomba y del incrementador.



En esta pantalla también se muestra en la parte superior derecha los valores de presión de succión y descarga de la estación, así como el caudal manejado por la misma, como también las revoluciones (RPM) del motor de la unidad correspondiente al despliegue.

DESPLIEGUE DE ALARMAS

En este despliegue se presentan todas las alarmas que se monitorean en cada unidad del proceso de bombeo de crudo. El despliegue está dividido en varias ventanas que obedecen a los diferentes dispositivos de control que posee una unidad. En cada una de ellas se encuentra descrito el servicio, el tipo de alarma, el valor de la alarma y una caja de chequeo, que habilita la activación de la alarma.



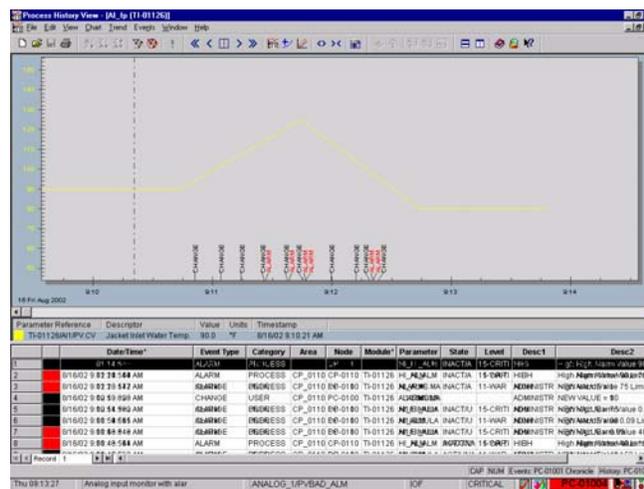
DESPLIEGUE DE DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA

Un despliegue de gran utilidad para el operador, ya se puede detectar cualquier falla en los componentes del sistema e identificarla fácilmente. Se puede apreciar lo que corresponde al funcionamiento integral del Hardware del sistema DeltaV. En la siguiente figura esta representado el despliegue, tal y cual como aparece en los computadores de operación.



HISTÓRICOS

Se cuenta con un subsistema de recolección histórica de datos. El subsistema monitorea los módulos de un área de proceso para almacenar datos en disco duro. Los datos quedan disponibles para ser revisados por operadores o ingenieros de proceso por un tiempo definido en la configuración. Utilizando la herramienta de software que viene con el sistema de control DeltaV, “Process History View” se pueden desplegar tanto datos en tiempo real y/o históricos, como también eventos cronológicos (eventos del sistema y alarmas)



En la ventana se muestran los valores en forma continua de las variables, a través de una gráfica. El eje de las “X” representa el tiempo, y el eje de las “Y” está representado el valor en unidad de ingeniería de la variable. En la parte inferior de la gráfica se resaltan los eventos en la hora en que ocurrieron.

3	<p>Instalaciones de Instrumentación Procedimiento: verificar visualmente la existencia de sellos en los instrumentos y salidas de las cajas y correspondencia entre los mismos.</p> <p>Se usará como referencia los planos PET01001-I02-102, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117. Debe comprobarse que exista una ruta de conduit asociada a cada instrumento. Debe considerarse que la ruta conduit y sus accesorios indicados en los planos pueden estar modificados para ajustarse a las condiciones en el campo.</p> <p>Planos</p> <p>PET01001-I02-102</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellos <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Ruta Conduit <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Cableado <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-109</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellos <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Ruta Conduit <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Cableado <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-110</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellos <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Ruta Conduit <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Cableado <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-111</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellos <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Ruta Conduit <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Cableado <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-112</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellos <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Ruta Conduit <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Cableado <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-113</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellos <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Ruta Conduit <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Cableado <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-114</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellos <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Ruta Conduit <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Cableado <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-115</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellos <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Ruta Conduit <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Cableado <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-116</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellos <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Ruta Conduit <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Cableado <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-117</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sellos <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Ruta Conduit <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Cableado <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló 	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló
4	<p>Puesta a Tierra Equipos y elementos a utilizarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multímetro digital marca FLUKE mod. 787. <p>Procedimiento:</p>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló

	<p>1. Desenergizar el gabinete.</p> <p>2. Medir con un multímetro la continuidad entre un punto del cuerpo del gabinete y la tierra externa del sistema _____ <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló</p> <p>3. Reestablecer el voltaje al gabinete.</p> <p>4. Con un Voltímetro, medir la diferencia de voltaje entre</p> <ul style="list-style-type: none"> • La fase y tierra__117VAC_+/- 5% <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Neutro y Tierra __2 VAC +/- 5% <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló 	
5	<p>Inicialización del Sistema</p> <p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que al energizar el tablero los controladores, fuentes y tarjetas no den indicación de falla.La verificación se realizará observando los led's de status (error) de las tarjetas. <p style="text-align: right;"><input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que una vez energizado el tablero, el despliegue asociado no indique la ausencia de ninguna tarjeta. <p style="text-align: right;"><input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló</p>	<p style="text-align: right;"><input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló</p>

6	<p>Verificar los Segmentos Fieldbus Equipos y elementos a utilizarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Multimetro digital marca FLUKE mod. 787. <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se energiza el Power Conditioner del segmento Foundation FieldBus a probarse. - Se medirá el valor del voltaje de salida en el elemento MTL 5395 en las borneras TS-06 y TS-07, dicho voltaje debe ser mayor o igual 18 VDC. - Se medirá el valor del voltaje en los puntos marcados como “L+” y “L-“ del elemento Terminador FieldBus asociado al segmento, dicho voltaje debe ser mayor o igual 9,8 VDC. <p>Segmento FieldBus N°1</p> <ul style="list-style-type: none"> - MTL-02101 (TS-06: 1-2) voltaje medido ____ VDC. <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló - Terminador Fieldbus asociado (JB-02101) voltaje medido ____ VDC <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>Segmento FieldBus N°2</p> <ul style="list-style-type: none"> - MTL-02102 (TS-06: 4-5) voltaje medido ____ VDC. <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló - Terminador Fieldbus asociado (JB-02102) voltaje medido ____ VDC <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>Segmento FieldBus N°3</p> <ul style="list-style-type: none"> - MTL-02103 (TS-07: 1-2) voltaje medido ____ VDC. <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló - Terminador Fieldbus asociado (JB-02104) voltaje medido ____ VDC <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>Segmento FieldBus N°4</p> <ul style="list-style-type: none"> - MTL-02104 (TS-07: 4-5) voltaje medido ____ VDC. <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló - Terminador Fieldbus asociado (JB-02104) voltaje medido ____ VDC <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló 	<p><input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló</p>
7	<p>Verificar el equipo Quick Panel Equipos y elementos a utilizarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Panel de operación local “Quick Panel”. <p>Procedimiento:</p> <p>Verificar que el equipo este encendido, que responda al tacto cambiando su despliegue, y que no indique el siguiente mensaje: “PLC NOT RESPONDING”</p> <ul style="list-style-type: none"> Estado de la pantalla (display) <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló Estado de la señal audible. <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló Estado de la pantalla (sensibilidad) <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló 	<p><input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló</p>

8	<p>Verificar Operadores e Indicaciones externas en el Gabinete</p> <p>Procedimiento: Para las luces pilotos personal de Emerson forzará la salida digital asociada a cada color, personal en campo verificará que se enciendan y apaguen en el mismo orden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luz piloto color rojo <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Luz piloto color verde <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Luz piloto color amarillo <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>Para los pulsadores se comprobará el módulo correspondiente asociado a cada uno. Personal en campo presionará cada botón y personal en sala de control comprobará la correspondencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pulsador Start (N.O.) <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Pulsador Stop (N.C.) <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Pulsador Reset (N.C.) <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Pulsador ESD (N.C.) <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló 	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló
9	<p>Pruebas de Servicios Auxiliares:</p> <p>Procedimientos: Para hacer la prueba de control, personal de Emerson forzará el accionamiento de los motores asociados y se comprobará en el despliegue de pantalla el correcto encendido y apagado de los mismos. Personal en campo comprobará que los motores en prueba obedezcan la orden. Personal de Petroecuador debe tomar las medidas preventivas para la realización de esta prueba.</p> <p>Deben comprobarse los siguientes puntos:</p> <p>EQUIPO: <u>MP-02101 Lube Oil Pump</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Si el equipo tiene selector HOA asegúrese de estar en AUTO - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo (inicialmente debe estar apagado). Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para encender el equipo. - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para apagar el equipo. - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para probar el ESD. - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló
9	<p>EQUIPO: <u>MP-02102 Exhaust Gas Blower</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Si el equipo tiene selector HOA asegúrese de estar en AUTO - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo (inicialmente debe estar apagado). Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para encender el equipo. - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para apagar el equipo. 	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló

	<ul style="list-style-type: none"> - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para probar el ESD. - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> EQUIPO: <u>MP-02103 B&A Pump</u> - Si el equipo tiene selector HOA asegúrese de estar en AUTO - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo (inicialmente debe estar apagado). Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para encender el equipo. - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para apagar el equipo. - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para probar el ESD. - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> 	
9	<p>EQUIPO: <u>MP-02104 Marley Pump</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Si el equipo tiene selector HOA asegúrese de estar en AUTO - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo (inicialmente debe estar apagado). Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para encender el equipo. - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para apagar el equipo. - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> - Personal de Emerson operará el sistema para probar el ESD. - Esperar por el estatus del equipo y comprobarlo Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> <p>El control del equipo Marley Fan fue suspendido por cuanto es local. En las estaciones donde exista el equipo Air Cooler Fan A y Fan B se seguirá el procedimiento aquí detallado para el Marley Pump.</p>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló
10	<p>Pruebas de continuidad en lazo Pick-Up:</p> <p>Herramientas y recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un Multímetro digital configurado en ohmetro marca FLUKE mod. 787. <p>Procedimientos: usando como referencia el plano PET01001-I02-107 hoja 28 de 47 se debe medir el valor de resistencia presente en el lazo de los elementos pick-up, dicho valor debe estar entre los rangos normales de los Pick-Up. Para realizar dicha medición se debe ubicar la bornera con fusible asociada y abrirla para sacar del</p>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló

	<p>lazo al controlador sin desconectar los cables. Se debe comprobar que ambas borneras no marquen continuidad con la carcasa del gabinete.</p> <p>TAG: <u>ST-02138B</u> Ubicar las borneras marcadas 4 y 5 del grupo TS-03, desacoplar el fusible y medir el valor de resistencia hacia campo de las mismas.</p> <p>Valor medido _____ Ohms Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> Valor Nominal <u>250</u> Ohms +/- 50 Ohms</p> <p>TAG: <u>ST-02138A</u> Ubicar las borneras marcadas 1 y 2 del grupo SC-01, desacoplar el fusible y medir el valor de resistencia hacia campo de las mismas.</p> <p>Valor medido _____ Ohms Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> Valor Nominal <u>250</u> Ohms +/- 50 Ohms</p> <p>El Pick-Up del turbo no se prueba porque el equipo no se va a instalar.</p>	
11	<p>Prueba del lazo de corriente del Gobernador</p> <p>Herramientas y recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un Multímetro digital configurado en ohmetro marca FLUKE mod. 787. <p>Procedimientos: usando como referencia el plano PET01001-I02-107 hoja 28 de 47 se debe medir el valor de resistencia presente en el lazo de corriente del gobernador, dicho valor debe estar entre los rangos normales de la bobina del gobernador. Para realizar dicha medición se debe ubicar la bornera con fusible asociada y abrirla para sacar el lazo al controlador sin desconectar los cables. Se debe comprobar que ambas borneras no marquen continuidad con la carcasa del gabinete.</p> <p>TAG: <u>SY-02140</u> Ubicar las borneras marcadas 4 y 5 del grupo SC-01, desacoplar el fusible y medir el valor de resistencia hacia campo de las mismas.</p> <p>Valor medido _____ Ohms Pasó <input type="checkbox"/> Falló <input type="checkbox"/> Valor Nominal <u>30</u> Ohms +/- 5 Ohms</p>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló
12	<p>Pruebas de instrumentos discretos DI:</p> <p>Procedimientos: En este ítem se prueban las señales discretas de entrada Para hacer la prueba, se necesita una persona en campo y otra en la sala de control revisando el despliegue.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Una persona en campo simula la acción que active la señal de entrada - La segunda persona en el cuarto de control verifica que la señal se reciba correctamente <p style="text-align: center;">Pasó Falló</p> <p>TAG: <u>LS-02170 Pump Fail Seal</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>TAG: <u>SS-02145 Over Speed Switch</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>TAG: <u>ZS-02146 Barring Device</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>TAG: <u>SDN-02101 Power Supply Fail</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Para probar la señal del equipo SDN-02101 se debe desacoplar uno de los dos fusibles de las fuentes de alimentación.</p>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló

13	<p>Pruebas de instrumentos discretos DO:</p> <ul style="list-style-type: none"> Procedimientos: la comprobación del accionamiento de los relés asociados a las luces indicadoras del Gabinete de Control (RL-02101, GL-02101 y YL-02101) se realizó en una prueba anterior, por lo tanto se replican los resultados de la anterior. <table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Pasó</th> <th style="text-align: center;">Falló</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TAG: <u>GOV-02101</u></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>TAG: <u>RL-02101</u></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>TAG: <u>GL-02101</u></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>TAG: <u>YL-02101</u></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>TAG: <u>ASV-02101</u></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>TAG: <u>ASV-02102</u></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		Pasó	Falló	TAG: <u>GOV-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>RL-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>GL-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>YL-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>ASV-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>ASV-02102</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló																		
	Pasó	Falló																																							
TAG: <u>GOV-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
TAG: <u>RL-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
TAG: <u>GL-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
TAG: <u>YL-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
TAG: <u>ASV-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
TAG: <u>ASV-02102</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
14	<p>Pruebas de lazo de instrumentos 4-20mA:</p> <p>Herramientas y recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Un Generador de señales de 4-20 mA. <p>Procedimientos: En este ítem se prueban las indicaciones de transmisores 4-20mA de la unidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> Para realizar esta prueba una persona en el campo desconecta el transmisor y simula con el generador las señales el equivalente a 0 %, 50% y 100% de la señal. Personal en sala de control comprueba que el módulo asociado se lean los valores simulados. Para pasar la prueba se aceptará una desviación del 0.25% del valor simulado. <table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Pasó</th> <th style="text-align: center;">Falló</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">TAG: <u>FIT-02143 Crude Flow</u></td> </tr> <tr> <td>0% Valor Leído _____ BPH Valor Nominal __0.00__ BPH</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>50% Valor Leído _____ BPH Valor Nominal __1571.5__ BPH</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>100% Valor Leído _____ BPH Valor Nominal __3143.0__ BPH</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="3">TAG: <u>VT-02112A Pump Vibration</u></td> </tr> <tr> <td>0% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0.00__ IPS</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>50% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0.80__ IPS</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>100% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __1.60__ IPS</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="3">TAG: <u>VT-02112B Engine Vibration</u></td> </tr> <tr> <td>0% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0.00__ IPS</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>50% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0,80__ IPS</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>100% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __1,60__ IPS</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		Pasó	Falló	TAG: <u>FIT-02143 Crude Flow</u>			0% Valor Leído _____ BPH Valor Nominal __0.00__ BPH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50% Valor Leído _____ BPH Valor Nominal __1571.5__ BPH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100% Valor Leído _____ BPH Valor Nominal __3143.0__ BPH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>VT-02112A Pump Vibration</u>			0% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0.00__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0.80__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __1.60__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>VT-02112B Engine Vibration</u>			0% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0.00__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0,80__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __1,60__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló
	Pasó	Falló																																							
TAG: <u>FIT-02143 Crude Flow</u>																																									
0% Valor Leído _____ BPH Valor Nominal __0.00__ BPH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
50% Valor Leído _____ BPH Valor Nominal __1571.5__ BPH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
100% Valor Leído _____ BPH Valor Nominal __3143.0__ BPH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
TAG: <u>VT-02112A Pump Vibration</u>																																									
0% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0.00__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
50% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0.80__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
100% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __1.60__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
TAG: <u>VT-02112B Engine Vibration</u>																																									
0% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0.00__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
50% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __0,80__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
100% Valor Leído _____ IPS Valor Nominal __1,60__ IPS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							
15	<p>Pruebas de lazo de instrumentos FF-TEMPERATURA:</p> <p>Herramientas y recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Una persona de campo <p>Procedimientos: en la medida en que se pongan en servicio las unidades de bombeo con el nuevo sistema de control DeltaV se probarán los instrumentos de medición asociados. En este ítem se prueban las indicaciones de temperatura de la unidad</p> <ul style="list-style-type: none"> Para hacer la prueba, Una vez la persona de campo identifique la ubicación del tag en prueba. <ul style="list-style-type: none"> Se energiza el segmento FIELDBUS donde se encuentre la señal correspondiente al tag en prueba La persona encargada en campo, toma lectura visual, a través del display del instrumento La persona de campo informa a la persona de cuarto de control el valor leído. Este valor debe ser idéntico para pasar la prueba. <table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Pasó</th> <th style="text-align: center;">Falló</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TAG: <u>TIT-02110</u></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		Pasó	Falló	TAG: <u>TIT-02110</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló																																	
	Pasó	Falló																																							
TAG: <u>TIT-02110</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																							

	TAG: <u>TIT-02124</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TIT-02109</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TIT-02125</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TIT-02126</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TIT-02128</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TIT-02130</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TIT-02132</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TIT-02133</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
16	<p>Pruebas de lazo de instrumentos FF-TEMPERATURA mod. 848 T</p> <p>Herramientas y recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una persona de campo • Destornillador plano de bornera. <p>Procedimientos: en la medida en que se pongan en servicio las unidades de bombeo con el nuevo sistema de control DeltaV se probarán los instrumentos de medición asociados. En este ítem se prueban las indicaciones de temperatura de la unidad que son medidos con termocuplas conectadas a través de multiplexores de señal de temperatura.</p> <p>Para hacer la prueba, Una vez la persona de campo identifique la ubicación del tag en prueba.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se energiza el segmento FIELDBUS donde se encuentre la señal correspondiente al tag en prueba - La persona encargada en campo desconecta uno de los hilos del sensor a probar de la bornera. - Verificar que la lectura correspondiente al punto desconectado cambie en el despliegue principal de la unidad. - Reconectar el cable y verificar que se lea la temperatura correspondiente. <p style="text-align: center;">Pasó Falló</p> TAG: <u>TI-02111 T1</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02111 T2</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02111 T3</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02111 T4</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02123 G1</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02123 G2</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02123 G3</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02123 G4</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 1L</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 2L</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 3L</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 4L</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 5L</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 6L</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 7L</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 8L</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 1R</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 2R</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 3R</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 4R</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 5R</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 6R</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 7R</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 8R</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> TAG: <u>TI-02129 S</u> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló

17	<p>Pruebas de lazo de instrumentos FF-PRESION: Herramientas y recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una persona de campo <p>Procedimientos: en la medida en que se pongan en servicio las unidades de bombeo con el nuevo sistema de control DeltaV se probaran los instrumentos de medición asociados. En este ítem se prueban las indicaciones de presión y flujo de la unidad Para hacer la prueba, Una vez la persona de campo identifique la ubicación del tag en prueba</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se energiza el segmento FIELDBUS donde se encuentre la señal correspondiente al tag en prueba - La persona encargada en campo, toma lectura visual, a través del display del instrumento. - Se desconecta el instrumento y se verifica que desaparece el valor en el Quick Panel y en DeltaV. - Se conecta de nuevo el instrumento y se verifica que aparece el valor en el Quick Panel y en el DeltaV. - La persona de campo informa a la persona de cuarto de control el valor leído, quien la confronta con el valor leído en DeltaV. <table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th>Pasó</th> <th>Falló</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>TAG: <u>PDIT-02116</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02107</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02108</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02105</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02106</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02113</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02114</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02115</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02120</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02121</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02123</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02124</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02141</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>PIT-02142</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table>		Pasó	Falló	TAG: <u>PDIT-02116</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02107</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02108</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02105</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02106</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02113</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02114</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02115</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02120</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02121</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02123</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02124</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02141</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>PIT-02142</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<p><input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló</p>
	Pasó	Falló																																													
TAG: <u>PDIT-02116</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02107</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02108</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02105</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02106</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02113</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02114</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02115</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02120</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02121</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02123</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02124</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02141</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>PIT-02142</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
18	<p>Pruebas de lazo de instrumentos FF-VALVULAS MOTORIZADAS: Herramientas y recursos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una persona de campo <p>Procedimientos: en la medida en que se pongan en servicio las unidades de bombeo con el nuevo sistema de control DeltaV se probaran los instrumentos de medición asociados. En este ítem se prueban las válvulas motorizadas Para hacer la prueba, Una vez la persona de campo identifique la ubicación del tag en prueba</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se energiza el segmento FIELDBUS donde se encuentre la señal correspondiente al tag en prueba - La persona encargada en campo, hace verificación visual de las posiciones de la válvula. - En el cuarto de control se cambia la posición de la válvula 1. abierto 2. cerrado 3. abierto 4. cerrado - En cada cambio de posición de la válvula se pregunta en campo la posición física de la válvula - Se chequea que la indicación de posición de la válvula en los gráficos de operación corresponda con la de campo. <table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th>Pasó</th> <th>Falló</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>TAG: <u>MOV-02101</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>MOV-02102</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>TAG: <u>MOV-02103</u></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table>		Pasó	Falló	TAG: <u>MOV-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>MOV-02102</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAG: <u>MOV-02103</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<p><input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló</p>																																	
	Pasó	Falló																																													
TAG: <u>MOV-02101</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>MOV-02102</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													
TAG: <u>MOV-02103</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																													

19	<p>Revisión de Protecciones para Motor y Bomba</p> <p>Procedimiento: Simular fallas a equipos o simular valores de variables de proceso que activen las protecciones de la unidad.</p>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló
20	<p>Revisión de Secuencia de Parada</p> <p>Procedimiento: Verificar que los equipos en el campo respondan en el orden especificado a las acciones de los pasos de la secuencia.</p>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló
21	<p>Revisión de Secuencia de Arranque</p> <p>Procedimiento: Verificar que la que los equipos auxiliares arrancan en el orden especificado y todos las acciones en cada paso de la secuencia se hayan ejecutado</p>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló
22	<p>Revisión de Parada de Emergencia</p> <p>Procedimiento: Simular desde campo una parada de emergencia para activar la secuencia de parada de emergencia y verificar que todas las acciones de los pasos de la secuencias sean ejecutados en el orden especificado.</p>	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló
23	<p>Verificar Despliegues y Valores en Interfaz Local de Operación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Despliegue Alarmas Unidad de Bombeo 4 <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Despliegue Detalle Unidad de Bombeo 4 <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Diagnóstico DeltaV 4 <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Despliegue Servicios Auxiliares Unidad 4 <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Despliegue Temperaturas Unidad de Bombeo 4 <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Despliegues Interfaz Quick Panel <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló 	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló

24	<p>Instalaciones de Instrumentación Procedimiento: verificar visualmente la ruta de tubing y sus accesorios, así como el ajuste de las conexiones a los transmisores.</p> <p>Se usará como referencia los planos PET01001-I02-106, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130. Debe comprobarse que exista una ruta de asociada a cada instrumento. Debe considerarse que la ruta tubing y sus accesorios indicados en los planos pueden estar modificados para ajustarse a las condiciones en el campo.</p> <p>Planos</p> <p>PET01001-I02-106</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubbing <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Accesorios <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Conexión al Transmisor <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-121</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubbing <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Accesorios <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Conexión al Transmisor <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-122</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubbing <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Accesorios <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Conexión al Transmisor <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-123</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubbing <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Accesorios <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Conexión al Transmisor <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-124</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubbing <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Accesorios <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Conexión al Transmisor <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-125</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubbing <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Accesorios <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Conexión al Transmisor <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-126</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubbing <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Accesorios <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Conexión al Transmisor <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-127</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubbing <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Accesorios <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Conexión al Transmisor <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-128</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubbing <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Accesorios <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Conexión al Transmisor <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-129</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubbing <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Accesorios <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Conexión al Transmisor <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló <p>PET01001-I02-130</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubbing <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Accesorios <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló • Conexión al Transmisor <input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló 	<input type="checkbox"/> Pasó <input type="checkbox"/> Falló
----	--	--

CERTIFICADO DE PRUEBAS DE ACEPTACION EN SITIO

- ACEPTADA
 NO ACEPTADA
 ACEPTADA CON OBSERVACIONES
 ACEPTADA CON MODIFICACIONES
 ACEPTADA CON ADICIONES

Firman en, _____ a los _____ días del mes de _____ del 2002.

PUNCH LIST

	<i>DESCRIPCION</i>	<i>FECHA COMPLETACIÓN</i>	<i>RESPONSABLE</i>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

ANEXO 4 .- TABLA DE CODIFICACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN

1ª Letra		Letras sucesivas		
Variable medida	Letra de modificación	Función de lectura pasiva	Función de salida	Letra de modificación
A Análisis		Alarma		
B Llama		Libre	Libre	Libre
C Conductividad			Control	
D Densidad o peso específico	Diferencial			
E Tensión		Elemento primario		
F Caudal	Relación			
G Calibre		Vidrio		
H Manual				Alto
I Corriente		Indicador		
J Potencia	Exploración			
K Tiempo			Estación de control	
L Nivel		Luz piloto		Bajo
M Humedad				Medio o intermedio
N Libre		Libre	Libre	
O Libre		Orificio		
P Presión o vacío		Punta de prueba		
Q Cantidad	Integración			
R Radiactividad		Registro		
S Velocidad o Frecuencia	Seguridad		Interruptor	
T Temperatura			Transmisor	
U Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V Vibración			Válvula	
W Peso o fuerza		Vaina		
X Sin clasificar		Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y Libre			Relé o computador	
Z Posición			Elemento final de control sin clasificar	

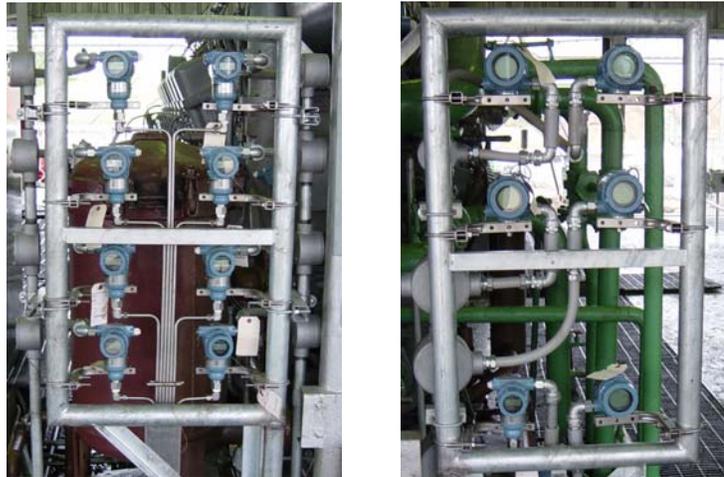
ANEXO 5.- FOTOS DEL PROYECTO



Unidad de Bombeo



Intercambiador de Calor



Panel Frontal de Instrumentos



Tubbing y Accesorios



Rtd



Válvula de aguja



Actuador de Succión



Actuador de Descarga



Actuador de By-pass



Transmisor de Flujo



Transductores



Instrumentos Succión de la Bomba



Instrumentos Descarga de la Bomba



Transmisor de Vibración



Cajas JB-06, JB-07, JB-08 y Actuador



Sensores de Velocidad



Válvula Solenoide de Aire



Caja de Paso JB-01



Conexión Transmisor de Presión



Panel de Control Local



Barring Device - Proximidad del Volante



Caja de Paso JB-03



Caja de Paso JB-04



Caja de Paso JB-05



Termocupla Tipo J Bomba

ANEXO 6 .- DIAGRAMA DE GANTT DEL PROYECTO

ANEXO 6.- PROYECTO "SOTE FASE II" DIAGRAMA DE GANTT DEL MONTAJE

Julio 2002

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
33	Trabajos después de la entrega de materiales	100 días	sáb 8/24/02	dom 12/1/02
34	Recepción de materiales en estación	1 día	sáb 8/24/02	sáb 8/24/02
35	Informe de Mediciones en Vástagos de Actuadores	1 día	dom 8/25/02	dom 8/25/02
36	Agujeros en Brida de Acople para Actuador	9 días	lun 8/26/02	mar 9/3/02
37	Fabricación de Acoples para Vástagos de Actuadores	18 días	lun 8/26/02	jue 9/12/02
38	Instalación de Soportería y Equipos	10.6 días	mar 9/3/02	vie 9/13/02
39	Transmisor de Flujo Ultrasónico	3 días	mar 9/3/02	jue 9/5/02
40	Transmisor de Presión Diferencial	3 días	dom 9/8/02	mar 9/10/02
41	Panel Frontal de Instrumentos	3 días	dom 9/8/02	mar 9/10/02
42	Ensamble de Base con Gabinete	1 día	jue 9/5/02	jue 9/5/02
43	Transporte de Gabinetes de Control	1 día	vie 9/6/02	vie 9/6/02
44	Instalación de Gabinete de Control en Sitio	1 día	sáb 9/7/02	sáb 9/7/02
45	Ensamble de Cajas de paso JB-02 JB-03	1 día	mar 9/3/02	mar 9/3/02
46	Transporte de Cajas de paso JB-02 JB-03	2 días	mié 9/4/02	jue 9/5/02
47	Instalación de Cajas de paso en Sitio JB-02 JB-03	2 días	vie 9/6/02	sáb 9/7/02
48	Instalación de Soportería en cuarto de control	1 día	jue 9/12/02	jue 9/12/02
49	Apertura Huecos en MCC	6 horas	vie 9/13/02	vie 9/13/02
50	Apertura Huecos en Gabinete Cuarto de Control	6 horas	vie 9/13/02	vie 9/13/02
51	Avances en trabajos Eléctricos en máquinas antes de parada de máquinas	12 días	vie 9/13/02	mar 9/24/02
52	Sistema de Puesta a Tierra	5 días	vie 9/13/02	mar 9/17/02
53	Instalación de ductería de Fuerza y Comunicación	3 días	vie 9/13/02	dom 9/15/02
54	Instalación de cables de fuerza de paneles de control local a cuarto de control	5 horas	lun 9/16/02	lun 9/16/02
55	Armado de cajas JB-04, JB-01, JB-06, JB-07 y JB-08	1 día	lun 9/16/02	lun 9/16/02
56	Instalación de cajas JB-04 y JB-01	2 días	mar 9/17/02	mié 9/18/02
57	Instalación de conduit en Intercambiadores	1 día	mar 9/17/02	mar 9/17/02
58	Instalación de conduit en bombas	1 día	mar 9/17/02	mar 9/17/02
59	Instalación de conduit en motores	5 días	mar 9/17/02	sáb 9/21/02
60	Cableado de instrumentos de Intercambiadores hasta caja JB-01	2 días	mié 9/18/02	jue 9/19/02
61	Cableado de comunicación desde paneles de control local hasta cuarto de control	3 días	mié 9/18/02	vie 9/20/02
62	Cableado y conexionado de comunicación en cuarto de control	3 días	jue 9/19/02	sáb 9/21/02
63	Cableado y conexionado entre MCC y Gabinete de Cuarto de control	3 días	sáb 9/21/02	lun 9/23/02
64	Trabajos en Sala de Control	2 días	lun 9/23/02	mar 9/24/02



ANEXO 6.- PROYECTO "SOTE FASE II" DIAGRAMA DE GANTT DEL MONTAJE

julio 2002

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	3
65	Instalación de Tubería en sala de control	1 día	lun 9/23/02	lun 9/23/02											
66	Cableado desde switches a computadores	1 día	mar 9/24/02	mar 9/24/02											
67	Avances en trabajos Mecánicos en máquinas antes de parada de máquinas	12 días	vie 9/13/02	mar 9/24/02											
68	Termopozos para Bomba e Incrementador	2 días	vie 9/13/02	sáb 9/14/02											
69	Termopozos para Motor	2 días	dom 9/15/02	lun 9/16/02											
70	Instalación de canaleta para panel frontal de instrumentos	1.5 días	vie 9/13/02	sáb 9/14/02											
71	Instalación y conexionado de tubing para transmisores de presión diferencial	2 días	vie 9/13/02	sáb 9/14/02											
72	Doblado de tubing para tomas de procesos	7 días	mié 9/18/02	mar 9/24/02											
73	Instalación de transmisoras de flujo	2 días	vie 9/13/02	sáb 9/14/02											
74	Pre-ensamblaje de valvulas solenoides de combustible	2 días	jue 9/19/02	vie 9/20/02											
75	Pre-ensamblaje de valvulas solenoides de aire	2 días	lun 9/23/02	mar 9/24/02											
76	Paro del Oleoducto para actualizar software y trabajos en séptimas unidades	6 días	mié 9/25/02	lun 9/30/02											
77	Trabajos en Sala de Control	0.58 días	mié 9/25/02	mié 9/25/02											
78	Agregar Controlador Redundante	2 horas	mié 9/25/02	mié 9/25/02											
79	Arreglo Eléctrico Fuentes Redundantes	2 horas	mié 9/25/02	mié 9/25/02											
80	Apertura Perforaciones acomilida MCC	6 horas	mié 9/25/02	mié 9/25/02											
81	Conectar ProfesionalPlus	1 hora	mié 9/25/02	mié 9/25/02											
82	Conectar Nueva Operator Station	1 hora	mié 9/25/02	mié 9/25/02											
83	Configurar Operator Station existentes	2 horas	mié 9/25/02	mié 9/25/02											
84	Arranque de Oleoducto	2 horas	mié 9/25/02	mié 9/25/02											
85	Trabajos en Séptimas Unidades LU, SA, BA, PA	4 días	vie 9/27/02	lun 9/30/02											
86	Cambio de Controlador a M5Plus	3 horas	vie 9/27/02	vie 9/27/02											
87	Arreglo Eléctrico Fuentes Redundantes	3 horas	vie 9/27/02	vie 9/27/02											
88	Remoción tarjetas Termocuplas	3 horas	vie 9/27/02	vie 9/27/02											
89	Instalación tarjeta HI	3 horas	vie 9/27/02	vie 9/27/02											
90	Instalación tarjeta Multifunction	3 horas	vie 9/27/02	vie 9/27/02											
91	Reconfiguración de Quick Panel	3 horas	vie 9/27/02	vie 9/27/02											
92	Flashing de Tarjetas	3 horas	vie 9/27/02	vie 9/27/02											
93	Instalación de Actuadores para Válvulas	1.5 días	vie 9/27/02	sáb 9/28/02											
98	Trabajos Eléctricos y Electrónicos	1 día	vie 9/27/02	vie 9/27/02											
109	Comisionamiento de Instrumentos en Delta V	1 día	sáb 9/28/02	sáb 9/28/02											
116	Pruebas en Sitio y Arranque	1 día	dom 9/28/02	dom 9/28/02											



CIB-ESPOL

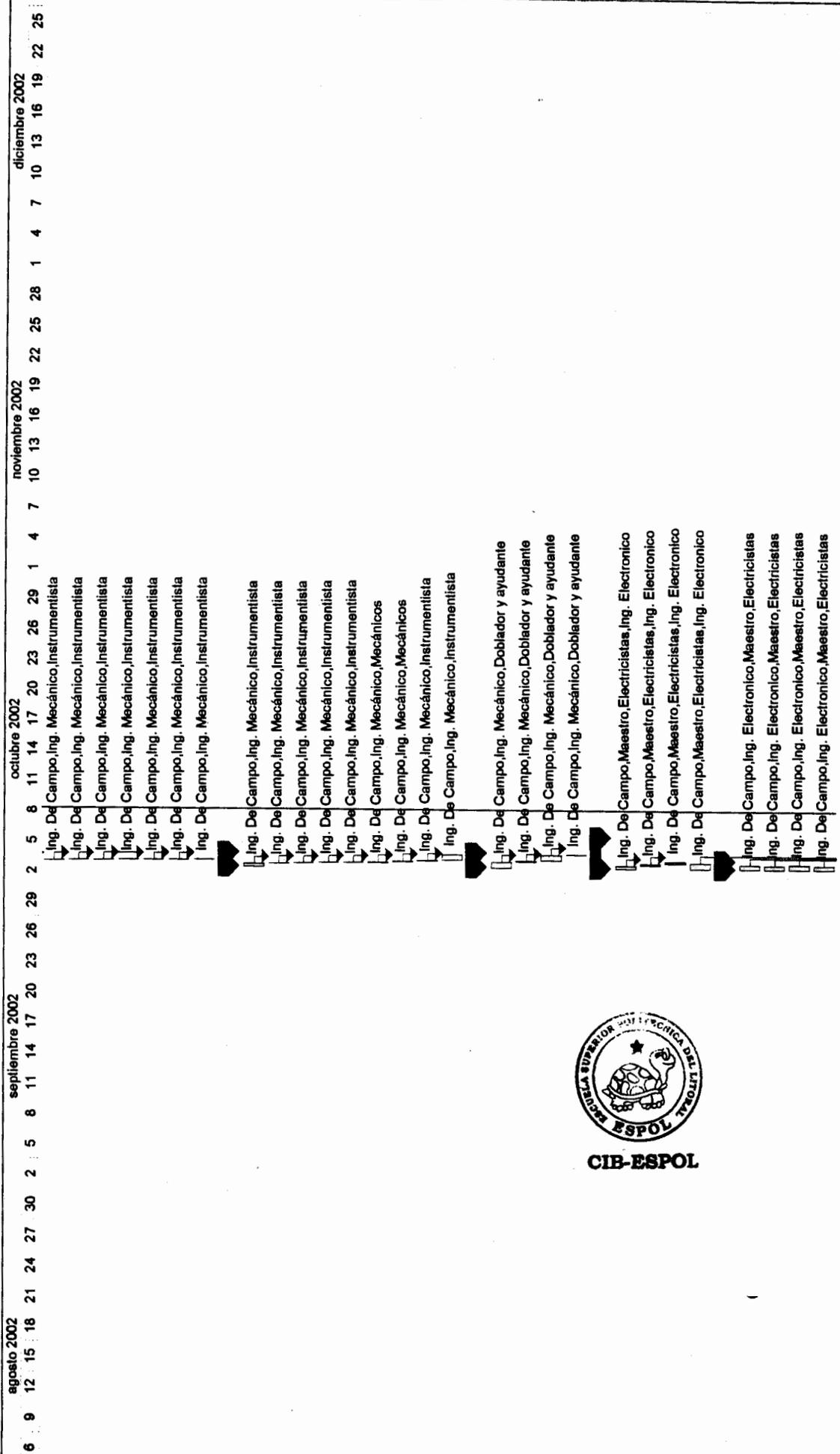
ANEXO 6.- PROYECTO "SOTE FASE II" DIAGRAMA DE GANTT DEL MONTAJE

Julio 2002

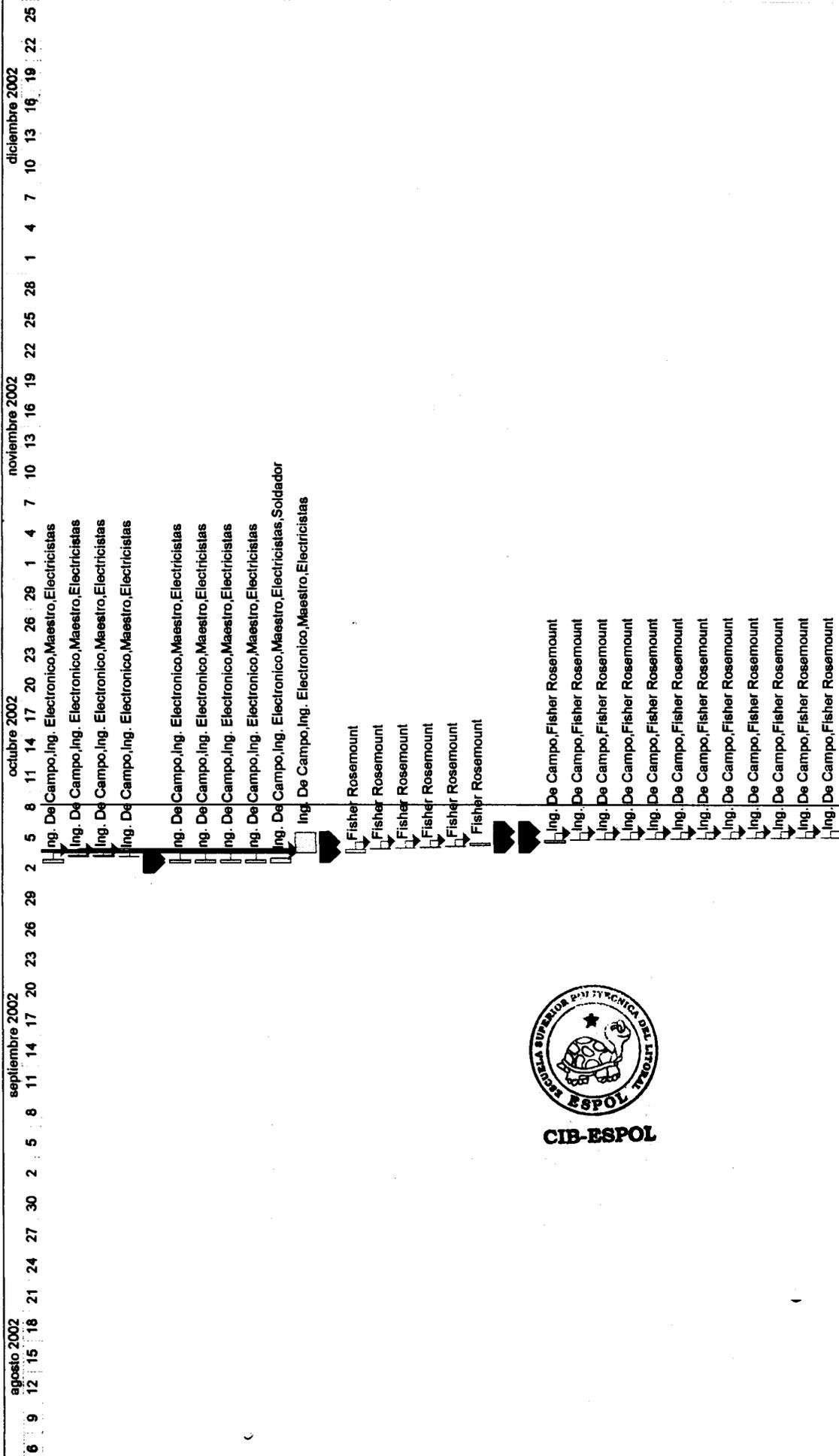
4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 3

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
177	Temperatura de Succión Bomba	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
178	Presión de Descarga Bomba	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
179	Temperatura de Descarga Bomba	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
180	Presión de Entrada de Agua Intercambiador	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
181	Presión de Salida de Agua Intercambiador	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
182	Temperatura de Salida de Agua Intercambiador	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
183	Temperatura de entrada de Cruo Intercambiador	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
184	Instalación de Instrumentos	1.08 días	vie 10/4/02	sáb 10/5/02
185	Instalación de termocuplas en Incrementador	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02
186	Instalación de termocuplas en Bomba	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02
187	Instalación Sensores de Vibración	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02
188	Instalación Barring Device	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02
189	Instalación Sensores de Velocidad	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02
190	Instalación Válvula solenoide de Aire	2 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
191	Instalación Válvula solenoide de Combustible	2 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
192	Instalación de Instrumentos Intercambiador	2 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
193	Instalación de Instrumentos en Bomba	2 horas	vie 10/4/02	sáb 10/5/02
194	Instalación a Tomas de Proceso (Tubing)	1.25 días	vie 10/4/02	sáb 10/5/02
195	Panel Frontal	8 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
196	Area del Turbo	3 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
197	Area del Motor	2 horas	vie 10/4/02	sáb 10/5/02
198	Area del Incrementador	2 horas	sáb 10/5/02	sáb 10/5/02
199	Trabajos Eléctricos y Electrónicos	3 días	vie 10/4/02	dom 10/6/02
200	Verificar que todos los equipos estén desenergizados	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02
201	Desmontaje de Tuberías	5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
202	Desmontaje de Panel Neumático	5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
203	Trabajos en Flauta de Termocuplas	8 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
204	Cableado de Instrumentos en Cajas de Paso	0.92 días	vie 10/4/02	vie 10/4/02
205	Cableado de Instrumentos a JB-01	4 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
206	Cableado de Instrumentos a JB-02	3 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
207	Cableado de Instrumentos a JB-03	6 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02
208	Cableado de Instrumentos a JB-04	3 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02

ANEXO 6.- PROYECTO "SOTE FASE II" DIAGRAMA DE GANTT DEL MONTAJE



ANEXO 6.- PROYECTO "SOTE FASE II" DIAGRAMA DE GANTT DEL MONTAJE



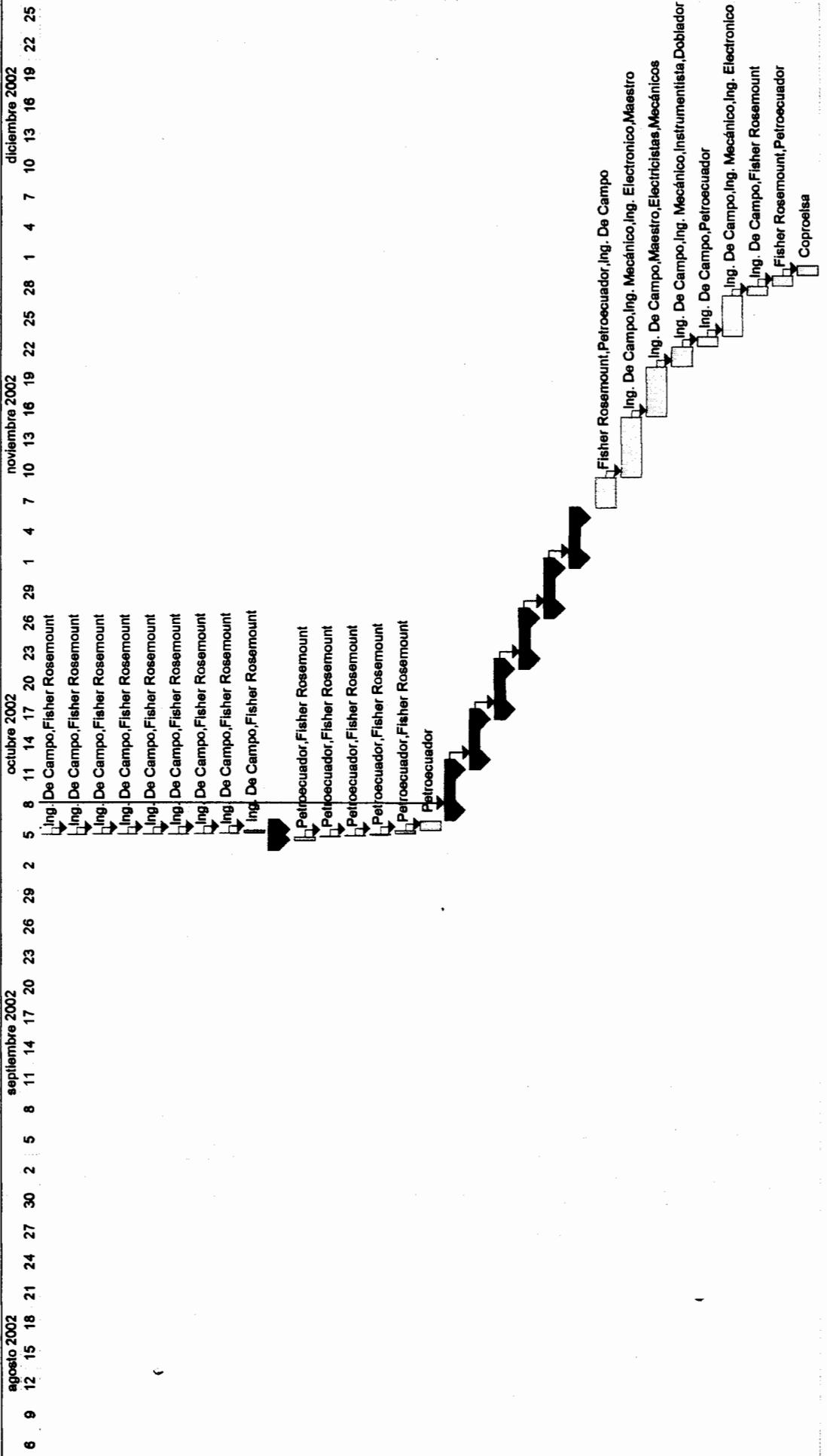
CIB-ESPOL

ANEXO 6.- PROYECTO "SOTE FASE II" DIAGRAMA DE GANTT DEL MONTAJE

Julio 2002
4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 3

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
241	Prueba de salidas discretas	0.5 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02
242	Pruebas de Instrumentos 4 - 20 ma	1 hora	dom 10/6/02	dom 10/6/02
243	Prueba de Lezo de Instrumentos de Presión FF	0.25 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02
244	Prueba de Lezo de Instrumentos de Temperatura FF	0.25 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02
245	Prueba de Lezo de Instrumentos de 848T FF	0.5 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02
246	Prueba de Lezo Válvulas	1 hora	dom 10/6/02	dom 10/6/02
247	Revisión Protecciones Motor y Bomba	1 hora	dom 10/6/02	dom 10/6/02
248	Verificar Despliegues e Interfaz Local de Operador	0.5 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02
249	Notificación al Operador para arranque	1 hora	dom 10/6/02	dom 10/6/02
250	Pre-Arranque	1 día	dom 10/6/02	dom 10/6/02
251	Verificación Secuencia de Arranque	2 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02
252	Verificación Secuencia de Parada	2 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02
253	Verificación Parada de Emergencia	2 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02
254	Aceptación de Pruebas en Sitio	4 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02
255	PUESTA EN LINEA	2 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02
256	Prueba de máquina (Un día operando)	1 día	lun 10/7/02	lun 10/7/02
257	Trabajos en Unidades: LA-7, LU-1, SA-1, BA-1, PA-1	4 días	mié 10/9/02	sáb 10/12/02
367	Trabajos en Unidades: LA-2, LU-2, SA-2, BA-2, PA-2	4 días	lun 10/14/02	jue 10/17/02
477	Trabajos en Unidades: LA-3, LU-3, SA-3, BA-3, PA-3	4 días	sáb 10/19/02	mar 10/22/02
587	Trabajos en Unidades: LA-6, LU-6, SA-6, BA-6, PA-6	4 días	jue 10/24/02	dom 10/27/02
697	Trabajos en Unidades: LA-1, LU-4, SA-4, BA-4, PA-4	4 días	mar 10/29/02	vie 11/1/02
807	Trabajos en Unidades: LA-6, LU-6, SA-6, BA-6, PA-6	4 días	dom 11/3/02	mié 11/6/02
917	Revisión de Punch List de Máquinas	3 días	vie 11/8/02	dom 11/10/02
918	Corrección de Fallas	6 días	lun 11/11/02	sáb 11/16/02
919	Pintada de Tuberías en Sala de máquinas	5 días	dom 11/17/02	jue 11/21/02
920	Inventario de Equipos Neumáticos	2 días	vie 11/22/02	sáb 11/23/02
921	Recepción de Equipos Petroecuador	1 día	dom 11/24/02	dom 11/24/02
922	Inventario de Material Sobrante	4 días	lun 11/25/02	jue 11/28/02
923	Recepción de Material Fisher-Rosemount	1 día	vie 11/29/02	vie 11/29/02
924	Entrega de Estación	1 día	sáb 11/30/02	sáb 11/30/02
925	Retorno de Personal	1 día	dom 12/1/02	dom 12/1/02

ANEXO 6.- PROYECTO "SOTE FASE II" DIAGRAMA DE GANTT DEL MONTAJE



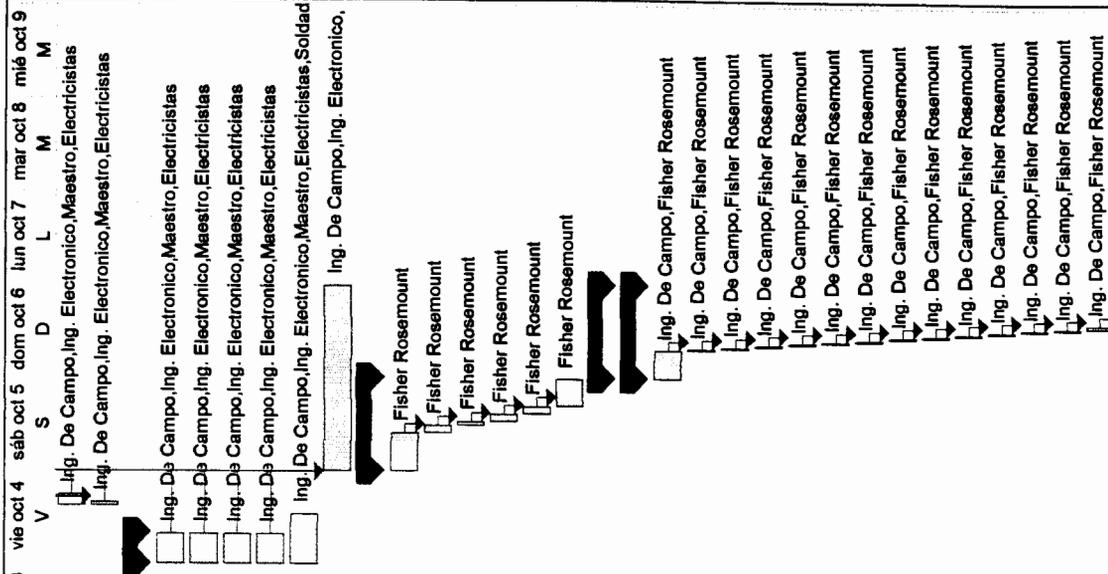
ANEXO 7.- PROYECTO "SOTE FASE II" DIAGRAMA DE GANTT DE LOS TRABAJOS EN LA UNIDAD DE BOMBEO (MAQUINA PARADA)

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	mié oct 2 jue oct 3 vie oct 4 sáb oct 5 dom oct 6 lun oct 7 mar oct 8 mié oct 9							
					M	J	V	S	D	L	M	
33	Temperatura de Descarga Bomba	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
34	Presión de Entrada de Agua Intercambiador	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
35	Presión de Salida de Agua Intercambiador	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
36	Temperatura de Salida de Agua Intercambiador	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
37	Temperatura de entrada de Crudo Intercambiador	0.5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
38	Instalación de Instrumentos	1.08 días	vie 10/4/02	sáb 10/5/02								
39	Instalación de termocuplas en Incrementador	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
40	Instalación de termocuplas en Bomba	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
41	Instalación Sensores de Vibración	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
42	Instalación Barring Device	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
43	Instalación Sensores de Velocidad	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
44	Instalación Válvula solenóide de Aire	2 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
45	Instalación Válvula solenóide de Combustible	2 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
46	Instalación de Instrumentos Intercambiador	2 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
47	Instalación de Instrumentos en Bomba	2 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
48	Instalación a Tomas de Proceso (Tubing	1.25 días	vie 10/4/02	sáb 10/5/02								
49	Panel Frontal	8 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
50	Area del Turbo	3 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
51	Area del Motor	2 horas	vie 10/4/02	sáb 10/5/02								
52	Area del Incrementador	2 horas	sáb 10/5/02	sáb 10/5/02								
53	Trabajos Eléctricos y Electrónicos	3 días	vie 10/4/02	dom 10/6/02								
54	Verificar que todos los equipos esten desenergizados	1 hora	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
55	Desmontaje de Tuberías	5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
56	Desmontaje de Panel Neumático	5 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
57	Trabajos en Flauta de Termocuplas	8 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
58	Cableado de Instrumentos en Cajas de Paso	0.92 días	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
59	Cableado de Instrumentos a JB-01	4 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
60	Cableado de Instrumentos a JB-02	3 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
61	Cableado de Instrumentos a JB-03	6 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
62	Cableado de Instrumentos a JB-04	3 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
63	Cableado de Instrumentos a JB-05	2 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								
64	Cableado de Instrumentos a JB-06	3 horas	vie 10/4/02	vie 10/4/02								



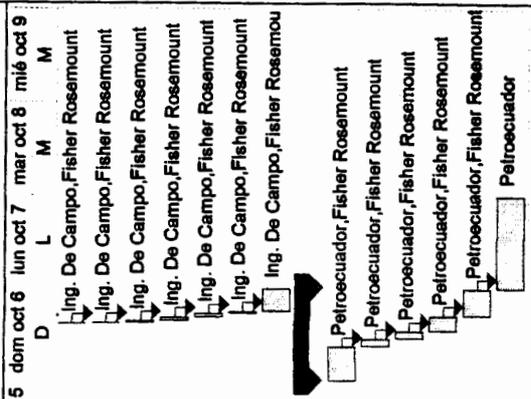
ANEXO 7.- PROYECTO "SOTE FASE II" DIAGRAMA DE GANTT DE LOS TRABAJOS EN LA UNIDAD DE BOMBEO (MAQUINA PARADA)

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	mié oct 2 jue oct 3 vie oct 4 sáb oct 5 dom oct 6 lun oct 7 mar oct 8 mié oct 9								
					M	J	V	S	D	L	M	M	
65	Cableado de Instrumentos a JB-07	3 horas	vie 10/4/02										
66	Cableado de Instrumentos a JB-08	1 hora	vie 10/4/02										
67	Cableado de Cajas de Paso a Panel de Bontrol Local	0.08 días	vie 10/4/02										
68	Cableado de JB-01 a Control Panel	1 hora	vie 10/4/02										
69	Cableado de JB-02 a Control Panel	1 hora	vie 10/4/02										
70	Cableado de JB-03 a Control Panel	1 hora	vie 10/4/02										
71	Cableado de JB-04 a Control Panel	1 hora	vie 10/4/02										
72	Soldadura de Sopertería para tuberías	6 horas	vie 10/4/02										
73	Marquillado de Instrumentos, Cajas de Paso, Panel de Control	2 días	sáb 10/5/02										
74	Comisionamiento de Instrumentos dentro del sistema	1 día	sáb 10/5/02										
75	Comisionamiento de Instrumentos de Presión	3 horas	sáb 10/5/02										
76	Comisionamiento de Instrumentos de Temperatura	2 horas	sáb 10/5/02										
77	Comisionamiento Señales Discretas	1 hora	sáb 10/5/02										
78	Comisionamiento Válvulas	2 horas	sáb 10/5/02										
79	Comisionamiento Salidas Discretas	2 horas	sáb 10/5/02										
80	Comisionamiento 848T	2 horas	sáb 10/5/02										
81	Pruebas en Sitio y Arranque	1 día	dom 10/6/02										
82	Pruebas en Sitio	1 día	dom 10/6/02										
83	Instalaciones Eléctricas	0.5 horas	dom 10/6/02										
84	Instalaciones de Instrumentos	0.5 horas	dom 10/6/02										
85	Prueba a Tierra	0.5 horas	dom 10/6/02										
86	Inicialización del Sistema	0.5 horas	dom 10/6/02										
87	Puesta a Tierra	0.5 horas	dom 10/6/02										
88	Verificación de Segmentos Fieldbus	0.5 horas	dom 10/6/02										
89	Verificar el Quick Panel	0.5 horas	dom 10/6/02										
90	Verificar Operadores e Indicadores del Panel	0.5 horas	dom 10/6/02										
91	Prueba de Servicios Auxiliares	0.5 horas	dom 10/6/02										
92	Prueba de Continuidad en lazo de sensores de velocidad	0.5 horas	dom 10/6/02										
93	Prueba de lazo de corriente del governor	0.5 horas	dom 10/6/02										
94	Prueba de entradas discretas	0.5 horas	dom 10/6/02										
95	Prueba de salidas discretas	0.5 horas	dom 10/6/02										
96	Pruebas de Instrumentos 4 - 20 ma	1 hora	dom 10/6/02										

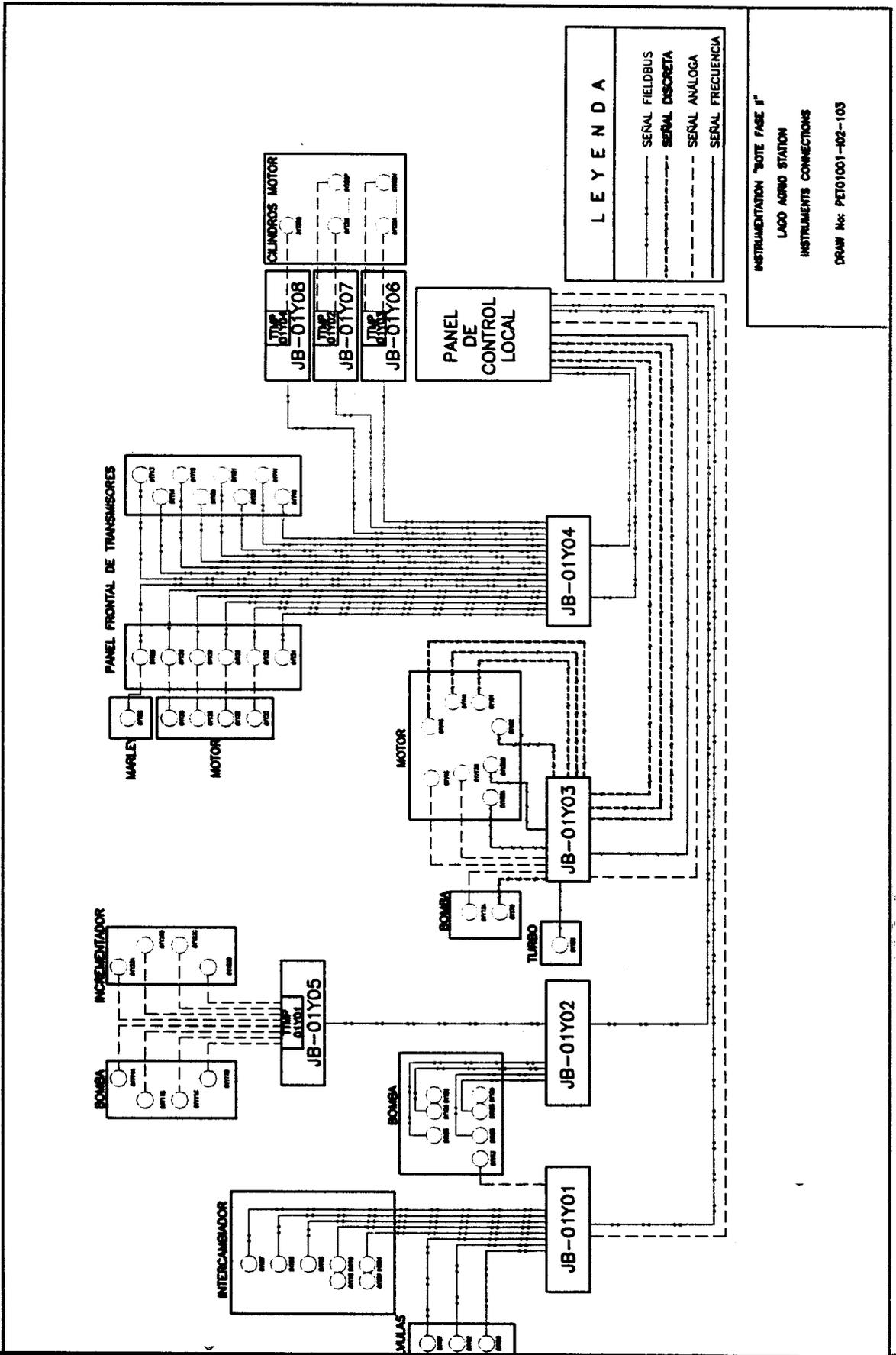


ANEXO 7 .- PROYECTO "SOTE FASE II" DIAGRAMA DE GANTT DE LOS TRABAJOS EN LA UNIDAD DE BOMBEO (MAQUINA PARADA)

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	mié oct 2 jue oct 3 vie oct 4 sáb oct 5 dom oct 6 lun oct 7 mar oct 8 mié oct 9									
					M	J	V	S	D	L	M	M		
97	Prueba de Lazo de Instrumentos de Presión FF	0.25 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
98	Prueba de Lazo de Instrumentos de Temperatura FF	0.25 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
99	Prueba de Lazo de Instrumentos de 848T FF	0.5 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
100	Prueba de Lazo Válvulas	1 hora	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
101	Revisión Protecciones Motor y Bomba	1 hora	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
102	Verificar Despliegues e Interfaz Local de Operador	0.5 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
103	Notificación al Operador para arranque	1 hora	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
104	Pre-Arranque	1 día	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
105	Verificación Secuencia de Arranque	2 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
106	Verificación Secuencia de Parada	2 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
107	Verificación Parada de Emergencia	2 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
108	Aceptación de Pruebas en Sitio	4 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
109	PUESTA EN LINEA	2 horas	dom 10/6/02	dom 10/6/02										
110	Prueba de máquina (Un día operando)	1 día	lun 10/7/02	lun 10/7/02										



ANEXO 8.- PLANOS DE INGENIERIA



LEYENDA

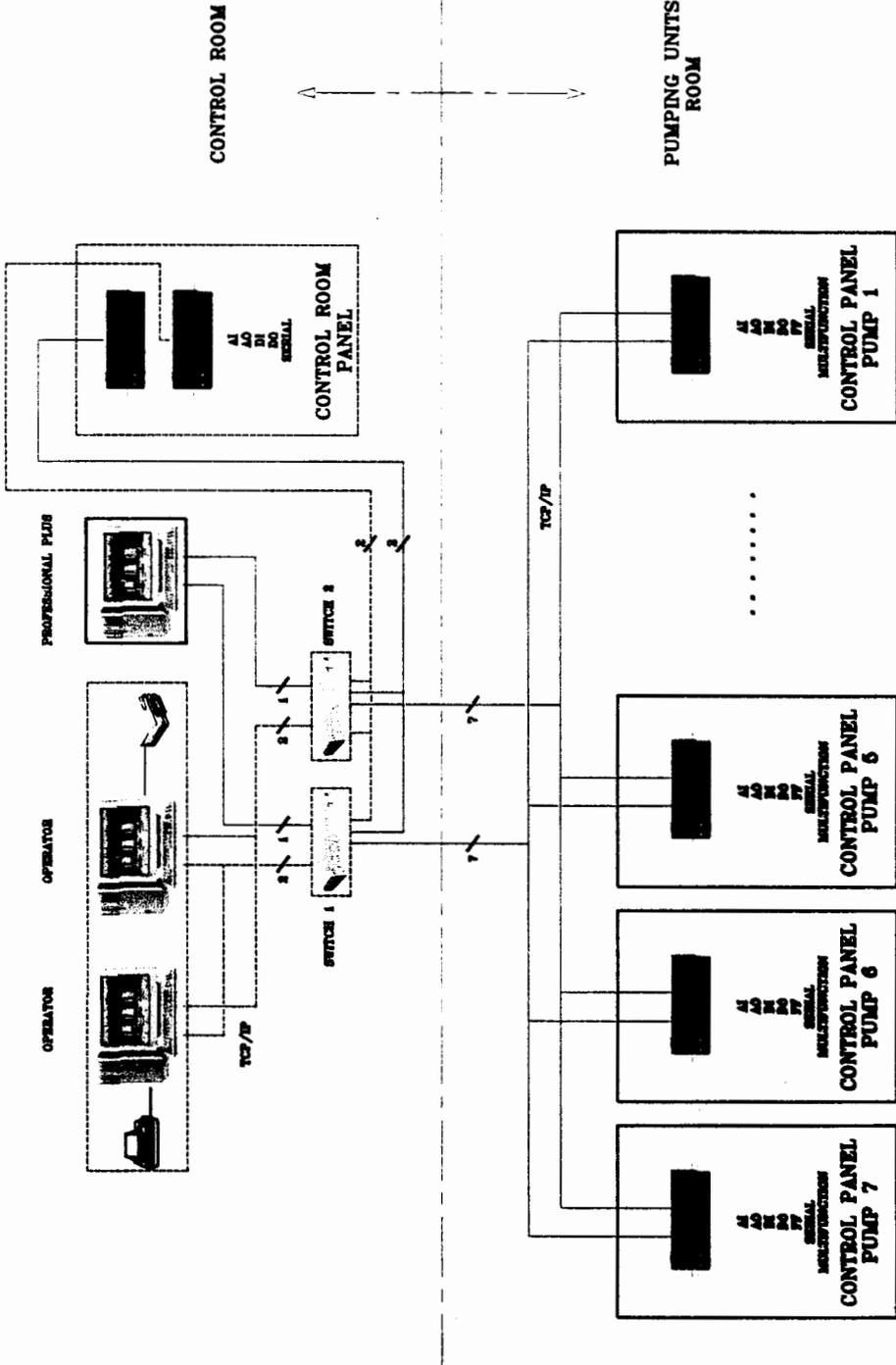
- SIGNAL FIELDBUS
- - - SIGNAL DISCRETA
- SIGNAL ANALOGA
- · - · - SIGNAL FRECUENCIA

INSTRUMENTATION "BOTE FASE II"

LAGO AGRO STATION

INSTRUMENTS CONNECTIONS

DRAW No: PET01001-02-103



LEGEND	
—	EXISTENT
- - -	NEW
Y= #	PUMPING UNIT STARTING FROM 1 TO 7

INSTRUMENTATION "SOTE FASE II"

TYPICAL INSTALLATION

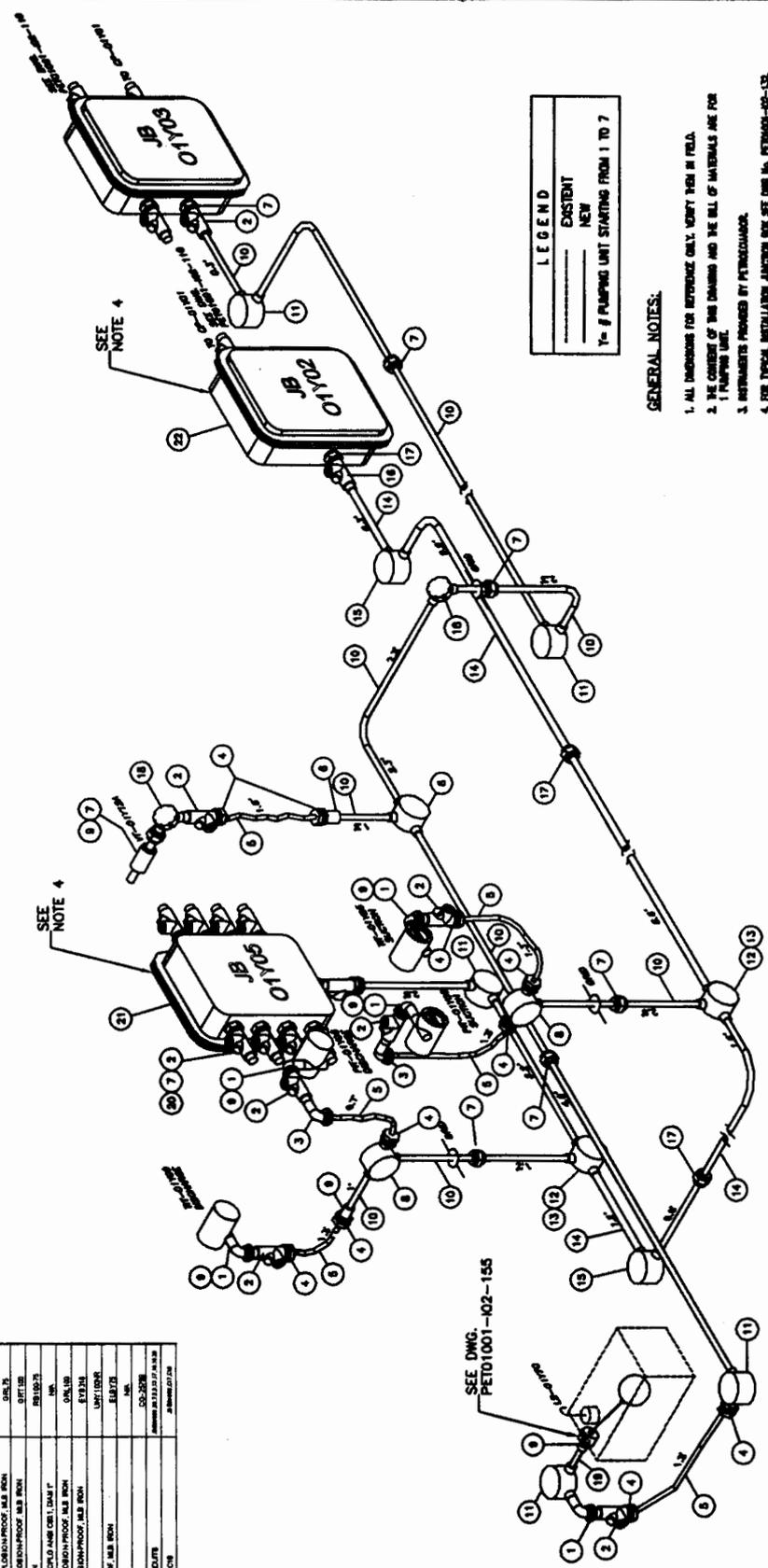
SCHEMATIC DIAGRAM

COMMUNICATIONS DIAGRAM

DRAW No: PET01001 - S02-103

BILL OF MATERIAL			
ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION
1	8	EA	3/4" ELBOW 3/4" x 3/4" MPT STEEL
2	15	EA	BEARING FITTING 3/4" MPT STEEL
3	2	EA	1/2" UNION CONNECTOR 3/4" FOR FLX. COND. M.S. IRON
4	15	EA	STANDARD UNION CONNECTOR 3/4" FOR FLX. COND. M.S. IRON
5	14	FT	FLEXIBLE METAL CONDUIT 3/4"
6	2	EA	CORNER OF 3/4" MPT
7	18	EA	1/2" UNION 3/4" MPT STEEL
8	8	EA	1/2" CONDUIT OUTLET BOX 3/4" EXPLOSION-PROOF M.S. IRON
9	8	EA	1/2" CONDUIT OUTLET BOX 3/4" EXPLOSION-PROOF M.S. IRON
10	21	FT	NOT DIPPED ONLY THRU NICKEL AMB. CBL. DIA. 1/2"
11	5	EA	1/2" CONDUIT OUTLET BOX 3/4" EXPLOSION-PROOF M.S. IRON
12	2	EA	1/2" CONDUIT OUTLET BOX 3/4" EXPLOSION-PROOF M.S. IRON
13	3	EA	REDUCING TEE 3/4" MPT M.S. IRON
14	22	FT	NOT DIPPED ONLY THRU NICKEL AMB. CBL. DIA. 1/2"
15	2	EA	1/2" CONDUIT OUTLET BOX 3/4" EXPLOSION-PROOF M.S. IRON
16	1	EA	BEARING FITTING 1/2" MPT STEEL
17	3	EA	1/2" UNION 3/4" MPT STEEL
18	2	EA	1/2" CONDUIT OUTLET BOX 3/4" EXPLOSION-PROOF M.S. IRON
19	1	EA	1/2" CONDUIT OUTLET BOX 3/4" EXPLOSION-PROOF M.S. IRON
20	8	EA	CABLE CONNECTOR 3/4"
21	1	EA	CABLE CONNECTOR 3/4"
22	1	EA	CABLE CONNECTOR 3/4"

INSTRUMENT LIST		
TAG	DESCRIPTION	MODEL
LS-01170	LEVEL SWITCH, GBMS (NOTE 3)	LS 2000
VF-0112A	VIBRATION TRANSMITTER, PASCABETA (NOTE 3)	1627TRAJ
PT-01108	PRESSURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3061T03/2821A/EM804
PT-01106	PRESSURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3061T04/2821A/EM804
TT-01109	TEMPERATURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3244M/F/EM810A
TT-01120	TEMPERATURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3244M/F/EM810A



LEGEND
 ——— EXISTENT
 - - - NEW
 Y= # PUMPING UNIT STARTING FROM 1 TO 7

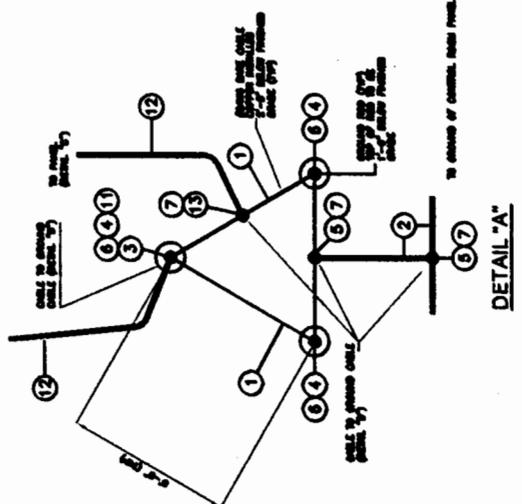
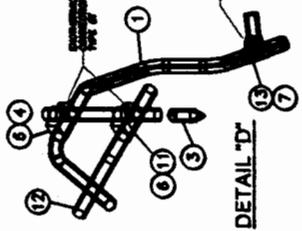
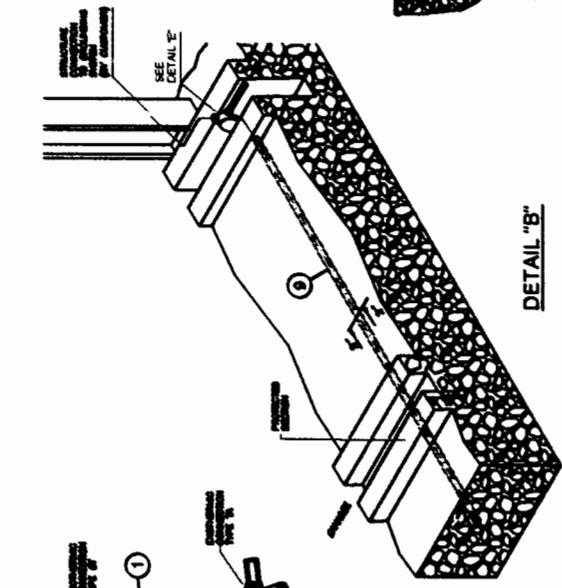
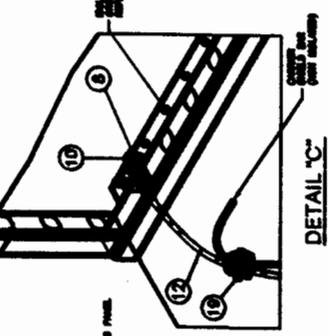
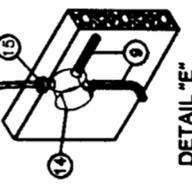
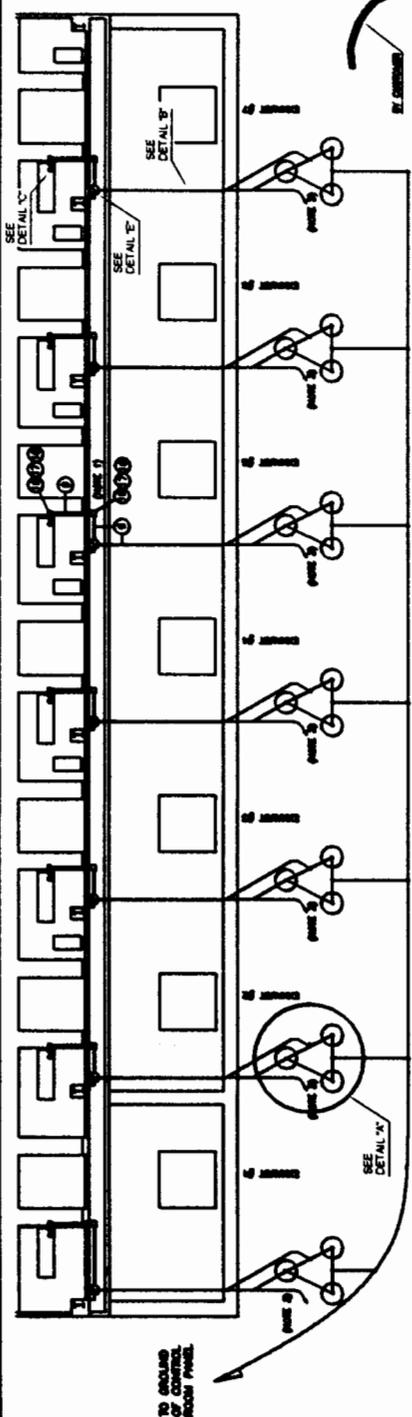
GENERAL NOTES:

1. ALL DIMENSIONS FOR REFERENCE ONLY. VERIFY THEM IN FIELD.
2. THE CONTENTS OF THIS DRAWING AND THE BILL OF MATERIALS ARE FOR 1 PUMPING UNIT.
3. INSTRUMENTS PROVIDED BY PETROBRAS.
4. FOR TYPICAL INSTALLATION JUNCTION BOX SEE DWG. No. PET000-02-133 (SHEET 1 OF 3 / 3 of 3).



INSTRUMENTATION "SOTE FASE II"
 LAGO AGRO STATION
 TYPICAL INSTALLATION
 EQUIPMENT CONDUIT DIAGRAM
 PUMP INSTRUMENT IN JB-01102 & JB-01103

ITEM	QTY	UNIT	CALL OF MATERIAL	DESCRIPTION
1	120	FT.	BARE CABLE #2 AWG.	
2	200	FT.	INSULATED CABLE, PVC. GREEN/YELLOW TO GROUND #2 AWG.	
3	21	EA.	GROUND ROD DIA. 3/4" x LONG. 10'	
4	1	EA.	MOLD CABLE 2 AWG TO GROUND ROW DIA. 3/4"	
5	1	EA.	MOLD CABLE 2 AWG TO DERIVATION CABLE #2 AWG.	
6	28	EA.	EXPLOSIVE LOAD BNC (AS REQUIRED)	
7	21	EA.	EXPLOSIVE LOAD #5C (AS REQUIRED)	
8	14	EA.	TERMINAL W/3 COPPER COMP BERRON TO CABLE #2 AWG.	
9	200	FT.	HOT DIP ZINC GALV. GALV. 1/2" X 1/2" X 1/2" ANGLE 10' DIA. 1"	
10	14	EA.	HEX HEAD CAPSCREW LOC WASHER PLAT WASHER 1/2" DIA. 1"	
11	1	EA.	MOLD CABLE 8 AWG TO GROUND ROW DIA. 3/4"	
12	800	FT.	INSULATED CABLE, PVC. GREEN/YELLOW TO GROUND #8 AWG.	
13	1	EA.	MOLD CABLE 2 AWG TO DERIVATION CABLE #8 AWG.	
14	7	EA.	LAST CONDUIT OUTLET BOX 1" (APPLETON GSE 100)	
15	7	EA.	CABLE CONNECTOR 1" IN LENGTH LOG-50008	
16	14	EA.	1/2" TYPE CONDUIT OUTLET BODIES 1" (APPLETON HUB)	
17	14	EA.	SOLID GASKET 1" (APPLETON GAB374)	
18	14	EA.	CAST COVER FOR 1/2" TYPE CONDUIT OUTLET BODIES 1" (APPLETON 270)	
19	7	EA.	HUB FOR THEADED RIGID CONDUIT, DIA. 1" (APPLETON HUB 100)	



GENERAL NOTES:

- 1- THIS FORM APPLIES FOR EACH PAPER UNIT
- 2- 20% SPIRIT DRAWING IN HAND
- 3- TO CHECK, CHECK PROVIDED BY CUSTOMER, SEE SPEC. PT-1000-10-10

INSTRUMENTATION "SITE FASE I"
 LAO AGRO STATION
 TYPICAL INSTALLATION
 SYSTEM GROUNDING
 DRAWING No. PETD1001-02-100

ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION	CODE
1	15.8	FT	HOT DIPPED GALV. STL. DAILY THUS W/CLP/ANE DBI 1/2" DIA 1"	NA
2	2	EA	GRL CONDUIT OUTLET BOX 1" EXPLOSION-PROOF ALB IRON	GR10B
3	4	EA	GRL CONDUIT OUTLET BOX 1" EXPLOSION-PROOF ALB IRON	GR10B
4	3	EA	REDUCERS 1/2" x 3/4" NPT ALB IRON	RE10-75
5	233	FT	HOT DIPPED GALV. STL. DAILY THUS W/CLP/ANE DBI 1/2" DIA 3/4"	NA
6	2	EA	CABLE CONNECTOR 1/2"	CC-1120B
7	4	EA	GRL CONDUIT OUTLET BOX 3/4" EXPLOSION-PROOF ALB IRON	GR10B
8	4	EA	STRAIGHT LIGNON CONN. 3/4" NPT FOR FLX. CHD ALB IRON	SL10-75
9	15	FT	FLEXIBLE METAL CONDUIT 3/4"	NA
10	1	EA	REDUCERS 3/4" x 1" NPT ALB IRON	RE10-50
11	1	EA	1/2" FLEXIBLE COUPLING 3/4" EXPLOSION-PROOF	EX10-10
12	4	EA	UNION 1" NPT ALB IRON	UN10-10B
13	2	EA	COUPLING OF 3/4" NPT ALB IRON	NA
14	1	EA	GRL CONDUIT OUTLET BOX 3/4" EXPLOSION-PROOF ALB IRON	GR10B
15	2	EA	ELBY ELBOW 3/4" EXPLOSION-PROOF ALB IRON	EL10-75
16	2	EA	UNION 3/4" NPT ALB IRON	UN10-75
17	2	EA	ENLARGERS 1/2" x 3/4" NPT ALB IRON	EN10-75
18	5	EA	SEALING FITTING 3/4" NPT ALB IRON EXPLOSION-PROOF ALB IRON	SE10-75
19	1	EA	CLOSE CONDUIT IMPLE 3/4"	CI10-75
20	2	EA	SEALING FITTING 1" NPT ALB IRON EXPLOSION-PROOF ALB IRON	SE10-100
21	3	EA	CABLE CONNECTOR 3/4"	CC-10-100

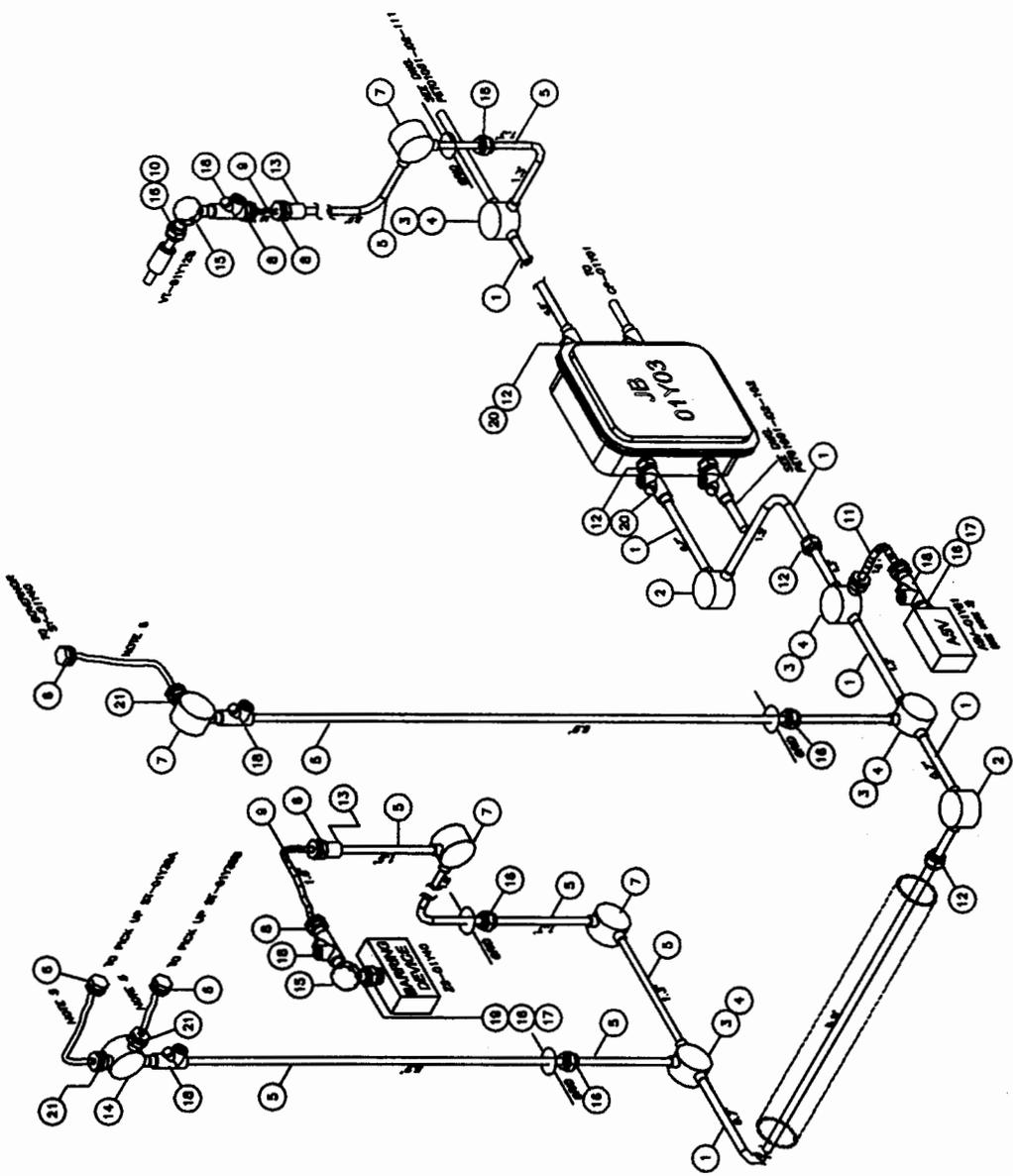
TAG	DESCRIPTION	MOODE
ASV-0101	AIR SOLENOID VALVE CRO (NOTE 4)	AP11E-40A-GST-2AVCC
S1-0138A	SPEED TRANSMITTER A, WOODWARD (NOTE 4)	PM 34 3029
S1-0138B	SPEED TRANSMITTER B, WOODWARD (NOTE 4)	PM 34 3029
S1-0140	ACTIONATOR, WOODWARD PG-65 (NOTE 4)	6572-411
V1-0117B	VELOCITY TRANSMITTER, PHOENIX (NOTE 4)	16VTR-43
ZS-0146	PROXIMITY SWITCH (NOTE 4)	CONNECTOR WOODWARD (NOTE 4)
		5102-146

LEGEND	
---	EXISTENT
---	NEW
1" = 1' PUMPING UNIT STARTING FROM 1 TO 7	

GENERAL NOTES:

- 1- ALL DIMENSIONS FOR REFERENCE ONLY. VERIFY THEM IN FIELD.
- 2- THE CONTENT OF THIS DRAWING AND THE BILL OF MATERIALS ARE FOR 1 PUMPING UNIT.
- 3- CONFIRM CONNECTION WITH EQUIPMENT MANUFACTURER.
- 4- INSTRUMENTS PROVIDED BY PETROBRAS.
- 5- ONLY REFER TO DIMENSIONED CABLE.

INSTRUMENTATION "SITE FASE II"
LAGO ARRO STATION
TYPICAL INSTALLATION
EQUIPMENT CONDUIT DIAGRAM
ENGINE CONVENTIONAL INSTRUMENT IN JB-0103
DRAW No: PET10101-02-110



BILL OF MATERIAL

ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION	CODE
1	EA	JUNCTION BOX, TYPE NEMA 4X	A-212UMCHPSS	
2	1	EA	GRT CONDUIT OUTLET BOX 1 1/2" EXPLOSION-PROOF, M.B. IRON	GR1190
3	78.3	FT	HOT DIPPED GALV. STL. GALV. THDS WCP & ANS. CRG. 1. DAM 1/2"	N/A
4	2	EA	GRT CONDUIT OUTLET BOX 1 1/2" EXPLOSION-PROOF, M.B. IRON	GR1175
5	3	EA	GRT CONDUIT OUTLET BOX 1 1/2" EXPLOSION-PROOF, M.B. IRON	GR1109
6	3	EA	REDUCERS 1 1/2" X 3/4" NPT, M.B. IRON	RS100279
7	2	EA	SEALING FITTING 1" NPT x 1/2" GALV. THDS WCP & ANS. CRG. 1. DAM 1"	EY2315
8	11.9	FT	HOT DIPPED GALV. STL. GALV. THDS WCP & ANS. CRG. 1. DAM 1"	N/A
9	9	EA	COUPLING OF 3/4" NPT x 1/2"	N/A
10	19	EA	STRAIGHT LIQUID TIGHT CONNECTOR 3/4" FOR P.L.X. CHD. M.B. IRON	STB-75
11	12.6	FT	FLEXIBLE METAL CONDUIT 3/4"	N/A
12	1	EA	UNION 1 1/2" NPT x 1/2" STEEL, M.B.	UNY150NR
13	19	EA	90° ELBOW UNION 3/4" x 3/4" NPT, STEEL, M.B.	UNL 78N
14	1	EA	GRT CONDUIT OUTLET BOX 1 1/2" EXPLOSION-PROOF, M.B. IRON	GR1 100
15	1	EA	UNION 1" NPT x 1/2" STEEL, M.B.	UNY100NR
16	10	EA	ENLARGERS 1/2" x 3/4" NPT, STEEL	ME90-75
17	10	EA	SEALING FITTING 1 1/2" NPT x 1/2" EXPLOSION-PROOF, M.B. IRON	EY2315
18	1	EA	SEALING FITTING 1 1/2" NPT x 1/2" EXPLOSION-PROOF, M.B. IRON	EY2315
19	13.9	FT	HOT DIPPED GALV. STL. GALV. THDS WCP & ANS. CRG. 1. DAM 1 1/2"	N/A
20	1	EA	GRT CONDUIT OUTLET BOX 1 1/2" EXPLOSION-PROOF, M.B. IRON	GR1150
21	4	EA	REDUCERS 1 1/2" x 3/4" NPT, M.B. IRON	RS100279
22	6	EA	UNION 3/4" NPT x 1/2" STEEL, M.B.	UNY175NR
23	1	EA	GRT CONDUIT OUTLET BOX 1 1/2" EXPLOSION-PROOF, M.B. IRON	GR1 150
24	1	EA	HUB FOR THEADED RIGID CONDUIT, DAM 1 1/2" M.B. IRON	H-LB-100
25	2	EA	HUB FOR THEADED RIGID CONDUIT, DAM 1", STEEL	H-LB-100

INSTRUMENT LIST

TAG	DESCRIPTION	MODEL
MOV-01Y01	MOTOR OPERATED VALVE (NOTE 3)	T.B.D.
MOV-01Y02	MOTOR OPERATED VALVE (NOTE 3)	T.B.D.
MOV-01Y03	MOTOR OPERATED VALVE (NOTE 3)	T.B.D.
FIT-01Y43	FLOW INDICATOR TRANSMITTER, CONTROL TON (NOTE 3)	1010X1
PIT-01Y16	PRESSURE DIFFERENTIAL TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3051CD4FD2A1AE5MS04
PIT-01Y07	PRESSURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3051TGZ72B21AE5MS04
PIT-01Y10	PRESSURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3051TGZ72B21AE5MS04
TIT-01Y24	TEMPERATURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3244MVF1E5B5MS04



GENERAL NOTES:

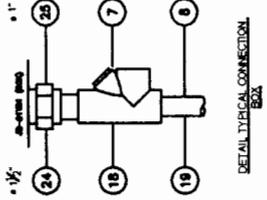
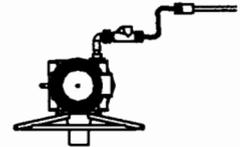
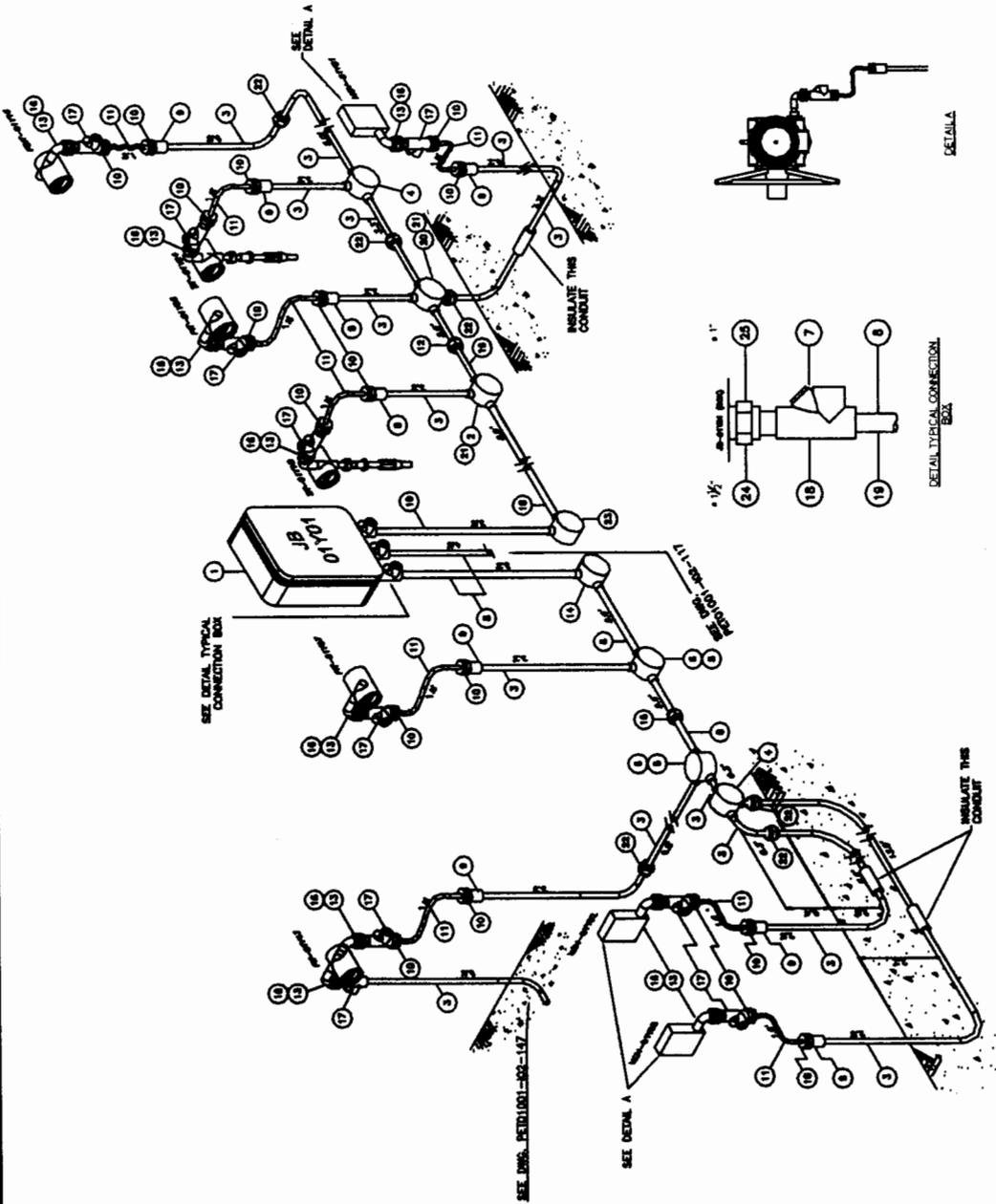
- 1.- ALL DIMENSIONS FOR REFERENCE ONLY, VERIFY WHEN IN FIELD.
- 2.- THE CENTER OF THE SHIM AND THE HILL OF MATERIALS ARE FOR 1 PUMPING UNIT.
- 3.- INSTRUMENTS PROVIDED BY RETROCOMER.

INSTRUMENTATION "SOTE FASE II"

LAGO AGRO STATION
 TYPICAL INSTALLATION
 EQUIPMENT CONDUIT DIAGRAM

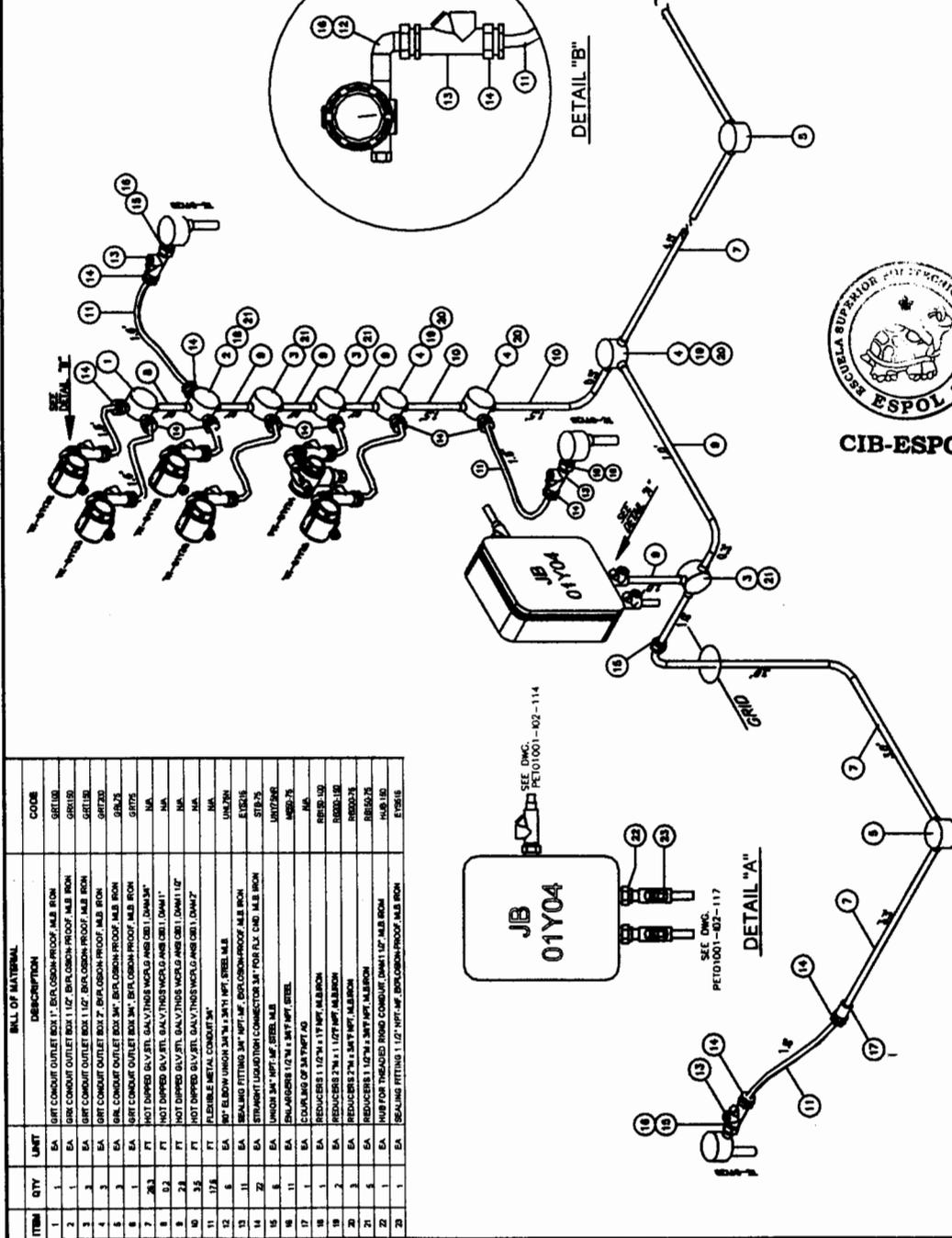
INTERCHANGER INSTRUMENTATION IN JB-01Y01

DRAW No: PET01001-02-112



ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION	CODE
1	1	EA	GIRT CONDUIT OUTLET BOX 1" DIA. LOCK-PROOF, M.S. IRON	GR100
2	1	EA	GIRT CONDUIT OUTLET BOX 1 1/2" DIA. LOCK-PROOF, M.S. IRON	GR150
3	1	EA	GIRT CONDUIT OUTLET BOX 2" DIA. LOCK-PROOF, M.S. IRON	GR200
4	3	EA	GIRT CONDUIT OUTLET BOX 1 1/2" DIA. LOCK-PROOF, M.S. IRON	GR150
5	3	EA	GIRT CONDUIT OUTLET BOX 2" DIA. LOCK-PROOF, M.S. IRON	GR200
6	3	EA	GIRT CONDUIT OUTLET BOX 3" DIA. LOCK-PROOF, M.S. IRON	GR250
7	28	EA	GIRT CONDUIT OUTLET BOX 3" DIA. LOCK-PROOF, M.S. IRON	GR250
8	1	EA	NOT DIPPED GALV. STEEL GALV. THRO. WOOD AND CRUI. DIM 1 1/2" DIA. 1 1/2"	MA
9	24	EA	NOT DIPPED GALV. STEEL GALV. THRO. WOOD AND CRUI. DIM 1 1/2" DIA. 1 1/2"	MA
10	5	EA	NOT DIPPED GALV. STEEL GALV. THRO. WOOD AND CRUI. DIM 2" DIA. 2"	MA
11	17	EA	FLEXIBLE METAL CONDUIT 3/4"	MA
12	6	EA	90° ELBOW UNION 3/4" x 3/4" MPT. STEEL, M.S.	UN120
13	11	EA	BEARING FITTING 3/4" MPT. M.P. GALV. LOCK-PROOF, M.S. IRON	FL120
14	22	EA	STRAIGHT UNION 3/4" MPT. M.P. GALV. LOCK-PROOF, M.S. IRON	UN120
15	6	EA	UNION 3/4" MPT. M.P. STEEL, M.S.	UN120
16	11	EA	ENLARGERS 1/2" x 3/4" MPT. STEEL	ENL120
17	1	EA	COUPLING OF 3/4" MPT. AD	MA
18	1	EA	REDUCERS 1 1/2" x 1 1/4" MPT. ALBRON	RED150
19	2	EA	REDUCERS 2" x 1 1/2" MPT. ALBRON	RED200
20	3	EA	REDUCERS 2 1/4" x 2" MPT. ALBRON	RED250
21	5	EA	REDUCERS 1 1/2" x 1 1/4" MPT. ALBRON	RED150
22	1	EA	WEE FOR THRO. HOOD CONDUIT SMALL 1/2" M.S. IRON	HOE150
23	1	EA	BEARING FITTING 1 1/2" MPT. M.P. GALV. LOCK-PROOF, M.S. IRON	FL150

TAG	DESCRIPTION	MODEL
PT-0174	PRESSURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3061TG2P2812ABLSM504
TIT-01726	TEMPERATURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3344MVF1E1BBSM504
TIT-01728	TEMPERATURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3344MVF1E1BBSM504
TIT-01730	TEMPERATURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3344MVF1E1BBSM504
TIT-01732	TEMPERATURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3344MVF1E1BBSM504
TIT-01733	TEMPERATURE INDICATOR TRANSMITTER, ROSEMOUNT	3344MVF1E1BBSM504
TE-01728	TEMPERATURE ELEMENT, RTD PT-100 TYPE, ROSEMOUNT	0078P25000A00124ES
TE-01728	TEMPERATURE ELEMENT, RTD PT-100 TYPE, ROSEMOUNT	0078P25000A00124ES
TE-01730	TEMPERATURE ELEMENT, RTD PT-100 TYPE, ROSEMOUNT	0078P25000A00124ES
TE-01732	TEMPERATURE ELEMENT, RTD PT-100 TYPE, ROSEMOUNT	0078P25000A00124ES
TE-01733	TEMPERATURE ELEMENT, RTD PT-100 TYPE, ROSEMOUNT	0078P25000A00124ES



LEGEND	
---	EXISTENT
---	NEW
Y	# PUMPING UNIT STARTING FROM 1 TO 7

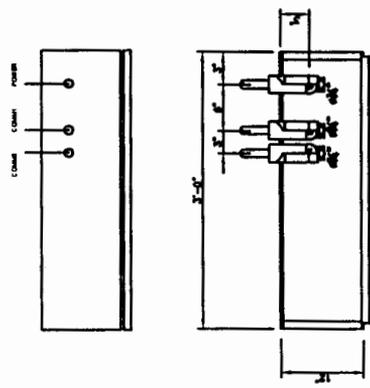
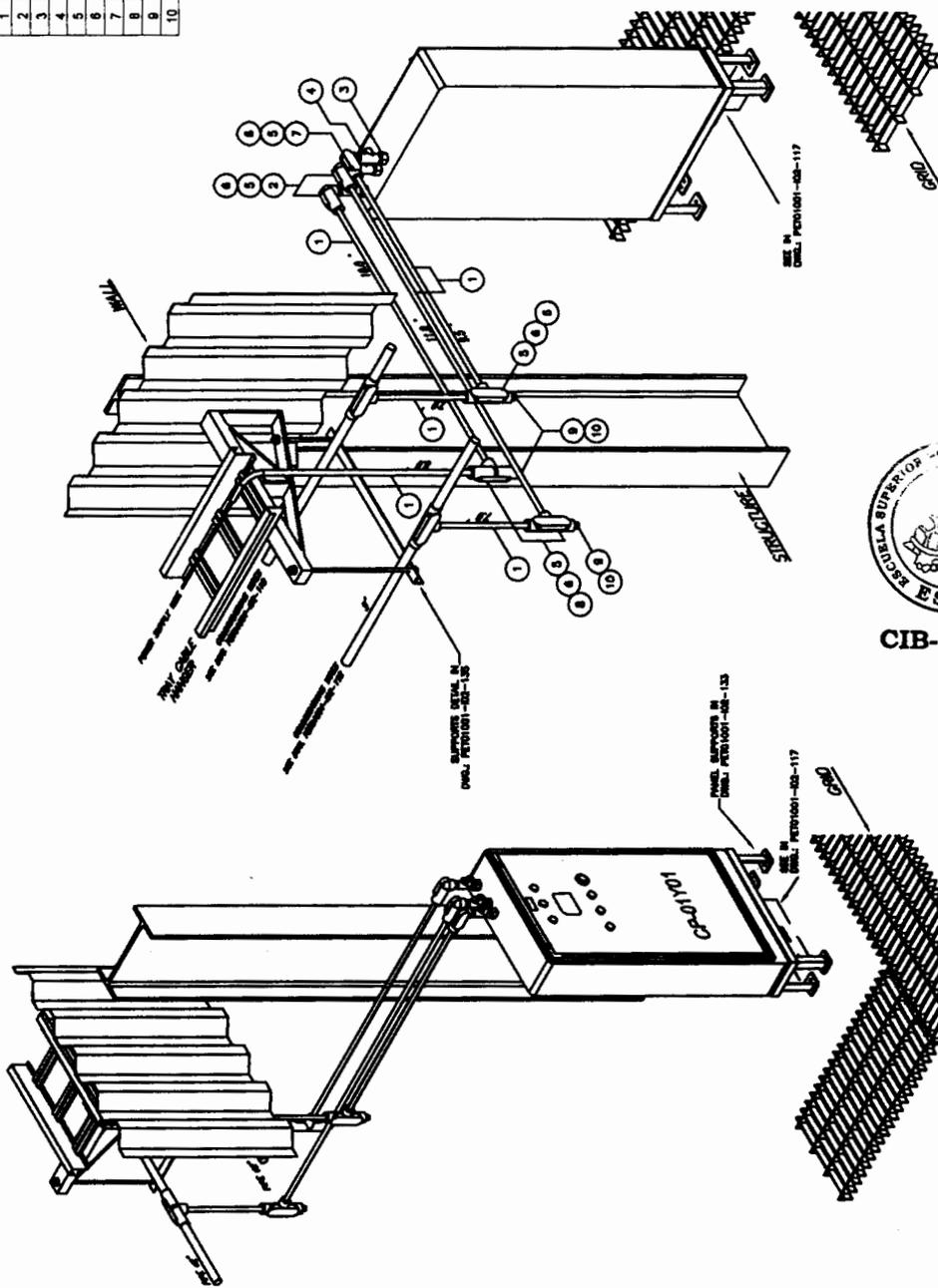
GENERAL NOTES:
 1.- ALL DIMENSIONS FOR REFERENCE ONLY, VERIFY THEM IN FIELD.
 2.- THE CONTENT OF THIS DRAWING AND THE BILL OF MATERIALS ARE FOR 1 PUMPING UNIT



INSTRUMENTATION "SOTE FASE II"
 LAGO AGRIO STATION
 TYPICAL INSTALLATION
 EQUIPMENT CONDUIT DIAGRAM
 ENGINE TEMPERATURES IN JB-01Y04
 DRAW No. PET01001-02-117

BILL OF MATERIAL

ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION	CODE
1	52.5	FT	HOT DIPPED GALV. STL. GALV. THDS. MCPLG. ANSI C80.1, DIAM 3/4"	N/A
2	2	EA	LR TYPE CONDUIT OUTLET BODIES 3/4", GRAYLOY IRON	LR27
3	3	EA	HUB FOR THREADED RIGID CONDUIT, DIAM 3/4", M.L.B. IRON	HUB-79
4	3	EA	SEALING FITTING 3/4" NPT-MF, EXPLOSION-PROOF, M.L.B. IRON	EYS216
5	6	EA	CAST COVER FOR LL, LR, T TYPE CONDUIT OUTLET BODIES 3/4"	Z70
6	6	EA	SOLID GASKET 3/4"	GASK572
7	1	EA	LL TYPE CONDUIT OUTLET BODIES 3/4", GRAYLOY IRON	LL27
8	3	EA	T TYPE CONDUIT OUTLET BODIES 3/4", GRAYLOY IRON	T27
9	3	EA	REDUCERS 3/4" M x 1/2" F NPT, M.L.B. IRON	RR25-50
10	3	EA	DRAINBREATHER 1/2"	EC0890-B



PANEL - UPPERVIEW

LEGEND	
---	EXISTENT
---	NEW

1-# PUMPING UNIT STARTING FROM 1 TO 7

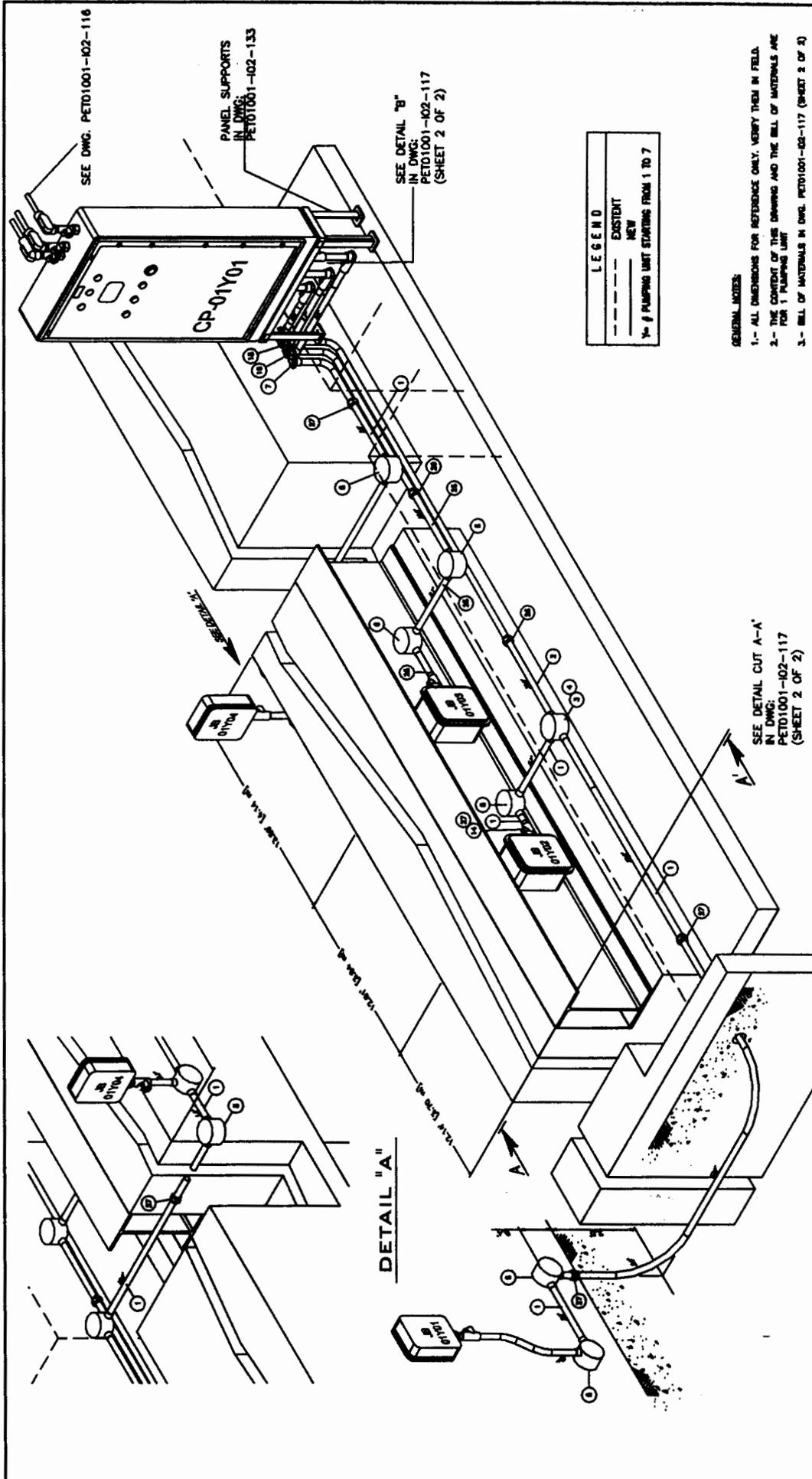
GENERAL NOTES:

- 1- ALL DIMENSIONS FOR REFERENCE ONLY. VERIFY THEM IN FIELD.
- 2- THE CONTENTS OF THIS DRAWING AND THE BILL OF MATERIALS ARE FOR A PUMPING UNIT.
- 3- THE WALL, CABLE TRAY AND STRUCTURE ARE EXISTING.

INSTRUMENTATION "SITE FASE II"
 LAGO AGRIO STATION
 TYPICAL INSTALLATION
 EQUIPMENT CONDUIT DIAGRAM
 INLET CONDUIT TO PANEL FROM CABLE TRAY
 DRAW No: PET01001-002-116



CIB-ESPOL



SEE DWG. PETD1001-102-116

PANEL SUPPORTS
IN DWG.
PETD1001-102-133

SEE DETAIL "B"
IN DWG.
PETD1001-102-117
(SHEET 2 OF 2)

LEGEND	
---	EXISTENT
- - -	NEW
N-#	PUMPING UNIT STARTING FROM 1 TO 7

GENERAL NOTES:

- 1.- ALL DIMENSIONS FOR REFERENCE ONLY. VERIFY THEM IN FIELD.
- 2.- THE CONDUIT OF THIS DRAWING AND THE BILL OF MATERIALS ARE FOR 1 PUMPING UNIT
- 3.- BILL OF MATERIALS IN DWG. PETD1001-102-117 (SHEET 2 OF 3)

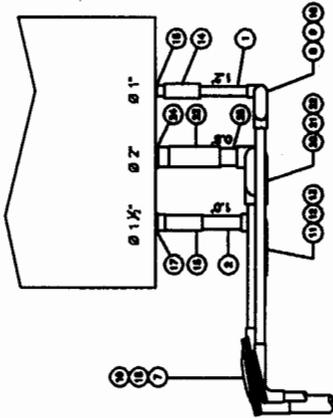
INSTRUMENTATION "SOTE FASE II"

LAGO AGRO STATION
TYPICAL INSTALLATION
EQUIPMENT CONDUIT DIAGRAM

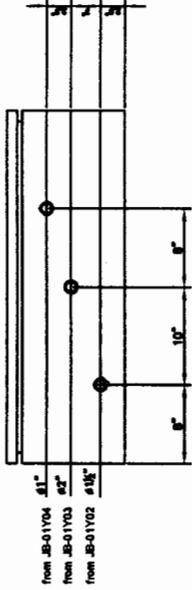
INLET CONDUIT TO PANEL FROM JB'S (SHEET 1 OF 2)
DRAW No: PETD1001-102-117

DETAIL "A"

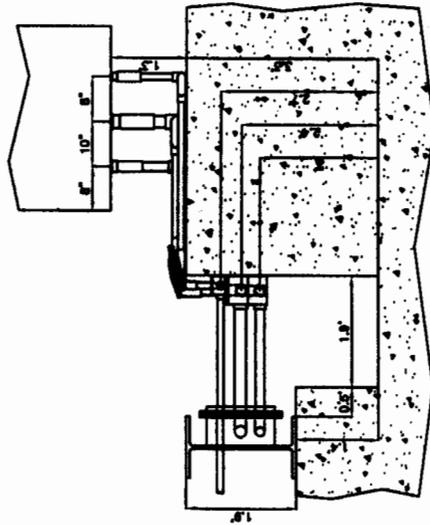
SEE DETAIL CUT A-A'
IN DWG.
PETD1001-102-117
(SHEET 2 OF 2)



DETAIL "B"



PANEL - BOTTOM VIEW



CUT A-A



ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION	CODE
1	81.1	FT	HOT DIPPED GALV. STEEL GALV. THICK W/CLG AND CRD 1.0MM 1/2"	NA
2	39.5	FT	HOT DIPPED GALV. STEEL GALV. THICK W/CLG AND CRD 1.0MM 1/2"	NA
3	1	EA	GRID CONDUIT OUTLET BOX 1 1/2" EXPLOSION PROOF, M.S. IRON	GR100
4	2	EA	REDUCERS 1 1/2" NPT M.S. IRON	GR100
5	5	EA	GRID CONDUIT OUTLET BOX 1" EXPLOSION PROOF, M.S. IRON	GR100
6	2	EA	GRID CONDUIT OUTLET BOX 2" EXPLOSION PROOF, M.S. IRON	GR100
7	1	EA	GRID B/B DOWN 1" EXPLOSION PROOF, M.S. IRON	GR100
8	1	EA	LL TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 1" GRAVLOY IRON	LL37
9	1	EA	CAST COVER FOR LL, LR, T, C TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 1"	GR207
10	1	EA	SOLID GASKET 1"	GR207
11	1	EA	LL TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 1 1/2" GRAVLOY IRON	LL37
12	1	EA	CAST COVER FOR LL, LR, T TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 1 1/2"	GR207
13	1	EA	SOLID GASKET 1 1/2"	GR207
14	2	EA	SEALING FITTING 1" NPT M.F. EXPLOSION PROOF, M.S. IRON	GR505
15	1	EA	SEALING FITTING 1 1/2" NPT M.F. EXPLOSION PROOF, M.S. IRON	GR505
16	1	EA	HUB FOR THREADED RIGID CONDUIT 1.0MM 1/2" STEEL	GR505
17	1	EA	HUB FOR THREADED RIGID CONDUIT 1.0MM 1/2" M.S. IRON	GR505
18	1	EA	GRID B/B DOWN 1 1/2" EXPLOSION PROOF, M.S. IRON	GR100
19	1	EA	GRID B/B DOWN 2" EXPLOSION PROOF, M.S. IRON	GR100
20	1	EA	LL TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 2" GRAVLOY IRON	LL37
21	1	EA	CAST COVER FOR LL, LR, T TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 2"	GR207
22	1	EA	SOLID GASKET 2"	GR207
23	1	EA	SEALING FITTING 2" NPT M.F. EXPLOSION PROOF, M.S. IRON	GR505
24	1	EA	HUB FOR THREADED RIGID CONDUIT 2.0MM 1/2" M.S. IRON	GR505
25	24.9	FT	HOT DIPPED GALV. STEEL GALV. THICK W/CLG AND CRD 1.0MM 1/2"	NA
26	1	EA	UNION 1 1/2" NPT M.F. STEEL M.S.	UN1004R
27	5	EA	UNION 2" NPT M.F. STEEL M.S.	UN1004R
28	1	EA	UNION 2" NPT M.F. STEEL M.S.	UN1004R

LEGEND	
-----	EXISTENT
-----	NEW

N- # PUMPING UNIT STARTING FROM 1 TO 7

GENERAL NOTES:

- 1.- ALL DIMENSIONS FOR REFERENCE ONLY. VERIFY THEM IN FIELD.
- 2.- THE CONTENT OF THIS DRAWING AND THE BILL OF MATERIALS ARE FOR 1 PUMPING UNIT

INSTRUMENTATION "SOTE FASE II"

LAGO AGRO STATION

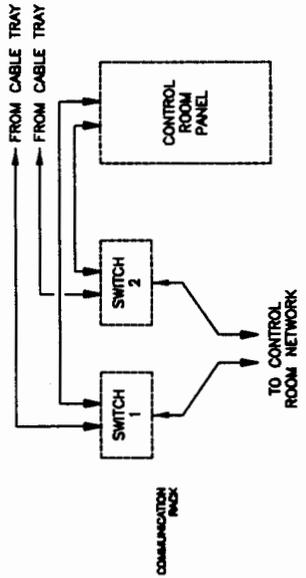
TYPICAL INSTALLATION

EQUIPMENT CONDUIT DIAGRAM

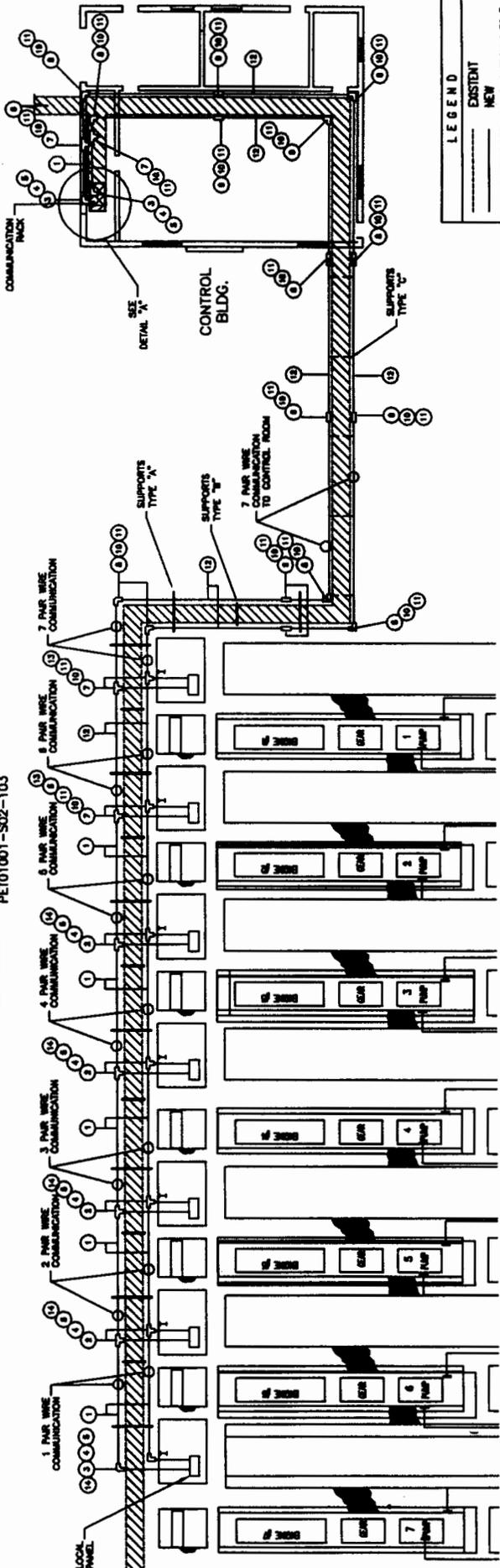
INLET CONDUIT TO PANEL FROM JB'S (SHEET 2 OF 2)

DRAW No: PET01001-02-117

BILL OF MATERIAL		DESCRIPTION	QTY	UNIT	CODE
1	246	PT	HOT DIPPED GALV. STL. GALV. THRO. W/PLG. ANS. C&G.1, DIA. 1"		N/A
2	8	EA	T" TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 1", GRAYLOY IRON		137
3	4	EA	"L" TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 1", GRAYLOY IRON		137
4	12	EA	CAST COVER FOR LL, LR, T, C TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 1"		370
5	12	EA	SOLID GASKET 1"		648673
6	6	EA	REDUCERS 1-1/2" M x 1" F. NPT, M.B. IRON		RB100-100
7	10	EA	T" TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 1-1/2", GRAYLOY IRON		137
8	10	PT	"L" TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 1-1/2", GRAYLOY IRON		137
9	10	EA	"C" TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 1-1/2", GRAYLOY IRON		57
10	22	EA	CAST COVER FOR LL, LR, T, C, TYPE CONDUIT OUTLET BOXES 1-1/2"		570
11	22	EA	SOLID GASKET 1-1/2"		648678
12	478	PT	HOT DIPPED GALV. STL. GALV. THRO. W/PLG. ANS. C&G.1, DIA. 1-1/2"		N/A
13	4	EA	REDUCERS 1-1/2" M x 3/4" F. NPT, M.B. IRON		RB100-75
14	10	EA	REDUCERS 1" M x 3/4" F. NPT, M.B. IRON		RB100-75



DETAIL "A"
SEE DWG. PET01001-S02-103



INSTRUMENTATION 'SITE FASE II'
LAGO AGRID STATION
TYPICAL INSTALLATION
CONDUIT ROUTE FOR COMMUNICATIONS SYSTEM
DRAW No. PET01001-102-118

BIBLIOGRAFIA

1. FAIRBANKS MORSE Engine Division, "Manual de Operación y Mantenimiento del motor FM/ALCO 251"
2. PETROECUADOR Gerencia de Oleoducto, "Manual de Operaciones del Sote", (Primera Edición, Quito, 2001)
3. ZAVALA WASHINGTON, "Análisis de Costos de Construcción de una Línea de Transmisión", Guayaquil: Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Eléctrica, ESPOL, 1987.
4. ACOSTA WILLMAN, "Redes y PERT/CPM – El Método del Camino Crítico", Universidad Nacional Abierta, Caracas – Venezuela.
5. EMERSON, Documentación Técnica para Construcción, Proyecto SOTE Fase II (Primera Revisión, Ecuador, 2002)
6. ROSEMOUNT "Product Manual Transmitter with Foundation fieldbus", (USA, 2000)
7. EARLEY MARK, CALOGERO JOHN Y SHEEHAN JOSEPH, "National Electrical Code Handbook 1996", NFPA, (Séptima Edición, USA)
8. ANTONIO CREUS, "Instrumentación Industrial", (Sexta Edición, España, Marcombo, 1997).
9. DÍAZ PABLO, "Soluciones prácticas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos de distribución", (Primera Edición, México, McGRAW-HILL, 2001).
10. <http://www.fieldbus.org>
11. <http://www.emersonprocess.com>
12. <http://www.woodward.com>

BIBLIOGRAFIA

1. FAIRBANKS MORSE Engine Division, “Manual de Operación y Mantenimiento del motor FM/ALCO 251”
2. PETROECUADOR Gerencia de Oleoducto, “Manual de Operaciones del Sote”, (Primera Edición, Quito, 2001)
3. ZAVALA WASHINGTON, “Análisis de Costos de Construcción de una Línea de Transmisión”, Guayaquil: Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Eléctrica, ESPOL, 1987.
4. ACOSTA WILLMAN, “Redes y PERT/CPM – El Método del Camino Crítico”, Universidad Nacional Abierta, Caracas – Venezuela.
5. EMERSON, Documentación Técnica para Construcción, Proyecto SOTE Fase II (Primera Revisión, Ecuador, 2002)
6. ROSEMOUNT “Product Manual Transmitter with Foundation fieldbus”, (USA, 2000)
7. EARLEY MARK, CALOGERO JOHN Y SHEEHAN JOSEPH, “National Electrical Code Handbook 1996”, NFPA, (Séptima Edición, USA)
8. ANTONIO CREUS, “Instrumentación Industrial”, (Sexta Edición, España, Marcombo, 1997).
9. DÍAZ PABLO, “Soluciones prácticas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos de distribución”, (Primera Edición, México, McGRAW-HILL, 2001).
10. <http://www.fieldbus.org>
11. <http://www.emersonprocess.com>
12. <http://www.woodward.com>