REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL” bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.

- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.

- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA EL PROCESO DE EXTRACCIÓN, ALMACENAMIENTO Y MEDICIÓN DE CRUDO EN LA ESTACIÓN PARAÍSO DE ENAP SIPETROL ECUADOR.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

DAVID ARMANDO QUISPE GUANOLUISA
davjes_arc@hotmail.com

DIRECTOR: ING. LEONARDO JARAMILLO
leonardo_jaramillos@hotmail.com

CODIRECTORA: ING. ANA RODAS
ana.rodas@epn.edu.ec

Quito, junio 2011

DECLARACIÓN

Yo, David Armando Quispe Guanoluisa, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

_____

David Quispe G.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por David Armando Quispe Guanoluisa, bajo mi supervisión.

_____

Ing. Leonardo Jaramillo
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios, quien es la razón de mi vida, quien me ha cuidado, me ha dado las fuerzas durante todo este tiempo y que seguirá guiándome para cumplir mi propósito.

Agradezco a mis padres por todo el esfuerzo que han realizado por mí, por ser mi fortaleza e inspiración, a mis hermanos que han luchado junto a mí todo este tiempo, que han compartido alegrías y tristezas; gracias a ustedes por sus oraciones que me han guiado para llegar a ser quien soy.

Mi gratitud más sincera al Ing. Leonardo Jaramillo y su familia, por su apoyo incondicional, por su guía en el desarrollo de este proyecto, por todo el tiempo dedicado y por cada uno de sus consejos que me han ayudado a crecer profesional y personalmente.

Deseo expresar mi agradecimiento a todo el equipo de trabajo que forma la empresa ENAP SIPETROL ECUADOR, en especial al departamento de mantenimiento, a sus supervisores el Ing. José Mena y el Ing. Darwin López, al Ing. Pablo Moreno superintendente de campo, a los ingenieros Fredy Silva y David Guerra y a todas aquellas personas que se encuentran en el campo que siempre estuvieron dispuestos a brindarme su ayuda.

Mil gracias a la Ing. Ana Rodas por haber aceptado colaborar en el desarrollo de este proyecto de titulación, por su guía y ayuda desinteresada para la culminación del mismo.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a las personas que más amo: a mis padres, José Quispe y Rosa Guanoluisa, y a mis hermanos Oscar, Ivonne y José Andrés; por cada lágrima derramada que me ha demostrado su apoyo incondicional.

A todas las personas que creyeron en mí y que con una sonrisa o una palabra de ánimo supieron levantarme.

A las personas que por uno u otro motivo ya no están conmigo, pero su apoyo fue fundamental en mi vida, en especial a mi abuelita.

Al Ing. Leonardo Jaramillo por ser un pilar fundamental en la culminación de este proyecto.

Finalmente dedico este proyecto a Dios que me ha cuidado y guiado para llegar hasta aquí.

CONTENIDO

RESUMEN.....XIV

PRESENTACIÓN.....XVI

CAPITULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN ALMACENAMIENTO Y MEDICIÓN DE CRUDO ESTACIÓN PARAÍSO

1.1 ANTECEDENTES..... 01
1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA..... 01
1.3 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES..... 02
1.4 DESCRIPCIÓN FACILIDADES DE PRODUCCIÓN CAMPO PBH 03
1.4.1 Área de manifold..... 04
1.4.2 Área de separadores..... 04
1.4.3 Bota de gas……..... 05
1.4.4 Área de tanques producción y almacenamiento..... 06
1.4.5 Sistema de tratamiento de gas..... 07
1.4.6 Sistema de reinyección de agua 07
1.4.7 Sistema de bombeo mecánico..... 08
1.4.8 Sistema de transferencia……..... 08
1.4.9 Área de aire de instrumentos..... 09
1.4.10 Unidad de fiscalización – Unidad LACT……..... 09
1.4.11 Otros tanques…..... 10
1.4.12 Sistema contra incendios..... 10
1.4.13 Sistema de generación de energía eléctrica..... 10
1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO 13
1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO A DESARROLLAR..…… 21

CAPITULO 2: ANÁLISIS DE RIESGO DE INCENDIO EN ESTACIONES DE PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO

2.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS ACTUA..... 23
2.1.1 Descripción sistema contra incendios actual 24
2.1.1.1 Sistema móvil contra incendios..... 25
2.1.1.2 Sistema fijo contra incendios..... 25

2.1.1.2.1 Tanque de agua contra incendios 26
2.1.1.2.2 Sistema de bombeo ……..... 26
2.1.1.2.3 Bombas centrifugas de eje horizontal..... 28
2.1.1.2.4 Monitores y boquillas (Rociadores)..... 29
2.1.1.2.5 Tubería y accesorios…….....30
2.1.1.2.6 Válvulas .....….... 31
2.1.1.2.7 Línea de recirculación…….....31
2.1.1.2.8 Sistema de acopio de agua……..... 32
2.1.1.2.9 Sistema de espuma……..... 32
2.1.2 Análisis de la situación actual……..... 33
2.2 RIESGO DE INCENDIO……..... 39
2.2.1 Clasificación de los riesgos……..... 39
2.2.2 Riesgos leves……..... 39
2.2.3 Riesgos moderados……..... 39
2.2.4 Riesgos altos……..... 40
2.3 CAUSAS DE INCENDIOS EN INSTALACIONES PETROLERAS.. 41
2.4 ACCIDENTES EN ESTACIONES PETROLERAS…… 42
2.4.1 Incendios de líquidos en superficies extensas..... 43
2.4.2 Rebosamiento violento de un líquido por ebullición (Boilover)..... 43
2.4.3 Incendios en forma de bola de fuego…..... 45
2.4.4 Explosión de una nube de gas no confinada (UVCE)..... 45
2.4.5 Explosión de los vapores en expansión de un liquido en ebullición (BLEVE).....45
2.5 ANÁLISIS DE RIESGO DE INCENDIO EN LA ESTACIÓN PARAÍSO.....47
2.5.1 Método DOWN de incendio y explosión……..... 51
2.5.1.1 Factor materia (FM)…….....52
2.5.1.2 Riesgos generales del proceso (F1) ……..... 54
2.5.1.3 Riesgos especiales del proceso (F2) ……..... 54
2.5.1.4 Índice de incendio y explosión……..... 57
2.5.1.5 Factor de penalización para cantidad de material peligroso..... 58
2.5.2 Calculo índice de incendio y explosión (IEF) estación Paraíso…..... 61

2.6 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE MAYOR RIESGOS EN LA ESTACIÓN PARAÍSO 66

CAPITULO 3: DISEÑO AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIOS ESTACIÓN PARAÍSO

3.1 ALCANCE OPERATIVO DEL SISTEMA……..... 68
3.2 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO Y REQUERIMEINTOS DEL SISTEMA……..... 73
3.2.1 Bomba Jockey……. 74
3.2.2 Bomba Eléctrica…….....75
3.2.3 Bomba a Diesel……..…….....75
3.2.4 Rotación de las bombas……..... 76
3.2.5 Arranque…….…….. 77
3.2.6 Instrumentación…….....77
3.2.7 Control de presión…….....78
3.2.8 Controlador…….....78
3.2.9 Fuente de alimentación……..... 79
3.2.10 Alarmas……..…….....79
3.2.11 Cables y diagramas….....…….....80
3.3 DESCRIPCIÓN DE LA INGENIERIA DE DETALLE……..... 81
3.3.1 Diseño del Hardware...……..... 81
3.3.2 Diseño y selección de elementos y módulos de control……84
3.3.2.1 Señales de control…....……..... 84
3.3.2.2 Dimensionamiento y selección de PLC y módulos de entradas y salidas.....90
3.3.3 Dimensionamiento y selección de instrumentos.....93
3.3.3.1 Interruptores de presión..……..…….....94
3.3.3.1.1 Operación……..……..…….....94
3.3.3.1.2 Tipos..……..……..…….....94
3.3.3.1.3 Dimensionamiento y selección de interruptor de presión..... 95
3.3.3.2 Transmisor de presión……..... 100
3.3.3.3 Interruptor de nivel…..……..... 102
3.3.3.3.1 Funcionamiento…..…..……..... 102

3.3.3.3.2 Dimensionamiento y selección de interruptor de presión..... 103
3.3.4 Dimensionamiento de protecciones, controles y accesorios..……105
3.3.4.1 Protecciones…….……..... 105
3.3.4.1.1 Protección sobretensiones……..... 105
3.3.4.1.2 Protecciones corto circuito módulo de control…..... 107
3.3.4.1.3 Protección para bomba Jockey……..... 108
3.3.4.1.4 Protección para bomba Eléctrica……..... 110
3.3.4.1.5 Protección para módulos de entradas-salidas PLC..... 111
3.3.4.2 Controles…..……..……..... 113
3.3.4.2.1 Selector 3 posiciones.……..... 113
3.3.4.2.2 Pulsador rojo y verde…….....113
3.3.4.2.3 Pulsador paro de emergencia tipo hongo…….....114
3.3.4.3 Accesorios...……..…….....114
3.3.5 Dimensionamiento elementos de potencia (contactores)…...……115
3.3.5.1 Contactor para bomba Jockey……...…...……115
3.3.5.2 Arranque de motores de combustión……...…...……115
3.3.6 Dimensionamiento y selección control motor Eléctrico……...……119
3.3.6.1 Análisis de la carga a controlar…….……...……119
3.3.6.2 Dimensionamiento y selección del sistema de control bomba eléctrica…….…...……123
3.3.7 Dimensionamiento y selección alimentación del sistema.....……123
3.3.8 Dimensionamiento y selección respaldo de energía……...……126
3.3.9 Dimensionamiento y selección de alarmas……...……126
3.3.9.1 Sirena……...……126
3.3.9.2 Luz estroboscópica…….……...……127
3.3.10 Diseño de la estructura del panel de control…….……...……..127
3.3.10.1 Ubicación y dimensionamiento del tablero TC-SCI-901……...……128
3.3.10.2 Distribución tablero TC-SCI-901……...……131
3.3.11 Estructura del cableado y rutas de señales……133
3.3.11.1 Dimensionamiento del calibre del cable….……133
3.3.11.1.1 Cable para conexión de instrumentos…….……133
3.3.11.1.2 Cable para conexiones dentro del tablero……..……134
3.3.11.1.3 Cable para conexiones de fuerza de la bombas……134

3.3.11.1.4 Conectores……..……135
3.3.11.2 Entradas digitales (24 VDC)…..……..……136
3.3.11.2.1 Salidas digitales (24 VDC o 120 AC)……..……138
3.3.11.2.2 Entradas analógicas (4 a 20 mA)…..……..……139
3.3.11.2.3 Diseño rutas de cableado…..…..……..……140
3.4 DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL SOFTWARE…..……...150
3.4.1 Estructura del sistema de control..…..……...150
3.4.1.1 Equipo de control……..……150
3.4.1.2 Equipo de monitoreo……..……151
3.4.1.3 Equipo de alarmas……..……...151
3.4.1.4 Equipo de actuadores……..……151
3.4.2 Descripción del programa de control.……..……...153
3.4.3 Estructura del programa de control...……...154
3.4.3.1 Main……..……..……..……155
3.4.3.2 Apagado total……..……...156
3.4.3.3 Modo automático jockey 1...……..……....157
3.4.3.4 Modo manual jockey 1…....……..……....158
3.4.3.5 Modo off jockey 1…….....……..……....158
3.4.3.6 Modo automático jockey 2…….....……....159
3.4.3.7 Modo manual jockey 2…....……..……....160
3.4.3.8 Modo off jockey 2…….....……..……....160
3.4.3.9 Trip Soft Starter...…….....……..……....161
3.4.3.10 Modo automático eléctrica……....……....162
3.4.3.11 Modo manual eléctrica…....……..……....162
3.4.3.12 Modo off eléctrica…….....……..……....163
3.4.3.13 Modo automática mecánica 1…..……....164
3.4.3.14 Modo manual mecánica 1…..…..……....165
3.4.3.15 Modo off mecánica 1…..……....167
3.4.3.16 Modo automática mecánica 2…..……....168
3.4.3.17 Modo manual mecánica 2…..…..……....169
3.4.3.18 Modo off mecánica 2…..……....170
3.4.3.19 Alarma nivel bajo…..…..……....171

CAPITULO 4: INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS

4.1 MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL..... 172
4.1.1 Implementación del diseño externo (External Layout) 172
4.1.2 Implementación de diseño interno (Internal Layout).....173
4.2 INSTALACIÓN ARRANCADOR SUAVE.....174
4.2.1 Dimensiones de montaje y distancias de instalación.....175
4.2.2 Conexiones eléctricas 175
4.2.3 Estructura del arrancador suave.....177
4.2.4 Display y elementos de mando.....178
4.3 CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN ARRANCADOR SUAVE…….....179
4.3.1 Estructura de menús, navegación y parámetros.....179
4.3.2 Rampa de tensión…….....180
4.3.3 Tensión de arranque…….....180
4.3.4 Tiempo de arranque…….....180
4.3.5 Tiempo de arranque máximo….....180
4.3.6 Desaceleración…….....182
4.3.6.1 Regulación del par y deceleración para bomba.....182
4.3.6.2 Tiempo de deceleración y par de desconexión.....182
4.3.6.3 Deceleración para bomba..…….....182
4.4 INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS….....183
4.4.1 Instalación de sensores de presión.....183
4.4.2 Instalación de sensor de nivel…….....186
4.5 CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS….....189
4.5.1 Calibración de interruptor de presión….....190
4.5.2 Calibración válvula de recirculación..….....192
4.6 CONEXIÓN DE BOMBA MECÁNICA 1 194
4.7 CONEXIÓN DE BOMBA MECÁNICA 2 194
4.8 INSTALACIÓN PLC MICROLOGIX 1200.....195
4.8.1 Montaje del controlador……..….....195
4.8.2 Direccionamiento……...……...….....195
4.9 PROGRAMACIÓN PLC MICROLOGIX 1200.....196

4.9.1 Configuración inicial…..……..….....197
4.9.2 Conexiones de comunicación ……..….....197
4.9.2.1 Conexionado……..…..……..….....198
4.9.2.2 Configuración…..……..….....198
4.9.3 Configuración entradas analógicas...….....200
4.9.4 Descarga del programa al PLC…....….....201

CAPITULO 5: PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 PRUEBAS TABLERO DE CONTROL.....204
5.1.1 Inventario del equipo.....204
5.1.2 Armado y cableado del sistema.....205
5.1.3 Pruebas de alimentación.....205
5.1.4 Verificación de las I/O del sistema.....206
5.1.4.1 Verificación entradas digitales….....206
5.1.4.2 Verificación salidas digitales...….....207
5.1.4.3 Verificación entradas analógicas.….....207
5.1.5 Verificación de instrumentos.....208
5.1.6 Verificación de alarmas.....208
5.2 PRUEBAS DEL PROGRAMA DE CONTROL.....208
5.2.1 Pruebas en vacio.….....208
5.2.1.1 Bombas Jockey…….....209
5.2.1.2 Bombas mecánicas….....209
5.2.1.3 Bomba eléctrica.…….....209
5.2.1.4 Pruebas en vacio…….....208
5.3 PRUEBAS DEL SISTEMA FINAL…….....210
5.3.1 Pruebas en modo manual de bombas jockey 1 y 2.....210
5.3.2 Pruebas en modo automático de bombas jockey 1 y 2.....210
5.3.3 Pruebas en modo manual de bomba eléctrica.....211
5.3.4 Pruebas en modo manual de bomba mecánica 1.....211
5.3.5 Pruebas en modo manual de bomba mecánica 2…….....212
5.3.6 Pruebas en modo automático de bomba eléctrica.....212
5.3.7 Pruebas en modo automático de bomba mecánica 1.....212

5.3.8 Pruebas en modo automático de bomba mecánica 2.....212
5.3.9 Pruebas simulando fallo de energía eléctrica……...214

CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES…….....214
6.2 RECOMENDACIONES..…….....216

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....218

ANEXOS…….....219

ANEXO A: FORMATOS ENAP SIPETROL S.A.
ANEXO B: CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS
ANEXO C: PLANOS Y DIAGRAMAS

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo automatizar y controlar el funcionamiento del sistema fijo contra incendios instalado actualmente en la **Estación Paraíso** de **Enap Sipetrol S.A**; este sistema cuenta con los equipos mecánicos necesarios para la protección del proceso de extracción, almacenamiento y medición de crudo; pero no funcionan adecuadamente y trabajan con funciones limitadas (a veces encienden los equipos y otras no).

La última revisión realizada al sistema contra incendios, permitió mejorar las características mecánicas pero se descuidó el control del sistema, por eso la operación del Campo PBH considera necesario implementar un sistema de control abierto que incluya elementos de control modernos y den la flexibilidad de incrementar otros controles en el futuro que garanticen el funcionamiento óptimo del sistema en caso de un incendio.

Por esta razón como primera parte se realizó un análisis e inspección de la planta para conocer los problemas que existen y que no permiten el funcionamiento del sistema actual. Basado en este análisis se investigó como debe funcionar un sistema fijo contra incendios según normas NFPA, y así establecer los criterios y requerimientos para la automatización y control del sistema.

Es así que se dimensionó la instrumentación para medir la presión en la línea de descarga, variable principal en el control del sistema y para medir el nivel en el tanque de agua contra incendios; se dimensionó y calibró los interruptores de presión a la presión a la que deben arrancar automáticamente las bombas en caso de detectar una caída de presión en la línea de descarga debido a la apertura de uno o más monitores lanza agua; se automatizó el sistema de tuberías-rociadores aplicando el método de tubería húmeda por medio de dos bombas jockey que mantendrán presurizado automáticamente el anillo de protección cuando los monitores estén cerrados y el sistema apagado. De esta forma el sistema estará listo para funcionar en cualquier momento y esparcir el agua en caso de incendio con disparo automático.

Como elemento de control se usa un **PLC Micrologix 1200** de la marca ALLEN BRADLEY que se programó y configuró para controlar dos bombas con motor de combustión, una bomba con motor eléctrico, dos bombas jockey, tres interruptores de presión, un trasmisor de presión, un sensor de nivel y la alarma sonora en caso de incendio implementada en este proyecto.

Para la bomba eléctrica fue necesario dimensionar e instalar un arrancador suave que solucione el problema de paro de generación por pico picos de corriente, pues se usaba un sistema de arranque Y–Delta que representaba muchos problemas a la producción de la planta.

Además se implementó un tablero de control local donde se instalaron todos los elementos de control que permiten el funcionamiento del sistema fijo contra incendios en modo manual y en modo automático, este tablero cumple con los requerimientos establecidos por la norma NFPA 20 para la instalación y control de bombas en sistemas contra incendios.

Posterior a la implementación se realizaron las pruebas en modo automático y manual para poner a punto el sistema y así calibrar la válvula de recirculación que controlará que la presión en la línea de descarga siempre este dentro del rango permisible.

PRESENTACIÓN

Enap Sipetrol S.A. es una filial de la Empresa Nacional del Petróleo de Chile (ENAP) y administra en el Ecuador desde enero del 2003 los campos de producción, MDC: Mauro Dávalos Cordero y PBH: Paraíso-Biguno-Huachito.

La Estación Paraíso cuenta con un sistema contra incendios instalado hace 27 años, que en sus inicios fue instalado y operado por Petroproducción, el mismo que ha sufrido una serie de modificaciones y deterioro durante estos años de operación, por este motivo es necesario automatizar y controlar el sistema contra incendios para garantizar su correcto funcionamiento al 100% de su capacidad.

Es así que se ha desarrollado la automatización del sistema fija contra incendios, para el cual se ha investigado y aplicado los criterios que permitan a la empresa seguir con sus estándares de calidad, protección al medio ambiente y a sus trabajadores.

De esta manera en el **capítulo 1** se realiza la descripción del proceso de extracción almacenamiento y medición de crudo, información que permitirá entender el proceso y localizar las áreas más peligrosas dentro de la estación

Partiendo de esta información en el **capítulo 2** se realiza un análisis de la situación actual del sistema contra incendios instalado. Este análisis servirá para reconocer los problemas, describir los equipos y determinar los parámetros y variables de control que no se han tomado en cuenta en el funcionamiento actual y aplicar así las normas que se usarán para automatizar y controlar el sistema.

Junto a este análisis se realiza un estudio de riesgos y exposición detallada de cada una de las áreas que comprende la Estación Paraíso, para lo cual se contempla el análisis mediante el Método Dow (IFE) que determina las zonas de vulnerabilidad con mayor peligrosidad y riesgo de incendio. Además se describen los accidentes que se podrían producir en una estación de producción de petróleo en caso de un incendio y las consecuencias que podrían producir los mismos.

Luego de demostrar cuál es el área de mayor riesgo y conocer que el sistema fijo contra incendios instalado tiene como objetivo proteger esta área; se desarrolla en el **capítulo 3** el diseño y la ingeniera de detalle para implementar la automatización y control del sistema fijo contra incendios que protege el área de tanques y así reducir en lo posible los eventos catastróficos analizados en el **capítulo 2**. El diseño de la automatización y control se realiza mediante criterios basados en las normas internacionales NFPA para el correcto funcionamiento de sistemas fijos contra incendios.

El **capítulo 4** se presenta la puesta en marcha y configuración de los equipos instalados y en el **capítulo 5** se mencionan las pruebas realizadas al sistema.

Finalmente en el **capítulo 6** se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN ALMACENAMIENTO Y MEDICIÓN DE CRUDO ESTACIÓN PARAÍSO

1.1 ANTECEDENTES

Enap Sipetrol S.A. es una filial de la Empresa Nacional del Petróleo de Chile (ENAP), creada el 24 de mayo de 1990, bajo el nombre de Sociedad Internacional Petrolera S.A. (Sipetrol S.A.). Depende funcionalmente de la Línea de Negocios de Exploración y Producción de ENAP que es el área encargada de desarrollar las actividades relacionadas con la exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos.

Sociedad Internacional Petrolera S.A. administra en el Ecuador desde enero del 2003 los campos de producción, MDC: Mauro Dávalos Cordero y PBH: Paraíso-Biguno-Huachito; a través de su filial Enap Sipetrol Sucursal Ecuador. Estos campos están ubicados en la provincia de Orellana, al nororiente del Ecuador y su campamento base se encuentra en el Km. 12 de la vía Coca – Lago Agrio.

La producción de los campos Paraíso Biguno y Huachito (PBH) y Mauro Dávalos Cordero (MDC) alcanzó durante 2009 un total de 5,4 millones de barriles.

1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Los campos de producción Paraíso, Biguno y Huachito están localizados al Oeste del campo Sacha, 17 Km. al noroeste de la ciudad del Coca en la provincia de Francisco de Orellana en la Amazonía Ecuatoriana (Figura 1.1).

La topografía de esta zona es relativamente plana, con una cota media de 250 msnm. El acceso hacia estos campos es a través de carretera y caminos transitables todo el año, desde el campamento base de Enap Sipetrol ubicado en el Km. 12 de la vía Coca-Lago Agrio.

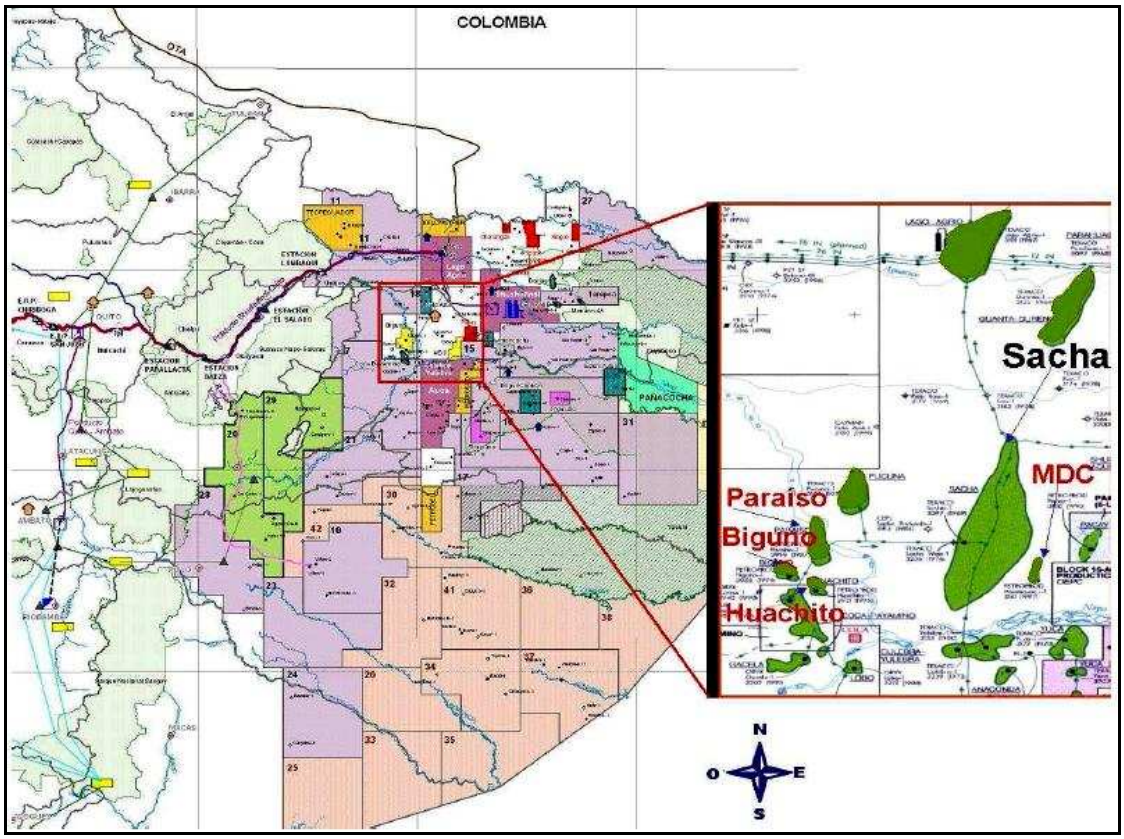


Figura 1.1 – **Ubicación Campo PBH**

Fuente: Ficha de Proyectos – Gerencia de Producción y Desarrollo SIPEC.

1.3 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

La zona donde se encuentran las instalaciones del campo de producción PBH, presenta un clima tropical, con temperaturas entre 25°C y 35°C donde se registra una temperatura media anual (período 1981-2007) de 26,6 ºC.

La distribución temporal de las lluvias a lo largo del año es bimodal, tiene dos períodos de mayor precipitación entre los meses de marzo a junio y de octubre a diciembre, alcanzando su precipitación media mensual máxima en el mes de mayo con un promedio de 326,4 mm.

Los registros de la **Estación Coca-Aeropuerto** establecen un promedio de 79 % anual de humedad. La máxima media anual es de 81 % y la mínima media anual es de 76%. La máxima mensual es de 88% en febrero y la mínima mensual es de 66% en diciembre.

Los valores promedios de nubosidad registrados son 7/8 entre febrero a julio; y 6/8 entre agosto a enero, lo que da un promedio de 7/8.

Los vientos predominantes se originan en el este y el sur; esto indica que la dispersión de polvo o gases se encontrará con mayor frecuencia entre estos dos puntos cardinales. Las velocidades medias mensuales son muy regulares (4 KT / 1 KT= 0.514791 m/s: 1.65325 Km/h). Las bajas velocidades de los vientos en casi todo el año, dificultan una adecuada dispersión vertical del material particulado y las emisiones gaseosas.

1.4 DESCRIPCIÓN FACILIDADES DE PRODUCCIÓN CAMPO PBH

Los campos Paraíso, Biguno, Huachito entregan su producción a la Estación Central de Producción Paraíso denominada CPF, que está ubicada a 10 Km. de la ciudad El Coca.

La Estación Paraíso es una planta de producción que se utiliza para la extracción, almacenamiento y medición de crudo. En ella se deshidrata y desgasifica el crudo proveniente de los distintos pozos productores de los campos Paraíso, Biguno y Huachito. El petróleo ya tratado y con menor grado BSW (Basic Sediment and Water; corte de agua) es enviado a la Estación Sacha Central de PETROPRODUCCION.

Figura 1.2 – **Estación Paraíso**

Fuente: Memoria Anual 2009 Publicación Internacional Enap Sipetrol.

En la Estación Paraíso se maneja alrededor de 26,500 BFPD (Fuente: Departamento de Producción) y el agua producida al separar el crudo es reinyectada en las formaciones Tiyuyacu y Orteguaza.

La Estación Paraíso actualmente cuenta con los siguientes equipos usados para realizar el proceso de producción de petróleo:

1.4.1 ÁREA DE MANIFOLD

Está compuesta de tres cuerpos con 15 entradas activas. Recibe el fluido (crudo) con una presión que varía entre 28 y 34 PSI.

Es parte del sistema de tuberías de cargue y manejo del crudo proveniente de los pozos, en el cual confluyen varios tubos y válvulas, que permiten direccionar el fluido hacia los separadores para seguir con el proceso de extracción de petróleo.

Figura 1.3 – **Manifold de entrada**

1.4.2 ÁREA DE SEPARADORES

La estación tiene instalados tres separadores bifásicos, uno de prueba de 4,000 BFPD de capacidad y dos de producción de 8,000 BFPD cada uno, siendo ésta la capacidad nominal con la que fueron diseñados inicialmente, actualmente el tiempo de residencia de los fluidos dentro del separador ha sido modificado, alterando así su capacidad de procesamiento inicial, permitiendo procesar el fluido de los tres campos. La presión de trabajo es de 21 a 25 PSI.

Su finalidad es separar la mayor cantidad de agua de formación y gas, es decir se realiza la separación de los tres fluidos del yacimiento: gas, emulsión (mezcla agua-petróleo) y agua salina.

Los objetivos de los equipos de esta área son: producir un caudal estabilizado de petróleo, maximizar la recuperación de hidrocarburos líquidos y minimizar los costos de compresión, cuando se utilice el gas.

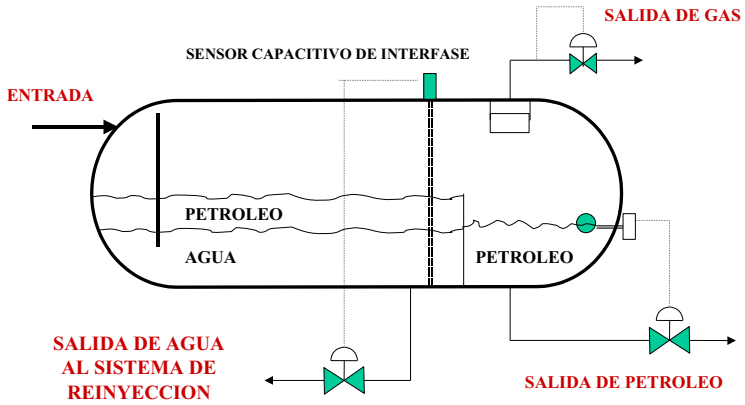


Figura 1.4 – **Separador de Producción**

1.4.3 BOTA DE GAS

Recibe el crudo caliente proveniente de los separadores. En la bota se desgasifica el crudo a presión atmosférica, el gas separado es enviado al sistema de tratamiento de gas y el crudo es direccionado hacia el tanque de lavado. A través de placas colocadas alternadamente dentro de la bota, se produce una liberación de gas.

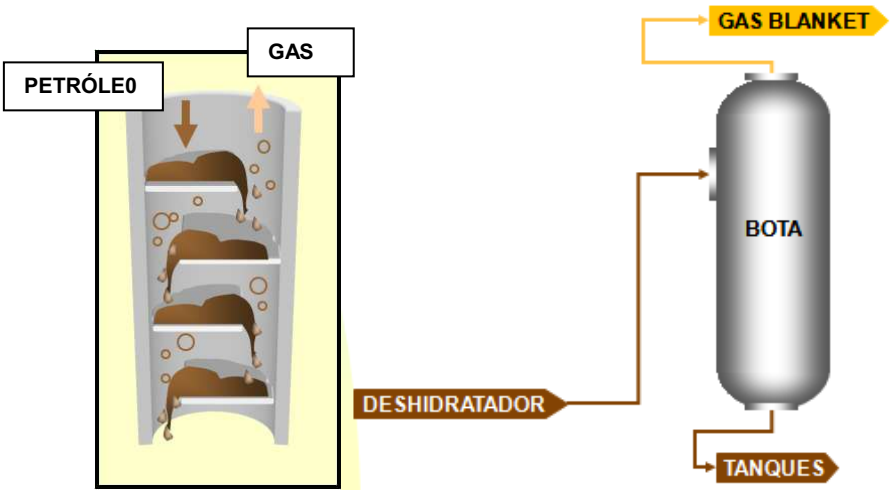


Figura 1.5 – **Bota de Gas**

1.4.4 ÁREA DE TANQUES PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO

Se tiene un tanque de lavado (WASH TANK) de 12,500 Bbl que es su capacidad de construcción y dos tanques de almacenamiento de 12,500 Bbl.

En los tanques de producción se lleva a cabo otra separación de aceite y agua, remoción de gas y remoción de sólidos, que se acumulan en la parte baja del tanque.

La función de los tanques de almacenamiento es almacenar el crudo tratado, el mismo que está en condiciones adecuadas para su entrega, esto es, con un BSW menor al 1% y un grado API alrededor de 15.

TANQUE	DIAMETRO	ALTURA	CAPACIDAD
Lavado	42 ft	50 ft	12500 bbls
Estabilización	42 ft	50 ft	12500 bbls
Oleoducto	42 ft	50 ft	12500 bbls

Tabla 1.1 – **Características Tanques**

Fuente: Descripción de Equipos-Departamento de Producción Enap Sipetrol.

Figura 1.6 – **Área de Tanques**

1.4.5 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE GAS

Parte del gas separado proveniente de los separadores bifásicos es procesado en el SCRUBBER que está dentro de la Estación Paraíso, luego el gas es dirigido a

la locación del Paraíso 12, donde pasa por un condensador vertical, posteriormente este gas obtenido del tratamiento es usado para la generación de energía eléctrica por medio de GENERADORES WAUKESHA . El gas restante proveniente de los separadores es quemado en el mechero.

1.4.6 SISTEMA DE REINYECCIÓN DE AGUA

El agua proveniente del tanque de lavado y del tanque de surgencia es almacenada en dos tanques donde son añadidos los químicos requeridos para dar el tratamiento adecuado al agua de manera que ésta cumpla con los parámetros ambientales establecidos para ser reinyectada. Luego pasa por dos bombas booster y posteriormente por las bombas centrifugas horizontales obteniendo una presión de 1,500 PSI.

El 100% de agua producida es reinyectada en los pozos Paraíso 9 y Paraíso 13 en las formaciones **Tiyuyacu y Hollín Superior** respectivamente.

El sistema de reinyección de agua está constituido por:

- ✓ Dos tanques pulmón, capacidad de 500 Bbl cada uno.
- ✓ Don bombas Booster, presión descarga 60 PSI.
- ✓ Dos bombas horizontales. Presión de descarga normal de 2,700 PSI (Presión máxima de descarga 3,000 PSI, presión mínima de succión 60 PSI).

Figura 1.7 – **Bomba Horizontal Sistema de Reinyección**

1.4.7 SISTEMA DE BOMBEO MECÁNICO

Este sistema está constituido por:

- ✓ Dos bombas Booster, presión de descarga de 40 PSI. Motor CAT: 3304BD1 / Potencia: 90 HP.
- ✓ Cinco bombas con presión de descarga de 4,000 PSI.

UNIDAD POWER OIL	MOTOR CATERPILLAR		BOMBA NATIONAL TRANSFERENCIA		ACUMULADOR HIDRILL
	MOTOR	POTENCIA HP	RATING	CAPACIDAD	MODELO
1	CAT 3406	322	275 HP	3.5 GLS US	IP2 - 1/2 - 6000
2	CAT 3406	322	275 HP	3.5 GLS US	3000-5H
3	CAT 3406	368	275 HP	3.5 GLS US	IP2 - 1/2 - 6000
4	CAT 3406	300	275 HP	3.5 GLS US	IP2 - 1/2 - 6000
5	CAT 3406	342	275 HP	3.5 GLS US	SIN PLACA

Tabla 1.2 – **Características de las Unidades Power Oil**

Fuente: Descripción de Equipos-Departamento de Producción Enap Sipetrol.

Figura 1.8 – **Área de Power Oil**

1.4.8 SISTEMA DE TRANSFERENCIA

Este sistema es usado para transferir el petróleo almacenado en los tanques, luego de realizar el análisis de BSW, hacia la Estación Sacha Central de PETROPRODUCCION; donde se realiza la contabilidad de los barriles de petróleo entregados. Este sistema consta de los siguientes equipos:

- ✓ Dos bombas Booster.
- ✓ Dos bombas de transferencia.
- ✓ Dos contadores ACT.

	MOTOR GENERAL ELECTRIC				WORTHINGTON PLUNGER PUMP			BOMBA BOOSTER DE OLEODUCTO WORTHINGTON		
N°	HP	RPM	VOL	AMP	CAPACIDAD	Psucción	Ptrabajo	MODELO	TAMAÑO	IMPLR/DIA
1	100	1789	230/460	238/119	39.7 m3/h	Flooded	41,4 bar	D1011	3x2x13"	11.8
2	100	1780	460	120	39.7 m3/h	Flooded	41,4 bar	D1011	4x2x13"	11.8

Tabla 1.3 – **Características de las Unidades de Transferencia**

Fuente: Descripción de Equipos-Departamento de Producción Enap Sipetrol.

Figura 1.9 – **Worthington Plunger Pump**

1.4.9 ÁREA DE AIRE DE INSTRUMENTOS

En esta área se encuentran dos compresores que funcionan alternadamente, que son los encargados de entregar el aire para los instrumentos neumáticos usados en toda la estación, principalmente para las unidades POWER OIL, pues son unidades que utilizan todavía un control neumático en su totalidad.

1.4.10 UNIDAD DE FISCALIZACIÓN-UNIDAD LACT

La función de los medidores de turbina DANIEL es contabilizar el caudal o flujo que pasa a través de una tubería. Esta unidad requiere de una calibración periódica para comprobar si están midiendo el volumen que pasa en realidad.

La unidad LACT **(Lease Automatic Custom Transfer)** o Unidad automática de control y medida de entregas es un instrumento para medir la cantidad y calidad de crudo que se transfiere hacia la estación SACHA CENTRAL de bombeo.

1.4.11 OTROS TANQUES

Además de los tanques anteriormente descriptos en la Estación Paraíso se encuentran otros tanques principalmente de almacenamiento.

Tanques para combustible: Tanque 1- con capacidad máxima de 25,260 gls.
Tanque 2- con capacidad máxima de 19,552 gls.

Tanques para agua: El agua aquí almacenada es usada para el sistema contra incendios con capacidad máxima de 1,500 bbls.

Tanques para enfriamiento de agua: Capacidad máxima de 4,600 gls.

Tanques para químicos: tienen capacidad de 55,120 y 330 gls. y están distribuidos estratégicamente en la Estación.

1.4.12 SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Este sistema que es el punto central de este proyecto y será analizado con mayor detalle en los capítulos siguientes.

En general es un sistema constituido por un sistema de espuma y un sistema de agua.

1.4.13 SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Actualmente el combustible más usado en la Estación Paraíso para la generación de energía eléctrica es el diesel, con generadores CATERPILLAR.

El área de generación está ubicada en la plataforma Paraíso 12, donde se cuenta con tres generadores a diesel Caterpillar (dos en funcionamiento y uno en Stand By) y un generador a gas Waukesha de 1,200 KW.

Desde esta locación se distribuye la energía hacia la Estación Paraíso CPF y las plataformas de PSO-07, PSO-10 y PSO-11.

El sistema de generación es un sistema critico, pues la bombas electrosumergibles usadas para la extracción de crudo en cada uno los pozos, dependen directamente de la generación que se tenga en la plataforma PSO-12.

Por este motivo ENAP SIPETROL SUCURSAL ECUADOR está en fase de implementación de un proyecto eléctrico que permitirá traer la energía generada a través de una línea de alta tensión desde la Estación MDC, donde se genera energía usando únicamente el gas que se produce de la extracción de petróleo., esto es usando seis generadores Waukesha a gas.

De esta forma los generadores que se encuentran en la Plataforma PSO-12 quedaran con un sistema de Back Up en caso de caída de tensión en las líneas de transmisión.

Con este proyecto el Lifting Cost que se tiene en la Estación Paraíso disminuirá notablemente mejorando y aumentando las ganancias de producción.

GENERACIÓN CAMPO PBH (Enero 2006)			
N°	**Locación**	**Tipo**	**Potencia KW**
1	PSO-12	Waukesha	1200
2	PSO-12	Cat.3412	545
3	PSO-12	Cat.3408	365
4	PSO-12	Cat.3406	325
5	Biguno	Cat.3412	750
6	Huachito	Cat.3406	354

Tabla 1.4 – **Características de Generadores Actuales**

Fuente: Descripción de Equipos-Departamento de Producción Enap Sipetrol.

En la **figura 1.10** que se presenta a continuación se puede observar de manera global la distribución de cada una de las facilidades en el Estación Paraíso.

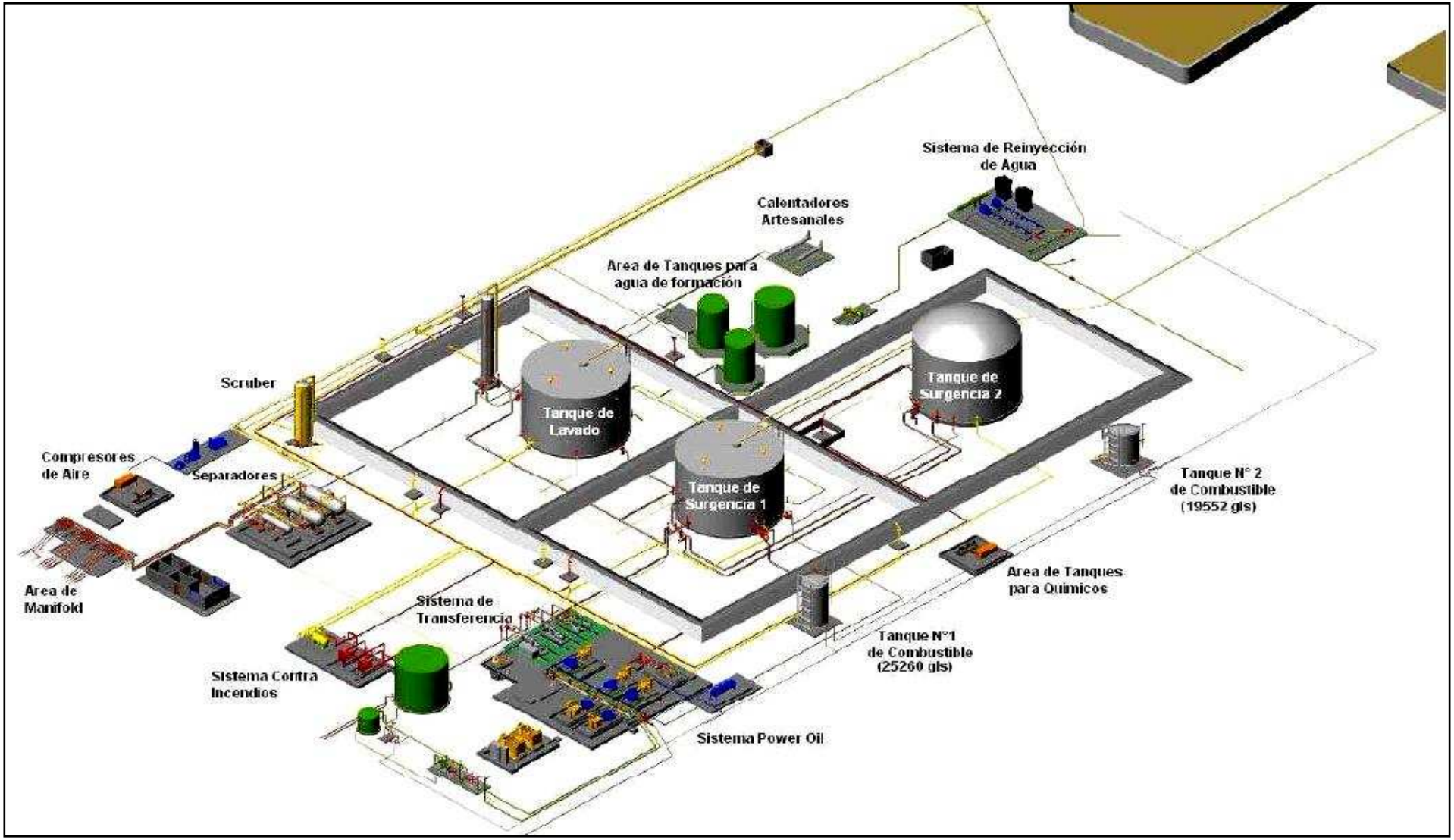


Figura 1.10 – **Facilidades de Producción en la Estación Paraíso**
Fuente: Departamento de Producción Enap Sipetrol.

1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO

El fluido de un yacimiento petrolero está formado por agua salina, petróleo, y gas, los mismos que pueden venir mezclados o separados parcialmente de acuerdo a las condiciones de presión y temperatura en el sitio donde se encuentren.

Debido a que el yacimiento se encuentra a miles de pies de profundidad del suelo, la cantidad de tierra y rocas que hay encima de éste ejercen grandes presiones (miles de libras por pulgada cuadrada o psi) sobre el gas y crudo contenidos en el yacimiento.

Por ese motivo para la extracción de crudo en los **Campos PBH** se usa una técnica denominada **Bombeo Eléctrico Sumergible**; el cual consiste en bajar una bomba accionada con un motor eléctrico hacia el fondo del pozo para impulsar el fluido hacia la superficie.

Este sistema se basa en el principio del movimiento rotativo de una bomba centrifuga conectada a un motor eléctrico sumergible, el equipo es colocado a una profundidad determinada en el pozo, esta profundidad debe ser bajo el nivel dinámico del fluido.

La bomba sumergible debido a la acción del movimiento rotatorio de los impulsores da energía al fluido, aumentando su presión.

El bombeo electrosumergible es un sistema integrado de **levantamiento artificial** considerado como un método económico y efectivo para producir altos volúmenes de fluido desde grandes profundidades, en una amplia variedad de condiciones de pozos.

Este tipo de levantamiento es más aplicable en yacimientos con altos volúmenes de fluido, altos porcentajes de gua y baja relación gas-petróleo. Sin embargo en la actualidad estos equipos han obtenido excelentes resultados en la producción de fluidos de alta viscosidad, en pozos gasíferos, en pozos con fluidos abrasivos, en pozos con altas temperaturas y de diámetros reducidos.

El sistema integrado de bombeo electro sumergible consta de dos secciones principales: el equipo de fondo y el de superficie.

El **equipo típico de superficie** comprende de un transformador primario, un panel de control del motor (variador de frecuencia), caja de conexiones, un transformador secundario (cuando se usa variador de velocidad), un cabezal de pozo, cables de potencia, bomba, separador de gas, motor eléctrico, la unidad PSI y la caja de venteo.

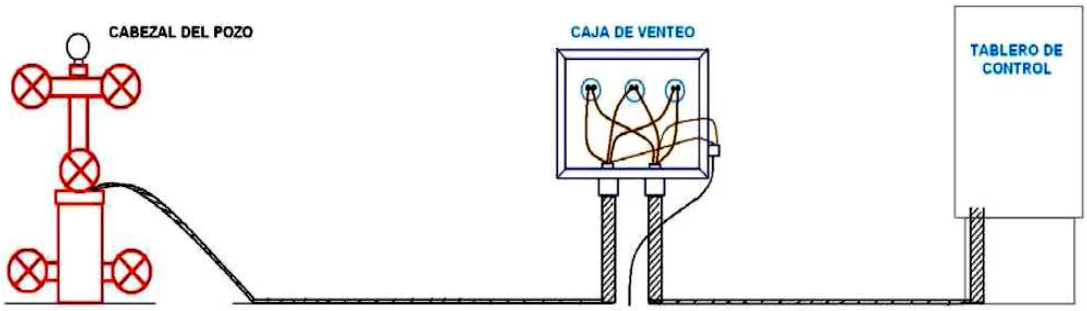


Figura 1.11 – **Diagrama Ilustrativo de una Caja de Venteo**

Figura 1.12 – **Equipo de Superficie**

Los elementos del **equipo de fondo** tienen la función de levantar la columna de fluido con la presión necesaria para que el pozo produzca. Consta de: un motor eléctrico, un sello, un separador de gas, una bomba electrocentrifuga y el cable de potencia.

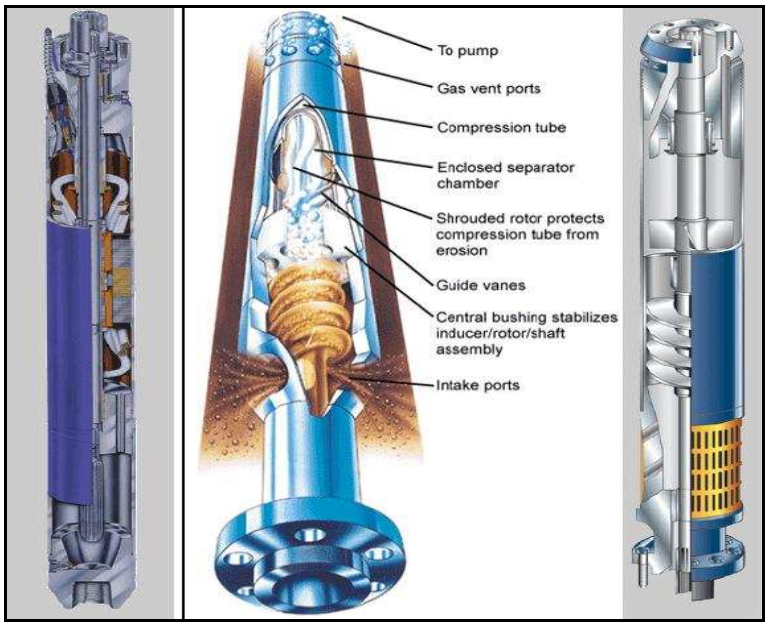


Figura 1.13 – **a) Motor b) Separador de gas**

El **cable eléctrico** es el encargado de transmitir la energía necesaria hacia el motor y debe ser diseñado específicamente para cada aplicación. Los cables eléctricos son cuidadosamente aislados y pueden ser de tipo plano o redondo, para trabajar en temperaturas que pasan los 300°F.

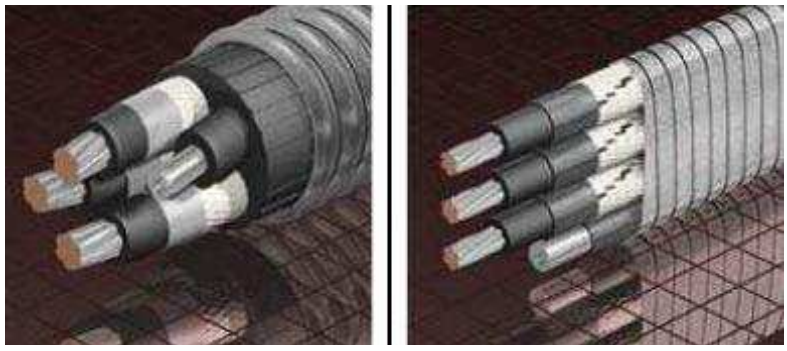


Figura 1.14 – **Cable Reda (Cable eléctrico con capilar)**

Así el fluido multifásico proveniente de los pozos, que fue extraído por las bombas electrosumergibles, se conecta a la entrada de la estación en el **manifold de entrada**, que permite direccionar el fluido hacia los separadores dependiendo del pozo que este activo en ese momento.

De esta forma el primer equipo que va a liberar dichas fases (agua-petróleo-gas) en un alto porcentaje es el **separador de producción**, que es un cilindro

horizontal con unos dispositivos internos para obtener por la parte superior una corriente de gas con la menor cantidad de líquidos en suspensión; y, una corriente de líquido por la parte inferior con la menor cantidad de gas disuelto.

Las variables que favorecen la separación de fases son la temperatura, adición de demulsificantes y rompedores de espuma, tiempos de residencia o tratamiento mayores; y, dispositivos internos como deflectores, extractores de niebla, eliminadores de flujos intermitentes y otros.

Las secciones básicas de las que está constituido un separador son:

Separación primaria: la mezcla gas-líquido que ingresa golpea en un dispositivo produciéndose un fuerte cambio de momento, se obtiene la mayor cantidad de líquido y se reducen las turbulencias.
Separación secundaria: o de asentamiento por gravedad y su objetivo es remover las gotas de líquido.
Extracción de niebla: se remueven las gotitas de líquido que arrastra el gas, el mecanismo es el cambio de dirección al atravesar caminos sinuosos.
Almacenamiento: en separadores de dos fases los líquidos están en la fase inferior y para tres fases se dispone de un compartimiento para la descarga del petróleo. El objetivo es almacenar y maximizar el área de interfaz gas-líquido. La capacidad debe ser diseñada para manejar posibles baches de líquido, con la finalidad de que no sea arrastrado por la corriente de gas.

Los **demulsificantes** que se agregan al crudo sirven para realizar una separación eficaz del agua en el crudo. Los demulsificantes debilitan la **emulsión directa (W/O) o la inversa (O/W)**, haciendo que la cohesión entre las sustancias se debilite, permitiendo la separación del agua y del crudo.

El rompimiento de la emulsión depende de:

- ✓ Punto de aplicación del producto químico
- ✓ Temperatura
- ✓ Agitación
- ✓ Tiempo de residencia

El **rompedor inverso** actúa sobre la emulsión inversa (O/W) y su objetivo es eliminar los residuos de aceite que quedan en el agua. Estos dos productos se aplican entre la cabeza del pozo y la entrada a los tanques.

En la Estación Paraíso además de los separadores de producción se cuenta con un **separador de prueba** que está equipado con instrumentación neumática para el control de nivel, un medidor tipo turbina a la salida de la fase líquida y un medidor tipo placa orificio para la fase de gas, el flujo de gas se registra en una cartilla circular y se lo lleva a producción para los cálculos respectivos.

Para realizar las pruebas de producción de un pozo, éste se alinea para ser probado por un periodo de 12 a 24 horas, dependiendo de la mínima variación de flujo de producción en el tiempo, se mide la producción del mismo, así como también se miden las propiedades como los grados API, BS&W, temperatura, etc.

Figura 1.15 – **Área de Separadores**

Una vez realizado este proceso en los separadores, durante el tiempo de residencia que se requiera, el fluido se direcciona hacia la **bota de gas.**

La **bota de gas** recibe el crudo caliente proveniente de los separadores, y es aquí donde se desgasifica (elimina el remanente de gas) el crudo a presión atmosférica, el gas separado es enviado al sistema de tratamiento de gas y el crudo es direccionado hacia el tanque de lavado.

En el **tanque de lavado (WASH TANK)**, que generalmente es de color negro para atraer los rayos solares y de esta manera contribuir al calentamiento del tanque; se realiza la separación crudo-agua (deshidratación), es decir en el tanque de lavado se lleva a cabo: separación de aceite y agua, remoción de gas y remoción de sólidos, que se acumulan en la parte baja del tanque, estos fluidos se separan de acuerdo con su gravedad específica.

Figura 1.16 – **Tanque de Lavado y Bota de Gas**

Lo que queda de gas natural se separa del líquido y mediante un tubo de ventilación sale de los tanques hacia la tea (mechero) de baja presión.

El nivel del colchón de agua en el tanque es monitoreado manualmente con la utilización de una cinta y asistido mediante un visor de nivel, el mismo que en operación normal debe estar a una altura de 10 pies.

El agua que se forma en el fondo del Tanque de reposo es recirculada al tanque de lavado, mediante una bomba de recirculación.

El petróleo separado de los componentes no deseables ocupa la parte superior del tanque y fluye hacia los tanques de producción o tanques de reposo donde nuevamente se realiza la separación del agua remanente.

Uno de los parámetros importantes que se debe estar monitoreando en todo este proceso es el BS&W, mediante el cual se evalúa la calidad del crudo.

Para hacer esta prueba (norma ASTM D4007) se usa un demulsificante de laboratorio. Por norma, el BSW no debe ser mayor del 0.5%, y en el caso de ENAP SIPETROL se controla que esté por debajo del 0.2%.

El control del BSW se hace en: el tanque de lavado; esta medida nos indica el efecto del demulsificantes y la necesidad de hacer un ajuste en la dosis y en la transferencia de las facilidades, para evitar enviar crudo fuera de especificaciones.

Una vez que se ha dado la separación del crudo y el agua, el crudo es enviado a los **tanques de almacenamiento** o también denominado **tanque de Oleoducto** y el agua sigue su tratamiento.

Figura 1.17 – **Tanque de Oleoducto**

Este petróleo almacenado en los tanques es contabilizado en la **UNIDAD LACT** y posteriormente enviado usando las unidades de transferencia hacia la ***Estación Sacha Central de PETROPRODUCCIÓN***.

El agua proveniente del tanque de lavado y del tanque de surgencia es almacenada en dos tanques donde son añadidos los químicos requeridos para dar el tratamiento adecuado al agua de manera que esta cumpla con los parámetros ambientales establecidos para ser reinyectada.

El agua de reinyección debe tener las siguientes características:

- ✓ No debe contener sólidos, para prevenir daños en las bombas de inyección y/o daños en la formación del yacimiento.
- ✓ Debe ser poco corrosiva (contener poco oxígeno y otros gases).
- ✓ No debe formar incrustaciones
- ✓ No debe permitir la proliferación de microorganismos nocivos.

Luego de ser filtrada, al agua se le agrega:

- ✓ Secuestrante de Oxígeno (Cortron JRU 209)
- ✓ Inhibidor de corrosión (Cortron EXP C47)

El monitoreo al agua de inyección se los realiza de la siguiente manera:

- ✓ Semanal: O/W, pH, hierro y SST.
- ✓ Bimestral: Velocidad de corrosión y oxígeno disuelto.
- ✓ Periódicamente: Cultivo de bacterias sulfato-reductoras.

Luego esta agua es succionada por dos bombas Booster que empaquetan la succión de las bombas horizontales que finalmente reinyectan el agua, obteniendo una presión de 1,500 PSI. El 100% de agua producida es reinyectada en los pozos Paraíso 9 y Paraíso 13 en las formaciones Tiyuyacu y Hollin Superior respectivamente.

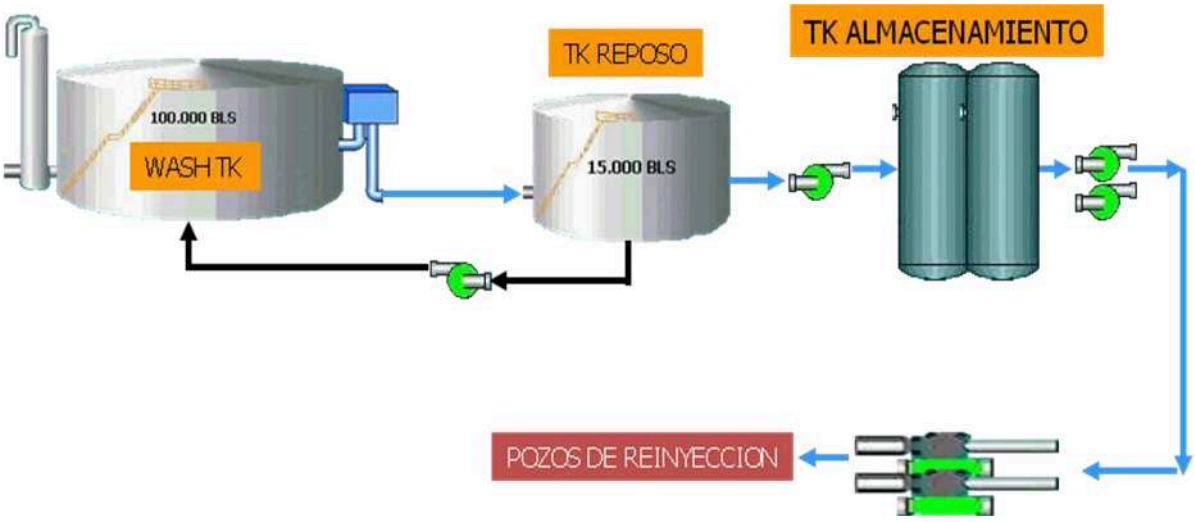


Figura 1.18 – **Flujo del Agua de Formación**

Finalmente la planta de generación de la estación Paraíso cuenta con los generadores antes descritos, y uno de los usos que se le da al gas obtenido de la separación del crudo es la generación de energía eléctrica a través de un generador Waukesha de 1,200 KW.

El gas proveniente de los separadores de producción va hacia un Scrubber de gas donde se realiza un tratamiento al gas para que pueda ser utilizado por la unidad de generación Waukesha y el remanente es quemado en el mechero.

1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO A DESARROLLAR

Una vez explicado el proceso de extracción almacenamiento y medición de crudo, se observa que existen riesgos altos de producirse un incendio, de ahí la importancia de contar con un sistema contra incendios que garantice la protección y seguridad del personal y de las instalaciones de la planta.

La Estación Paraíso cuentan con un sistema contra incendios instalado hace algunos años; su funcionamiento durante todo este tiempo ha sido defectuoso y por esta razón se encuentra fuera de operación. El sistema contra incendios de la Estación Paraíso dejó de funcionar debido a las siguientes causas:

- ✓ El sistema no cuenta con la automatización y el control que garantice el correcto funcionamiento del proceso de extinción de incendios.
- ✓ El encendido de las bombas se realiza por tiempos, sin medir la presión de la línea de descarga que es la variable de control.
- ✓ El sistema no cumple normas básicas de funcionamiento para ser un sistema contra incendios de un proceso tan crítico.
- ✓ No existe un control adecuado de la línea de recirculación de agua que evite que el sistema se presurice en condiciones anormales de funcionamiento.
- ✓ El arranque de la bomba con motor eléctrico se realiza usando un arranque Y-Delta, que genera picos grandes de corriente, produciendo apagones del sistema de generación.
- ✓ Las bombas con motor de combustión no arrancan.

- ✓ No existe la instrumentación necesaria para monitorear y controlar el sistema.

Por esta razón el presente proyecto tiene como objetivo automatizar y controlar el sistema contra incendios, para esto se procederá a realizar:

- ✓ Descripción del proceso en la Estación Paraíso.
- ✓ Análisis de la situación actual del sistema contra incendios instalado en el Estación Paraíso.
- ✓ Determinación de parámetros y variables de control para el funcionamiento del sistema contra incendios según normas.
- ✓ Desarrollo de la ingeniería de detalle para la automatización y control del sistema.
- ✓ Diseñar el circuito de control y programarlo en el PLC.
- ✓ Dimensionar, configurar, instalar y probar la instrumentación.
- ✓ Dimensionar, configurar, instalar y realizar pruebas de funcionamiento del sistema de control de bombas Jockey, bomba-motor eléctrica y bomba-motores de combustión.
- ✓ Calibrar la válvula en la línea de recirculación.
- ✓ Diseñar e implementar un panel de operación en modo manual.
- ✓ Elaboración de planos as-built, diagramas de control y P&ID del sistema automatizado.
- ✓ Implementar todo el sistema de control y realizar pruebas de funcionamiento.
- ✓ Entregar el sistema contra incendios automatizado funcionando al 100% de su capacidad

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE RIESGOS DE INCENDIO EN ESTACIONES DE PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO

En la normativa actual referente a la prevención y protección contra incendios se describen las protecciones contra incendios que debe tener una empresa, en virtud del grado de riesgo de incendio que ésta representa. Este grado de riesgos se determina con base a factores como número de personas en el lugar, metros cuadrados, kilogramos de sólidos combustibles, líquidos combustibles y líquidos inflamables o explosivos; una vez analizada el conjunto de esta información, se determina el grado de riesgo.

De este grado de riesgo se determina la necesidad del tipo de protección que empieza desde la instalación de extintores, alarma contra incendios y sistema fijo contra incendio.

Por este motivo este capítulo se centra en la evaluación del sistema actual, la evaluación de riesgos, tipos de riesgos, accidentes y causas de incendios en estaciones de producción de petróleo; información que nos permitirá sustentar el diseño de la automatización y además realizar el estudio para demostrar porque la Estación Paraíso ha instalado el sistema contra incendios actual.

De esta forma al automatizar el sistema y garantizar su funcionamiento al 100% de su capacidad, se salvaguarda la integridad física y la vida de las personas que trabajan en esta empresa, se protegen las instalaciones de producción y se disminuye el riesgo de un posible incendio de grandes magnitudes haciendo así más segura el área de trabajo y sus instalaciones.

2.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS ACTUAL

La Estación Paraíso, operada actualmente por Enap Sipetrol Ecuador, cuenta con un sistema contra incendios instalado hace 27 años, que en sus inicios fue instalado y operado por Petroproducción, el mismo que ha sufrido una serie de modificaciones y deterioro durante estos años de operación.

La más reciente modificación en el sistema, fue realizada en septiembre del año 2006, donde se hizo una revisión general de la operación y diseño de los sistemas de agua y espuma contra incendios (diseño mecánico); además, se verificó el cumplimiento de la normativa local.

Las principales modificaciones realizadas en el año 2006 fueron las siguientes:

- ✓ Redimensionar el tanque de agua del sistema contra incendios
- ✓ Seleccionar la bomba de acopio de agua de la estación Paraíso, desde la toma ubicada a una distancia entre 200 y 600 m. (piscina de contingencias)
- ✓ Instalación de dos bombas jockey.
- ✓ Re-ubicación de los monitores de acuerdo a las nuevas modificaciones del área de tanques.
- ✓ Re-diseño del sistema de espuma por uno más efectivo
- ✓ Re-ubicación de la entrada de espuma en los tanques mediante cámaras formadoras de espuma.

Actualmente esas modificaciones, están vigentes y el sistema contra incendios cuenta con un circuito cerrado de tuberías diseñado de acuerdo a normas y un sistema de espuma para los tanques.

Pero este sistema no está automatizado, es decir la última revisión únicamente fue en el área mecánica del sistema, descuidando la parte eléctrica y de automatización de las bombas. Por ese motivo en la actualidad el sistema contra incendios cuenta con equipos mecánicos correctamente dimensionados y diseñados; pero que no funcionan al 100%, pues en ocasiones arrancan y en otras no, dando como resultado una baja confiabilidad del sistema.

En la parte eléctrica y electrónica se usan elementos antiguos y algunos ya han dejado de funcionar. En general no existe un tablero de control, no existen alarmas y al abrir un monitor la presión no abastece pues las bombas no arrancan. Todos estos problemas serán detallados en el análisis de la situación actual descrito en los siguientes párrafos.

2.1.1 DESCRIPCIÓN SISTEMA CONTRA INCENDIOS ACTUAL

A nivel industrial un sistema contra incendios es de vital importancia principalmente para resguardar la vida de sus trabajadores y evitar catástrofes mayores que perjudiquen económicamente a la empresa, por estas razones el sistema debe funcionar y poseer los equipos adecuados para extinguir cualquier conato de incendio.

Figura 2.1 – **Sistema Contra Incendios Estación Paraíso**

En la Estación Paraíso no existen planos as-built de las instalaciones actuales, así como tampoco los planos de tubería del sistema contra incendios, por tal motivo, para la descripción del sistema contra incendios se realizó un recorrido total de las instalaciones.

El sistema contra incendios de la Estación Paraíso está constituido por sistemas móviles, ubicados estratégicamente en las distintas áreas de la estación; y por un sistema fijo contra incendios, los cuales se describen a continuación.

2.1.1.1 Sistema móvil contra incendios

En la Estación Paraíso el sistema móvil está constituido por extintores de polvo químico seco de 150 lbs. y por extintores de polvo químico seco presurizados por una capsula de CO_2 de alta presión de 20 y 30 lbs.

El departamento de seguridad HES, realiza mantenimientos y revisiones periódicas a los extintores, cada 6 meses y año tras año se recargan dichos extintores para asegurar que estén en óptimas condiciones.

La estación Paraíso está equipada con ocho extintores móviles de ruedas ubicados donde existe mayor riesgo de incendio y con 10 extintores de menor tamaño localizados principalmente en el área de las unidades Power Oil.

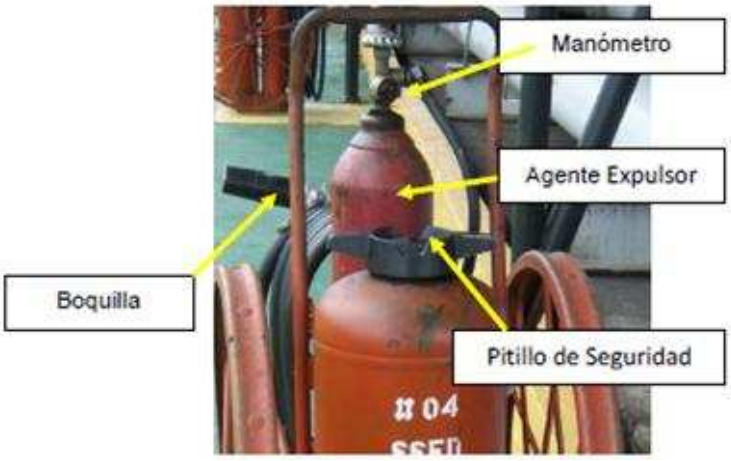


Figura 2.2 – **Extintor móvil con ruedas.**

2.1.1.2 Sistema fijo contra incendios

[1]El sistema fijo contra incendios está constituido por:

- ✓ Tanque de agua contra incendio de 1500 bbl de capacidad
- ✓ Dos grupos de bombeo uno eléctrico y dos a diesel compuestos por bombas centrifugas Aurora de 1000 GPM @ 150 psi.
- ✓ Tubería de descarga con válvulas de compuerta tipo OSY
- ✓ Anillo de distribución de agua de 8”-150# con válvulas de compuerta en las salidas a monitores.

[1]Los Planos del Sistema Fijo Contra Incendios de la Estación Paraíso se presentan en el Anexo C

- ✓ Sistema de inyección de espuma sub superficie de 6”-150# para los tanques de lavado y de estabilización.
- ✓ Sistema de inyección de espuma de 1-½”-150# con tres descargas sin cámaras de espuma sobre el techo flotante del tanque de oleoducto.
- ✓ 6 Monitores y boquillas de 3” con capacidad de flujo de 350 GPM que rodean los diques alrededor de los tanques para expulsar agua.
- ✓ 6 Monitores y boquillas de 3” que rodean los diques alrededor de los tanques para expulsar espuma.
- ✓ Espuma fluoroproteínica tipo AER-O foam XL. al 3%.
- ✓ Tanque de espuma de diafragma (bladder tank) para proporcionamiento por presión balanceada con una capacidad mínima de 320 galones para almacenar concentrados de espuma al 3% con controlador tipo 2"RC o 3"RC para 200 GPM.

2.1.1.2.1 Tanque de agua contra incendios

El sistema cuenta con tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 1500 BLS, el mismo que es abastecido desde el área de la piscina de contingencia por dos bombas activadas manualmente, una eléctrica y otra de combustión interna.

En caso de que esta piscina no cuente con el agua necesaria, también se puede abastecer a este tanque con agua del rio, para lo cual se cuenta con una bomba de combustión portátil.

2.1.1.2.2 Sistema de bombeo

El sistema de bombeo cuenta con dos bombas de motor a combustión y una con motor eléctrico, de acuerdo a la norma NFPA 20.

Además existen dos bombas Jockey que mantienen presurizada la línea cuando todos los monitores se encuentran cerrados.

Figura 2.3 – **Bomba con motor de combustión interna**

[2]La bomba Jockey para presurizar del anillo de distribución, suministra el caudal no mayor a 10 GPM para mantener la presión en el sistema entre 110 -150 psi con una potencia de 3 HP. Esta bomba también es del tipo centrífuga, de eje vertical y está de acuerdo con la norma NFPA 20.

BOMBA CON MOTOR ELÉCTRICO										
EQUIPO	**MARCA**	**MODELO**	**PH**	**FRAME**	**CODE**	**DUTY**	**RPM**	**VOLT**	**AMP**	**HP**
MOTOR ELÉCTRICO	MARATION ELECTRIC	WC 404TSTDST7026 HN	3	404TS	F	CONT	1775	230 / 460	232 / 119	100
EQUIPO	**MARCA**	**MODELO**	**GPM**	**TYPE**	**HEAD FEET**	**SIZE**	**RPM**			
BOMBA AURORA 1	AURORA PUMP	90-65512-2	700	485 BF	340	4-485-15	1750			

Tabla 2.1 – **Características Bomba-Motor Eléctrico SCI**

Fuente: Descripción de Equipos-Departamento de Producción Enap Sipetrol.

BOMBA CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA 1							
EQUIPO	**MARCA**	**MODELO**	**SERIE**				
MOTOR COMBUSTIÓN	CATERPILLAR	3208	90N72714	NO TIENE PLACA			
EQUIPO	**MARCA**	**MODELO**	**GPM**	**TYPE**	**HEAD FEET**	**SIZE**	**RPM**
BOMBA AURORA	AURORA PUMP	90-65512-2	700	485 BF	340	4-485-15	1750

Tabla 2.2 – **Características Bomba-Motor Combustión 1**

Fuente: Descripción de Equipos-Departamento de Producción Enap Sipetrol.

[2] El detalle de las características de cada una de las Bombas se presenta en el Anexo B

BOMBA CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA 2							
EQUIPO	**MARCA**	**MODELO**	**SERIE**				
MOTOR COMBUSTIÓN	CATERPILLAR	3054	-	NO TIENE PLACA			
EQUIPO	**MARCA**	**MODELO**	**GPM**	**TYPE**	**HEAD FEET**	**SIZE**	**RPM**
BOMBA CENTRIGUGA	MARK	347750	1000	485 BF	340	266	3500

Tabla 2.3 – **Características Bomba-Motor Combustión 2**

Fuente: Descripción de Equipos-Departamento de Producción Enap Sipetrol.

EQUIPO	MARCA	MODELO	TYPE	SERIE	MOTOR
BOMBA JOCKEY 1	GROUNDFOS	A96517829810610	CR3-21-A-FGJA-E-HQQE	3	3430-3530
BOMBA JOCKEY 2	GROUNDFOS	A96517829810610	CR3-21-A-FGJA-E-HQQE	4	85D05510

Tabla 2.4 – **Características Bombas Jockey**

Fuente: Descripción de Equipos-Departamento de Producción Enap Sipetrol.

Figura 2.4 – **Bomba-Motor Combustión Interna y Bomba Jockey**

2.1.1.2.3 Bombas Centrifugas de Eje Horizontal.

La bomba centrifuga con difusor de caracol, de doble aspiración y de una sola etapa, de eje horizontal es el tipo más comúnmente empleada por el servicio de protección de incendios. Según el anexo A de la norma NFPA 20, la bomba centrífuga es particularmente apropiada para elevar la presión de un suministro público o privado o para bombear desde un tanque de almacenamiento donde existe una carga estática positiva.

En estas bombas, el flujo de agua tras entrar por el orificio de aspiración y pasar por el interior de la carcasa o caja se divide y entra por ambos lados del rodete a través de una abertura llamada oído de la bomba. La rotación del rodete conduce el agua por fuerza centrifuga desde el oído hacia el borde y a través del caracol hasta la descarga.

La energía cinética adquirida por el agua en su paso a través del rodete se convierte en energía de presión por la reducción gradual de la velocidad en el interior del caracol.

2.1.1.2.4 Monitores y Boquillas (Rociadores)

Los monitores de acuerdo a la normativa son para 350 GPM para ser utilizados sólo con agua (pintados de color rojo), el sistema actual consta de seis monitores en el área de tanques.

La conexión de entrada es brida de 4” #150 FF. El monitor tiene una rotación de 360° en el plano horizontal y una elevación mínima de 90° sobre la horizontal y de 30° bajo la horizontal (total giro vertical 120°). La rotación es guiada por cojinetes.

Cada monitor cuenta con su boquilla tipo chorro-niebla correspondiente que es adecuada para 350 GPM, con un rango de alcance mínimo de 40 metros a una presión de 7 kg/cm² (100 psi).

Los monitores están ubicados a una distancia entre 15 a 20 metros de los equipos que protegen según el caso, con boquillas de fácil regulación desde una corriente recta (chorro) hasta completa niebla (agua pulverizada) sin el uso de herramientas.

Para el caso de derrames en el cubeto de los tanques existentes, se usan seis monitores para el suministro de espuma (pintados de color amarillo).

En la ***figura 2.5*** se observa los monitores instalados en la Estación Paraíso.

Figura 2.5 – **Monitor y boquilla usadas en la Estación Paraíso**

2.1.1.2.5 3.2.2.5 Tubería y Accesorios

Las tuberías y accesorios fueron diseñados de acuerdo a la norma ASME 31.3 Process Piping. El rating y materiales de las bridas están de acuerdo al ANSI B16.5. Los materiales de las bridas están de acuerdo al ANSI B16.5. y ASME 31.3; esto es A106 B para tubería, A105 para bridas y A234 WPB para accesorios.

El parámetro principal para el diseño y la determinación de espesor de tubería es la presión máxima de operación. Así se tiene que la fórmula usada para esto fue:

$$t = \frac{P.(d+2c)}{2.[SE - P.(1-Y)]}$$

Donde:

S = Punto de rendimiento del material **D** = Diámetro exterior

E = Factor de calidad del material **c** = Corrosión allowance

t = Espesor de pared de la tubería **P** = Presión de operación

Y = Coeficiente de Temperatura t < D/6, Y= 0.4

La mayoría de la tubería en cruces de vías o áreas transitadas está enterrada a una profundidad no menor a 4 pies, y es de acero y revestida con protección anticorrosiva, la tubería sobre el terreno tendrá la respectiva protección con pintura y será soldada o roscada de acuerdo a la especificación de tubería antes mencionada.

Figura 2.6 – **Tubería, válvula y accesorios usados en el SCI**

2.1.1.2.6 Válvulas

Las válvulas de bloqueo de líneas principales y ramales son del tipo compuerta OSY según la norma NFPA 11, o de bola, de fabricación de alta calidad. Para los manómetros se usa válvulas tipo aguja. Los materiales para las guarniciones y cuerpos de válvulas son los normalizados que poseen los proveedores para las condiciones de operación especificadas.

2.1.1.2.7 Línea de recirculación

La línea de recirculación y alivio de presión de las bombas es de 6”-150# aguas abajo de la válvula de alivio que es de 4”-150# x 6”-150#. Cuenta también con una válvula de alivio neumática, que mantiene constante la presión en la línea de descarga en 150 PSI. Esta válvula controla el flujo que regresa desde la línea de descarga hacia el tanque de agua contra incendios.

Figura 2.7 – **Línea y válvula de recirculación SCI**

2.1.1.2.8 Sistema de Acopio de Agua

El sistema de acopio de agua contra incendios está compuesto de:

• Una línea de transferencia de agua de 3”-150# con una longitud de 600 m

•Dos bombas de transferencia de agua, una eléctrica y una de combustión interna.

2.1.1.2.9 Sistema de espuma

Para las cámaras de espuma de los tanques, la espuma es de baja expansión del tipo FP (espuma fluoroproteínica) para formar una solución al 3%, adecuada para combatir fuego de hidrocarburos, las que están listadas bajo el código UL-162.

Este tipo de espuma se recomienda para el área de tanques, pues en caso de incendio, se produce una concentración de calor dentro de los tanques, y esta clase de espuma puede soportar temperaturas más elevadas.

Para el área de cubeto de los tanques, se usa espuma de película acuosa (AFFF), ya que en caso de derrames en áreas abiertas su fluidez y velocidad de acción es más alta (knockdown speed).

El cálculo del flujo de espuma necesaria se hizo de acuerdo al tipo y capacidad de los tanques a proteger y de su área superficial, con un tiempo de aplicación de 55 minutos, de acuerdo a la tabla 2-2.3.2.2 de la NFPA 11.

BLADDER TANNK VOLUME ESTIMATION @ 3%										
	D	H	Oil tank	Tanks	Area	Rate	Flow	Time	%	Foam tank
	ft	ft	bbls	number	ft²	GPM/ft²	GPM	min	service	Gal
Foam	42	50	12338	1	1385	0.1	139	55	3%	229
Hoss							100	30	3%	90
						FLUJO	239		TANQUE	319

Tabla 2.5 – **Cálculo de Flujo Tabla 2-2.3.2.2 NFPA 11**

Fuente: Artículo de la Norma NFPA 11.

El tanque usado para crear la espuma es de tipo bladder para proporcionamiento de espuma con presión balanceada por diafragma necesario para un concentrado de espuma al 3%, con una capacidad mínima de 320 galones.

En la ***figura 2.8*** se muestra se observa el tanque Bladder instalado en el sistema contra incendios actual.

Figura 2.8 – **Tanque Bladder de espuma SCI**

2.1.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

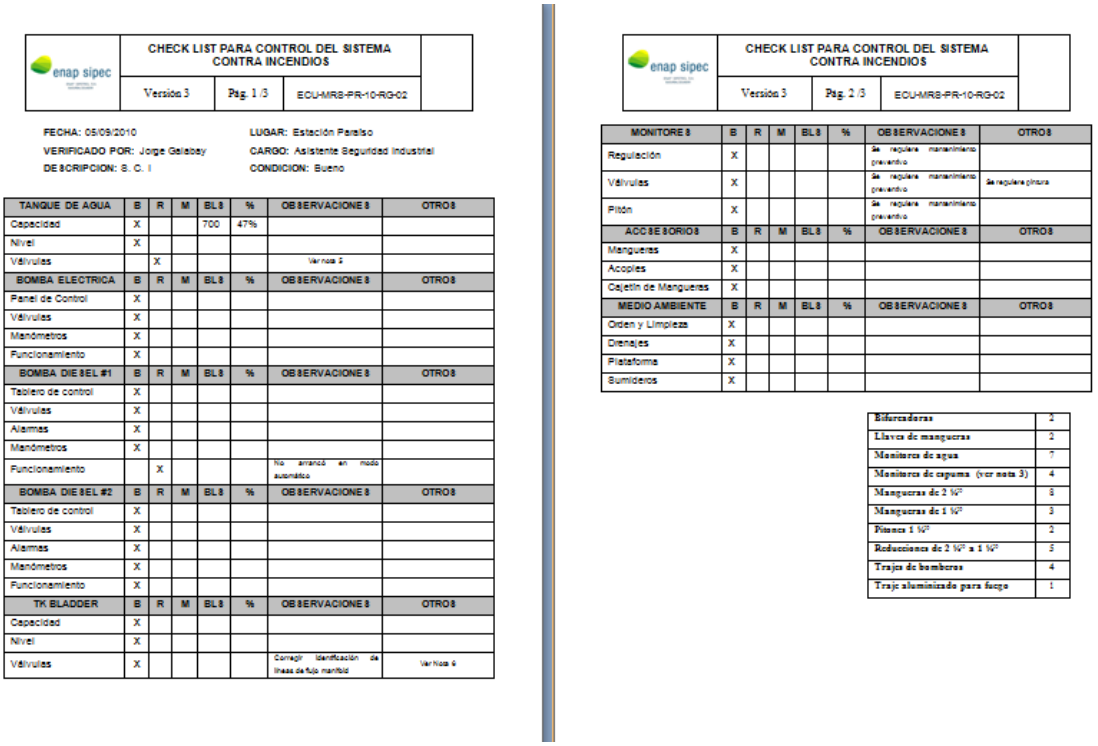
Para el análisis del sistema actual fue necesario realizar las pruebas conjuntamente con el departamento de producción (los operadores conocen los problemas que existen) y el departamento HES (seguridad aplica las normativas de funcionamiento en sistemas contra incendios).

Además de estas pruebas, se tomó como referencia para el análisis la información que mes tras mes el departamento de HES recaba a través de sus Supervisores y Técnicos en el campo.

La información de la pruebas realizadas en el sistema contra incendios se registran en el formato ECU-MRS-PR-10-RG-02 "**CHECK LIST PARA CONTROL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS" (Versión 3),** creado por Enap Sipetrol

para las pruebas de funcionamiento de los sistemas fijos contra incendios instalados en sus campos.

En la ***figura 2.9*** se puede apreciar los formatos usados para realizar las pruebas al sistema fijo contra incendios.



enap sipec

CHECK LIST PARA CONTROL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Versión 3 | Pág. 1 /3 | ECU-MRS-PR-10-RG-02

FECHA: 05/09/2010 LUGAR: Estación Paraíso
VERIFICADO POR: Jorge Galabay CARGO: Asistente Seguridad Industrial
DESCRIPCION: S. C. I CONDICION: Bueno

TANQUE DE AGUA	B	R	M	BLS	%	OBSERVACIONES	OTROS
Capacidad	X			700	47%		
Nivel	X						
Válvulas		X				Ver nota 5	
BOMBA ELECTRICA	**B**	**R**	**M**	**BLS**	**%**	**OBSERVACIONES**	**OTROS**
Panel de Control	X						
Válvulas	X						
Manómetros	X						
Funcionamiento	X						
BOMBA DIESEL #1	**B**	**R**	**M**	**BLS**	**%**	**OBSERVACIONES**	**OTROS**
Tablero de control	X						
Válvulas	X						
Alarmas	X						
Manómetros	X						
Funcionamiento		X				No arrancó en modo automático	
BOMBA DIESEL #2	**B**	**R**	**M**	**BLS**	**%**	**OBSERVACIONES**	**OTROS**
Tablero de control	X						
Válvulas	X						
Alarmas	X						
Manómetros	X						
Funcionamiento	X						
TK BLADDER	**B**	**R**	**M**	**BLS**	**%**	**OBSERVACIONES**	**OTROS**
Capacidad	X						
Nivel	X						
Válvulas	X					Corregir identificación de líneas de flujo manifold	Ver Nota 6

enap sipec

CHECK LIST PARA CONTROL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Versión 3 | Pág. 2 /3 | ECU-MRS-PR-10-RG-02

MONITORES	B	R	M	BLS	%	OBSERVACIONES	OTROS
Regulación	X					Se regulara mantenimiento preventivo	
Válvulas	X					Se regulara mantenimiento preventivo	Se regulara pintura
Pitón	X					Se regulara mantenimiento preventivo	
ACCESORIOS	**B**	**R**	**M**	**BLS**	**%**	**OBSERVACIONES**	**OTROS**
Mangueras	X						
Acoples	X						
Cajetín de Mangueras	X						
MEDIO AMBIENTE	**B**	**R**	**M**	**BLS**	**%**	**OBSERVACIONES**	**OTROS**
Orden y Limpieza	X						
Drenajes	X						
Plataforma	X						
Sumideros	X						

Bifurcadoras	2
Llaves de mangueras	2
Monitores de agua	7
Monitores de espuma (ver nota 3)	4
Mangueras de 2 ½"	8
Mangueras de 1 ½"	3
Pitones 1 ½"	2
Reducciones de 2 ½" a 1 ½"	5
Trajes de bomberos	4
Traje aluminizado para fuego	1

[3]***Figura 2.9*** – **Formato ECU-MRS-PR-10-RG-02 EVALUACIÓN MENSUAL SCI**

[4] La siguiente información es un resumen de los datos obtenidos y registrados por los supervisores de HES en los formatos **ECU-MRS-PR-10-RG-02**, durante el año 2010 hasta el 11 de octubre.

También se detalla junto al problema encontrado, la norma NFPA que se aplicará para solucionar el mismo que servirá para sustentar el análisis.

- ✓ "*Es necesario planificar un mantenimiento correctivo de las válvulas ubicadas sobre las líneas de flujo del sistema de espuma (hacia los tanques de lavado, surgencia y de oleoducto)".*

[3] La Hoja de Registro ECU-MRS-PR-10-RG-02 se presenta en el Anexo A
[4] La información que se presenta, obtenida de los registros **ECU-MRS-PR-10-RG-02**, se ha transcrito de manera literal tal y como el Ing. Marcelo Cevallos supervisor del departamento HES la ha registrado.

- ✓ "*No se ha realizado el cambio de los lanza espumas trisados".*
- ✓ *"Se requiere pintar en color amarillo la línea de subida a la cámara espuma, del tanque de oleoducto".*
- ✓ *"Se requiere el mantenimiento preventivo de monitores, hidrantes y boquillas pitón, de los sistemas de agua y espuma, respectivamente".*
- ✓ *"Es necesario insistir en la necesidad de que todos los grupos del SCI funcionen en modo automático, ante cualquier eventualidad de incendio".*
- ✓ *"Bomba eléctrica, bomba diesel 1 y bomba diesel 2. Intermitencia en modo manual"*
- ✓ *"Bomba diesel 1, no arranca en modo manual".*
- ✓ "*Bomba diesel 1, no arranca en modo automático*". (No cumple **norma NFPA 20-10.5.1.1**. "Un controlador automático deberá poder arrancar, hacer funcionar y proteger un motor de manera automática").
- ✓ *"Bomba eléctrica, no se prueba para evitar caída de generación. Pues maneja un arranque que produce una alta corriente (10 veces la corriente nominal)".*
- ✓ *"Válvulas de bola y de seguridad en línea de recirculación al tanque de agua contra incendios requieren mantenimiento".*
- ✓ *"Se ha detectado un goteo de concentrado de espuma por la "T" ubicada en la descarga del tanque bladder*".
- ✓ *"Para controlar el arranque/paro de las bombas se debe contar con un interruptor de presión independiente por bomba según **norma NFPA 20-11.2.4.12.3.4"**.* La norma citada dice: "cualquier sensor necesario para el funcionamiento del ECM (Engine Control Module) que afecte la capacidad del motor para producir su salida nominal de energía (flujo & presión) deberá contar con un sensor redundante que deberá funcional automáticamente si hubiera una falla en el sensor primario".
- ✓ *"En el panel de control de los motores se mezcla el conexionado eléctrico (fuerza) con el conexionado del sistema de control, lo que se contrapone con la **norma NFPA 20-11.2.4.7.1**"*
- ✓ *"El control de arranque de las bombas se lo realiza con un único interruptor de presión y la secuencia de encendido se lo hace por retardos de tiempo".* No cumple la **norma NFPA 20- 10.5.1.2. "**Un controlador automático

deberá ser accionado por interruptor de presión o accionado por interruptor sin presión". **10.5.2.1.6.1 "**El accionamiento del interruptor de presión en el punto de ajuste inferior deberá iniciar la secuencia de arranque de la bomba (si la bomba ya no se encuentra en funcionamiento)".

- ✓ *"No se dispone de un indicador/alarma de nivel del tanque del SCI".* **Norma NFPA 20-A.5.23. "**Además de aquellas condiciones que requieren señales para controladores de bombas y motores, hay otras condiciones para las cuales dichas señales podrían estar recomendadas, dependiendo de las condiciones locales. Algunas de estas condiciones son: nivel de agua en el suministro de succión inferior al normal y nivel de agua en el suministro de succión cercano al agotamiento de la reserva."

Basados en esta información y en las pruebas de campo realizadas se puede decir que actualmente el sistema contra incendios de la Estación Paraíso se encuentra operando con funciones limitadas, donde no existe el control y monitoreo del sistema.

El arranque de las bombas que forman el sistema contra incendios fijo se lo realiza con partes y componentes antiguas; no existe un tablero centralizado de control y los botones existentes para realizar el arranque manual no están en óptimo estado y se encuentran sin identificación.

Figura 2.10 – **Estado Actual botones SCI**

Por esta razón, las bombas con motor a combustión arrancan rara vez, produciendo baja presión de la línea, que da como resultado en los monitores una presión de agua mínima, que en caso de incendio sería insuficiente para contrarrestar el mismo.

Figura 2.11 – **Presión en los monitores cuando las bombas no arrancan**

Aunque existen bombas con motor de combustión y con motor eléctrico como dice la norma, la bomba con motor eléctrico está fuera de servicio.

El método de arranque usado actualmente, **arranque "Y-Delta"**; produce altos picos de corriente que afectan al sistema de generación, provocando caídas y hasta shut down del sistema de generación. Por eso se ha preferido dejar esta bomba fuera de servicio, pues sin generación la producción diaria se vería muy afectada.

Figura 2.12 – **Circuito de arranque actual para bomba eléctrica**

Otro aspecto que hay que anotar es que el sistema contra incendios actual no posee la instrumentación necesaria para controlar el funcionamiento del sistema, es decir no existen transmisores de presión y tampoco interruptores de presión como lo exige la norma. De esta manera el sistema simplemente funcionaría de manera manual, sin tener una retroalimentación de la presión que se necesite en la línea de descarga debido a la apertura de los monitores.

Hay que anotar también que la válvula neumática instalada en la línea de recirculación, que regula la presión en la línea de descarga, necesita ser calibrada pues esta válvula se abre en 150 PSI, valor menor al necesario en la línea de descarga.

Finalmente, en la inspección realizada se observó que el tanque de agua contra incendios no posee sensores de nivel, por eso los operadores deben subir a mirar el nivel del tanque periódicamente, lo que hace que no se garantice la suficiente agua en caso de ser necesaria para combatir un incendio.

Basados en esta información la operación del Campo PBH considera necesario implementar un sistema de control abierto que incluya los adelantos de los sistemas de control modernos, un monitoreo del sistema y la flexibilidad de incrementar otros controles de ser necesarios en el futuro.

[5]Como resultado de esta inspección se levantaron los primeros planos del sistema contra incendios, pues este sistema no contaba con planos ni tampoco con diagramas de funcionamiento, lo que dificultaba aun más el análisis de la situación actual y la toma de decisiones.

En general, podemos concluir que el sistema contraincendios no garantiza una confiabilidad en su funcionamiento, poniendo en riesgo las instalaciones y sobre todo el personal que desarrolla sus actividades en este campo. Por tal motivo es urgente y necesario diseñar e implementar un sistema para automatizar el sistema contra incendios actual, que elimine todos los problemas que existen y que permita un funcionamiento óptimo al 100% de su capacidad.

[5] Los planos levantados en esta Evaluación del SCI actual se presentan en el Anexo C

2.2 RIESGOS DE INCENDIO

Se considera como **riesgo** a la evaluación de posibilidad de incendios y/o explosión en función de combustibilidad de los materiales, exposición a la ignición, facilidades de propagación del incendio y colocación de los materiales dentro de una instalación o parte de la misma. El **riesgo** se puede definir también como la probabilidad de que suceda un evento, impacto o consecuencia adversos.

2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Según el grado de afectación a los riesgos de un incendio se los puede clasificar como:

2.2.1.1 Riesgos Leves

Presente en instalaciones donde se encuentran materiales de baja combustibilidad y no existen facilidades para la propagación del fuego.

Edificios no industriales donde la cantidad y la combustibilidad de los componentes son bajas, tales como oficinas, bibliotecas, escuelas y prisiones. Sin embargo para ciertas zonas dentro de estos edificios la clasificación es del tipo riesgo moderado.

2.2.1.2 Riesgos Moderados

Presente en instalaciones donde se encuentren materiales que puedan arder con relativa rapidez o que produzcan gran cantidad de humo.

[6]Se subdivide en grupos I a III y el grupo IIIS.

GRUPO I: trabajos de cemento, fabricas de joyas, mataderos, cervecerías, restaurantes y cafés

[6] INGENIERÍA DE PROTECCIÓN DE INCENDIOS, Ediciones Clima y Ambiente, Santísima Trinidad España 1979

GRUPO II: trabajos químicos escogidos, trabajos de ingeniería, fabricas embotelladoras y fabricas de confección.

GRUPO III: fabricas de vidrio, aviones, vehículos de motor, aparatos electrónicos. Incluso garajes y aparcamientos de coches.

GRUPO IIIS: fabrica de fósforo, destilerías, teatros y estudios de cine y televisión.

El tipo de productos y la forma de almacenarlos han sido clasificados en categorías de I a IV en orden de riesgo ascendente.

CATEGORÍA I: Alfombras, textiles, paneles de madera y tiendas de Comestibles

CATEGORÍA II: Papeles usados, tablas de madera y cartones empaquetados que contienen alcoholes en latas y botellas

CATEGORÍA III: Papel de betún o cubierto de cera, productos de espuma plástica o espuma de caucho.

CATEGORÍA IV: Espuma plástica y espuma de caucho en forma de laminas o moldes.

2.2.1.3 Riesgos Altos

Presente en instalaciones donde se encuentran materiales que puedan arder con rapidez o donde se produzcan vapores tóxicos y/o exista la posibilidad de explosión.

Este peligro cubre las ocupaciones comerciales e industriales que tienen cargas de fuego anormales, y el género se sub-clasifica en cuatro categorías.

- ✓ Procesos altamente peligrosos.
- ✓ Peligros de almacenamiento en pilas altas.
- ✓ Peligros de almacenamiento de alcoholes potables.
- ✓ Peligros de combustible y del líquido inflamable.

2.3 CAUSAS DE INCENDIOS EN INSTALACIONES PETROLERAS

Debido a que la industria petrolera tiene que manejar grandes cantidades de materiales inflamables, los incendios en sus plantas y tanques son un riesgo que siempre está latente y es necesario evitarlos.

Una buena prevención y control de incendios involucra una capacitación de los trabajadores e implementación de todas las medidas de prevención y control que se exigen para que los incendios no ocasionen grandes pérdidas ya sean a las personas, materiales y equipos existentes.

Tomando en cuenta que los incendios son causados por la acción de una fuente de calor suficiente para iniciar una combustión, es imprescindible mencionar los principales factores considerados de riesgo en las actividades que manejan líquidos inflamables, dichos factores se mencionan en la ***tabla 2.6*** a continuación:

FACTOR	*RIESGO (%)*	*ORIGEN*	*MEDIDAS PREVENTIVAS*
Fumar	18	Falta de concientización y desobediencia de normas de seguridad.	Prohibir fumar en zonas peligrosas, donde hay líquidos inflamables, polvos y fibras combustibles.
Fricción	10	Recalentamiento por roce.	Ejecución de programas de inspecciones regulares, y un buen plan de mantenimientos.
Recalentamiento de materiales	8	Temperaturas anormales en procesos con líquidos inflamables calientes y materiales en secadores.	Supervisión cuidadosa y cumpliendo los actos y condiciones seguras.
Superficies calientes	7	Calor proveniente de calderas, hornos, motores como también metales en procesos calientes que encienden líquidos inflamables y materiales combustibles.	Ventilación adecuada y un buen mantenimiento de las cañerías de líquidos inflamables, dando amplitud de espacio de aislamiento y circulación de aire.
Llamas quemadoras	7	Uso indebido de lámparas de soldar, defectos de quemadores de calderas, secadores, hornos y calefactores portátiles.	Diseño correcto, un buen funcionamiento , buena ventilación y dispositivos de control para las llamas.
Cortes y soldaduras	4	Por chispas, arcos provenientes de cortes y soldaduras.	Aislar zonas de riesgo que estén en contacto con las chispas por soldadura

Tabla 2.6 – **Causas de incendios según su frecuencia de riesgos**

Fuente: Departamento Seguridad HES Enap Sipetrol.

FACTOR	*RIESGO (%)*	*ORIGEN*	*MEDIDAS PREVENTIVAS*
Exposición a incendios adyacentes	3	Producidos por intrusos, trabajadores descontentos y pirómanos.	Se evita con vigilancia, instalando vallas y tomando medidas de prevención.
Incendios premeditados	3	Producidos por intrusos, adolescentes trabajadores descontentos y pirómanos.	Se evita con vigilancia, instalando vallas y tomando medidas de prevención.
Chispas mecánicas	2	Se origina por chispas de metales extraños en máquinas, particularmente en hiladoras de algodón y en operaciones de esmerilado y trituración.	Se evita limpiando la materia prima y retirando los materiales extrañas con separadores magnéticos.
Causa eléctrica	2	Corto circuito, arcos de corriente, recalentamiento.	Inspección continua de contactos y aparatos eléctricos
Electricidad estática	1	Generada por sistemas que impliquen frotamiento.	Sistemas a tierra correctamente realizados
Rayos	1	Debido a rayos de tormenta eléctrica, chispas inducidas por elevación de tensión, circuitos en equipos eléctricos y por rayos que caen en las líneas de transmisión de energía eléctrica.	Se evita instalando apartarrayos, capacitores de sobretensión y conexiones a tierra.

Continuación *Tabla 2.6*

2.4 ACCIDENTES EN ESTACIONES PETROLERAS

Los accidentes en las estaciones de producción de petróleo pueden ser de varios tipos, siendo los riesgos más graves: pérdidas de líquidos o gases combustibles por emisión o derrame; incendio de líquidos o gases y construcciones; y la explosión de sitios y locales que existen en la estación. Generalmente los accidentes en las estaciones de producción de petróleo suelen ocurrir de la siguiente forma:

a) Emisión: Es todo fluido gaseoso, puro o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora, que emanen como residuos o productos de la actividad humana.

b) Incendio: Es una ocurrencia de fuego no controlada que puede ser extremadamente peligrosa para el factor biótico y las instalaciones aledañas.

c) Explosión: es un efecto producido por una expansión violenta y rápida de gases. Los alcances de los accidentes en las áreas petroleras son de diferente

magnitud y van desde el orden material y humano hasta las zonas periféricas a las instalaciones adyacentes donde también se producen este tipo de daños.

Además se debe considerar eventos que ocurren en una estación de producción los cuales ocasionan incendios y/o explosiones, estos incidentes han sido descubiertos por medio de la experiencia histórica que ha sucedido en varias estaciones de producción en todo el mundo y las características de los materiales, sustancias y procesos involucrados que han producido accidentes como:

2.4.1 INCENDIOS DE LÍQUIDOS EN SUPERFICIES EXTENSAS.

Se originan en líquidos inflamables o combustibles, y para que ocurra incendio es necesario que exista contacto de los líquidos inflamables o combustibles con el aire y elevación de la temperatura de la mezcla por un foco de ignición capaz de producir un incendio. Es conveniente clasificar a los líquidos inflamables en tres grupos:

a) Los que se pueden enfriar bajo el punto de ignición por transferencia directa de calor entre líquido inflamable y el agua que cae sobre él. La temperatura de ignición del líquido debería ser por lo menos de 25 °C más alto que la temperatura del agua.
b) Los que se mezclan con agua, de tal forma que la temperatura de ignición se eleve hasta los 45 °C o más, por dilución.
c) Los que se pueden extinguir mediante el enfriamiento directo de los vapores en la zona de combustión mediante la transferencia de calor al agua.

2.4.2 REBOSAMIENTO VIOLENTO DE UN LÍQUIDO POR EBULLICIÓN (BOILOVER)

Es un fenómeno que puede ocurrir como consecuencia de un incendio de larga duración en un ***Tanque de Almacenamiento o Reservorio***, o puede producirse espontáneamente durante un incendio de un depósito abierto que contenga crudos, productos derivados del petróleo, aceites minerales o combustibles pesados, como puede ser fuel o diesel oil.

Se necesitan de las siguientes condiciones para su generación:

1. Varios puntos de ebullición del líquido.
2. Presencia de agua libre o emulsionada.
3. Aceites con productos pesados.
4. Incendios en forma de bola de fuego.
5. Explosión de una nube de gas no confinada (UVCE).
6. Explosión de los vapores en expansión de un líquido en ebullición (BLEVE).

[7]Así sucede, por ejemplo, cuando el techo del depósito ha sido volado por una explosión, generalmente causada por un rayo. Después de un largo periodo de combustión tranquila se produce un súbito rebosamiento o eyección de una parte del contenido residual del depósito, cuya causa es la ebullición del agua contenida en su parte inferior, por debajo del combustible, formando una espuma de petróleo y vapor que se expande rápidamente. La espuma producida es consecuencia de la presencia de las tres condiciones siguientes, que deben existir simultáneamente para que tenga lugar dicho fenómeno:

- El depósito debe contener agua libre o una emulsión de agua y combustible en el fondo, condición esta usual en estos depósitos.
- El combustible debe contener componentes cuyos puntos de ebullición sean muy dispares, de modo que cuando los más ligeros hayan desaparecidos por combustión y destilación, el residuo superficial a una temperatura de 150° C o más, sea más denso que el combustible sobrenadante. Naturalmente este residuo se hunde por debajo de la superficie y forma una capa, cuyo espesor aumenta gradualmente y que desciende a una velocidad bastante mayor que la velocidad de regresión de la superficie en combustión.
- Así se inicia la llamada “onda de calor” resultando del asentamiento local de una parte del aceite superficial caliente hasta que alcanza el aceite más frío que está debajo. Este fenómeno no debe confundirse con el de conducción o convección de calor de la superficie hacia abajo.

[7] Accidente de una central de energía en Tacoa (Venezuela) el 19 de diciembre de 1982.

- El aceite debe contener una cantidad suficiente de productos pesados para que se pueda formar una espuma persistente de combustible y vapor.

2.4.3 INCENDIOS EN FORMA DE BOLA DE FUEGO

Este tipo de incendios suelen ocurrir como consecuencia de un escape masivo de un gas inflamable o gas licuado presurizado, en circunstancias en las que se produce la ignición espontánea de la masa de gas.

Se necesitan de las siguientes condiciones para su generación:

1. Fuga de gases inflamables almacenados al medio ambiente.
2. Entrega de energía a la mezcla inflamable.

2.4.4 EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE GAS NO CONFINADA (UVCE)

Es el fenómeno que puede ocurrir debido al escape de un gas o líquido volátil inflamable en circunstancias en las que no se produce la ignición espontánea de la masa de gas, formándose así una nube de gas en un área no confinada por obstrucciones (construcciones), la cual al encontrar un foco de ignición empieza a arder y culmina en una explosión o en un incendio espontáneo.

Se necesitan de las siguientes condiciones para su generación:

1. Formación de una mezcla inflamable homogénea.
2. Permanencia de la nube en el medio por largo tiempo.

2.4.5 EXPLOSIÓN DE LOS VAPORES EN EXPANSIÓN DE UN LÍQUIDO EN EBULLICIÓN (BLEVE)

Se conoce como BLEVE a un evento que puede ocurrir en un Tanque o en un recipiente a presión, con contenido de GLP o un líquido inflamable, sometido a fuentes de calor o fallas estructurales presentes.

Cuando gases licuados y/o refrigerados o líquidos de bajo punto de ebullición que se encuentren contenidos en recipientes herméticamente cerrados, son expuestos

a las llamas de un incendio, pueden provocar el fenómeno denominado BLEVE. Este proceso es debido a una expansión del volumen de la sustancia por una súbita evaporación causada por la despresurización instantánea a causa de la rotura del contenedor. También puede ocurrir por rotura del contenedor por fatiga del material debido a envejecimiento, sobrepresión, corrosión o impacto.

Las condiciones necesarias para que este evento se genere son:

1. Sobrecalentamiento del líquido.
2. Bajada brusca de la presión.
3. Evaporación flash.

Esta verdadera explosión física por aumento del volumen, es en sí misma, altamente destructiva, multiplicando varias veces su poder si el gas o líquido involucrado es además combustible, ya que la íntima mezcla de los vapores con el aire se inflamará en presencia de chispas, llamas o rescoldos incandescentes produciendo una segunda explosión, tanto ó más poderosa que la primera.

En caso de producirse a causa de un incendio el proceso se desarrolla de la siguiente manera:

- ✓ El aumento de la presión generado por el aumento de la temperatura derivada de la incidencia de las llamas sobre el contenedor, pone en funcionamiento las válvulas de alivio, disminuyendo la misma al liberar parte del producto vaporizado.
- ✓ La repetición de ciclos como el anteriormente descripto, produce el descenso del nivel de la fase líquida contenida, que hasta ese momento absorbía gran parte del calor radiante que incide sobre el tanque.
- ✓ Dicho descenso de nivel permite que las llamas influyan sobre la parte del tanque en contacto con la fase gaseosa produciendo un importante aumento de la temperatura del material que lo constituye, con la subsiguiente fatiga térmica, permitiendo su rotura debido a la presión interna.
- ✓ Roto el contenedor, el gas licuado (o el líquido), que se encontraba a presión y a una temperatura muy superior a su punto de ebullición, se

evapora en forma instantánea y en gran cantidad (1/3 ó más del contenido del tanque) expandiendo su volumen y produciendo la BLEVE.

La violenta expansión del volumen contenido producirá el arrastre de restos del tanque que lo contenía, y a modo de metralla, lo dispersará a gran distancia del foco del estallido (800/1000 mts). La violencia del estallido estará dada por el tamaño de los trozos en que se rompa el contenedor y la cantidad de producto que tenía en su interior al producirse la rotura.

También es importante tener en cuenta que el tiempo para que se produzca la BLEVE está directamente ligada al tamaño del recipiente involucrado: cuanto más pequeño más rápido se producirá el estallido.

Ante una situación con riesgo de producción de una BLEVE, se deberá mantener a los tanques expuestos al fuego o al calor, refrigerados con chorros de agua pulverizada, si esto es posible de hacer sin exponerse a riesgos innecesarios, en caso contrario se podrán instalar monitores fijos o atar las mangueras a un elemento fijo, y proceder a evacuar la zona para evitar daños personales.

2.5 ANÁLISIS DE RIESGO DE INCENDIO EN LA ESTACIÓN PARAÍSO

En esta primera etapa se examinará los riesgos que surgen en cada lugar de trabajo específico mediante un método de análisis de riesgos.

En una estación de producción de petróleo por la presencia y manejo de materiales inflamables se hace imprescindible la clasificación en áreas de las diferentes zonas que se desean proteger considerando su alto riesgo de explosión.

La identificación estará enmarcada en determinar los posibles riesgos de incendio presentes en las instalaciones, para lo cual se definirá las distintas áreas y sistemas existentes en el perímetro de la zona de operaciones de la planta (los mismos que fueron descritos en detalle en el capítulo 1:

✓ **ÁREA 1 - Manifold y Separadores de Producción**

Dentro de esta área se toma en cuenta el Manifold de entrada, los dos separadores de producción bifásicos, el separador de prueba, tanques de químicos para demulsificantes y la caseta de compresores.

Esta área de ubica al lado izquierdo del ingreso a la Estación Paraíso y cuenta con 2 extintores portátiles con ruedas de 150 Lbs, además tiene cobertura de un monitor lanza agua y monitor lanza espuma que están ubicados detrás del último separador de producción (Hay que anotar que estos monitores principalmente son para los tanques).

✓ **ÁREA 2 - Tanques**

En esta área se encuentran considerados el Wash Tank, el Tanque de reposo o estabilización, el Tanque de oleoducto y las dos botas de gas.

Las características de estos tanques se describen en la ***tabla 2.7***.

TANQUE	TECHO TIPO	AREA TK	PRODUCTO ALMACENADO	INYECION ESPUMA	DISTANCIA AL TK 1	DISTANCIA AL TK 2
Lavado	Cónico	7988 ft2	Crudo 10 % BSW	Sub superficie	80 ft	90 ft
Estabilización	Cónico	7988 ft2	Crudo 1 % BSW	Sub superficie	80 ft	90 ft
Oleoducto	Domo geodésico con techo flotante	7988 ft2	Crudo 1 % BSW	3 Descargas sin cámara de espuma	80 ft	90 ft

Tabla 2.7 – **Características de los Tanques – Estación Paraíso**

Fuente: Descripción de Equipos-Departamento de Producción Enap Sipetrol.

Además de los sistema de espuma instalados para evitar los accidentes antes descritos, existen seis monitores lanza agua y seis monitores lanza espuma ubicados uno al lado del otro, alrededor de los tanques como muestra el plano PSO-P&ID-01 en el Anexo C.

Figura 2.13 **– Posición de Monitores-Extintores Área Manifold y Tanques**

✓ **ÁREA 3 - Unidades de Medición y Bombas de Transferencia de Crudo**

Esta área abarca la unidad de fiscalización y medición (Unidad Lact), las bombas de transferencia Worthington Plunger Pump y dos contadores ACT.

Cuenta con dos extintores portátiles, uno de 150 Lbs. de rueda y el segundo de 30 Lbs. de polvo químico y una lanza monitora de agua y otro de espuma (El mismo que se usa para los tanques).

✓ **ÁREA 4 - Caseta de Sistema de Bombeo Mecánico.**

Aquí se encuentran las unidades Power Oil, dos bombas Booster de transferencia y toda la tubería para el sistema de alta presión.

En esta área únicamente se cuenta con 5 extintores de 30 Lbs. Ubicados alrededor de la caseta y pegada a las paredes, aunque por diseño se podría usar un monitor lanza agua del área de tanques pues está muy cerca a esta área.

✓ **ÁREA 5 - Caseta de Bombas de Reinyección de Agua.**

Esta área consta de las Piscinas, Bombas horizontales de reinyección de agua, las bombas de Químicos, los tanques de químicos y dos tanques pulmón.

Para la protección de esta área se tiene dos extintores de 150 Lbs. con ruedas, y el alcance de dos monitores lanza agua y dos monitores lanza espuma del área de tanques (Nota: estos monitores se pueden usar en varias áreas pues tienen una rotación de 360°).

✓ **ÁREA 6 - Tanques de Diesel para las Unidades de Generación y Power Oil.**

Esta área comprende los tanques usados para el almacenamiento de diesel que están ubicados en la parte posterior derecha del Tanque de Oleoducto.

ÁREA DE RIESGO	MÉTODO CONTRA INCENDIO
Área de Manifold	Aplicación de agua/ espuma con hidrantes/monitores Extintores de uso general
Área de Separadores	Aplicación de agua/ espuma con hidrantes/monitores Extintores de uso general
Área de Tanques	Aplicación de agua/ espuma con hidrantes/monitores Enfriamiento con boquillas aspersores
Área de Power Oil	Extintores de uso general
Área Sistema de Transferencia	Extintores portátiles, eventualmente monitores
Área de Agua de Formación	Aplicación de agua/ espuma con hidrantes/monitores Enfriamiento con boquillas aspersores
Planta de Generación Eléctrica	Extintores de uso general
Edificio de supervisión y control	Extintores de uso general
Almacén y taller mecánico	Extintores de uso general

Tabla 2.8 – **Sistema de aplicación contra incendios**

Fuente: Región Andina de Proyectos – Ingeniería Enap Sipetrol.

Luego de haber dividido en áreas la Estación Paraíso, es necesario usar un método para identificación y análisis de riesgos de incendios y dentro de estos existen algunos métodos.

Para el análisis de riesgos en la Estación Paraíso se utilizará el método semicuantitativo de índice Dow de incendio y explosión.

2.5.1 MÉTODO DOWN DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN

El Índice de Incendio y Explosión (Fire & Explosion Index) creado por **Dow Chemical**, es una herramienta adecuada para la evaluación preliminar de la posibilidad real de un incendio, explosión y reactividad de equipos de proceso, su propósito es servir como guía para seleccionar el método de protección contra incendios adecuado y ofrecer información clave para ayudar a evaluar el riesgo general en la industria.

Este método se basa en la asignación de penalizaciones a las instalaciones de un determinado establecimiento. Las penalizaciones se asignan en función de las sustancias peligrosas presentes y de las condiciones de proceso, lo cual conlleva a la determinación de un índice de una instalación, pudiendo examinar, a la vista de estos índices, la importancia relativa de las partes estudiadas en función del riesgo asociado con ellas.

El método se desarrolla siguiendo una serie de etapas, las cuales son:
1. Dividir la planta en estudio en áreas de procesos.
2. Determinar un factor material (**FM**) para cada área de proceso.
3. Evaluar los factores de riesgo, denominadas **F1** (riesgos Generales del proceso) y **F2** (los riesgos especiales del proceso).
4. Determinar **F3** (factor de riesgos de la zona de proceso).
5. Finalmente se obtiene el índice de incendio y explosión, (**IFE**).

En el paso 4 para el cálculo de **F3**, pueden existir varios factores generales como especiales, lo cual conlleva a realizar una suma individual de cada uno para obtener un total de **F1** y **F2**. El factor de riesgos de la zona de proceso (**F3**) equivale al producto de los riesgos generales y especiales:

$$F3 = F1 \; x \; F2$$

El **índice Dow** de incendio y explosión (**IFE**) es el resultado del producto del factor de riesgos de la zona del proceso (**F3**) y el factor de material (**FM)**:

$$IFE = F3 \; X \; FM$$

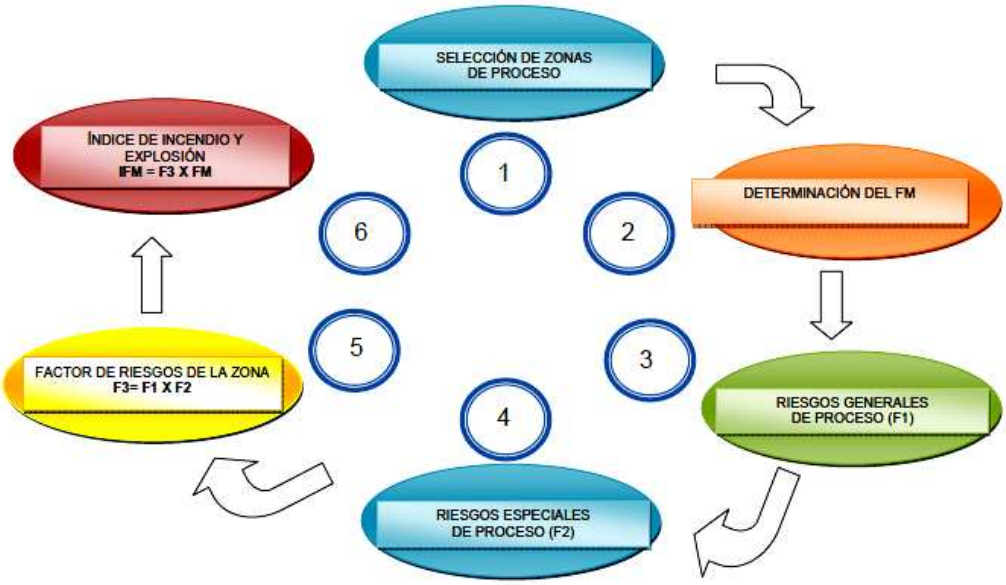


Figura 2.14 – **Procedimiento Método Índice Dow.**

2.5.1.1 Factor material (FM)

El factor de material proporciona una idea de la medida de la intensidad de liberación de energía de una sustancia o preparado. Este factor se obtiene de la **NFPA-49** y **NFPA 325 M**. De allí se tienen los parámetros Ni y Nr, de los cuales se deduce el FM que Toma valores entre 1 y 40 y existen valores para más de 300 sustancias usadas habitualmente en la industria**.**

En la ***tabla 2.9*** se detallan los valores de factor de material @ 60 ºC para algunas sustancias.

Se debe realizar un análisis de las condiciones de los diferentes procesos que pueden modificar el riesgo de las instalaciones como por ejemplo columnas, reactores, tanques, etc. o líneas de proceso que presenten condiciones operatorias semejantes y con implicación de sustancias inflamables.

Por ello se debe poner énfasis en el análisis de dos tipos de factores de riesgo fundamentales los cuales serán de mucha utilidad para el desarrollo del presente trabajo mediante el método Dow.

SUSTANCIA	FM
Aceite lubricante	4
Acetato de etilo	16
Acetato de vinilo	24
Acetona	16
Acrilonitrito	24
Amoníaco	4
Benceno	16
Bióxido Sulfuroso	1
Butadieno	24
Butano	21
Cianuro de Hidrógeno	29
Ciclohexano	16
Cloro	1
Cloruro de vinilo	21
Diesel	10
Estireno	24
Etilenglicol	16
Fenol	4
Flúor	4
Fuelóleo	29
Gasóleo	10
Gasolina	10
Heptano	16
Hexano	16
Hidrógeno	16
Isopropanol	21
Metano	16
Metanol	21
Monóxido de carbono	16
Nitrato de amonio	16
Nitroglicerina	29
Óxido de propileno	40
Peróxido de hidrógeno	24
Petróleo crudo	16
Poliestireno	10
Poliestireno (espuma)	16
Polietileno	18
Propano	21
Sodio	24
Sulfuro de hidrógeno	21

Tabla 2.9 – **Factor de materiales FM**

Fuente: Dow´s Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide, 7a ed, 1994.

2.5.1.2 Riesgos generales del proceso (F1)

Los factores de riesgo generales evalúan la potencial peligrosidad de las operaciones normales de proceso. Si un factor no es considerado, se aplicará el coeficiente 0. Los mínimos valores atribuidos en la ***tabla 2.10*** son los propuestos por el método como penalización más suaves en el caso de considerar un factor de riesgo determinado.

El cálculo de F1 incluye un factor base de 1, con lo que su valor máximo, en el caso supuesto de que fueran consideradas todas las penalizaciones, es de 5,45.

El cálculo de F1 mezcla criterios que afectan a la frecuencia (manejo de materiales, reacciones, etc.) y criterios que afectan a su magnitud (drenajes, accesos, etc.). Se consideran los siguientes factores como riesgos generales de un proceso:

A.- Reacciones químicas exotérmicas: Hidrólisis, Isomerización, Oxidación, Condensación.
B.- Procesos endotérmicos: Electrólisis, craquing.
C.- Manipulación y transporte de materiales: Carga y descarga de líquidos, uso de centrífugas.
D.- Unidades de proceso confinadas: Filtros y colectores de polvo combustible, equipos que procesan líquidos combustibles.
E.- Accesos inadecuados para el equipo de emergencia.
F.- Control de drenajes y fugas: Suelos y cubetos.

2.5.1.3 Riesgos especiales del proceso (F2)

Los factores de riesgo especiales (**F2**) evalúan aquellas condiciones de proceso especialmente agravantes del riesgo de explosión y/o incendio.

El método considera un valor relativo a la toxicidad que no pretende evaluar el riesgo de contaminación del medio ambiente o la salud, sino que pretende considerar el factor agravante para la intervención en caso de emergencia que ello supone, al igual que los demás factores considerados en la ***tabla 2.10*** se

adopta como valor máximo de **F2** a 15,43. Se considera los siguientes factores como riesgos especiales del proceso:

A.- Sustancias tóxicas.
B.- Presión por debajo de la atmosférica.
C.- Operación en, o cerca del ámbito de inflamabilidad:
Tanques de almacenamiento, descargas de cisternas.
D.- Explosión de polvo.
E.- Presión.
F.- Temperatura muy baja.
G.- Cantidad de materia inflamable o inestable:
Líquidos o gases en almacenamiento.
H.- Corrosión y erosión.
I.- Juntas y empaquetaduras con fugas posibles.
J.- Empleo de equipo con fuego directo.
K.- Sistema de transmisión de calor por aceite térmico.
L.- Equipo rotativo:
Unidad de proceso con Bomba, unidad de proceso con compresor.

En la ***tabla 2.10*** se especifica el rango del factor de penalización para el posterior cálculo del índice de incendio y explosión (IFE).

Es necesario indicar que los valores inferiores del rango del factor de penalización indican que los diferentes factores de riesgo del proceso están en condiciones óptimas o protegidas mediante medidas de seguridad, sistemas de emergencia, etc. lo que hace disminuir el máximo daño probable a la propiedad en caso de un incendio, mientras que el mayor valor del rango indica que los factores de riesgos del proceso no está en condiciones óptimas, lo que en caso ocurrir un incendio representaría mayor peligrosidad a las instalaciones y/o sectores aledaños.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN (IFE)	FACTOR DE PENALIZACIÓN	
	RANGO	VALOR ESTIMADO
1.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (F1) Factor Básico	1	1
A. Reacciones químicas exotérmicas	0,30 a 1,25	
B. Procesos endotérmicos	0,20 a 0,40	
C. Manipulación y transporte de materiales	0,25 a 1,05	
D. Unidades de proceso confinadas	0,25 a 0,90	
E. Acceso	0,20 a 0,35	
F. Control de drenajes y fugas	0,25 a 0,50	
FACTOR GENERAL DE RIESGOS DEL PROCESO (F1) - SUMA		
2.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (F2) Factor Básico	1	1
A. Sustancias tóxicas	0,20 a 0,80	
B. Presión por debajo de la atmosférica	0,50	
C. Operación en, o cerca del ámbito de inflamabilidad		
1. Parques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,50	
2. Descontrol del proceso o fallo de purga	0,30	
3. Siempre dentro del ámbito de inflamabilidad	0,80	
D. Explosión de polvo	0,25 a 0,80	
E. Presión: Presión operativa, Consigna de alivio		
F. Temperatura muy baja	0,20 a 0,30	
G. Cantidad de materia inflamable o inestable		
1. Líquidos o gases en proceso		
2. Líquidos o gases almacenados		
3. Combustibles sólidos en almacenamiento. Polvo en proceso		
H. Corrosión y erosión	0,10 a 0,75	
I. Juntas y empaquetaduras con fugas posibles	0,10 a 1,50	
J. Empleo de equipo con fuego directo		
K. Sistema de transmisión de calor por aceite térmico	0,15 a 1,15	
L. Equipo rotativo	0,50	
FACTOR DE RIESGO ESPECIALES DE PROCESO (F2) - SUMA		
FACTOR DE RIESGOS DE LA UNIDAD DE PROCESO (F3 = F1 X F2)		
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN (IFE= F3 X FM)		

Tabla 2.10 – **Rango factor penalización par índice de fuego y explosión (IFE)**

Fuente: Dow´s Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide, 7a ed, 1994.

2.5.1.4 Índice de Incendio y Explosión (IFE)

El índice de Incendio y Explosión encuentra su empleo como método de clasificación previa principalmente en grandes unidades o complejos (refinerías, complejos petroquímicos con varias unidades) en orden a identificar las áreas con mayor riesgo potencial, a las que se deben aplicar otro tipo de técnicas de identificación y cuantificación de riesgos.

Según el tipo de riesgo que existe, las categorías de riesgo previstas para el IFE se resumen en la ***tabla 2.11***

GRADO DE RIESGO	IFE
LIGERO	1 a 60
MODERADO	61 a 96
INTERMEDIO	97 a 127
IMPORTANTE	128 a 158
SEVERO	≥ 159

Tabla 2.11 – **Categorías de riesgo en función del índice Dow (IFE).**
Fuente: Dow´s Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide, 7a ed, 1994.

Según el valor calculado para este índice, y a través del proceso se puede determina el Radio (**RE**) o Área de Exposición (**AE**) que representaría, o daría una idea de la parte afectada por un incendio o una explosión generada en la Unidad de proceso estudiada.

Paralelamente, y en función del Factor de Material (**FM**) y del Factor de Riesgo (**F3**) se determina, asimismo, el denominado Factor de Daño (**FD**). El valor de sustitución (**VS**) se puede calcular de acuerdo con:

$$VS = \text{Valor de la instalación} \times 0.82 \times FE$$

Donde, **FE** es el factor de escalado, relación del área afectada o de exposición (**AE**) con respecto del área total de la instalación. El Factor de Daño (**FD**), unido a la consideración del Radio de Exposición (**RE**), proporciona el Máximo Daño Probable a la Propiedad (**MPPD**). El presente proyecto únicamente se centrará en

la identificación y análisis del índice de incendio y explosión (**IFE**), pues estos datos sustentarán el diseño de automatización del sistema instalado.

2.5.1.5 Factor de Penalización para Cantidad de Material Peligroso

Los riesgos de proceso que contribuyen a aumentar la magnitud y la probabilidad de pérdidas penalizan en el cálculo del resultado. Cuando se calculan las penalizaciones se recomienda escoger el momento más peligroso de la operación normal de la unidad de proceso. El arranque, la operación continua y la parada están entre los estados operacionales que pueden ser considerados.

Existe un factor de penalización para la cantidad de material peligroso presente en la unidad de proceso, diferenciando entre tres situaciones: líquidos y gases de proceso, líquidos y gases en zonas de almacenamiento y combustibles sólidos en almacenamiento o polvos en proceso. Se observa que no se hacen referencias explícitas a las formas de almacenamiento posibles, con las limitaciones que ello supone.

En el caso de líquidos y vapores de proceso, deberá evaluarse la cantidad de sustancia presente considerando la que en un momento determinado está en la unidad o la mayor cantidad posible de material que se encuentre en una unidad conectada a ella (no se considerará si hay posibilidad de aislarlas de forma remota). Esta cantidad deberá multiplicarse por el calor de combustión o calor de reacción correspondiente (para sustancias inestables) y realizar una lectura en gráfico, lo cual supone un relativo inconveniente para automatizar el cálculo (la función representada es fácilmente ajustable empíricamente).

Para el caso de que se trate de almacenamientos, el proceso es muy similar, sigue el mismo mecanismo pero da como resultado penalizaciones inferiores. Es interesante la consideración que hace de los cubetos para contención de derrames, indicando que si no existe posibilidad de drenarlos en 30 minutos, se tomará como cantidad de reactivo la totalidad del que contiene el cubeto.

Para combustibles sólidos o polvos, se trabaja de forma muy parecida pero se obtienen coeficientes distintos en función de la densidad del material. Los factores en este caso pueden alcanzar valores próximos a 4.

Sin embargo, para lo que a la cantidad de material combustible o reactante se refiere, el método hace una aclaración indicando que cualquier valoración que pueda hacerse de forma personal puede ser más válida que la sugerida por el método.

Para calcular la penalización, multiplíquense los kilogramos del material en proceso por el calor de la combustión expresado en kJ/kg. La ***figura 2.15*** indica la penalización apropiada. La penalización **Y** se puede asimismo calcular a partir de la fórmula:

log Y = 0,305 log eQ-2,965

En la que e = calor de la combustión del material en kJ/kg, y Q = cantidad de material inflamable en kg.

Utilícese la cantidad de material contenido en la unidad de proceso mayor o del conjunto de unidades de proceso conectadas, siempre que esa cantidad pueda liberarse en su totalidad debido a un acontecimiento indeseado.

Con respecto a las sustancias inflamables en almacenamiento, la penalización que se ha de aplicar con respecto a la cantidad presente en un tanque se determina de acuerdo con la indicada en la ***figura 2.16.*** Se ha de hacer una distinción entre el **gas licuado presurizado (curva A)** y los **líquidos inflamables (curva B).** La penalización **Y** para gas licuado presurizado (curva A) se puede calcular asimismo con la fórmula:

$$Y = \sqrt{185 - \left(log \frac{e\,Q\,.10^{-9}}{700000}\right)^2} - 11.45$$

Y para líquidos inflamables (curva B) se usa la fórmula:

$$Y = \sqrt{55 - \left(log \frac{e\,Q\,.10^{-9}}{270}\right)^2} - 64$$

A priori parece difícil estimar la cantidad de materia involucrada en el evento en tanto en cuanto no se han evaluado de forma sistemática escenarios de siniestros o simulaciones de la dispersión generada, etc.

[8]Los gráficos en los que se debe revisar las penalizaciones basados en la cantidad de energía se observan a continuación:

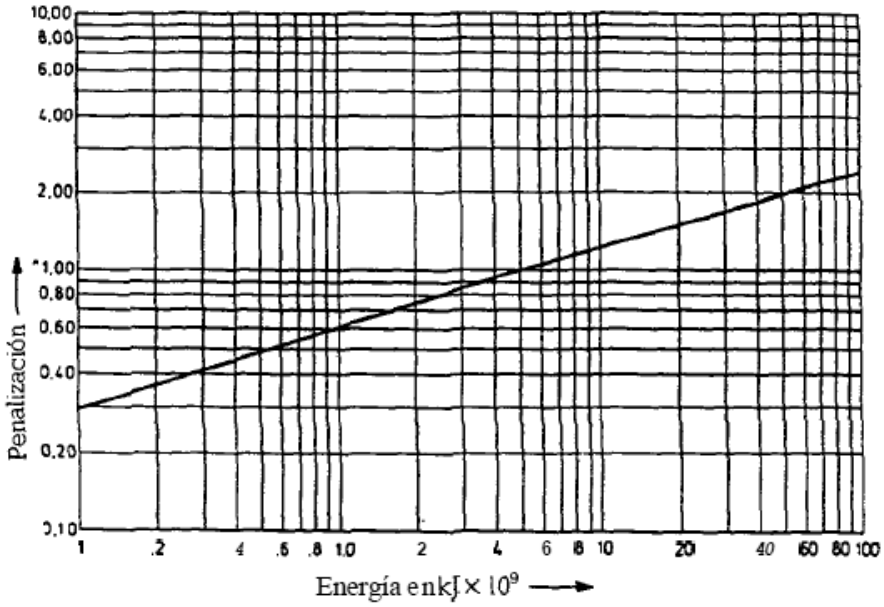


Figura 2.15 – **Penalización por Cantidad de Material Inflamable**

Fuente: Dow´s Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide, 7a ed, 1994.

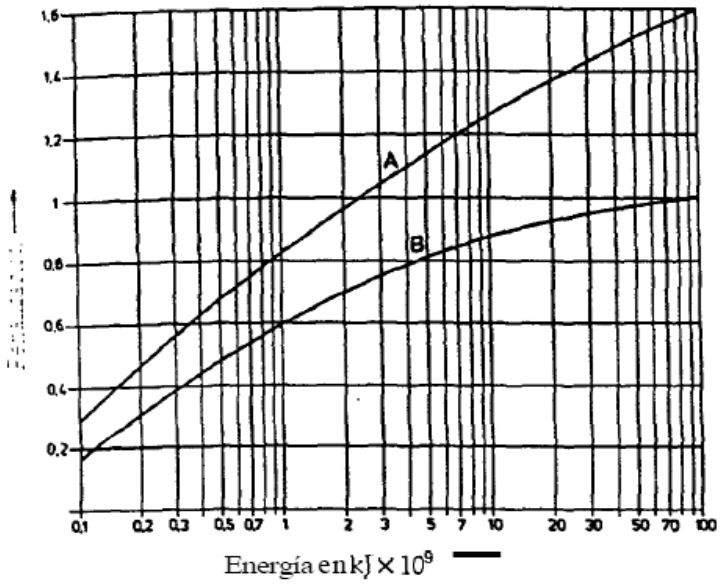


Figura 2.16 – **Penalización Cantidad Material Inflamable en Almacenamiento**

Fuente: Dow´s Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide, 7a ed, 1994.

[8] En el Anexo B se encuentran tablas detalladas y gráficos de penalizaciones para el Método Down.

2.5.2 CÁLCULO ÍNDICE DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN (IEF) ESTACIÓN PARAÍSO

Usando las tablas y gráficas antes mencionadas, se procede a realizar el cálculo del índice Dow de incendios y explosión de acuerdo al procedimiento enunciado anteriormente.

1.- Después de haber realizado una inspección a la estación se determinó seis zonas fundamentales donde se puede presentar riesgos, las cuales son:

- ✓ Área de Manifold y Separadores.
- ✓ Área de Tanques: Lavado, Reposo, Oleoducto.
- ✓ Área de Caseta de Sistema de Bombeo Mecánico.
- ✓ Área de Piscinas y Reinyección de agua.
- ✓ Área de Unidades de Medición y Bombas de Transferencia de Crudo.
- ✓ Área de Tanques de Diesel para las Unidades de Generación.

Estas zonas se analizarán por el método Dow ya que existe el manejo de una gran cantidad de fluidos inflamables, tales como crudo, diesel y gas.

Los equipos de la Estación Paraíso que no se considerarán, por su menor condición de peligrosidad son: scrubber, pulmones de aire, pulmones de agua, los recipientes de presión, puesto que son recipientes cerrados que no presentan comunicación con la atmósfera.

2.- Para determinar el Factor del Material de cada unidad operativa se toma como referencia a la ***tabla 2.9*** *ya que la temperatura promedio en la estación no sobrepasa los 60 ºC.*

3.-Se determina los valores de penalización para los riesgos generales del proceso (F1) y factores de riesgos especiales de proceso (F2) tomando en cuenta los de la ***tabla 2.10.*** Donde F1 y F2 son determinados de la siguiente manera:

$$F1 = 1 + \sum_{i=1}^{i=6} \mathrm{F1,i} \qquad F2 = 1 + \sum_{i=1}^{i=12} \mathrm{F2,i}$$

Analizando las facilidades de producción en la Estación Paraíso se pudo determinar que los riesgos fundamentales que se han evidenciado en las áreas, con su respectivo factor de penalización de acuerdo a la ***tabla 2.10***, son los siguientes:

Riesgos generales del proceso (F1):

- ✓ Carga y descarga de materiales peligrosos0,5
- ✓ Almacenamiento en bombonas y bidones0,3
- ✓ Acceso
- ✓ Control de drenaje y fugas

Riesgos especiales de proceso (F2):

- ✓ Parque de almacenamiento de líquidos inflamables
- ✓ Dentro del Ámbito de inflamabilidad
- ✓ Equipo Rotativo
- ✓ Factor de penalización por factor de material inflamable.

Para establecer este último factor se hace necesario calcular y verificar la cantidad de materia inflamable que se procesa en las diferentes áreas de la Estación Paraíso, es por ello que se debe realizar los cálculos respectivos para cada equipo.

Para realizar estos cálculos es necesario los valores promedios de densidades y capacidades caloríficas que se manejan en la Estación Paraíso y que se presentan a continuación:

Densidad de Petróleo (kg/m^3)

El grado API que se maneja en la Estación aproximadamente de 29,2º entonces:

$$\gamma_o = \frac{141,5}{131,5 + API}$$

$$\gamma_o = \frac{141,5}{131,5 + 29,2} = 0,88$$

Por lo tanto la densidad del petróleo es:

$$\rho_O = 0{,}88\ \frac{gr}{cm^3} = 880\ \frac{Kg}{m^3}$$

Densidad del Diesel (Kg/m^3)

$$\rho_d = 0{,}84\ \frac{gr}{cm^3} = 840\ \frac{Kg}{m^3}$$

Densidad del Gas (Kg/m^3)

$$\rho_g = 1{,}23\ \frac{Kg}{m^3}$$

Valores de capacidad calorífica (Kcal/Kg)

CC_O = 9673,25 Kcal/Kg

CC_D = 10580,87 Kcal/Kg

CC_G = 12800 Kcal/Kg

Cálculo de la Cantidad de Calor (Kcal)

Donde:

Q =Cantidad de Calor

m = masa [Kg]

$\boldsymbol{\rho_o}$= densidad del petróleo

$\boldsymbol{\rho_d}$ = densidad del diesel

$\boldsymbol{\rho_g}$= densidad del gas

V = volumen

$$\boldsymbol{Q} = m\ x\ CC$$

En donde m se obtiene:

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{m}{V}$$

Por tanto despejando de la ecuación:

$$\boldsymbol{m} = \rho\ x\ V\ \ (Kg)$$

Con las fórmulas revisadas previamente y los respectivos resultados, procedemos a realizar los cálculos pertinentes del Índice de Fuego y Explosión (**IEF**) con la ayuda de Excel. Primero calculamos el factor de penalización por cantidad de material inflamable ***tabla 2.12*** y a este valor lo incluimos en la ***tabla 2.13*** como un riesgo especial del proceso (**F2**).

EQUIPOS	FLUJO MANEJADO	DENSIDAD	CAPACIDAD			CAP CALORÍFICA	MASA	Q	ENERGIA	FACTOR PENALIZACIÓN CANTIDAD MATERIA INFLAMABLE
		Kg/m^3	Bls	SCF	m^3	Kcal / Kg	Kg	$x10^9$ Kcal	$x10^9$ KJ	
Separador de Prueba	Petróleo	880	4000	-	635,960	9673,25	559644,80	5,4136	22,67	1,60
Separador de Producción	Petróleo	880	8000	-	1271,920	9673,25	1119289,60	10,8272	45,33	1,90
Separador de Producción	Petróleo	880	8000	-	1271,920	9673,25	1119289,60	10,8272	45,33	1,90
Tanque de Lavado	Petróleo	880	12500	-	1987,375	9673,25	1748890,00	16,9175	70,83	2,40
Tanque de Reposo	Petróleo	880	12500	-	1987,375	9673,25	1748890,00	16,9175	70,83	2,40
Tanque de Oleoducto	Petróleo	880	12500	-	1987,375	9673,25	1748890,00	16,9175	70,83	2,40
Tanque de Diesel (1)	Diesel	840	25,26	-	4,016	10580,87	3373,51	0,0357	0,15	0,30
Tanque de Diesel (2)	Diesel	840	19,55	-	3,109	10580,87	2611,20	0,0276	0,12	0,27
Bombas de Oleoducto	Petróleo	880	100	-	15,899	9673,25	13991,12	0,1353	0,57	0,51
Bombas Booster Oleoducto	Petróleo	880	100	-	15,899	9673,25	13991,12	0,1353	0,57	0,51
Piscinas y Reinyección	Petróleo (colchón)	880	100	-	15,899	9673,25	13991,12	0,1353	0,57	0,51
Bota de Gas	Gas Natural	1,23	-	2900000	82118,860	12800,00	101006,20	1,2929	5,41	1,19
Unidades Power Oil	Diesel	840	1	-	0,159	10580,87	133,55	0,0014	0,006	0,25
Sistema de Transferencia	Petróleo	880	249,70	-	39,7	10580,87	34936,00	0,3697	1,55	0,75

Tabla 2.12 – **Determinación del factor de penalización por cantidad de materia inflamable.**

DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE FUEGO Y EXPLOXIÓN (IFE)	EQUIPOS											
1. RIESGOS GENERALES PROCESO (F1)	Separadores	Tanque Lavado	Tanque Reposo	Tanque Oleoducto	Tanque Diesel 1	Tanque Diesel 2	Bombas Oleoducto	Bombas Booster	Piscina y Reinyección	Bota de Gas	Unidades Power Oil	Sistema Transferencia
Carga y descarga de materiales peligrosos	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0
Almacenamiento en bombonas y bidones	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0	0	0,3	0
Acceso	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,25	0,2	0,2	0,2	0,35	0,25	0,25
Control de drenajes y fugas	0,3	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,25	0,25	0,25
FACTOR GENERAL RIESGOS PROCESO (F1) - SUMATORIA	**1,55**	**1,75**	**1,75**	**1,95**	**2**	**2**	**1,8**	**1,8**	**1,5**	**1,6**	**1,8**	**1,5**
2. RIESGOS ESPECIALES PROCESO (F2)												
Parques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,5	0,5	0,5	0,8	0,5	0,5	0	0	0	0	0,3	0,3
Siempre dentro del ámbito de inflamabilidad	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Cantidad de materia inflamable o inestable	1,8	2,4	2,4	2,4	0,3	0,27	0,51	0,51	0,51	1,19	0,25	0,75
Equipo Rotativo												
FACTOR RIESGOS ESPECIALES PROCESO (F2) - SUMATORIA	**4,1**	**4,7**	**4,7**	**5**	**2,6**	**2,57**	**2,31**	**2,31**	**2,31**	**2,99**	**2,35**	**2,85**
FACTOR RIESGOS UNIDAD DE PROCESO (F3=F1xF2)	6,355	8,225	8,225	9,75	5,2	5,14	4,158	4,158	3,465	4,784	4,23	4,275
ÍNDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN IFE = F3 X FM	**101,68**	**131,6**	**131,6**	**160**	**52**	**51,4**	**66,528**	**66,528**	**55,44**	**76,544**	**42,3**	**68,4**

Tabla 2.13 – **Resultados del cálculo de los índices de fuego y explosión (IFE).**

2.6 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE MAYOR RIESGOS EN LA ESTACIÓN PARAÍSO

Luego de realizar un diagnóstico semicuantitativo del riesgo de las instalaciones mediante el Método Dow (IEF), se puede observar que existe un mayor riesgo de ocurrir un incendio en el Tanque de Oleoducto en donde se obtuvo un IEF de 160 y el menor riesgo en las unidades Power Oil donde el IEF es de 42,3.

Según el tipo de riesgo que existe, basado en la ***tabla 2.11***, podemos decir que en el área de los tanques existe un riesgo severo (IFE≥ 159)

La industria petrolera dentro de su diversidad de instalaciones, contempla los tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles haciendo necesario la seguridad contra incendios de estos tanques, por este motivo la Estación Paraíso, cuenta con un sistema fijo contra incendios de agua y espuma para toda el área de tanques que comprenden el tanque de lavado, el tanque de reposo y el tanque de oleoducto. Este sistema está compuesto por un anillo con tubería de seis pulgadas y monitores lanza agua y lanza espuma, además cada tanque tiene instalado un sistema de espuma, este sistema fue detallado en el capitulo tres y el anillo del sistema contra incendios así como la distribución de los monitores se pueden observar en el plano [9]PSO-P&ID-01 FIRE WATER MONITORS AT TANK FARM P&ID.

Finalmente cabe destacar que el área de tanques es la más crítica, por ese motivo el sistema de bombeo de agua contra incendios instalado actualmente debe funcionar al 100% para garantizar la protección de esta área, de toda la Estación y de las personas que desarrollan sus actividades en este lugar.

Partiendo de este punto, es realmente urgente e importante realizar la automatización del sistema fijo contra incendios actual, propósito de este proyecto, y el cual se desarrolla en los capítulos siguientes.

[9] PSO-P&ID-01 se presenta en el Anexo C.

CAPÍTULO 3

DISEÑO AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIOS ESTACIÓN PARAÍSO

De acuerdo a la información presentada hasta este momento en los capítulos anteriores, se puede resumir lo siguiente:

El diseño del sistema contra incendios instalado actualmente en la Estación Paraíso, está centrado en proteger el área que presenta el mayor riesgo de incendio y explosión.

Dentro de esta área están todos los tanques que se usan en el proceso de extracción y almacenamiento de petróleo (tanque de lavado, tanque de reposo y tanque de oleoducto). Esta área presenta un **índice de incendio y explosión IFE de 160**, riesgo severo, como se demostró en el capitulo dos.

En caso de incendio en la estación se presentaría principalmente un fuego **clase "B"**, provocado por el liquido inflamable que se maneja en el proceso (crudo-petróleo); adicional a esto si la temperatura del colchón de agua sobrepasa en 10°F los 212°F a la presión hidrostática proporcionada por la altura del líquido dentro del tanque, puede producirse evaporación del agua creando una situación conocida como **boil over**, que es difícil de manejar ya que el volumen del vapor de agua es aproximadamente 1600 veces mayor al de la misma masa líquida.

Por esta razón se refrigeran o enfrían los tanques, usando como agente extintor el agua para evitar el fenómeno de **boil over**. El agua es usada principalmente por sus características extintoras de enfriamiento, pues actúa sobre la energía de activación (calor), eliminándola y por consiguiente rompiendo el tetraedro del fuego y deteniendo así la combustión. En segundo lugar se usa el agua porque actúa por sofocación, pues al pasar un cierto volumen de agua del estado líquido a vapor, dicho volumen se incremente 1.700 veces, y esta gran masa de vapor formada desplaza la fracción de aire equivalente sobre la superficie del fuego, reduciendo así la cantidad de oxígeno disponible para la combustión.

También se usa como agente de extinción la espuma que es eficaz para combatir incendios de **clase "B"**, actuando por sofocación. La espuma de baja expansión va dirigida a extinguir fuegos causados por derrames de líquidos inflamables o combustibles, o fuegos en depósitos, mediante la formación de una carga coherente refrigerante.

Para las cámaras de espuma en los tanques se usa es una espuma de baja expansión del tipo FP (espuma fluoroproteínica) para formar una solución al 3%, adecuada para combatir fuego de hidrocarburos, este tipo de espuma se recomienda porque soportan las altas temperaturas que se producen dentro de los tanques al concentrar de calor en caso de incendio.

En el área de cubeto de los tanques (monitores lanza espuma), se usa espuma de película acuosa (AFFF = Aqueos Forming Film Foam), ya que en caso de derrames en áreas abiertas su fluidez y velocidad de acción es más alta (knockdown speed).

De esta manera se ratifica que la parte mecánica del sistema actual está correctamente diseñado, pero un sistema contra incendios también debe ser funcional, es decir aprovechar al 100% el equipo instalado, lo que no sucede en la Estación Paraíso, por este motivo en este capítulo se desarrollará la ingeniería para automatizar y controlar el sistema fijo contra incendios instalado.

3.1 ALCANCE OPERATIVO DEL SISTEMA

Antes de empezar con el diseño es necesario conocer cómo debe funcionar el sistema contra incendios en óptimas condiciones, pues este será el objetivo final del presente proyecto. A continuación se describe el funcionamiento que se obtendrá al aplicar la automatización y control del sistema.

El sistema contraincendios mostrado en la ***figura 3.1*** podrá funcionar en modo manual y en modo automático, este sistema está compuesto por: bomba jockey, bomba eléctrica, bomba mecánica, sensores de presión, tanque de agua, sensores de nivel en el tanque, un tablero de control local, tuberías y monitores como se muestra en la ***figura 3.1***.

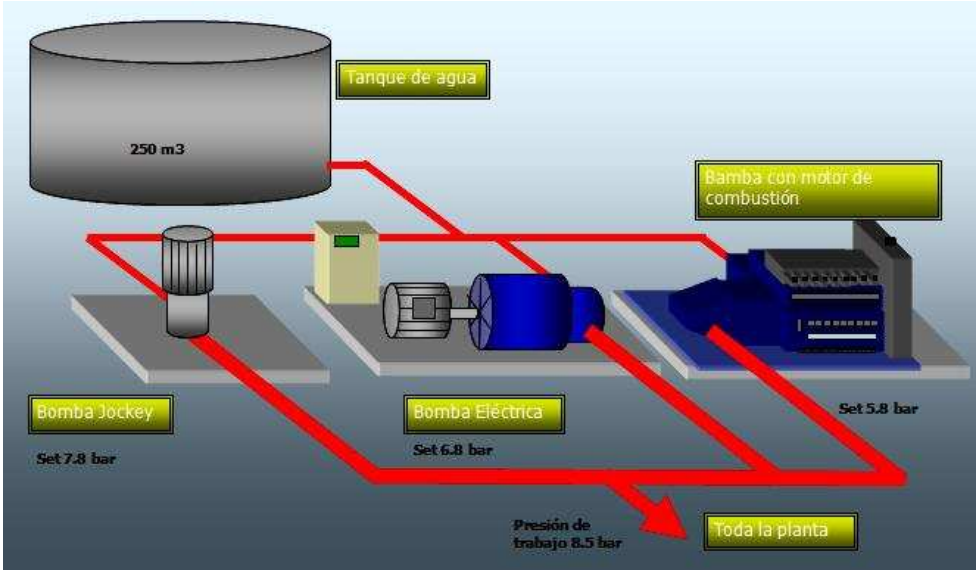


Figura 3.1 – **Esquema SCI Estación Paraíso**

En **modo manual** el operador podrá arrancar o parar las bombas jockey, eléctrica y diesel (mecánica) el momento en que crea conveniente, para esto se implementará un tablero de control local con selectores, pulsadores y luces de indicación que permita también un mantenimiento adecuado del sistema.

Para el funcionamiento en modo manual se protegerá todo el sistema de una sobrepresión causada por el arranque de las tres bombas cuando los monitores están cerrados. La sobrepresión se produce debido a que las tres bombas juntas producen una presión en la línea bastante considerable que puede ocasionar daños en las tuberías, monitores, válvula recirculación, bombas centrifugas y sensores de presión. La protección por sobrepresión se la realizará por software, al detectar una presión alta (200 PSI) el sistema de control apagara todas las bombas.

En **modo automático** el sistema detectará caídas de presión en la línea de descarga de agua automáticamente, para esto se usará un interruptor de presión por cada bomba (para cumplir con la norma que exige redundancia en los sensores) los mismo que estarán calibrados para enviar una señal al PLC cuando llegue a una determinada presión y de manera automática arrancar las bombas en los sets indicados en la ***tabla 3.1*** que se describe a continuación.

	PRESIÓN	
BOMBA	BAR	PSI
Jockey	8	120
Eléctrica	7	100
Mecánica 1	6	85
Mecánica 2	5	75

[10]***Tabla 3.1*** – **Set de presiones para cada bomba SCI.**

Si la presión cae por debajo de 120PSI arranca la bomba Jockey subiendo la presión a 150PSI, garantizando la presión en la línea, cumpliendo con el método elegido **Tubería Húmeda** para mantener presurizado el anillo de protección y así arrancar el sistema al instante en caso de incendio.

Si la presión cae por debajo de 100PSI arranca la bomba eléctrica subiendo la presión a 150PSI, si esto ocurre es porque uno o varios de los hidrantes han sido abierto por lo tanto se presume la presencia de incendio en la Estación.

Si la presión cae por debajo de 85PSI arranca la bomba Diesel (mecánica1) subiendo la presión a 150PSI. La bomba eléctrica no puede suplir la demanda de agua en el sistema, un incendio considerable está presente en la Estación, si aun la presión no abastece y cae hasta 75PSI se enciende la bomba Diesel 2 para así extinguir el incendio por completo. Para garantizar la presión de 150PSI en toda la línea de descarga, la válvula de recirculación se calibrará en este valor (P=150PSI). Después de superado el incendio, las bombas únicamente se apagaran manualmente para cumplir la norma.

En caso de existir una sobrepresión en la línea, un transmisor de presión enviará la señal al PLC quién dará orden de paro a las bombas. El set de presión de seguridad será 200PSI.

Además para incrementar la seguridad y confiabilidad del sistema se instalaran alarmas tanto visuales como auditivas cumpliendo así normas para la seguridad en un proceso tan crítico.

[10] Presiones determinadas por normas y pruebas realizadas en campo por Departamento HES Enap Sipetrol

En modo automático el sistema será capaz de detectar si la bomba eléctrica arranca al caer la presión, en caso que la bomba eléctrica no arranque por una alarma en el arrancador suave o por falta de energía en las líneas de alimentación el sistema de control arrancara la bomba mecánica 1 supliendo de esta manera la caída de presión presentada por la apertura de uno o varios monitores.

De igual forma si el sistema detecta que la bomba eléctrica no arranco y que la bomba mecánica 1 tampoco arranco, el sistema de control tiene como última opción para suplir la caída de presión arrancar la bomba mecánica 2; de esta manera se garantiza que el sistema contra incendios funcione en caso de emergencia.

Para los dos casos manual o automático, el sistema de control estará basado en un PLC como elemento principal, y su programación contemplará todas las opciones de operación, garantizando el buen funcionamiento y la seguridad del sistema. En la **figura 3.2** se observa el proceso de encendido y apagado de las bombas en modo automático.

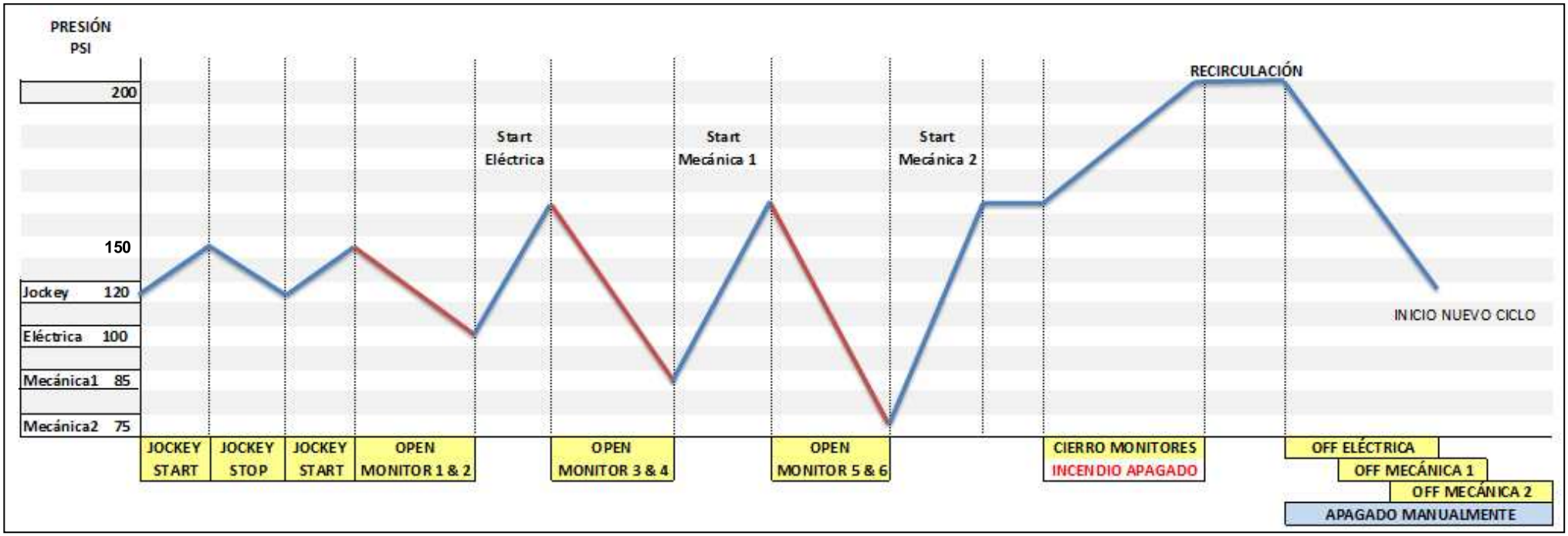


Figura 3.2 – **Proceso Funcionamiento Bombas en Modo Automático.**

3.2 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

El sistema contra incendios deberá funcionar como se describió en el punto anterior, para esto deberá cumplir con ciertos requerimientos que la norma NFPA ha designado para sistemas fijos contra incendios.

Para el caso de tanques de almacenamientos de líquidos inflamables, como es el caso en la Estación Paraíso, se recomienda según la NFPA 16 “Instalación de Rociadores Agua Espuma”, este requerimiento se cumple pues como se ha descrito en capítulos anteriores se usan monitores lanza agua y monitores lanza espuma así como también cámaras de espuma en los diferentes tanques.

Se debe instalar cabezas rociadoras de características y en número adecuado para cubrir la totalidad de la zona que se desee proteger en función del riesgo que represente. Esto se cumple pues existen distribuidos los monitores de acuerdo al último estudio mecánico del sistema contra incendios.

En la línea de descarga se ha de mantener una presión mínima de 8 bares en toda la red, por este motivo en la ***tabla 3.1*** se ha determinado como set de activación para la bomba Jockey el valor de 8 bares.

Otro de estos requerimientos es que los circuitos de agua deben correr por rutas separadas de tal manera que la falla en más de uno a la vez, sea únicamente una posibilidad remota. Esto se cumple pues como se observa en el plano [11]**PSO – P&ID – 02 FIRE WATER PIPING SKID** desde el tanque de agua contra incendios existe una línea de succión con tres posibles rutas completamente independientes y con dos diferentes tipos de energía de activación (energía eléctrica y combustión de diesel) cumpliendo también con el requerimiento que establece que son necesarias dos tipos de energía diferentes para el accionamiento de las bombas.

[11] El plano PSO-P&ID-02 se observa en el Anexo C.

Existe un requerimiento para el encendido en secuencia de las bombas, si las exigencias de agua son mayores que los de una unidad de bombeo funcionando, las unidades deberán arrancar con intervalos de 5 a 10 segundos. La falla de un motor no deberá impedir el encendido de las otras unidades de bombeo.

Para cumplir con todos estos requerimientos y garantizar el funcionamiento correcto del sistema contra incendios a continuación se describen los criterios de diseño para cada equipo que forma el sistema contra incendios que se va automatizar y controlar.

3.2.1 BOMBA JOCKEY

Al escoger en el sistema de tuberías y rociadores el método de tubería húmeda para mantener el anillo presurizado con agua y así tener listo el sistema para arrancar en caso de un incendio, las **bombas jockey** (bombas sostenedoras de presión o de relleno) cumplen un papel muy importante en el funcionamiento automático del sistema contra incendios.

Estas bombas funcionarán de manera intermitente dentro de un rango de presión, a los **120 PSI** arrancaran y presurizaran el anillo cuando el sistema de bombeo este apago y los monitores cerrados; cuando la presión de la línea haya llegado a **150 PSI** las bombas se apagaran y así se mantendrán funcionando automáticamente en el tiempo.

Aunque el sistema este apagado y los monitores cerrados se presentan perdidas en las instalaciones hidráulicas debidos a codos, bifurcaciones, juntas de unión, válvulas etc., a estas pérdidas se las llaman pérdidas menores, aunque en el fondo su valor es muy importante.

Se instalaron dos bombas Jockey por seguridad del sistema, es decir la bomba que está en **stand by** funcionara únicamente si la bomba jockey principal no arrancara y la presión disminuye bajo los 120 PSI.

Las bombas contra incendios se emplean frecuentemente para complementar la aportación de los sistemas de conducción públicos, depósitos de gravedad,

embalses, depósitos a presión u otras fuentes. Es así que en el presente proyecto las bombas de incendio son centrifugas. La norma NFPA 20 establece requisitos para el diseño y la instalación de estas bombas que pueden ser de una o más etapas, de eje horizontal o vertical, además de los motores y equipos asociados, los requerimientos más relevantes se describen a continuación para cada bomba.

3.2.2 BOMBA ELÉCTRICA

La bomba manejada con motor eléctrico será la primera en arrancar en caso de un incendio cuando el sistema este en modo automático.

Los motores de corriente alterna más comúnmente empleados son los de tipo inducción en jaula de ardilla, para estos la caída de tensión no debe ser tan grande que impida el arranque del motor, es decir no más del 10% por debajo de la tensión normal en el momento de la puesta en marcha.

Por este motivo para el motor eléctrico instalado es necesario usar un arrancador suave para disminuir la caída de tensión en al momento de arranque y cumplir con el requerimiento anterior (el dimensionamiento de este arrancador suave se detallará más adelante).

Cuando el motor está funcionando a los valores nominales de capacidad, presión y velocidad de la bomba, la tensión de la red no debe caer más del 5% por debajo de la indicada en la placa de identificación del motor. Este tipo de motor debe tener un par máximo de arranque normal. Todos los motores deben estar nominados para servicio continuo.

3.2.3 BOMBA A DIESEL (MECÁNICA)

La bomba centrifuga activada por un motor de combustión interna a diesel es la segunda bomba en activarse cuando la demanda de agua no es abastecida por la bomba eléctrica o cuando la bomba eléctrica no arranca por algún motivo.

Para el control de este motor es necesario arrancarlo en cualquier condición que este se encuentre es decir deberá arrancar aunque sus niveles de aceite o su temperatura este fuera de sus parámetros y así poder garantizar seguridad a la

planta en caso de incendio. En el arranque de este motor intervienen dos solenoides una de combustible y otra del motor de arranque, el proceso de arranque se detallará en las siguientes páginas.

La bombas centrifugas horizontales sea eléctrica o a diesel con mandos automáticos deben funcionar siempre bajo presión para evitar la necesidad de cebarlas.

3.2.4 ROTACIÓN DE LAS BOMBAS

Según la norma NFPA 20, las bombas se designan como de rotación derecha o rotación en el sentido de las agujas del reloj (CW); o rotación izquierda o contraria al sentido del reloj (CCW). Los motores diesel comúnmente se almacenan y suministran con rotación en el sentido de las agujas del reloj.

La rotación del eje de la bomba puede determinarse de la siguiente manera. La rotación de una bomba horizontal puede ser determinada al colocarse en el extremo del impulsor y de frente a la bomba. Si la parte superior del eje gira de izquierda a derecha, la rotación es derecha o en el sentido de las agujas del reloj (CW). Si la parte superior del eje da vuelta desde la derecha hacia la izquierda, la rotación es izquierda o contraria a las agujas del reloj (CCW).

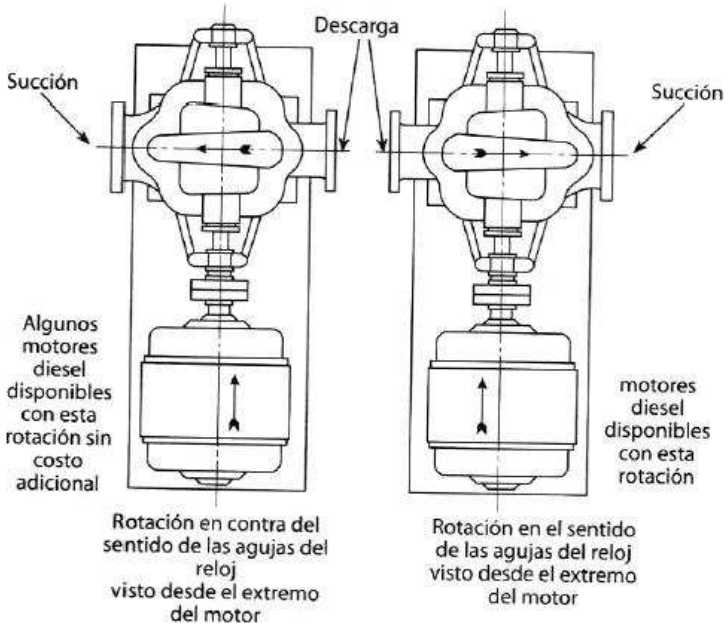


Figura 3.3 – **Rotación del eje en bomba horizontal.**

3.2.5 ARRANQUE

Con relación al encendido los motores deben estar equipados con un aparato de encendido confiable, las baterías de buena calidad de acido de plomo en condiciones de carga seca con liquido de electrolito de un contenedor por separado, el alternador para recargar las baterías debe ser revisado periódicamente y certificado.

3.2.6 INSTRUMENTACIÓN

El motor debe estar provisto de interruptor de presión que activa la bomba cuando la presión del sistema de agua desciende debajo de un nivel preestablecido, por ese motivo se usará un interruptor de presión para cada línea de descarga.

Por ser el sistema contra incendios un proceso crítico es necesario asegurar la toma de datos desde el proceso hasta el elemento de control, por ese motivo la norma recomienda usar redundancia de instrumentos, para garantizar que el sistema funcione sin importar que uno o más sensores estén dañados. Para cumplir con esto en el diseño se usará un transmisor de presión instalado en la línea de descarga hacia los monitores para comparar con el dato tomado de los interruptores de presión. En la ***figura 3.4*** se muestra la ubicación que deben tener los sensores de presión para cada una de las bombas.

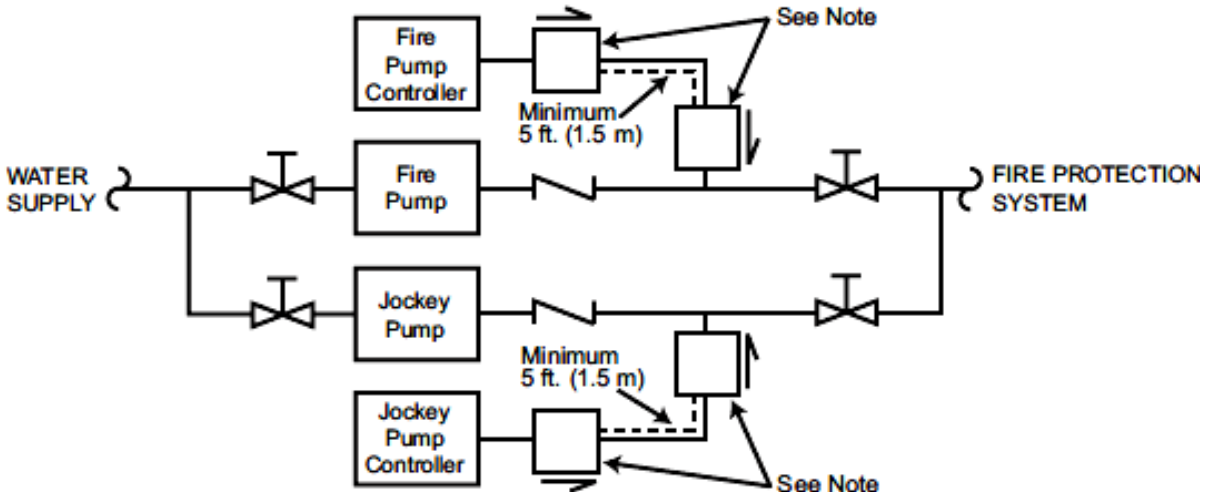


Figura 3.4 – **Disposición de sensores en SCI.**

Con respecto al tanque de almacenamiento de agua contra incendios, es necesario colocar un sensor de nivel que garantice un nivel alto de agua suficiente para combatir un incendio. De esta manera se instalará un sensor de nivel con alarma de nivel bajo.

En cuanto a la válvulas de seguridad de circulación son necesarias en las bombas que se ponen en marcha automáticamente o por mandos a distancias su función es abrirse a presiones ligeramente superiores a los nominales cuando el caudal es nulo o pequeño, de modo que se descargue suficiente agua para impedir el recalentamiento de la bomba.

3.2.7 CONTROL DE PRESIÓN

El control de presión de agua deberá ser para todas las instalaciones de bombas (incluyendo las bombas Jockey), cada controlador deberá tener su línea de medición de presión.

La conexión de la línea de medición para cada bomba (incluyendo la Jockey), deberá hacerse entre la válvula de retención en la descarga de la bomba y la válvula de control de descarga. Esta línea deberá ser de tubería de latón, cobre o acero inoxidable de la serie 300 y los accesorios deberán ser de ½” (12.7mm) de tamaño nominal.

El interruptor de presión con actuador en la posición más baja de ajuste deberá iniciar la secuencia de encendido de la bomba (si es que la bomba todavía no está en funcionamiento).

El motor debe estar provisto de interruptor de presión que activa la bomba cuando la presión del sistema de agua desciende debajo de un nivel preestablecido

3.2.8 CONTROLADOR

Para la automatización y control del sistema contra incendios se usará un controlador lógico programable el cual debe cumplir los siguientes requerimientos:

- ✓ Los controladores deben colocarse cerca de los motores que controlan y protegerse que no sean dañados por el agua que escapa de las bombas o de las conexiones de las mismas.
- ✓ Las partes que llevan la corriente eléctrica a los controles deben estar mínimas a 12” (305mm) por encima del nivel del piso.
- ✓ Los controladores y accesorios van montados en gabinetes que deben de cumplir con el NEMA TIPO 2, además estos gabinetes deben estar instalados a tierra según Norma NFPA 70.
- ✓ Un controlador automático deberá ser accionado por medio de un interruptor de presión o un interruptor sin presión. El controlador automático deberá ser accionado también como un controlador no automático.

3.2.9 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Los reguladores de mando (solenoides del motor) funcionan con corriente continua a baja tensión tomada de las baterías del motor; arrancador suave, cronómetro programador, el cargador de la batería, fuentes de alimentación para el control y otros dispositivos auxiliares, reciben la energía en forma de corriente alterna suministrada por la industria.

Además de la fuente de alimentación para el PLC se debe contar con una fuente secundaria (UPS) que podrá ser específica para esta instalación o común con otras de protección contra incendios.

La autonomía de dicha fuente secundaria, así como la exigible a equipos de bombeo de alimentación no eléctrica, será como mínimo igual al tiempo de funcionamiento previsto en la instalación.

3.2.10 ALARMAS

La norma sugiere instalar como mínimo un puesto de control por cada sector de incendio protegido por esta instalación. Cada puesto de control estará provisto de una señal acústica que entre en funcionamiento cuando se dispare algún rociador o se accione la válvula de prueba, por esta razón se instalara una luz estroboscópica y una sirena que alerte al personal de un posible incendio.

Respecto a la alarma deberá incluir indicadores visibles locales y contactos para indicadores remotos, cuando el cuarto de bombas este aislado sin control personal, se provee de alarmas auditables y visuales alimentadas por una fuente que no sobrepase 125 voltios en un punto que este constantemente atendido; estas alarmas son:

a) Bomba o motor en funcionamiento (se colocará luces piloto).
b) Controlador conectado a una fuente alterna, este circuito de alarma indica cuando la fuente alterna está suministrando corriente al controlador.
h) Contactos abiertos o cerrados para controladores de alarmas de indicación remotas.
i) Controlador automático afectado a sí mismo para arrancar, funcionar y proteger el motor. Se recomienda además una alarma de “falla para funcionar” de la bomba. A manera de supervisar la fuente de energía para el circuito de alarma, el controlador puede disponerse para arrancar cuando ocurre la falla en el circuito de energía de la alarma supervisada.

3.2.11 CABLE Y DIAGRAMAS

El dimensionamiento del conductor se basa en la NFPA 70, articulo 430. Debe marcarse los terminales del alambrado de acuerdo al diagrama eléctrico del fabricante.

Las conexiones y barras de distribución deben ser accesibles para el mantenimiento, dispuestos de tal forma que no se requiera la desconexión de los circuitos externos. Se debe tener pegados al gabinete diagramas eléctricos e instrucciones respecto al funcionamiento del controlador.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LA INGENIERIA DE DETALLE

La ingeniería de detalle tiene como objetivo obtener el diseño detallado de la instalación, análisis inductivo de cada una de las variables, instrumentos y equipos necesarios para proceder con la construcción de la automatización y control del Sistema Fijo Contra Incendios.

El sistema deberá estar compuesto de equipos (HARDWARE: dispositivos de entrada y salida, microprocesadores, instrumentos, etc.) y programas (SOFTWARE: facilidades que permiten la configuración, pruebas y diagnóstico del sistema) que permitirán una operación más segura y confiable del sistema contra incendios actual para la respuesta inmediata de un conato de incendio.

3.3.1 DISEÑO DEL HARDWARE

En esta sección se exponen las características de diseño en función de los requerimientos y términos mencionados en párrafos anteriores, con el fin de cubrir las necesidades que impone la automatización y control de un sistema fijo contra incendios.

El hardware es la parte física; para ello, la electrónica brinda la oportunidad de acceder a elementos de pequeño tamaño, fácil manejo, bajo consumo de energía y funcionamiento garantizado. Para automatizar el sistema contra incendios el hardware está compuesto por las siguientes etapas:

- **ETAPA DE CONTROL Y VISUALIZACIÓN**
  - Controlador Lógico Programable.
  - Display para visualización de presiones.
  - Luces piloto y de señalización.

- **ETAPA DE ENTRADAS**
  - Módulo de entras digitales.
  - Módulo de entradas analógicas.
  - Elementos de aislamiento entre la señal proveniente de interruptores de presión y módulo de entradas.

- Transmisores de presión.
- Interruptores de presión.
- Sensor de Nivel.
- Status de motores (Eléctrica, Mecánica 1 y 2)
- Pulsadores y selectores.

- **ETAPA DE SALIDAS**
  - Módulo de salidas digitales.
  - Arrancador suave (Bomba eléctrica).
  - Relés de estado sólido.
  - Contactores para manejo de circuitos de fuerza.
  - Solenoides de combustible (Bombas mecánicas).
  - Motores de arranque (Bombas mecánicas).
  - Sirena y luz estroboscópica.

- **FUENTE DE ALIMENTACIÓN**
  - Alimentación 110 VAC
  - Alimentación 220 VAC
  - Alimentación 480 VAC
  - Fuente de alimentación para control 24 VDC.
  - Fuente de alimentación para circuitos de fuerza 24 VDC.
  - Respaldo para pérdida de energía (UPS)

La función y disposición de cada elemento está expuesta en el siguiente diagrama de bloques (***figura 3.5***); más adelante se explica detalladamente la ingeniería realizada para el dimensionamiento y selección de cada uno de estos equipos.

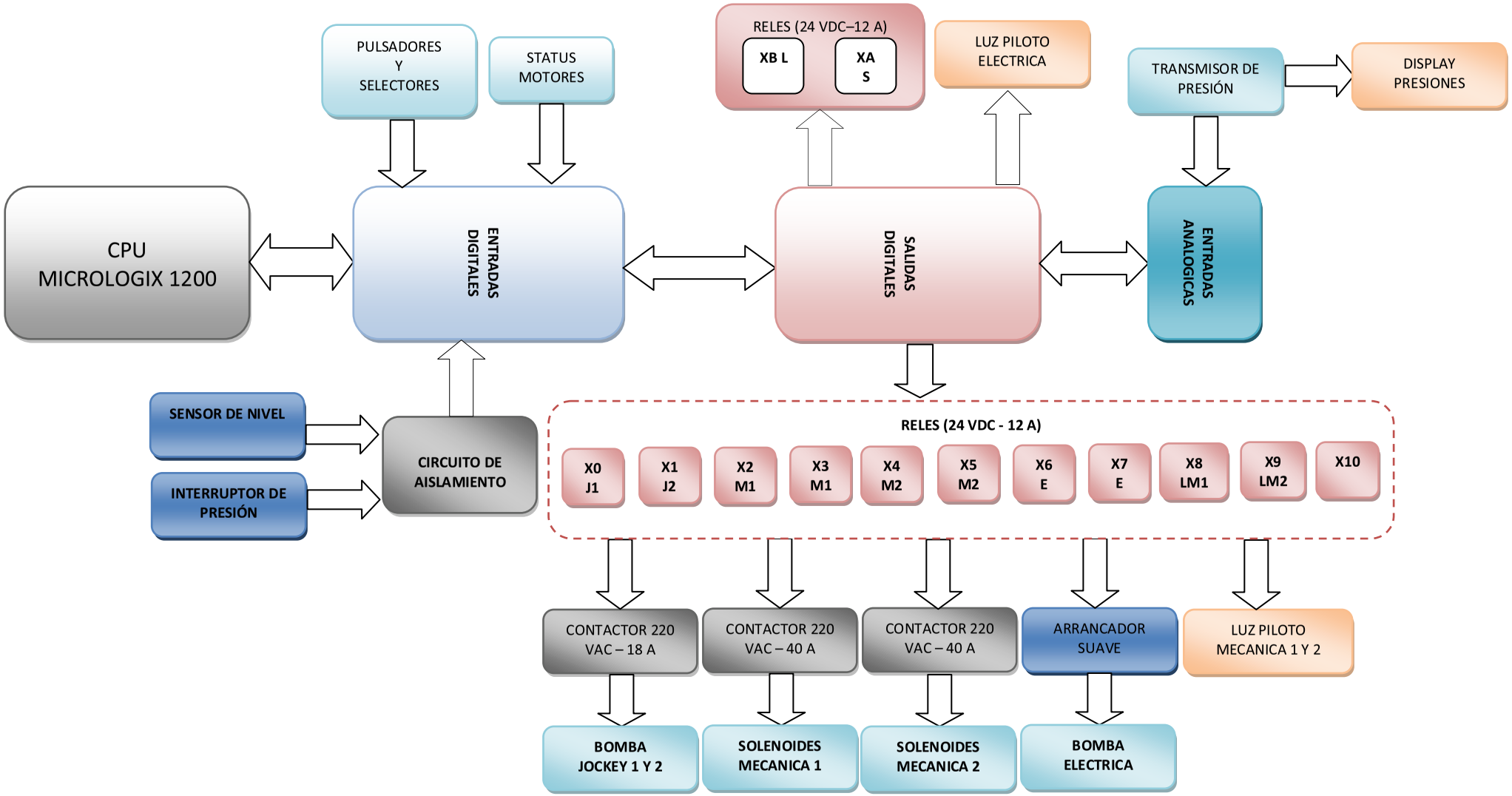


Figura 3.5 – **Diagrama de bloques Automatización y Control SCI.**

3.3.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS Y MÓDULOS DE CONTROL

El control y monitoreo del sistema contra incendios se realizará por medio de un controlador lógico programable (PLC) de la marca **ALLEN BRADLEY**, el cual estará en una central de señalización o panel de control con luces y botones, permitiendo la interacción hombre-máquina para el control de eventos.

Se escogió esta marca por ser la más utilizada en el campo petrolero, pues presenta una serie de aplicaciones propias para este campo, facilitando la uniformidad y el control de los elementos que se utilizan en una estación de producción de petróleo.

3.3.2.1 Señales de control

Antes de seleccionar el controlador y sus demás elementos es necesario conocer y enumerar las señales que manejará este controlador.

Para realizar esta parte de la ingeniería de detalle **Enap Sipetrol** utiliza un formato denominado [12]***Instruments & Signal List*** que es revisado y corregido por el departamento de ingeniería de la empresa.

En la ***tabla 3.2*** se presenta un resumen de la información presentada en el formato ***Instruments & Signal List***, basado en los planos realizados en la evaluación inicial así como también en los criterios de diseño y en los planos del nuevo diseño de instrumentos y equipos.

Este formato permite que la ingeniería básica y de detalle se realice de manera ordenada para no olvidar ninguna de las señales de control que se utilizarán en la implementación de este proyecto.

[12] El formato ***Instrumens & Signal List*** se detalla en el Anexo A y muestra las señales e instrumento usados

AUTOMATIZACION Y CONTROL SCI ESTACIÓN PARAÍSO Signals List enap sipec					Departamento:		INGENIERÍA TESISTA
					Código No.:		SCI-CPF-PBH-901
					Revisión:		0
					Página No.:		1 de 5
	ITEM	SIGNAL TYPE	LOCATION	SERVICE	UNIT	RANGE	
						MIN.	MAX.
1	JOCKEY PUMP P-901A						
2	1	DI	Pipe Discharge	Low pressure switch signal for Jockey Pump P-901A	PSI	120	-
3	2	DI	Pipe Discharge	Hihg pressure switch signal for Jockey Pump P-901A	PSI	-	150
4	3	DI	Control Panel	Select Automatic signal for Jockey Pump P-901A	N/A	N/A	N/A
5	4	DI	Control Panel	Select Manual signal for Jockey Pump P-901A	N/A	N/A	N/A
6	5	DI	Control Panel	Select Off signal for Jockey Pump P-901A	N/A	N/A	N/A
7	6	DI	Control Panel	Push Start signal for Jockey Pump P-901A	N/A	N/A	N/A
8	7	DI	Control Panel	Push Stop signal for Jockey Pump P-901A	N/A	N/A	N/A
9	8	DO	Control Panel	Start/Stop signal for for Jockey Pump P-901A	N/A	N/A	N/A
10	9	DO	Control Panel	Indicator satrt light for Jockey Pump P-901A	N/A	N/A	N/A
11	10	DO	Control Panel	Indicator stop light for Jockey Pump P-901A	N/A	N/A	N/A
12	JOCKEY PUMP P-901B						
13	11	DI	Pipe Discharge	Low pressure switch signal for Jockey Pump P-901B	PSI	120	-
14	12	DI	Pipe Discharge	Hihg pressure switch signal for Jockey Pump P-901B	PSI	-	150
15	13	DI	Control Panel	Select Automatic signal for Jockey Pump P-901B	N/A	N/A	N/A
16	14	DI	Control Panel	Select Manual signal for Jockey Pump P-901B	N/A	N/A	N/A
17	15	DI	Control Panel	Select Off signal for Jockey Pump P-901B	N/A	N/A	N/A
18	16	DI	Control Panel	Push Start signal for Jockey Pump P-901B	N/A	N/A	N/A
19	17	DI	Control Panel	Push Stop signal for Jockey Pump P-901B	N/A	N/A	N/A

Tabla 3.2 – **Resumen Señales de Control para automatizar el SCI**

AUTOMATIZACION Y CONTROL SCI ESTACIÓN PARAÍSO Signals List					Departamento:	INGENIERÍA TESISTA	
					Código No.:	SCI-CPF-PBH-901	
					Revisión:	0	
					Página No.:	2 de 5	
	ITEM	SIGNAL TYPE	LOCATION	SERVICE	UNIT	RANGE	
						MIN.	MAX.
20	18	DO	Control Panel	Start/Stop signal for for Jockey Pump P-901B	N/A	N/A	N/A
21	19	DO	Control Panel	Indicator satrt light for Jockey Pump P-901B	N/A	N/A	N/A
22	20	DO	Control Panel	Indicator stop light for Jockey Pump P-901B	N/A	N/A	N/A
23	ELECTRICAL PUMP P-902						
24	21	DI	Pipe Discharge	Low pressure switch signal for Electrical Pump P-902	PSI	100	-
25	22	DI	Pipe Discharge	Hihg pressure switch signal for Electrical Pump P-902	PSI	-	110
26	23	DI	Control Panel	Select Automatic signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
27	24	DI	Control Panel	Select Manual signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
28	25	DI	Control Panel	Select Off signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
29	26	DI	Control Panel	Push Start signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
30	27	DI	Control Panel	Push Stop signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
31	28	DI	Control Panel	Push Reset signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
32	29	DI	Control Panel	Push Button Emergency signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
33	30	DO	Control Panel	Start/Stop signal for for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
34	31	DO	Control Panel	Indicator satrt light for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
35	32	DO	Control Panel	Indicator stop light for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
36	33	DO	Control Panel	Indicator trip light for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
37	SOFT STARTER K-901 FOR ELECTRICAL PUMP						
38	34	DI	Control Panel	Soft Starter status signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A

Tabla 3.2 – **Resumen Señales de Control para automatizar el SCI**

AUTOMATIZACION Y CONTROL SCI ESTACIÓN PARAÍSO Signals List					Departamento:		INGENIERÍA TESISTA
					Código No.:		SCI-CPF-PBH-901
					Revisión:		0
					Página No.:		3 de 5
	ITEM	SIGNAL TYPE	LOCATION	SERVICE	UNIT	RANGE	
						MIN.	MAX.
39	35	DO	Control Panel	Soft Starter Start signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
40	36	D0	Control Panel	Soft Starter Stop signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
41	37	DO	Control Panel	Soft Starter Reset signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
42	38	DI	Control Panel	Soft Starter Trip signal for Electrical Pump P-902	N/A	N/A	N/A
43	MECHANICAL PUMP P-903						
44	39	DI	Pipe Discharge	Low pressure switch signal for Mechanical Pump P-903	PSI	85	-
45	40	DI	Pipe Discharge	Hihg pressure switch signal for Mechanical Pump P-903	PSI	-	90
46	41	DI	Control Panel	Select Automatic signal for Mechanical Pump P-903	N/A	N/A	N/A
47	42	DI	Control Panel	Select Manual signal for Mechanical Pump P-903	N/A	N/A	N/A
48	43	DI	Control Panel	Select Off signal for Mechanical Pump P-903	N/A	N/A	N/A
49	44	DI	Control Panel	Push Start signal for Mechanical Pump P-903	N/A	N/A	N/A
50	45	DI	Control Panel	Push Stop signal for Mechanical Pump P-903	N/A	N/A	N/A
51	46	DO	Control Panel	Indicator satrt light for Mechanical Pump P-903	N/A	N/A	N/A
52	47	DO	Control Panel	Indicator stop light for Mechanical Pump P-903	N/A	N/A	N/A
53	48	DO	Control Panel	Oil solenoid valve for Mechanical Pump P-903	N/A	N/A	N/A
54	49	DO	Control Panel	Start solenoid valve for Mechanical Pump P-903	N/A	N/A	N/A
55	50	DI	Control Panel	Reserva	N/A	N/A	N/A
56	51	DO	Control Panel	Reserva	N/A	N/A	N/A
57	52	AI	Control Panel	Reserva	N/A	N/A	N/A

Tabla 3.2 – **Resumen Señales de Control para automatizar el SCI**

AUTOMATIZACION Y CONTROL SCI ESTACIÓN PARAÍSO Signals List enap sipec					Departamento:	INGENIERÍA TESISTA	
					Código No.:	SCI-CPF-PBH-901	
					Revisión:	0	
					Página No.:	4 de 5	
	ITEM	SIGNAL TYPE	LOCATION	SERVICE	UNIT	RANGE	
						MIN.	MAX.
58	MECHANICAL PUMP P-904						
59	53	DI	Pipe Discharge	Low pressure switch signal for Mechanical Pump P-904	PSI	65	80
60	54	DI	Pipe Discharge	Hihg pressure switch signal for Mechanical Pump P-904	PSI	-	90
61	55	DI	Control Panel	Select Automatic signal for Mechanical Pump P-904	N/A	N/A	N/A
62	56	DI	Control Panel	Select Manual signal for Mechanical Pump P-904	N/A	N/A	N/A
63	57	DI	Control Panel	Select Off signal for Mechanical Pump P-904	N/A	N/A	N/A
64	58	DI	Control Panel	Push Start signal for Mechanical Pump P-904	N/A	N/A	N/A
65	59	DI	Control Panel	Push Stop signal for Mechanical Pump P-904	N/A	N/A	N/A
66	60	DO	Control Panel	Indicator satrt light for Mechanical Pump P-904	N/A	N/A	N/A
67	61	DO	Control Panel	Indicator stop light for Mechanical Pump P-904	N/A	N/A	N/A
68	62	DO	Control Panel	Oil solenoid valve for Mechanical Pump P-904	N/A	N/A	N/A
69	63	DO	Control Panel	Start solenoid valve for Mechanical Pump P-904	N/A	N/A	N/A
70	64	DI	Control Panel	Reserva	N/A	N/A	N/A
71	65	DO	Control Panel	Reserva	N/A	N/A	N/A
72	66	AI	Control Panel	Reserva	N/A	N/A	N/A
73	WATER TANK TK-901						
74	67	DI	Control Panel	Low Level Switch signal for Tank TK-901	cm	0	750
75	68	DI	Control Panel	High Level Switch signal for Tank TK-901	cm	0	750
76	CONTROL SCI						

Tabla 3.2 – **Resumen Señales de Control para automatizar el SCI**

AUTOMATIZACION Y CONTROL SCI ESTACIÓN PARAÍSO Signals List enap sipec					Departamento:		INGENIERÍA TESISTA
					Código No.:		SCI-CPF-PBH-901
					Revisión:		0
					Página No.:		5 de 5
	ITEM	SIGNAL TYPE	LOCATION	SERVICE	UNIT	RANGE	
						MIN.	MAX.
77	69	DI	Control Panel	General alarm signal for SCI	NA	NA	NA
78	70	DO	Control Panel	Alarm buzzer for SCI	NA	NA	NA
79	71	DO	Control Panel	Alarm ligth for SCI	NA	NA	NA
80	72	DI	Control Panel	UPS source alarma signal for SCI	NA	NA	NA
81	73	DO	Control Panel	Alarm energy fall for SCI	NA	NA	N/A
82	74	AI	Pipe Discharge	Pressure transmitter for SCI	PSI	0	300
83	75						
84	76						
85	77						

Tabla 3.2 – **Resumen Señales de Control para automatizar el SCI**

De esta forma con la identificación de las señales que intervienen en este proceso, las mismas que se describen de manera detalle en el Anexo A, en el formato ***Instruments & Signal List*** se concluye que se utilizaran 46 entradas digitales (DI), 24 salidas digitales (DO) y 3 entradas analógicas (AI).

3.3.2.2 Dimensionamiento y selección de PLC y módulos de entradas-salidas

La empresa maneja la línea de PLC's **Allen Bradley** y para esta aplicación dentro de la gama de controladores que presenta esta marca se usará el **PLC Micrologix 1200**, principalmente porque Enap cuenta con este PLC en bodega. El CPU de este PLC se muestra en la ***figura 3.6***.

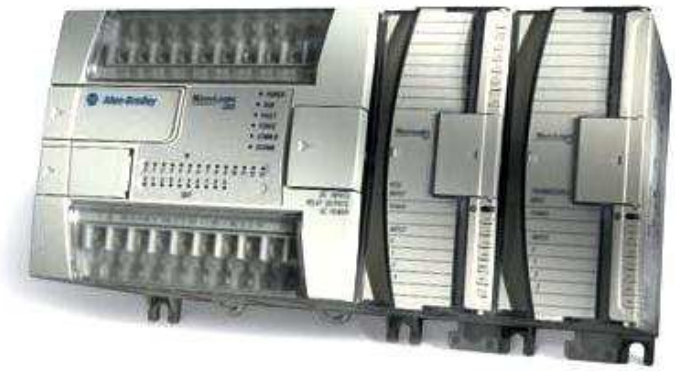


Figura 3.6 – **PLC Micrologix 1200**
Fuente: Programmable Controllers Allen Bradley

El MicroLogix 1200 posee los rasgos y opciones diseñadas para ocuparse de un extenso rango de aplicaciones. El número de I/O (entradas y salidas) puede extenderse usando módulos de I/O. Esto produce sistemas de control más grandes, mayor flexibilidad de la aplicación y expansibilidad a un bajo costo.

Un sistema operativo ***field-upgradeable flash*** asegura que siempre este al día con los últimos avances tecnológicos, sin tener que reemplazar el hardware. El controlador puede ponerse al día fácilmente con el último firmware vía descarga del sitio web. Para especificar el CPU del Micrologix 1200 hay que tomar en cuenta la codificación que se presenta a continuación en la ***figura 3.7***

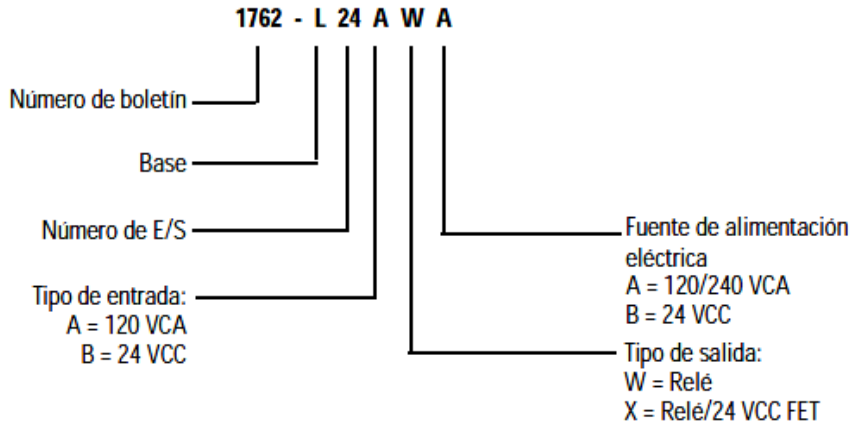


Figura 3.7 **–Detalle del número de Catálogo Micrologix 1200**

El PLC que se usará es el **MICROLOGIX 1200 1762-L24BXBR SER: C REV: H,** este equipo ha sido diseñado específicamente para un uso en entornos limpios y secos, grado de contaminación 2 (entorno en el que, normalmente, sólo se produce una contaminación no conductora, exceptuando el caso de que se pueda producir ocasionalmente una conductividad temporal causada por condensación.) y para circuitos que no excedan la categoría de sobretensión II (IEC 60664-1) (margen del nivel de carga que tiene el sistema de distribución de electricidad. En este nivel los voltajes transitorios permanecen bajo control y no exceden el máximo voltaje de choque que puede soportar el aislamiento del producto).

En la ***figura 3.8*** y ***tabla 3.3*** se presenta la descripción del controlador que se va a usar.

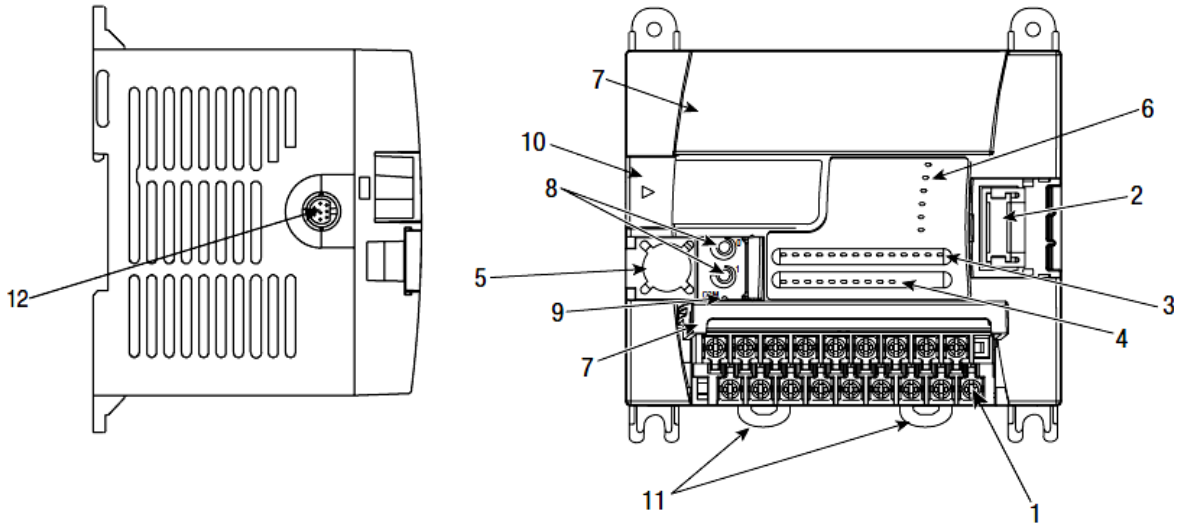


Figura 3.8 **–Descripción Micrologix 1200**

Item	Descripción	Item	Descripción
1	Bloques de terminales (Bloques de terminales desmontables sólo en controladores de 40 puntos)	7	Puertas de terminales y etiqueta
2	Interface del conector de bus a las E/S expansoras	8	Potenciómetros de ajuste
3	Indicadores LED de entrada	9	Botón pulsador de comunicaciones predeterminadas
4	Indicadores LED de salida	10	Cubierta del puerto del módulo de memoria(1) -o- Módulo de memoria y/o reloj en tiempo real(2)
5	Puerto de comunicación (Canal 0)	11	Seguros de riel DIN
6	Indicadores LED de estado	12	Programador/Puerto HMI (Equipado únicamente con controladores 1762-LxxxxxR)

Número de catálogo	Descripción		
	Alim. eléc. de entrada	Entradas	Salidas
1762-L24AWA, -L24AWAR	120/240 VCA	(14) 120 VCA	(10) relé
1762-L24BWA, -L24BWAR	120/240 VCA	(10) 24 VCC (4) 24 VCC rápido	(10) relé
1762-L24BXB, -L24BXBR	24 VCC	(10) 24 VCC (4) 24 VCC rápido	(5) relé, (4) FET de 24 VCC (1) FET de 24 VCC de alta velocidad
1762-L40AWA, -L40AWAR	120/240 VCA	(24) 120 VCA	(16) relé
1762-L40BWA, -L40BWAR	120/240 VCA	(20) 24 VCC (4) 24 VCC rápido	(16) relé
1762-L40BXB, -L40BXBR	24 VCC	(20) 24 VCC (4) 24 VCC rápido	(8) relé, (7) FET de 24 VCC (1) FET de 24 VCC de alta velocidad

Tabla 3.3 **–Descripción Micrologix 1200**

Este PLC cumple con las características necesarias para automatizar el SCI, para esta aplicación se necesitan 48DI / 24DO / 8AI, considerando en estos valores la posibilidad de aumentar otros elementos en el futuro y de realizar mejoras a la automatización en futuro cercano.

Los módulos de expansión que se utilizaran son los de la familia 1762 Micrologix, que son compatibles con los controladores Micrologix 1100,1200 y 1400. Estos módulos se deben instalar a la derecha del CPU, montados en un panel con tornillos o sobre riel DIN. La capacidad de corriente de carga de la fuente de alimentación incorporada al PLC limita el número de módulos que pueden ser conectados, para el Micrologix 1200 el número máximo permitido de módulos de expansión I/O que se puede conectar por cada CPU es de 6 módulos.

Para seleccionar los módulos de expansión que se necesita para esta aplicación se usó el catálogo de **Allen Bradley 1762 Micrologix Expansion Module** que se encuentra en el Anexo B.

Con esta información se procede a seleccionar para el caso de las entradas digitales ***3 módulos 1762-IQ16***, para las salidas digitales ***1 módulo 1762-OW16*** y ***1 módulo 1762-OW8***, para las entradas analógicas ***1 módulo 1762-IF4*** y finalmente el ***Cable: MicroLogix 1000 To Personal Computer 1761-CBL-PM02*** para programar el PLC así como el software de programación ***RSLogix 500***.

De esta manera se logra crear un sistema de control modular que permita incrementar nuevas opciones de control y manejo de datos que la empresa desee implementar en un futuro, además se cumple con uno de los requerimientos de la empresa, que es tener un sistema de control abierto que permita su manejo, mantenimiento e innovación.

3.3.3 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS

Para la automatización del sistema se hace necesario elementos que tomen las medidas de presión en la línea de descarga; cabe mencionar que un sistema fijo contra incendios la variable más importante a ser medida es la presión en el anillo de distribución de agua.

Por esta razón se usará interruptores de presión uno por cada línea de descarga y uno para la bomba jockey.

3.3.3.1 Interruptores de Presión

Un interruptor de presión es una forma de interruptor que hace cambiar el contacto eléctrico cuando una cierta presión fija se ha alcanzado en su entrada. Esto se usa para proporcionar un control on/off y puede diseñarse para activar un contacto debido al levantamiento de presión o falla de presión.

Es decir un interruptor de presión es un instrumento que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

3.3.3.1.1 Operación

El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del interruptor de presión al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado.

Un interruptor de presión industrial está en una cápsula de acero herméticamente sellado para proteger el interruptor eléctrico de la corrosión atmosférica.

3.3.3.1.2 Tipos

Existen principalmente dos tipos de interruptores de presión que son:

a) ***Interruptores de presión electrónicos*** que activan cambios de estado de conmutación con ayuda de interruptores semiconductores electrónicos, los cuales procesan las señales del sensor más delicadas. Están disponibles en versión monocanal y bicanal. Los puntos de conmutación y la histéresis se pueden ajustar. Se pueden realizar funciones especiales como reguladores de 2 puntos o ventanas de conmutación. Se emplean células de medición piezoresistivas de cerámica, así como sensores de película delgada.

b) ***Interruptores de presión mecánicos***, en estos se transfiere el cambio de forma o posición de una membrana de conmutación, resorte de tubo o un émbolo de presión en uno o varios microinterruptores que están integrados en la carcasa y que asumen el proceso real de conmutación; la histéresis de conmutación es fija o ajustable.

En la **figura 3.9** se observa las partes de un interruptor de presión.

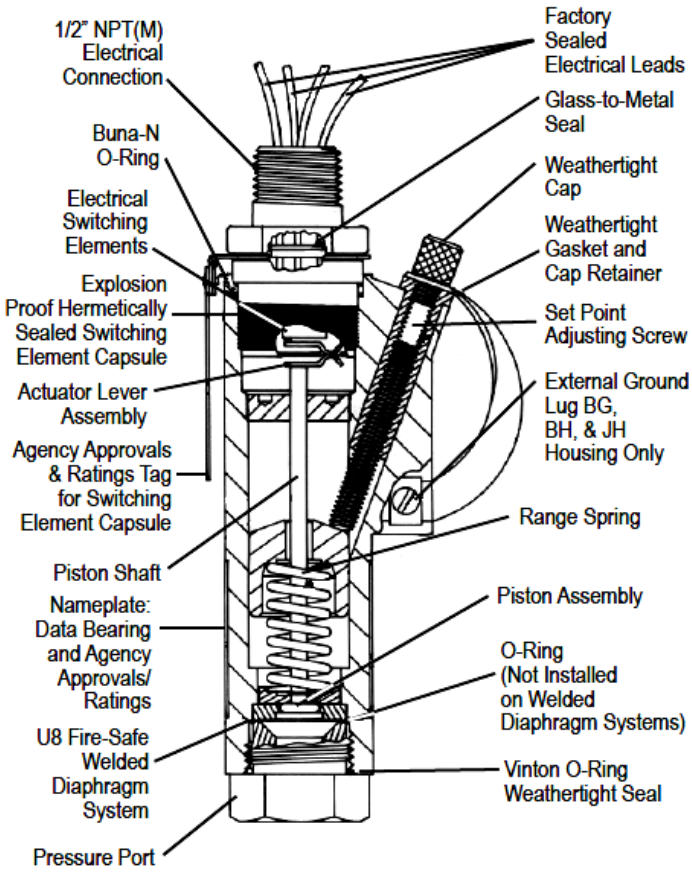


Figura 3.9 – **Partes de un Swicth de Presión marca SOR**

Fuente: Catálogo Mini Hermet Interruptor de presiónes SOR

3.3.3.1.3 Dimensionamiento y selección de Interruptor de Presión

Dentro de la industria petrolera existen marcas conocidas que durante algún tiempo se han venido usando por la calidad y la aplicación que tienen en este campo, es así que Enap Sipetrol en sus campos maneja instrumentación de las marcas **SOR** y **Rosemount**. Por esta razón para cumplir con los requerimientos de la empresa y mantener uniformidad de marcas en instrumentos se escogió la marca **SOR**.

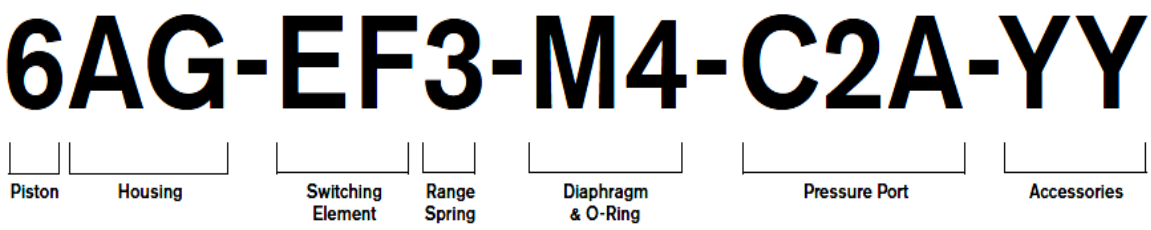
Entre los dos tipos de interruptores de presión antes mencionados, se escogió el de tipo mecánico, por facilidad para el mantenimiento.

Los valores de presión para el dimensionamiento de los instrumentos se toman de la ***tabla 3.1*** y la ***figura 3.2*** que establecen los límites de presión en los que funcionarán estos instrumentos.

Estos instrumentos serán instalados dentro de un proceso que maneja petróleo por esta razón para esta aplicación es necesario que los instrumentos posean un encapsulamiento hermético del tipo explosión proof (a prueba de explosión), aprobados para IP65 clase 1, zona 1.

Los interruptores de presión **Mini-Hermet SOR** con carcasas en AG o AH son convenientes para aire, aceite, agua y para aplicación en procesos no corrosivos en locaciones peligrosas y ambientes hostiles dónde el espacio está limitado.

Para la selección es necesario conocer que existe un sistema de numeración según el modelo como se presenta en el siguiente ejemplo.



Para especificar los interruptores de presión se procedió a llenar el **PRESSURE APLICATION DATA SHEET** ***(Hoja de datos 3.1)*** que pide el fabricante, cada dato fue investigado para cumplir con los requerimientos del sistema y los requerimientos que exige la norma.

SOR, Inc.

Fax to SOR: 913-888-0767

Fax to DIRECTMARKET: 2270133

PRESSURE APPLICATION DATA SHEET

PROJECT / END USER:	Enap Sipetrol Sucursal Ecuador
COMPANY / CONTACT NAME:	Leonardo Jaramillo / David Quispe
PHONE / FAX / E-MAIL:	095846931 / 083511530
REP COMPANY / REP CONTACT:	ING ELENA CARDENAS

		Tag Number:	PS-901	PS-902	PS-903	PS-904
		Application:	Fire System (Jockey Pump)	Fire System (Electrical Pump)	Fire System (Mechanical Pump 1)	Fire System (Mechanical Pump 2)
	1	**Function: (Indicating, Blind, Transmitter, Control)**	Control (Interruptor de presión)	Control (Interruptor de presión)	Control (Interruptor de presión)	Control (Interruptor de presión)
	2	**Mounting: (Flush, Surface, Yoke, 2" pipe, Other)**	4" pipe	4" pipe	4" pipe	4" pipe
General	3	**Area Classification: Hazardous or Non-Hazardous**	Hazardous	Hazardous	Hazardous	Hazardous
	4	**Agency Approval:**	ISA	ISA	ISA	ISA
Xmtr	5	**Output: (4-20mA, other)**	on/off	on/off	on/off	on/off
	6	**Enclosure: (General Purpose, Weathertight, Explosion Proof, Intrin. Safe)**	Weathertight (Nema 12 or 4X)	Weathertight (Nema 12 or 4X)	Weathertight (Nema 12 or 4X)	Weathertight (Nema 12 or 4X)
Enclosure	7	**Material:**	316SS	316SS	316SS	316SS
	8	**Conduit Connection Size:**	1/2" MNPT	1/2" MNPT	1/2" MNPT	1/2" MNPT
	9	**No. of Set Points:**	2	2	2	2
	10	**Reset: (Automatic or Manual)**	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
Switch	11	**Quantity & Form: (i.e. 1-SPDT, 1-DPDT, etc)**	2-SPDT	2-SPDT	2-SPDT	2-SPDT
	12	**Electrical Rating:**	120 VAC / 10 Amp.	120 VAC / 10 Amp.	120 VAC / 10 Amp.	120 VAC / 10 Amp.
	13	**Dead Band: (Fixed or Adjustable)**	Adjustable	Adjustable	Adjustable	Adjustable
	14	**Service: (Gage Pressure, Vacuum, Compound, Differential Pressure)**	Interruptor de presión	Interruptor de presión	Interruptor de presión	Interruptor de presión
General						

Application	**15**	**Process Media Name:**	Oil & Gas	Oil & Gas	Oil & Gas	Oil & Gas
Conditions	**16**	**Max Pressure/Temperature:**	300 PSI / 100ºC	300 PSI / 100ºC	300 PSI / 100ºC	300 PSI / 100ºC
	17	**Operating Pressure/Temperature:**	**120 PSI / 50ºC**	**100 PSI / 50ºC**	**85 PSI / 50ºC**	**75 PSI / 50ºC**
	18	**Ambient Temperature Range:**	20-40ºC	20-40ºC	20-40ºC	20-40ºC
	19	**Units of Measure: (i.e. psi, kg/cm2, Deg F, Deg C)**	PSI	PSI	PSI	PSI
	20	**Type: (Diaphragm, Bourdon, Bellows, Other)**	Pistón	Pistón	Pistón	Pistón
	21	**Material:**	316SS	316SS	316SS	316SS
Element	**22**	**Set Point:**	**120 to 150 PSI**	**90 to 110 PSI**	**70 to 90 PSI**	**60 to 80 PSI**
	23	**Process Connection Size:**	1/2" FNPT	1/2" FNPT	1/2" FNPT	1/2" FNPT
	24	**Process Connection Material:**	316SS	316SS	316SS	316SS
	25	**Process Connection Size:**	1/2" NPT (Tubing)	1/2" NPT (Tubing)	1/2" NPT (Tubing)	1/2" NPT (Tubing)
	26	**Process Connection Material:**	316SS	316SS	316SS	316SS
Diaph Seal	**27**	**Diaphragm Material:**	corrosión media	corrosión media	corrosión media	corrosión media
	28	**Upper Housing Material:**				
	29	**Direct or Remote (capillary length):**				
	30	**Fill Fluid:**				
Options	**31**	**Options:**				
	32	**Manufacturer:**	**SOR**	**SOR**	**SOR**	**SOR**
	33	**Model Number:**				

Notes:

Hoja de Datos 3.1 – **Pressure Application Data Sheet SOR**

En resumen el conector para el proceso será de 1/2", porque en el montaje se usarán accesorios para tubing de 1/2 ", para llevar las señales eléctricas se usará una caja de conexiones de ½" FNPT (female NPT), la banda de histéresis será ajustable con reset automático luego de funcionar. Será de pistón de material 316SS (acero inoxidable), para corrosión media, que se puede usar en un área de clasificación Hazardous (Riesgosa).

En la parte eléctrica se requiere de dos contactos SPDT (Single Pole, Double Throw) que soporten 120 VAC a 10 amperios para controlar dos set points de presión.

De esta forma, con los datos antes establecidos, se determinó que los interruptores de presión que se pueden usar son los **Mini-Hermet Interruptor de presiónes** con los siguientes números de modelo **(*tabla 3.4.)***

	PRESIÓN		SOR
BOMBA	**BAR**	**PSI**	**MODEL NUMBER**
Jockey	8	120	**6AS-AG45-U9-C2A-TT**
Eléctrica	7	100	**6AS-AG5-U9-C2A-TT**
Mecánica 1	6	85	**6AS-AG5-U9-C2A-TT**
Mecánica 2	5	75	**6AS-AG5-U9-C2A-TT**

[13]***Tabla 3.4*** – **Modelo Pressure Swicth.**

En la figura 3.10 se observa el sensor de presión que se instalará para la automatización del sistema contra incendios.

Figura 3.10 – **Interruptor de presiónSOR**

[13] La explicación del numero de modelo se encuentra en el Anexo B, así como el catálogo y características de los modelos seleccionados

3.3.3.2 Transmisor de Presión

La norma exige redundancia de instrumentos, por esta razón se utiliza un transmisor de presión como elemento de medición en caso de falla de cualquier interruptor de presión, este transmisor estará instalado en la línea de descarga, formando un manifold de instrumentos.

Dentro de la marca SOR existe una gran variedad transmisores de presión, para esta aplicación se ha decidido por la serie 805PT los cuales consisten de un transductor de presión con una delgada capa de acero inoxidable y un circuito electrónico fiable.

Al igual que los interruptores de presión este transmisor debe estar diseñado para condiciones ambientales adversas IP65 y con certificación explosión proof.

Para especificar el trasmisor de presión se procede a llenar el **PRESSURE APLICATION DATA SHEET (*hoja de datos 3.2)*** de tal manera que el transmisor seleccionado se adapte a este proyecto.

En la figura 3.8 se presenta el transmisor de presión que se utilizará para la automatización del sistema contra incendios.

Figura 3.11 – **Pressure Transmitter SOR**

		SOR, Inc.	
PRESSURE INSTRUMENT APPLICATION DATA SHEET			
		PROJECT/END USER:	**Tag No.**
			PT-901
General	1	**Function: (Indicating, Blind, Transmitter, Control)**	TRANSMITTER
	2	**Mounting: (Flush, Surface, Yoke, 2" Pipe, Other)**	2" pipe
	3	**Area Classification: (Non-Hazardous or Hazardous - Class, Group & Division)**	HAZARDOUS
	4	**Agency Approval:**	ISA
Xmtr	5	**Output: (4-20mA, other)**	4-20 mA
Enclosure	6	**Enclosure: (General Purpose, Weathertight, Explosion Proof, Intrinsically Safe)**	Weathertight
	7	**Material:**	316SS
	8	**Conduit Connection Size:**	3/4"FNPT
Switch	9	**No. of Set Points:**	NA
	10	**Reset: (Automatic or Manual)**	NA
	11	**Quantity & Form: (i.e. 1-SPDT, 1-DPDT, etc)**	NA
	12	**Electrical Rating:**	NA
	13	**Dead Band: (Fixed or Adjustable)**	NA
General Application Conditions	14	**Service: (Gage Pressure, Vacuum, Compound, Differential Pressure)**	PRESSURE TRANSMITTER
	15	**Process Media Name:**	OIL & GAS
	16	**Max Pressure/Temperature:**	300 PSI / 50°C
	17	**Operating Pressure/Temperature:**	200 PSI / 40°C
	18	**Ambient Temperature Range:**	30°C - 40°C
	19	**Units of Measure: (i.e. psi, kg/cm2, bar)**	PSI
Element	20	**Type: (Diaphragm, Bourdon, Bellows, Other)**	Bourdon or Piston
	21	**Material:**	316SS
	22	**Set Point:**	200 PSI
	23	**Process Connection Size:**	1/2"FNPT
	24	**Process Connection Material:**	316SS
Diaphragm Seal	25	**Process Connection Size:**	1/2"FNPT
	26	**Process Connection Material:**	316SS
	27	**Diaphragm Material:**	Para corrosión media
	28	**Upper Housing Material:**	
	29	**Direct or Remote (capillary length):**	
	30	**Fill Fluid:**	
Options	31	**Options:**	
	32	**Manufacturer:**	**SOR**
	33	**Model Number:**	

Hoja de Datos 3.2 – **Pressure Instrument Application Data Sheet SOR**

Con estos datos se observó el catálogo y el trasmisor de presión que se adapta a esta aplicación es el **Pressure Transmitter SOR** modelo **805PT-C-05-A-RR**

3.3.3.3 Interruptores de Nivel

Para garantizar que exista el suficiente elemento extintor es necesario medir el nivel de agua en el tanque que forma el sistema contra incendios. Para controlar el nivel se usará un interruptor de nivel de desplazamiento vertical flexible de la marca **SOR**.

Existen una serie de modelos de interruptores de nivel que pueden ser para una o más etapas de control (4 etapas como máximo) con diferencial fija o ajustable, de contactos secos, cápsula de mercurio o interruptor neumático, varilla o cable de extensión, flotadores o desplazadores. Para usos en alarmas y control de nivel, de fluidos, etc.

En la ***figura 3.12*** se observa un interruptor de nivel por desplazamiento y sus partes constitutivas.

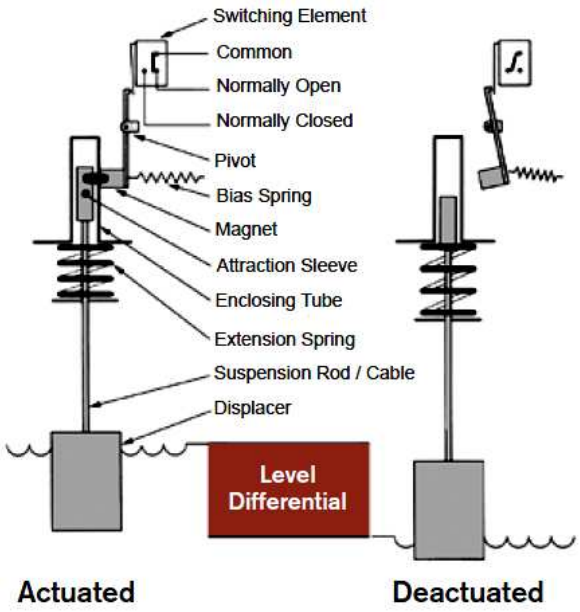


Figura 3.12 – **Partes de un Swicth de Nivel marca SOR**

Fuente: Catálogo Mechanical Level Switches SOR

3.3.3.3.1 Funcionamiento

El interruptor de nivel opera por el flotador, que con el cambio de nivel, desplaza el imán que opera el microswitch, cápsula de mercurio o switch neumático; o por uno o varios desplazadores, mismos que se desplazan a lo largo de la varilla o

cable de extensión y al ser elevado de su posición original por el incremento de nivel del fluido; llega a los topes superiores, donde actúa un magneto (imán) cuyo campo magnético opera los microinterruptores, cápsula de mercurio o interruptor neumático. Al disminuir el nivel del fluido, el flotador tiende a bajar por su contacto con el fluido y seguirá bajando, hasta que por el peso del mismo opere nuevamente los microinterruptores, cápsula de mercurio o switch neumático al quedar fuera del campo magnético del magneto. Lo mismo ocurre con los desplazadores que al desplazarse hacia abajo al ir bajando el nivel del fluido y llegar a los topes inferiores, operan los microinterruptores, o cápsula de mercurio.

Los diferenciales a controlar (interruptores con desplazadores) pueden ser ajustables según las necesidades del proceso, únicamente relocalizando los topes superiores e inferiores del desplazador o desplazadores hasta obtener el punto o puntos de control deseado dentro de los límites de la longitud de la varilla o cable de extensión.

3.3.3.3.2 *Dimensionamiento y selección de Interruptor de Presión*

Para realizar el control de nivel se ha seleccionado un interruptor de nivel por desplazamiento de la marca SOR, principalmente porque se necesita señales para crear alarmas de nivel bajo que pueda dar información a los operadores de la estación.

Este interruptor estará en contacto con el agua, por eso debe ser anticorrosivo de material 316 SS, con una longitud de inserción de 750 cm para un cilindro vertical.

Para dimensionar y especificar este interruptor de nivel se procedió a llenar el **LEVEL INSTRUMENTS APPLICATION DATA SHEET (H*oja de datos 3.3)*** [14] y de esta forma se seleccionó el **DISPLACER-OPERATED SWITCH "SOR" SWICTH MODEL: 704A-F3C-B-L1-B1** de acuerdo al catálogo de la marca SOR.

[14] La hoja de selección, el catálogo y características del modelo seleccionado se encuentra en el Anexo B

SOR, INC.

Level Instruments Application Data Sheet — SOR Fax #913-888-0767

General	1	**Tag Number**	LS-901	**Company**	ENAP SIPETROL S.A.
	2	**Application (Level or Interface)**	LEVEL	**Address**	
	3	**Function (Alarm, Control, etc.)**	ALARM (SWITCH)		
	4	**Area Classification**	NO HAZARDOUS		
	5	**Agency Approval**	ISA		
Sensor	6	**Probe Model**		**Contact Name**	Leonardo Jaramillo David Quispe
	7	**Orientation (Vertical or Horizontal)**	VERTICAL	Phone	
	8	**Style (Rigid or Flexible)**	FLEXIBLE	Fax	
	9	**Process Wetted Materials**	WATER	E-mail	ljaramillo@sipec.com.ec
	10	**Insertion length (in or cm)**	750cm.	**Rep Company**	
	11	**Process Connection Size and Type**	2" MNPT (FLANGE)	**Rep Contact**	
Control	12	**Location (Integral or Remote)**		**Drawing/Sketches** (print form and fax if necessary)	
	13	**Enclosure Class (Ex Pf or I.S. or NEMA 4)**			
	14	**Conduit Connection Size**			
	15	**Power Supply**			
Switch	16	**No. of Setpoints**	2 (TWO)		
	17	**Type (Relay or 8 and 16 mA)**	RELAY		
	18	**Quantity & Form (i.e. 1-DPDT)**	2-SPDT		
	19	**Voltage Rating (AC or DC)**	110 AC		
	20	**Amperage Rating**	10 AMP		
	21	**Load Type (Inductive or Non-Inductive)**	INDUCTIVE		
	22	**Setpoint Location (Measured from Process Connection. Provide sketch if necessary)**	3/4" MNPT		
Transmitter	23	**Output (4-20 mA)**			
	24	**Measurement Range**			
General Application Conditions	25	**Process Media Name**	OIL & GAS		
	26	**Vessel Shape (Vert. Cylinder or Horiz. Cylinder or Sphere)**	VERTICAL CYLINDER		
	27	**Vessel Material**			
	28	**Vessel Lining (No or Yes and Material)**			
	29	**Pressure (Max and Normal)**	300 PSI / 200 PSI		
	30	**Temp. (Max and Normal)**	100°C / 40° C		
	31	**Ambient Temp Range**	30°C - 40° C		
	32	**Solids (%)**	0		
	33	**Specific Gravity**	1 (WATER)		
	34	**Viscosity (cp)**	1 (WATER)		
	35	**Turbulence (Yes or No)**	NO		
	36	**Process Coating (Yes or No)**	NO		
	37	**Vibration/Mixing (Yes or No)**	NO		
Float / Displacer Instruments	38	**Type (Float or Displacer)**	FLOAT		
	39	**Branch Connection Locations (provide sketch if necessary)**			
	40	**Construction Material (CS, 316SS, etc.)**	316SS		
	41	**Mounting (Internal or External)**	INTERNAL		
	42	**Code Construction (None or B31.1 or B31.3)**			
	43	**NACE Construction (Yes or No)**			
RF Instruments	44	**Upper Fluid Name**			
	45	**Dielectric Constant**			
	46	**Lower Fluid Name**			

	47	**Dielectric Constant**		
Ultrasonic Switches	48	**Aeration / Solids (Yes or No)**		
	49	**Hydrocarbon Vapors (Yes or No)**		
Submersible Pressure	50	**Cable Length**		
	51	**Nose Cone (Yes or No)**		
	52	**Manufacturer**	**SOR**	
	53	**Electronics Model**		
Notes: (list any special options)	54			

Hoja de Datos 3.3 – **Level Instruments Application Data Sheet SOR**

3.3.4 DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES, CONTROLES Y ACCESORIOS

De acuerdo con la norma NFPA 20, es necesario instalar un grupo de aparatos que sirvan para regular de manera predeterminada, el encendido, operación segura y eficiente así como el paro de la unidad de sistema contra incendio, además de monitorear y señalizar el estado y condición del sistema mencionado.

3.3.4.1 Protecciones

Las protecciones que deban instalarse en el control de equipo de bombas contra incendio son:

3.3.4.1.1 Protección sobretensiones

Como protección al ingreso del tablero, se colocará una protección de sobretensiones para la fuente monofásica que alimentara todo el control del sistema. Este elemento debe ser para montaje en riel DIN, ideal para aplicaciones de control en tableros, para 120 VAC monofásico.

Con estas características se escogió al elemento de protección contra sobretensiones **PHOENIX CONTACT PLUGTRAB COD. 2839334**. Este elemento es para protección contra sobretensiones para fuente de alimentación monofásica (redes de 3 hilos L1, N, PE) en armarios de distribución, estos descargadores son la solución práctica del tercer nivel de protección.

Los PLUGTRAB están compuestos por elemento de base y protección enchufable. En la ***figura 3.13*** se puede observar los módulos que constituyen este elemento así como el circuito interno del mismo

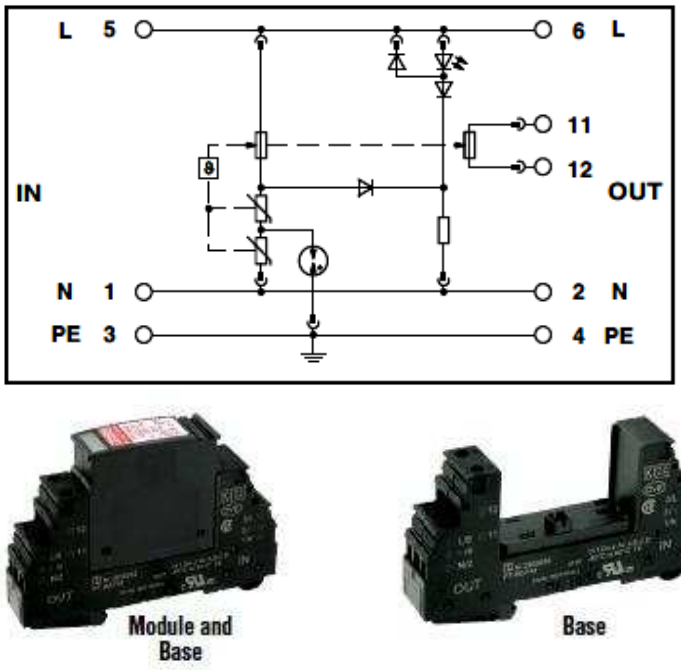


Figura 3.13 – **Phoenix Contact Plugtrab 2839334**

Fuente: Catálogo Phoenix Contact 2839334

Las características eléctricas y mecánicas de este elemento se describen en la ***tabla 3.5*** que se presenta a continuación:

Current, Rating	26 A
Current, Surge	2.5 kA
Dimensions	45mmL×17.7mmW×52mmH
For Use With	Industrial Equipment
IP Rating	IP20
Mounting Type	On Base
Phoenix Part Number	PT 2-PE/S-120AC-ST
Primary Type	Surge Suppressor
Response Time	25 ns (Max.)
Standards	UL Listed, UL Recognized
Temperature, Operating	-40 to +85 °C
Type	Single Phase
Voltage, Operating	250 VAC
Voltage, Rating	120 VAC
Wire Size	24-12 AWG

Tabla 3.5 – **Características Phoenix Contact Plugtrab 2839334**

Fuente: Catálogo Phoenix Contact 2839334

3.3.4.1.2 Protección Corto Circuito Módulo de Control

En el tablero de control se usaran siete breakers denominados desde Q1 a Q7 para proteger cada línea de alimentación que se utiliza para el control del sistema. Estos elementos protegerán a los circuitos en caso de presentarse variaciones en la corriente eléctrica que pudieran dañar a los dispositivos, sobre corrientes y corto circuitos.

Todos estos elementos son de la marca **SIEMENS** para aplicaciones industriales de montaje dentro de armarios de control, para 120 VAC, con estas características se escogió dentro de la gama de Breakers Siemens a los de la serie **5SX Miniature Circuit Breakers** que se presenta en la ***figura 3.14.***

Figura 3.14 – **5SX Miniature Circuit Breakers**
Fuente: Catálogo 5SX Miniature Circuit Breakers

Los breakers están dimensionados para los siguientes valores:

- **Q1**: protege la línea principal de alimentación luego del Phoenix Contact Plugtrab. Esta línea de 120 VAC alimenta al UPS que maneja una carga de 20 A cuando todos los elementos se encuentren funcionando. Q1 está dimensionado para **25 A,** para carga total al usar el 100% de la energía en caso de funcionamiento de todos los elementos dentro del tablero**, 2 Polos** y montaje sobre **Riel DIN.**
- **Q2**: protege al tomacorriente 120 VAC instalado en el interior del tablero de control, este tomacorriente soportara una carga máxima de 10 A por esta razón Q2 está dimensionado para **10 A**, **1 Polo** y montaje sobre **Riel DIN.**
- **Q3**: protege la alimentación para la iluminación del tablero de control, sirena y luz estroboscópica usados como alarmas en caso de incendio, está dimensionado para **6 A**, **1 Polo** y montaje sobre **Riel DIN.**

- **Q4**: protege la fuente de control 24 VDC, esta fuente alimenta a los módulos y CPU del PLC Micrologix 1200, está dimensionado para **10 A** pues la fuente entrega un corriente máxima de 10 A en caso de funcionar todos los elementos a la vez, **1 Polo** y montaje sobre **Riel DIN.**
- **Q5**: protege la alimentación de 110 VAC que utilizan los interruptores de presión para su funcionamiento, el contacto que posee el interruptor de presión maneja una corriente máxima de **1 A**. Al usar cuatro interruptor de presión la carga total es de 4 A por esta razón Q5 está dimensionado para **6A**, **1 Polo** y montaje sobre **Riel DIN.**
- **Q6**: protege la alimentación de 110 VAC que maneja el contacto del sensor de nivel, la corriente máxima a la que trabajará este elemento es de 6 A, por eso se dimensiona Q6 para **6 A, 1 Polo** y montaje sobre **Riel DIN.**
- **Q7**: protege la fuente de alimentación para los circuitos de potencia 24 VDC a 10 A, está dimensionado a **10 A**, **1 Polo** y montaje sobre **Riel DIN.**

Con estas características dentro del catálogo de selección de Siemens los elementos que cumplen con estas especificaciones se enumeran en la ***tabla 3.6.***

Breaker	In (A)	Polos	Modelo MCBs
Q1	25	2	**5SX2225-7**
Q2	10	1	**5SX2110-7**
Q3	6	1	**5SX2106-7**
Q4	10	1	**5SX2110-7**
Q5	6	1	**5SX2106-7**
Q6	6	1	**5SX2106-7**
Q7	10	1	**5SX2110-7**

***Tabla 3.6*– Modelo MCBs para Q1 a Q7**

Fuente: Catálogo Selección 5SX Miniature Circuit

3.3.4.1.3 Protección para Bomba Jockey

Para proteger a las ***bombas Jockey*** por sobre carga se usará un relé térmico, que está dimensionado de acuerdo con la carga completa de la corriente del motor que maneja la bomba Jockey. Su función es la de proporcionar protección contra cortocircuitos y un medio para desconectar.

La bomba Jockey tiene un motor de 3 HP, 3450 RPM, 208VAC – 230VAC / 480 VAC, 8.4A – 8A / 4 A. La bomba Jockey estará conectada a un voltaje de 220 VAC y manejará una corriente de 9 A aproximadamente, usando el criterio de dimensionamiento del 30% para la corriente se especifica un relé térmico de 12 A

De esta manera se usará como protección el relé térmico de la marca **TELEMECANIQUE LDR 21**, este elemento fue seleccionado en el catálogo del producto para las características del motor antes mencionadas. En la ***figura 3.14*** se presenta la forma física del relé térmico LDR 21.

Figura 3.14 – **Telemecanique LDR 21**

Fuente: Catálogo Telemecanique LDR21

En la ***tabla 3.7*** se puede observar las características importantes del relé térmico LDR 21.

Function	Overload
Number of Circuits	1
Number of Poles	3
Primary Type	Contactor
Relay Type	Electro Mechanical
Reset Type	Manual or Auto
Type	Overload
Overload Current Adjustment	12A a 18A
For use with	LC1 D09 to LC1 D32

Tabla 3.7 – **Telemecanique LDR 21**

Fuente: Catálogo Telemecanique LDR21

3.3.4.1.4 Protección para Bomba Eléctrica

Para el caso del ***motor eléctrico*** se usará un breaker trifásico que proteja al arrancador suave que manejará el encendido de la bomba eléctrica.

El motor eléctrico es trifásico de 100 HP, 230 VAC / 460 VAC, 232 A / 119 A, 1775 RPM. Este motor estará conectado para 460 VAC / 119 A, con estos datos se seleccionó un breaker de la marca **SIEMENS,** se escogió esta marca por ser la protección recomendada por el fabricante del **ARRANCADOR SUAVE SIEMENS**.

Usando como criterio de diseño un 30% más en el valor nominal de la corriente se especifica un breaker de 150 A, a 460 V.

Para que la protección cumpla con los requerimientos de esta aplicación se seleccionó el CIRCUIT BREAKER FOR FIRE PUMP CONTROLLER ACCUTRIP, que posee una protección ajustable desde **95 A** hasta **291 A.**

El circuit breaker que cumple con las características es el **BREAKER SIEMENS LFP63B291,** en la ***figura 3.15*** se observa este breaker en su forma física.

Figura 3.15 – **Breaker Siemens LFP63B291**

3.3.4.1.5 Protección para módulos de entradas- salidas PLC

El CPU del PLC necesita una fuente de polarización externa que cumpla con los siguientes requerimientos: Vmax = 26.4 Vcc, consumo de potencia de 27 W y una máxima corriente de carga de 400 mA. Por este motivo para proteger el CPU del PLC se dimensiona un fusible de **500 mA.**

Los módulos de expansión de entradas y salidas poseen características eléctricas que mencionan la corriente máxima que pueden manejar, usando esta información se realiza el cálculo de los fusibles para protección de estos módulos.

Módulo de entradas 1762-IQ16

Para dimensionar los fusibles que protejan las entradas digitales se utilizan los datos que se presentan en la ***tabla 3.8.***

Vcc	24 VDC
Número de Entradas	16
Número de comunes	2
Consumo de I max de Bus	60 mA a 5 Vcc
Corriente de estado activo	
mínimo	2 mA a 10 Vcc
nominal	8 mA a 24 Vcc
máximo	12 mA a 30 Vcc

Tabla 3.8 – **Especificaciones módulo 1762-IQ16**

Fuente: Publicación 1762-IN010A-EN-P

Los fusibles protegerán a los módulos en las peores condiciones, es decir cuando las entradas se encuentren en estado activo con su corriente máxima **12 mA**. Los fusibles serán dimensionados para proteger las entradas en grupos de 8.

$$Ifusible = \#\ entradas\ x\ Imax$$

$$Ifusible = 8\ x\ 12\,mA = 96\,mA$$

Se necesitan dos fusibles de 150 mA (valor comercial) para proteger un módulo de 16 entradas digitales.

Módulo de salidas 1762-OW16

Este módulo de expansión presenta salidas tipo relé que soportan corriente alterna o continua, con las características que se presenta en la ***tabla 3.9.***

Categoría de voltaje	Relé NO de CA/CC
Número de Salidas	16
Número de comunes	2
Corriente de estado activo (min)	10 mA
Consumo de corriente De bus (max)	
mínimo	120 mA a 5 Vcc
maximo	140 mA a 24 Vcc
Corriente continua por punto (max)	2.5 A
Corriente continua por común (max)	8 A

Tabla 3.9 – **Especificaciones módulo 1762-OW16**

Fuente: Publicación 1762-IN009A-EN-P

Con estos datos se protegerá las salidas digitales en grupos de 8, por esa razón el fusible se dimensiona para **8 A.** Para proteger un módulo de 16 salidas se requieren dos fusibles de 8 A.

Módulo de entradas analógicas 1762-IF4

Este módulo tiene 4 entradas analógicas diferenciales (bipolar), con un tiempo de actualización seleccionable entre 130 y 530 ms. Necesita una fuente de alimentación de 24 VDC con una protección de voltaje de entrada de +/- 30 VDC y una protección de entrada de corriente de 32 mA.

El fusible dimensionado para proteger este módulo es de **150 mA** que será la corriente que se maneje en las peores condiciones, es decir las cuatro entradas digitales funcionando a la vez.

3.3.4.2 Controles

Dentro de los controles que se usará para implementar el tablero de control hay que tomar en cuenta que este debe permitir el manejo del sistema en modo **automático** y **manual**, además se debe colocar la señalización para visualizar el estado del sistema. Todos estos controles serán de la marca **Comepi Italia**

Para seleccionar el modo de funcionamiento se utilizará **selectores de tres posiciones**, **pulsadores** para el arranque y paro en modo manual, y para la señalización se instalará **luces indicadoras**, con un diámetro de 22mm, 120 VAC, rojo y verde respectivamente.

3.3.4.2.1 Selector de 3 posiciones

Interruptor selector sin retorno, 2 contactos NO, configuración (CENTRO) Off, (IZQ) On, (DER) On, material metal, montaje de 22mm, 3 posiciones. En la ***figura 3.16*** se observa el selector de tres posiciones que se va a usar.

Figura 3.16 – **Selector tres posiciones**

3.3.4.2.2 Pulsadores rojo y verde

Pulsador al ras, 22mm de diámetro, color rojo y verde, contactos 1NC y 1NO. En la ***figura 3.17*** se presentan los pulsadores que se usarán.

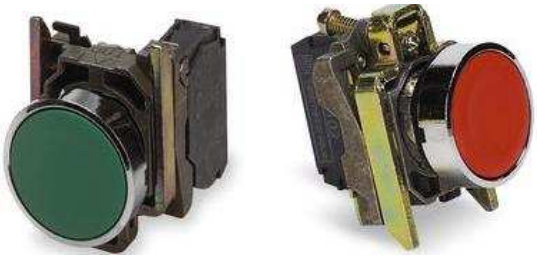


Figura 3.17 – **Pulsador rojo y verde**

3.3.4.2.3 Pulsador paro de emergencia tipo hongo

Pulsador paro de emergencia, rojo, 40 mm, tipo hongo push-pull, contacto 1NC, montaje de 22 mm, cromado, NEMA tipo 4X, 12, 13, medidas IEC Standards. A continuación en la ***figura 3.18*** se observa este elemento.

Figura 3.18 – **Pulsador paro de emergencia**

3.3.4.3 Accesorios

En el montaje de un tablero de control intervienen una serie de elementos que permiten que éste funcione y se presente físicamente de una manera ordenada y uniforme. Por este motivo es necesario utilizar los siguientes accesorios:

- Canaletas 40x40mm y 70 x40mm
- Riel DIN
- Borneras
- Marquillas y amarras plásticas.

Con respecto a las borneras se eligió bornes universales para amplias áreas de aplicación, 25 mm que soportan hasta 25 A, que pueden cablearse de forma rápida y segura; puenteables y rotulables en ambos lados, con pié universal para montarse sobre rieles C y G (NS 32 y NS 35). También se utilizará bornes de fusibles del tipo bornera fusible 5x20(6,3amp) riel DIN 12 AWG para proteger las entradas de las señales al PLC que soportan fusibles de 2 A tipo tubo de vidrio, los valores de los fusibles fueron dimensionado de acuerdo a las características eléctricas que manejan las entradas del ***PLC MICROLOGIX 1200***.

Además de estas borneras se usa todos sus accesorios como tapas, puentes y marquillas especiales para cada tipo de borneras.

3.3.5 DIMENSIONAMIENTO ELEMENTOS DE POTENCIA (CONTACTORES)

El contactor para manejar el motor desde el circuito de control, deberá estar nominado para caballos de fuerza y deberá ser de tipo magnético; un contactor por cada elemento de potencia a manejar. De igual manera como se procedió para dimensionar y seleccionar las protecciones, se realiza esto basados en las características de los motores.

3.3.5.1 Contactor para Bomba Jockey

La bomba jockey necesita un contactor trifásico que se pueda usar con la protección térmica antes seleccionada. Usando el catálogo de selección de TELEMECANIQUE se dimensiona un contactor para 3HP, 220 VAC a 18 A. El contactor es el **Telemecanique LC1D18** que se presenta a continuación en la ***figura 3.19.***

Figura 3.19 – **Contactor Telemecanique LC1-D18**

3.3.5.2 Arranque de Motores de Combustión

Para manejar el encendido de motores a combustión es necesario conocer que elementos intervienen en el arranque del mismo, y de esa manera poder dimensionar y seleccionar el contactor adecuado que pueda responder a las señales de control.

El motor de combustión interna no tiene arranque propio, hay que hacerlo girar con una fuente externa para que se completen los procesos necesarios y se produzca el encendido.

Existen varias formas de hacer girar el motor para que arranque, en el caso del motor de combustión para el SCI se usa el arranque por motor eléctrico.

En este arranque se usa un motor eléctrico de corriente continua que se alimenta desde la batería a través de un relé. Este relé a su vez se acciona desde el interruptor de encendido en este caso un pulsador o la señal proveniente del PLC en modo automático. En la ***figura 3.20*** se observa un esquema de los elementos que intervienen en el arranque.

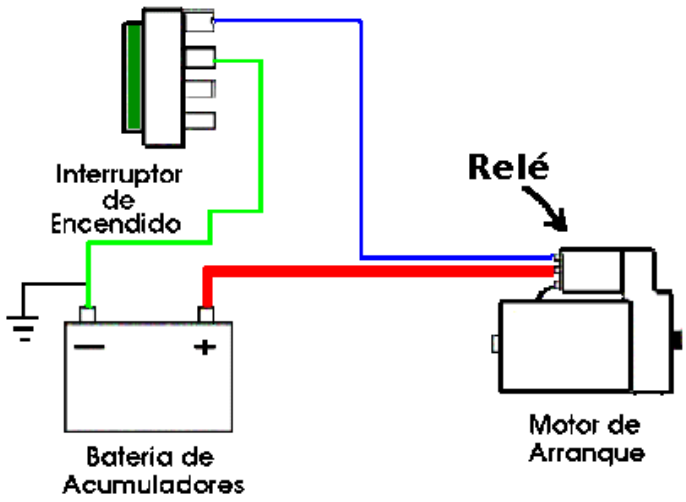


Figura 3.20 – **Elementos que intervienen en el arranque**

Cuando se acciona el interruptor de arranque se alimenta con electricidad proveniente de la batería a la bobina del relé (solenoide), y éste a su vez cierra dos grandes contactos en su interior alimentando el motor de arranque directamente desde la baterías a través de un grueso conductor (representado con color rojo).

El motor de arranque es un motor de corriente directa tipo shunt especialmente diseñado para tener una gran fuerza de torque con un tamaño reducido, capaz de hacer girar el motor de combustión interna.

Esta capacidad se logra a expensas de sobrecargar eléctricamente las partes constituyentes ya que el tiempo de funcionamiento es muy breve, por tal motivo no debe mantenerse en acción por largo tiempo. La ***figura 3.21*** presenta el motor eléctrico de arranque y sus partes constitutivas.

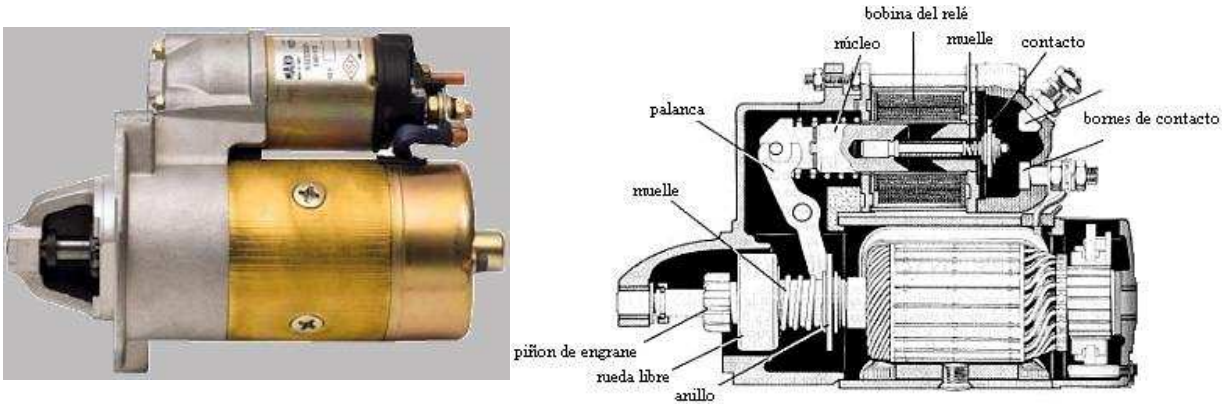


Figura 3.21 – **Motor eléctrico de arranque y sus partes**

La transmisión de la rotación desde el motor de arranque al motor de combustión se realiza a través de engranajes. Un pequeño engrane deslizante está acoplado al eje del motor de arranque, este engrane es desplazado sobre estrías por el relé (solenoide) a través de una horquilla pivotante, de manera que se acopla a un engrane mayor que rodea el volante del cigüeñal del motor haciéndolo girar. En la ***figura 3.22*** se muestra el motor de arranque en corte para observar los engranes.

Figura 3.22 – **Motor de arranque seccionado**

Este engrane funciona a través de un mecanismo de rueda libre (como el de las bicicletas) de manera que el torque del motor de arranque se trasmita al engrane del cigüeñal, pero una vez que el motor de combustión se ponga en marcha, no pueda arrastrar al motor de arranque. Sin este mecanismo de rueda libre, debido a la gran velocidad del motor de combustión y a la elevada relación de transmisión entre el par engranado, la velocidad de rotación del rotor del motor

eléctrico llegaría a velocidades peligrosas para su integridad por esa razón una vez que el motor de combustión se ha puesto en marcha se debe cortar la alimentación eléctrica a la bobina del relé y el muelle de recuperación retira el núcleo cortando la alimentación con electricidad y desacoplando ambos engranes.

Además para que el motor de combustión se ponga en marcha es necesario suministrar energía eléctrica desde las baterías al solenoide de combustible.

De esta manera se observa que para el arranque se necesitan dos contactores, uno para manejar la energía del motor de arranque y el otro para el solenoide de combustible. Estos dos contactores serán dimensionados y seleccionados a continuación.

El ***contactor para el motor de arranque*** debe soportar corrientes altas de arranque de hasta 200 A por segundo, por ese motivo las características dinámicas del contactor son muy importantes para este caso. Es así que dentro de la marca **Siemens** se buscó un contactor con bobina de 24 VDC, 2 polos, contactos 24 VDC@10 A, que soporte una corriente de arranque por segundos de 250 A. El contactor que cumple con estas características es el **SIEMENS 3RT1016-1BB41.**

Para manejar el ***solenoide de combustible*** no es necesario un gran corriente, pues únicamente controlará el paso de combustible para crear la mezcla aire-combustible. Por ese motivo se dimensiona un contactor con bobina de 24VDC, 2 Polos, contactos que soporten 24 VDC@10A. Como las características estáticas son similares se puede usar el contactor especificado anteriormente **SIEMENS 3RT1016-1BB41.**

3.3.6 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN CONTROL MOTOR ELÉCTRICO

La norma dice con respecto al accionamiento eléctrico de controles de voltaje reducido, que deberá equiparse el motor con aceleración de tiempo automático. El periodo de aceleración del motor no deberá superar 10 segundos. Este deberá estar diseñado para permitir una operación de encendido de 5 segundos cada 80 segundos por un periodo no inferior a 1 hora.

Para cumplir con estos requerimientos y automatizar el sistema se analizó usar un arrancador suave, Enap cuenta con arrancadores suaves de la marca **SIEMENS SIRIUS**, por ese motivo se trabajó con este proveedor para dimensionar y seleccionar el **arrancador suave** que se adapte al control de esta aplicación.

3.3.6.1 Análisis de la carga a controlar

Para el dimensionamiento primero se debe analizar las características de la carga, que en este caso se trata de una bomba centrifuga horizontal, donde el cambio en la presión del sistema es directamente proporcional al cambio en el torque de motor desde que la bomba centrífuga se acopla directamente al eje del motor. Las características del motor se describen en términos de las curvas de **Velocidad / Torque**. De esta manera el flujo del fluido es proporcional a la velocidad (RPM del motor), y la presión es proporcional al torque, podemos directamente comparar el torque de la bomba requerido y la curva del torque de motor. Además cabe mencionar que en una bomba la relación **torque-velocidad** se presenta por la curva que se muestra en la ***figura 3.23.***

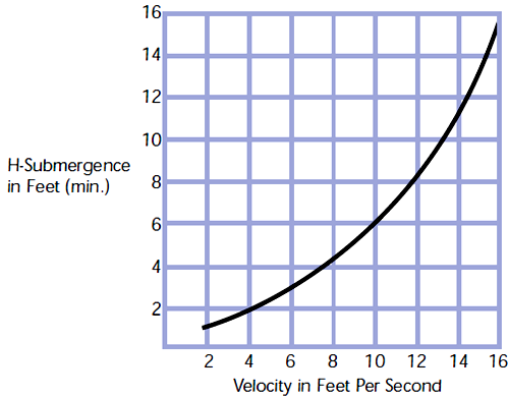


Figura 3.23 – **Curva característica Torque vs Velocidad**

Fuente: Catálogo Aurora Centrifugal Pumps

También olas o transeúntes de presión ocurren en los sistemas de bombas centrifugas cuando cualquier cambio súbito del flujo se introduce (característica principal de este SCI pues al abrir un monitor se produce un cambio súbito de flujo). Estas olas pueden resultar desde un arranque y/o paro de la bomba, apertura o cierre las válvulas y muchas otras fuentes en un particular del sistema.

Hay varias técnicas de control que pretenden reducir estos problemas mecánicos pero éstos tienden a ser costosos y complejos. El arranque y paro electrónico del motor de la bomba es una solución rentable que reduce los problemas de olas y el martilleo.

Generalmente se acoplan directamente las bombas centrífugas al eje de un motor eléctrico. Al aplicar el voltaje total de la línea para arrancar el motor, la bomba es acelerada de cero hasta su máxima velocidad en tan solo segundos. Menos de 1/4 segundo no es raro. Esto significa que el flujo fuera de la bomba también incrementa desde cero hasta el máximo de su capacidad en menos de 1/4 segundo.

Debido al hecho que los fluidos sólo son ligeramente comprimibles y tiene velocidad adquirida, este cambio grande en el flujo sobre un período corto de tiempo da como resultados las olas de presión altas y bajas y cavitación en el sistema que busca el equilibrio. Esto produce muchos efectos indeseables.

Arrancar y parar la bomba abruptamente, el rápido y subsecuente cambio en el fluido causa el martillo del agua. Controlando la aceleración y la desaceleración del motor de la bomba se puede minimizar este martillo del agua. Para entenderlo, el flujo del fluido es afectado durante el arranque y paro del motor de la bomba; para ello es necesario revisar los métodos de arranque y paro. Los tres métodos de arrancar y paro de un motor en una bomba pueden ser repasados como sigue:

- Directo en la Línea (aplicando el voltaje completo al motor). (DOL)
- Estado Sólido el arranque de voltaje reducido. (SOFT STARTER)
- El **Arrancador Suave** con la opción para el manejo de Bombas. (PUMP CONTROL)

[15]Para comparar los tres métodos se observa la ***figura 3.24*** donde se grafica la velocidad del flujo en el tiempo.

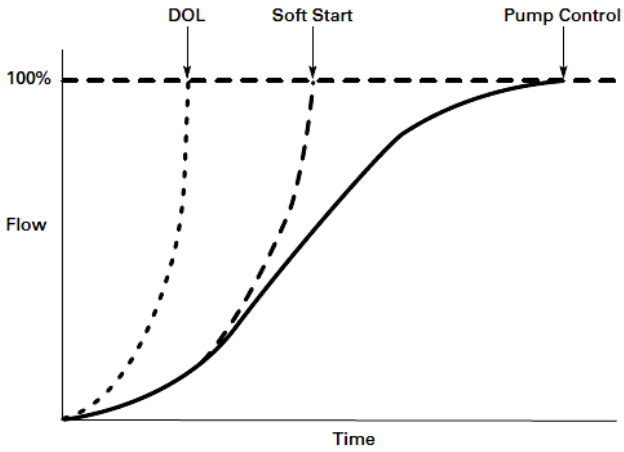


Figura 3.24 – **Comparación Métodos de Arranque de una Bomba**

Fuente: Pump Control S801/S811 Soft Starter

En el arranque con conexión directo a línea **(DOL)** el torque de salida del motor excede el requisito de la bomba durante el tiempo de arranque. El **torque a rotor bloqueado** es el torque desarrollado por el motor en el instante del voltaje máximo aplicado a los terminales del motor con velocidad cero, este torque puede llegar a ser tan alto como 180% del torque el motor produce a toda velocidad.

La diferencia entre el torque producido por el motor y el torque requirido por la carga se llama ***Torque de Aceleración***. El Torque de Aceleración es el torque que causa que el motor girar con la carga conectada. En el caso de la bomba, el torque de aceleración excesivo producido por el arranque directo del motor causa que la bomba llegue a su velocidad muy raido, típicamente en menos de 1/4 segundo. El resultado de este cambio súbito en la velocidad (y por consiguiente en el flujo) es “las olas” o “martilleo” en el sistema de tuberias.

En el caso de usar un ***arranque solido a voltaje reducido***, el período de tiempo en que el flujo va de 0 al 100% puede ser aumentado reduciendo así el martilleo. Esto puede lograrse reduciendo la cantidad de torque de aceleración entregado por el motor, menos torque de aceleración significa menos fuerza para girar la carga y por consiguiente más tiempo para cambiar la velocidad de la bomba

[15] Información del catálogo **SIRIUS Soft Starters**

Esto se causa por el control que posee un arrancador suave pues tiene la habilidad de empezar a un más bajo valor de voltaje inicial y "la rampa" va incrementando el valor de voltaje hasta el nominal en un período de tiempo ajustable.

Sin embargo al final del "la rampa," hay un torque de aceleración excesiva; este cambio súbito en el torque genera un correspondiendo estallido de velocidad al final del ciclo de encendido y también puede resultar en martilleo del motor de la bomba por los rápidos acercamiento al 100% de velocidad. Se tiene como resultado un torque de avería que todavía está presente al usar este método.

Con el arrancador suave para el control de bombas **(Soft Starter Pump Controllers)**, la ola producida al usar un arranque directo a la línea (DOL) o un arrancador suave de estado sólido, es realmente muy reducido. Esto se logra al usar un microprocesador en el **Soft Start Controllers** para controlar cuidadosamente el torque de salida del motor.

De esta forma no hay ningún cambio súbito subsecuentemente en el torque, esto se traduce en una aceleración lisa del motor minimizando las olas minimizando y el martilleo en el sistema. En las ***figura 3.25*** se puede observar el resultado final que se obtiene al usar este tipo de control tanto para el encendido como para el apagado del motor en el sistema contra incendios.

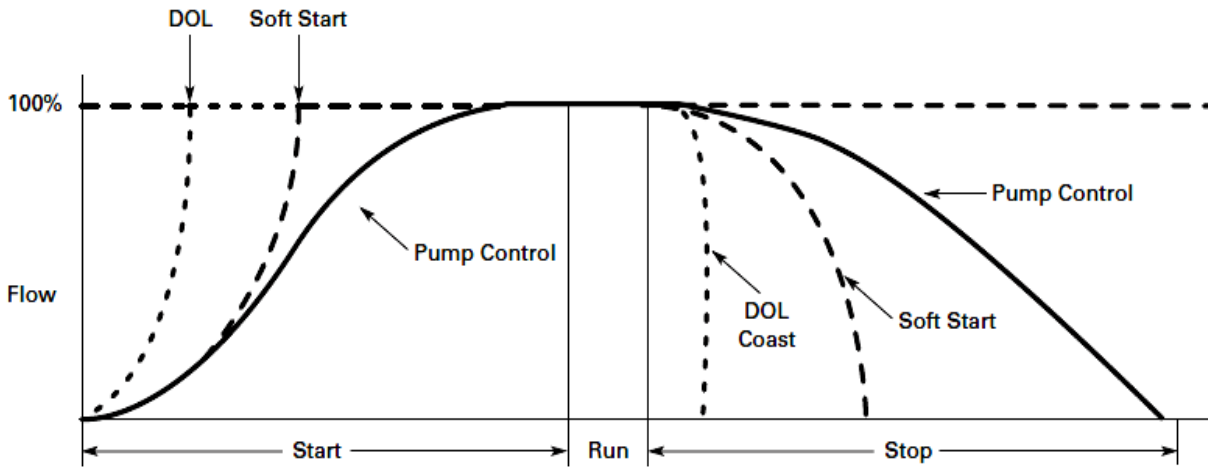


Figura 3.25 – **Comparación Métodos de Arranque / Paro de una Bomba**

Fuente: Pump Control S801/S811 Soft Starter

3.3.6.2 Dimensionamiento y Selección del Sistema de Control Bomba Eléctrica

De acuerdo a los conceptos mencionados para el control de la bomba eléctrica se usará un SIRIUS Starter Pump Controllers, que además de ser un arrancador suave presenta un control especifico para el manejo de bombas centrifugas. Usando el catálogo para selección se especifica un Soft Starter para un motor eléctrico de 100 HP, 3 fases, 230 VAC / 460 VAC, 232 A / 119 A, 1775 RPM.

El equipo que cuenta con estas características es el **SOFT STARTER SIEMENS SIRIUS 3RW 4444-68C44.**

3.3.7 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA

En el caso de un sistema modular es necesario diseñar la alimentación requerida para cada caso en particular, pero sin olvidar que se pueden aumentar o disminuir la cantidad de elementos que intervienen en el proceso.

Se debe tomar en cuenta en el diseño las reservas tanto del espacio físico como de la capacidad de corriente que manejen los equipos considerando la cantidad y el tipo específico de dispositivos que formarán parte del sistema, para que todo el conjunto en general no se encuentre sobre o sub dimensionado al generalizar el diseño. Basándose en este criterio en la parte de protecciones por sobre corriente se ha dejado como reserva dos breakers que manejen 6A.

También se debe tener en cuenta que al tratarse de un sistema de seguridad contra incendios es necesario tener una instalación especial de alimentación que debe ser respaldada de alguna forma para brindar atención ininterrumpida. En el caso de una estación petrolera la energía que se utiliza es generada como parte del proceso por ese motivo en caso de un siniestro no se podrá asegurar la alimentación ininterrumpida de la energía, por tal razón se usa para el sistema de control una fuente de energía suplementaria para esta aplicación se usará un UPS y en el sistema del bombeo se usa dos fuentes de energía diferentes (eléctrica y combustión interna) para la activación de las bombas.

A continuación se presenta el dimensionamiento de la alimentación para el control y automatización del SCI tomando en cuenta cada uno de los elementos que intervienen. Las acometidas necesarias para la alimentación AC del presente proyecto se enumeran a continuación en la ***tabla 3.10.***

N°	DISPOSITIVO	V	# Fases	Imax	PROTECCION BREAKERT		
					In	# Polos	Modelo
1	Bomba Jockey 1	220	3F -N	10A	16A	3	Camsco C32
2	Bomba Jockey 2	220	3F - N	10A	16A	3	Camsco C32
3	Bomba Eléctrica	460	3F - N	120A	250A	3	Breaker Siemens LFP63B291
4	Módulo de Control SS	120	F-N	6A	10A	2	SIEMENS 5SX2110-7
5	Módulo de Control	120	F-N	20A	25A	2	SIEMENS 5SX2225-7
6	Luz estroboscópica	120	F-N	1A	6A	1	SIEMENS 5SX2110-7
7	Sirena	120	F-N	1A			
8	Toma corrientes	120	F-N	6A	10A	1	SIEMENS 5SX2110-7
9	Iluminación Tablero	120	F-N	1A			
10	Cargador de Baterías	120	F-N	15A	15A	2	SIEMENS 5SX2215-7

Tabla 3.10 – **Alimentación AC - SCI**

En esta ***tabla 3.10*** también se describen las protecciones a usar en la caja de distribución que se implementará para el área del SCI.

Para los 460V se realiza una acometida con alimentador dedicado para esta aplicación, el cable que se solicita se use es cable REDA desde el tablero de distribución ubicado en la Estación Paraíso hasta el área del SCI. Este alimentador será llevado por tubería conduit de 3” enterrado en el suelo.

En el caso de la acometida para 220 realiza el tendido de otro alimentador dedicado para esta aplicación, que de igual manera va desde el tablero de distribución hasta el área del SCI por la tubería antes mencionada. De esta misma acometida mediante un transformador se obtiene 120V para el resto de elementos.

La ***tabla 3.11*** muestra la carga que consume cada dispositivo de control empleado en caso de producirse una alarma y entrar en funcionamiento todos los sistemas, los datos de corriente para cada módulo se obtuvieron del catálogo de **Allen Bradley 1762 Micrologix Expansion Module** presentado en el Anexo B.

N°	DISPOSITIVO	CANT	DESCRIPCIÓN	Imax	Imax/módulo	CARGA TOTAL
1	Polarización CPU PLC	1	-	0,5 A	0,5 A	0,5 A
2	Módulos de Entrada DI	3	16 entradas	12 mA	300mA	900mA
3	Módulos de Entrada AI	1	4 entradas	32 mA	150mA	150mA
4	Módulos de Salida DO	2	-	-	2,5A	5A
5	Polarización PT-901	1	-	-	2A	2A
					TOTAL	**8,55 A**

Tabla 3.11 – **Carga de los dispositivos usados en el diseño**

Con este valor se dimensiona para las peores condiciones, es decir con la corriente máxima cuando todos los módulos funcionen a la vez, dado como resultado una fuente de alimentación DC de 24 V con una corriente de 10 A.

Dentro de la marca Siemens se selecciona en el ***Catálogo KT 10.1 • 2009*** una fuente de poder SITOP 120/230-500VAC /24VDC 10A cuyo número de modelo es **10A 6EP1 334-3BA00.** En esta fuente la tensión de salida se mantiene estable con suma precisión, aunque haya grandes fluctuaciones en la tensión de entrada, lo que permite utilizar la fuente para alimentar los componentes electrónicos sensibles que maneja el sistema de control.
Esta fuente puede ser instalada sobre riel DIN, con una protección IP20, con la posibilidad de una entrada monofásica o bifásica. En la ***figura 3.26*** se presenta la forma física de la fuente SITOP.

Figura 3.26 –**Fuente SITOP Modular**

Para la polarización de los circuitos de potencia también se usará una fuente de polarización de iguales características.

3.3.8 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN RESPALDO DE ENERGIA

El sistema contra incendios es un proceso que debe funcionar en cualquier condición, es decir se debe asegurar que funcione aunque en la planta se haya perdido la energía eléctrica. En el caso de la Estación Paraíso la energía eléctrica es generada usando **GENERADORES CATERPILLAR** a diesel que no garantizan suministro de energía ininterrumpida.

Por esta razón la norma exige que el control del sistema contra incendios cuente con una fuente de energía de respaldo.

Para este proyecto se usará un UPS dimensionado para las siguientes características: alimentación monofásica de 120VAC, que entregue una corriente de 25 A, tiempo de independencia 24 horas, conectividad RS-232, de montaje tipo torre.

Dentro de la gran variedad de sistemas de energía ininterrumpible (UPS) se seleccionó la marca **TRIPP-LITE** de la serie **SMARTONLINE** con una capacidad de 3KVA.

3.3.9 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE ALARMAS

Para cumplir con los requerimientos de la norma se instalará en el puesto de control una alarma sonora y visual que entre en funcionamiento cuando se dispare algún rociador o se accione la válvula de prueba, esta alarma alertara a todo personal de un posible incendio para que se tomen las medidas adecuadas.

A continuación se describe el tipo de sirena y luz estroboscópica a usar.

3.3.9.1 Sirena

Es un medio auditivo de notificación de una alarma de incendios, gracias a su sonido realmente fuerte se la escucha a la distancia y permite tomar las acciones apropiadas según el caso. Para esta aplicación se usará una sirena de 120VAC con capacidad de 105 BD (decibeles).

3.3.9.2 Luz estroboscópica

Es un medio visual para indicar una alarma de incendios, es especialmente útil en casos de existencia de humo, por la intensidad de la luz utilizada (programable ente 15 y 115 candelas). Para esta aplicación se usará una luz de 120 VAC a 115 candelas.

3.3.10 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PANEL DE CONTROL

El sistema contra incendios debe ser sujeto de activación manual o automática y de supervisión o monitoreo para verificar la integridad de sus elementos activadores (válvula solenoide, etc.), así como las bombas. Para cumplir este criterio se implementará un tablero local de control.

Este tablero de control permitirá al usuario varias opciones de configuración y operación, su principal ventaja es que su diseño está basado en una serie de criterios expresados en la norma NFPA.

En este tablero de control deberá haber un interruptor accionado manualmente dispuesto de tal manera que cuando el motor sea arrancado manualmente, su funcionamiento no se vea afectado por el interruptor de presión y a su vez que la unidad sea apagada manualmente, es decir un controlador no automático deberá ser accionado por medios eléctricos manualmente activados o medios mecánicos inicialmente activados.

Respecto al encendido y control del equipo contra incendio, se lo puede hacer también en modo automático. En este caso debe accionar por sí mismo para arrancar, funcionar y proteger el motor, lo que se hace por medio de un interruptor de presión o un interruptor sin presión.

Según la norma NFPA 20 anexo A.5.12.6 los cuartos y gabinetes de bombas deberán estar secos y libres de condensación.

Tomando en cuenta estos requerimientos se procede a diseñar el tablero en el que se implementará e instalará todos los equipos que comprenden el control y automatización del sistema fijo contra incendios.

3.3.10.1 Ubicación y dimensionamiento del tablero TC-SCI-901

El tablero estará ubicado en el área del sistema contra incendios en la parte posterior de las bombas, cerca al tablero de distribución. En esta ubicación el tablero tiene fácil acceso y además está cerca de las bombas para evitar caídas de voltaje por la longitud de los cables que lleven las señales.

Para cumplir con la norma NFPA 70 el tablero que se usará tiene protección tipo NEMA 2 que servirá para soportar la estructura de los elementos de control, tiene un acabado con pintura al horno color RAL 7032 (beige) previo tratamiento anticorrosivo y fosfatizado, el material para la construcción debe ser TOL, con base separada para anclaje del tablero, tapas laterales, superior y posterior desmontables , una puerta con doble cerradura triangular y en la parte posterior de la puerta debe tener un compartimento para colocar los planos.

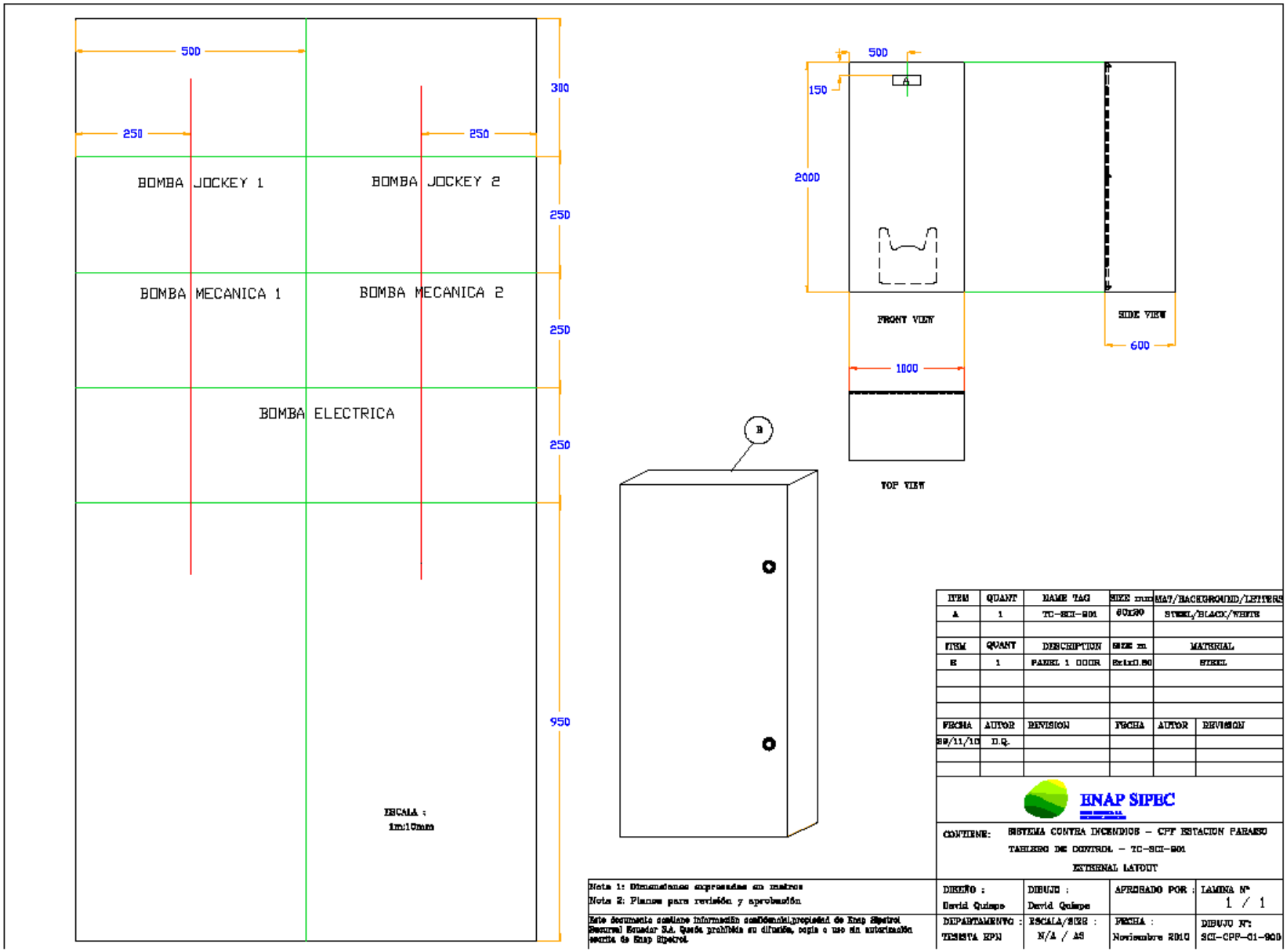
Las dimensiones del tablero son: alto **2000mm**, ancho **1000mm** y profundidad de **600mm**.

El tablero, en su parte frontal, está dividido en cinco áreas que permiten la distribución de los controles para cada una de las bombas. El ingreso y salida de los cables es por tapa lateral izquierda usando conectores TMCX especialmente distribuidos.

El tablero se alimenta desde el breaker ubicado en el tablero de distribución muy cerca al tablero de control. El tablero cuenta con una malla de tierra independiente interconectada con el sistema de tierra de la Estación que ya está instalada bajo la capa de cemento.

Todas las características mencionadas así como la distribución de las áreas en el tablero de control se observan en el plano ***SCI-CPF-01-900*** y el detalle de los agujeros de la tapa frontal y lateral que se realizarán en el tablero se presenta en el plano ***SCI-CPF-01-PLY901***[16]***.*** Estos planos se observan a continuación.

[16] Las dimensiones para realizar los agujeros se detallan en los plano **SCI-CPF-00-901** del Anexo C



ITEM	QUANT	NAME TAG	SIZE mm	MAT/BACKGROUND/LETTERS
A	1	TC-SCI-901	60x30	STEEL/BLACK/WHITE

ITEM	QUANT	DESCRIPTION	SIZE m	MATERIAL
B	1	PANEL 1 DOOR	0.6x0.80	STEEL

FECHA	AUTOR	REVISION	FECHA	AUTOR	REVISION
22/11/10	D.Q.				

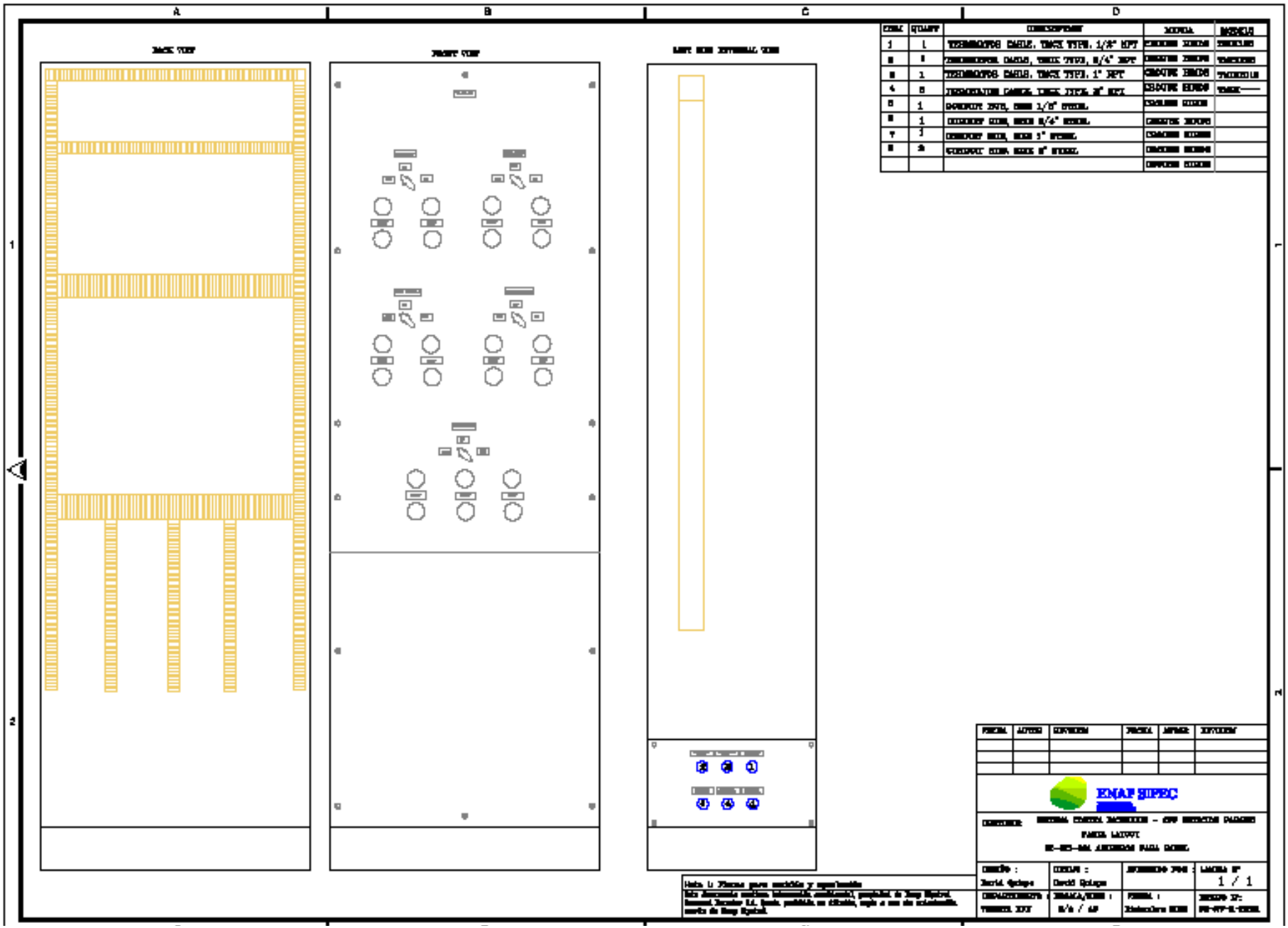
ENAP SIPEC

CONTIENE: SISTEMA CONTRA INCENDIOS – CPF ESTACION PARAISO
TABLERO DE CONTROL – TC-SCI-901
EXTERNAL LAYOUT

Nota 1: Dimensiones expresadas en metros
Nota 2: Planos para revisión y aprobación

Este documento contiene información confidencial,propiedad de Enap Sipetrol Oriental Ecuador S.A. Queda prohibida su difusión, copia o uso sin autorización escrita de Enap Sipetrol

DISEÑO :	DIBUJO :	APROBADO POR :	LAMINA N°
David Quispe	David Quispe		1 / 1
DEPARTAMENTO :	ESCALA/SIZE :	FECHA :	DIBUJO N°:
TESISTA EPN	N/A / A3	Noviembre 2010	SCI-CPF-01-900


A
B
C
D
1
2
BACK VIEW
FRONT VIEW
LEFT SIDE INTERNAL VIEW
ITEM | QUANT | DESCRIPTION | MODEL | NOTES
1 | 1 | TERMINATOR CABLE, TRACE TYPE, 1/2" NPT
2 | 1 | TERMINATOR CABLE, TRACE TYPE, 3/4" NPT
3 | 1 | TERMINATOR CABLE, TRACE TYPE, 1" NPT
4 | 5 | TERMINATION CAMERA, TRACE TYPE, 2" NPT
5 | 1 | BARRIER TYPE, SIZE 1/2" STEEL.
6 | 1 | COUPLER SIZE, SIZE 3/4" STEEL.
7 | 1 | COUPLER SIZE, SIZE 1" STEEL.
8 | 2 | COUPLER SIZE SIZE 2" STEEL.
ENAP SIPEC
DESIGN :
David Quispe
DRAWN :
David Quispe
SCALE/SIZE :
N/A / A3
SHEET :
1 / 1

3.3.10.2 Distribución tablero TC-SCI-901

Para realizar el diseño interno del tablero de control, primero se procedió a revisar en los catálogos las dimensiones físicas de cada uno de los elementos y equipos a usar para el control del sistema. Con estos datos se realizó la ingeniería de detalle para distribuir estos elementos y equipos dentro del tablero que se especificó en el punto anterior.

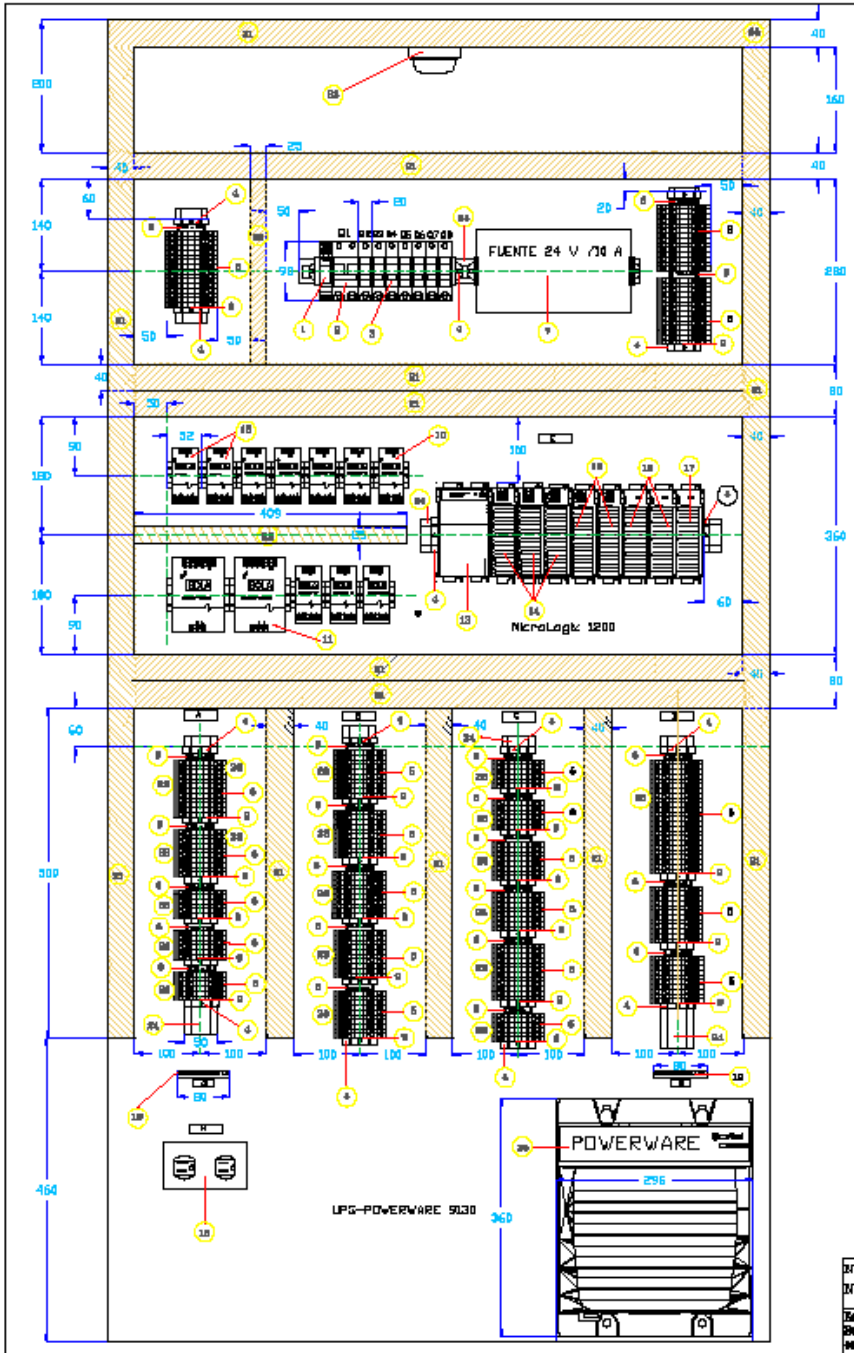
En primer lugar, en la parte superior del tablero se tienen los elementos de protección, borneras de ingreso de alimentación y la fuente de alimentación; en la siguiente área en la parte izquierda se instalan los elementos de potencia (contactores) y en la parte derecha se coloca el PLC y sus módulos de expansión.

En el slot 1, 2 y 3 se encuentran las tarjetas 1762-IQ16, las que permiten conectar las entradas digitales al sistema de control; en el slot 4 se ubica la tarjeta 1762-OW16 y en el slot 5 la tarjeta 1762-OW8 que son salidas digitales para manejar los elementos de potencia. La tarjeta de entradas analógicas 1762-IF4 está ubicada en el slot 6. En el diseño se ha dejado el espacio necesario para añadir otros módulos de expansión para mejoras futuras que desee realizar la empresa.

Siguiendo en la distribución del tablero, en la parte inferior del PLC y sus módulos se implementa un área de borneras, usadas para realizar las conexiones de las señales del campo con los elementos de control y con los circuitos de fuerza de los distintos equipos que forman el SCI.

Finalmente se coloca en la parte inferior del tablero barras para conexión a tierra y un tomacorriente para uso interno del tablero, muy útil en los mantenimientos que se realizan. También en la parte inferior del tablero sobre la tapa interna se coloca el UPS que alimentara el sistema en caso de falla de energía.

En el plano ***SCI-CPF-02-901*** se presenta la distribución interna del tablero de control detallando distancias y ubicación de cada uno de los elementos y equipos que se usarán en la automatización y control del SCI.



ITEM	QUANT	DESCRIPTION	MARCA	MODELO
1	1	PORTECCION C/SOBREVENSION TIPO PHOENIX		COD:2832334
2	1	CIRCUIT BREAKER BIPOLAR, In 25A		
3	7	CIRCUIT BREAKER UNIPOLAR, In 16A,10A,6A		
4	60	END ANCHOR NORMALY DUTY		
5	200	BORNES TERMINAL		
6	30	GROUP MARKER CARRIER		
7	1	POWER SUPPLY 24 VDC, 10A		
8	14	DC FUSE TERMINAL BLOCK 2A WITH LED		
9	25	END BARRIER FOR TERMINALS BLOCK		
10	8	CONTACTOR AUXILIAR 24 VDC, 6A		
11	2	CONTACTOR TRIFASICO TELEMECANIQUE 220VAC, 15A		LC1D-15
12	2	RELE TERMICO TELEMECANIQUE		LR2-D
13	1	MICROLOGIX 1200 SLOT CHASIS	ALLEN BRADLEY	MICROLOGIX-1200
14	3	DIGITAL INPUT MODULE, 16 CHANNELS	ALLEN BRADLEY	1762-IQ16
15	2	DIGITAL OUTPUT MODULE, 16 CHANNELS	ALLEN BRADLEY	1762-OW16
16	1	ANALOG INPUT MODULE, 8 CHANNELS	ALLEN BRADLEY	1762-IF8
17	1	ANALOG OUTPUT MODULE, 4 CHANNELS	ALLEN BRADLEY	1762-OF4
18	1	ELECTRICAL OUTLET 120 VAC		
19	2	GROUNDING BAR SYSTEM LENGTH 80 mm		
20	1	UPS POWERWARE 24 VDC, 30VA	POWERWARE	PW-9130
21	15	PVC WIRING DUCT WITH COVER, SIZE 40x40x2000 mm		
22	5	PVC WIRING DUCT WITH COVER, SIZE 25x40x2000 mm		
23	1	INTERNAL LAMP 120VAC/40W		
24	10	DIN RAIL SIMETRICAL, 35 mm x 7,5 mm x 1m		
25	1	MICROSWITCH		
26	50	FUSE 0.5 A , SIZE Ø X 20 mm		
27	14	FUSE 5A, 2A , SIZE 1 1/4" x 1/4"		
28	15	INSULATED SIDE JUMPER SLEEVE		

ITEM	QUANT	NAME TAG	SIZE	MAT/BACKGROUND/LETTERS
A	1	SENSORES	80x15mm	STEEL/BLACK/WHITE
B	1	DIGITAL INPUTS	80x15mm	STEEL/BLACK/WHITE
C	1	DIGITAL OUTPUTS	80x15mm	STEEL/BLACK/WHITE
D	1	ANALOG I/O	80x15mm	STEEL/BLACK/WHITE
E	1	PLC-901	80x15mm	STEEL/BLACK/WHITE
F	1	DIGITAL INPUTS	80x15mm	STEEL/BLACK/WHITE
G	2	GROUND	60x15mm	STEEL/BLACK/WHITE
H	1	TOMA 110 VAC	80x15mm	STEEL/BLACK/WHITE
I	1	BOMBA JOCKEY 1	80x15mm	STEEL/BLACK/WHITE
J	1	BOMBA JOCKEY 2	80x15mm	STEEL/BLACK/WHITE
K	1	BOMBA MECANICA	60x15mm	STEEL/BLACK/WHITE
L	1	BOMBA ELECTRICA	60x15mm	STEEL/BLACK/WHITE

FECHA	AUTOR	REVISION	FECHA	AUTOR	REVISION

ENAP SIPEC

CONTIENE: SISTEMA CONTRA INCENDIOS – CPF ESTACION PARAISO
TABLERO DE CONTROL – TC-SCI-901
INTERNAL LAYOUT

Nota 1: Dimensiones expresadas en milimetros
Nota 2: Planos para revisión y aprobación

DISEÑO :	DIBUJO :	APROBADO POR :	LAMINA Nº
David Quispe	David Quispe		1 / 1
DEPARTAMENTO :	ESCALA/SIZE :	FECHA :	DIBUJO Nº:
TESISTA EPN	N/A / A3	Noviembre 2010	SCI-CPF-02-901

Este documento contiene información confidencial, propiedad de Enap Sipetrol Oriental Ecuador S.A. Queda prohibida su difusión, copia o uso sin autorización escrita de Enap Sipetrol

3.3.11 ESTRUCTURA DEL CABLEADO Y RUTAS DE SEÑALES

Una vez que se tiene diseñado el tablero de control se procede a realizar la ingeniería de detalle para determinar el calibre, rutas y conexiones de los cables que permitirán recibir y enviar las señales desde el campo hacia el tablero de control para realizar el proceso de control y funcionamiento automático o manual del SCI.

Para esto primero se realiza el dimensionamiento del calibre del cable para cada una de las señales y alimentaciones que tiene este sistema.

3.3.11.1 Dimensionamiento del calibre del cable

Los alimentadores desde el tablero de distribución de la Estación Paraíso hasta la caja de conexiones en el área del SCI serán realizados con cable REDA por petición de la empresa, pues estos cables son usados para bombas electro sumergibles y soportan altas corrientes y además poseen un blindaje armado. El tendido de este cable se realiza por el piso, usando zanjas con tubería conduit de 3”, la distancia que recorre este cable es de 15 metros.

3.3.11.1.1 Cable para conexión de instrumentos

El cable a ser utilizado para las conexiones de todos los instrumentos es de marca OKONITE, tipo ITC Armored (instrumentation cable), este tipo de cable no necesita de ninguna protección adicional, la envoltura propia del cable proporciona la protección física contra el daño mecánico.

Será instalado por el aire usando estructuras que soporten la tubería conduit a una altura de 1,8 metros.

Este cable cumple con la clasificación de áreas Clase I, División 2, Clase II, División 2, Clase III, División 2.

En la ***tabla 3.12*** se presenta el calibre de los cables y su número para cada instrumento usado en esta aplicación.

NOMBRE	# AWG	CORRIENTE MAX	RESISTENCIA Ω/304,8m	LONGITUD [m]	NÚMERO
PS-901	16	50mA	4,1	4	1x1PR
PS-902	16	50mA	4,1	4	1x1PR
PS-903	16	50mA	4,1	3	1x1PR
PS-904	16	50mA	4,1	3	1x1PR
LS-901	14	500mA	2,6	10	1x2C
PT-901	16	30mA	4,1	3	1x1PR

Tabla 3.12 – **Calibre cable de conexión de instrumentos**

3.3.11.1.2 Cable para conexiones dentro del tablero

Respecto al alambrado entre el controlador y los demás elementos de control como son protecciones, fuente de alimentación, borneras, fusibles y bobinas de contactores se usara cable flexible AWG # 14 que tiene como capacidad 15 A, suficiente para soportar la corriente que se maneje dentro del tablero de control.

Este cable también será usado para las conexiones entre los pulsadores, selectores y luces piloto hacia las borneras que unen estas señales con los módulos de entrada y salida del PLC. Para las señales de control que manejan el arrancador suave igualmente se usara este mismo cable.

3.3.11.1.3 Cable para conexiones de fuerza de las Bombas.

Cada una de las bombas tiene dispositivos de arranque que requieren más o menos corriente, por ese motivo el dimensionamiento del calibre del cable se especifica para cada uno de los elementos en la ***tabla 3.13*** que se presenta a continuación.

NOMBRE	TIPO	CORRIENTE MAX	CALIBRE AWG	LONGITUD [m]
Bomba Jockey	THW	20A	12 Solido	5
Bomba Mecánica				
Solenoide Arranque	THW	30A	10 Solido	5
Solenoide Combustible	THW	20A	12 Solido	5
Bomba Eléctrica	THW	255A	250 MCM	3

Tabla 3.13 – **Calibre cable de conexión Bombas**

El cable que se usará es de cobre del tipo THW que soporta hasta 600 V a 75°C, cumpliendo con los requerimientos de cada una de las bombas.

3.3.11.1.4 Conectores

Para las conexiones del cable armado a los instrumentos y al tablero de control se utilizarán conectores tipo TMCX, por ser los recomendados para la utilización con el cable armado, también son adecuados para utilizarse en la Clase I, Divisiones 1 y 2, Grupos A, B, C, D; Clase II, Divisiones 1 y 2, Grupos E, F y G; y Clase III, Divisiones 1 y 2 lugares peligrosos (clasificados) del NEC. El conector TMCX se puede observar en la ***figura 3.27.***

Figura 3.27 **–Conector TMCX para cable armado**

Para los demás cables la tubería conduit se conectara al tablero de control a través de HUB's. El detalle del diámetro de los conectores y de los HUB's se describe en el plano ***SCI-CPF-01-PLY901*** presentado anteriormente.

3.3.11.2 Asignación de Tags

La identificación de todos los cables, las borneras de conexión, sus respectivos slots y tarjetas es necesaria para realizar un conexionado ordenado que permita identificar los lazos y las rutas de las señales, evitando así confusiones al momento de conectar y facilitando el mantenimiento del sistema de control en el futuro.

Para esto se usan tagnames asignados a las borneras, cables, instrumentos de campo, slots y tarjetas. Estos tagnames deben ser los mismos en campo, en el tablero y en la base de control por esto se realiza una asignación ordenada a las señales. A continuación, desde la ***tabla 3.14*** hasta la ***tabla 3.16***, se muestra la asignación de tags de los canales de I/O de las tarjetas del PLC Micrologix 1200.

Estas tablas contienen información de la ubicación y conexión en el tablero de cada uno de los tags, borne terminal (TB), slot y canal para cada equipo.

3.3.11.2.1 Entradas Digitales (24VDC)

EQUIPO	ELEMENTO		BORNERA	TAG	CONEXIÓN		
			TB1-PS-900		**SLOT**	**CANAL**	**PLC**
INTERRUPTOR DE PRESIÓN 901	1Blue	COMUN (+24VCC)	TB1-PS-901 (1)	[+1]	VIN +		
	2Black	CONTACTO ALTA PRESION	TB1-PSH-901 (2)	PSH-J1	1	0	I0:1
	3Red	RELAY BAJA PRESION	TB1-PSL-901 (3)	PSL-J1	1	1	I1:1
INTERRUPTOR DE PRESIÓN 902	1Blue	COMUN (+24VCC)	TB1-PSH-902 (4)	[+1]	VIN +		
	2Black	RELAY ALTA PRESION	TB1-PS-902 (5)	PSH-E	1	2	I2:1
	3Red	RELAY BAJA PRESION	TB1-PSL-902 (6)	PSL-E	1	3	I3:1
INTERRUPTOR DE PRESIÓN 903	1Blue	COMUN (+24VCC)	TB1-PS-903 (7)	[+1]	VIN +		
	2Black	RELAY ALTA PRESION	TB1-PSH-903 (8)	PSH-M1	1	4	I4:1
	3Red	RELAY BAJA PRESION	TB1-PSL-903 (9)	PSL-M1	1	5	I5:1
INTERRUPTOR DE PRESIÓN 904	1Blue	COMUN (+24VCC)	TB1-PS-904 (10)	[+1]	VIN +		
	2Black	RELAY ALTA PRESION	TB1-PSH-904 (11)	PSH-M2	1	6	I6:1
	3Red	RELAY BAJA PRESION	TB1-PSL-904 (12)	PSL-M2	1	7	I7:1
			TB2-LS-901		**SLOT**	**CANAL**	**PLC**
LEVEL SWITCH 901	1Blue	COMUN (+24VCC)	TB2-LS-901 (1)	[+2]	VIN +		
	2Black	RELAY NIVEL ALTO ALTO	TB2-LSHH-901 (2)	LS-TK-HH	1	9	I9:1
	3Red	RELAY NIVEL ALTO	TB2-LSH-901 (3)	LS-TK-H	1	8	I8:1
		COMUN (+24VCC)	TB2-LS-901 (4)	[+2]	VIN +		
		RELAY NIVEL BAJO BAJO	TB2-LSLL-901 (5)	LS-TK-LL	1	11	I11:1
		RELAY NIVEL BAJO	TB2-LSL-901 (6)	LS-TK-L	1	10	I10:1
	4Green	GROUND	TB2-LS-901 (7)	-	-	-	-
		RESERVA	TB2-LS-901 (8)	-	-	-	-
		RESERVA	TB2-LS-901 (9)	-	-	-	-
		RESERVA	TB2-LS-901 (10)	-	-	-	-
			TB3-SS-901		**SLOT**	**CANAL**	**PLC**
ARRANCADOR SUAVE		COMUN (+24VCC)	TB3-SS-901 (1)	[+2]	VIN +		
		STATUS (RUN/STOP)	TB3-SS-901 (2)	STATUS-SS-RUN	1	13	I13:1
		COMUN (+24VCC)	TB3-SS-901 (3)	[+2]	VIN +		
		TRIP (RESET)	TB3-SS-901 (4)	STATUS-SS-TRIP	1	12	I12:1
		RESERVA	TB3-SS-901 (5)	-	-	-	-
		RESERVA	TB3-SS-901 (6)	-	-	-	-
			TB4-UPS-901		**SLOT**	**CANAL**	**PLC**
ALARMA UPS		COMUN (+24VCC)	TB4-UPS-901 (1)	[+2]	VIN +		
		FAULT ENERGY	TB4-UPS-901 (2)	FAULT-ENERGY	1	14	I14:1
		RESERVA	TB4-UPS-901 (3)	-	-	-	-
		RESERVA	TB4-UPS-901 (4)	-	-	-	-
		RESERVA	TB4-UPS-901 (5)	-	-	-	-
		RESERVA	TB4-UPS-901 (6)	-	-	-	-
			TB5-901		**SLOT**	**CANAL**	**PLC**
PULSADOR PARO		COMUN (+24VCC)	TB5-901 (1)	[+2]	VIN +		
		PULSADOR PARO	TB5-901 (2)	EMERG-STOP	1	15	I15:1
		RESERVA	TB5-901 (3)	-	-	-	-
		RESERVA	TB5-901 (4)	-	-	-	-
		RESERVA	TB5-901 (5)	-	-	-	-
		RESERVA	TB5-901 (6)	-	-	-	-

Tabla 3.14 **– Asignación de Tags Entradas Digitales**

EQUIPO	ELEMENTO	BORNERA	TAG	CONEXIÓN		
		TB6-J1-P901A		SLOT	CANAL	PLC
JOCKEY 1	COMUN (+24VCC)	TB6-J1 (1)	[+3]	VIN +		
	SELECTOR 3 POSICIONES	TB6-J1 (2)	SE-AUT-J1	2	0	I0:2
		TB6-J1 (3)	SE-MAN-J1	2	1	I1:2
		TB6-J1 (4)	SE-OFF-J1	2	2	I2:2
	COMUN (+24VCC)	TB6-J1 (5)	[+3]	VIN +		
	PULSADOR START	TB6-J1 (6)	PUL-START-J1	2	3	I3:2
	COMUN (+24VCC)	TB6-J1 (7)	[+3]	VIN +		
	PULSADOR STOP	TB6-J1 (8)	PUL-STOP-J1	2	4	I4:2
	RESERVA	TB6-J1 (9)	-	-	-	-
	RESERVA	TB6-J1 (10)	-	-	-	-
		TB7-J2-P901B		SLOT	CANAL	PLC
JOCKEY 2	COMUN (+24VCC)	TB7-J2 (1)	[+3]	VIN +		
	SELECTOR 3 POSICIONES	TB7-J2 (2)	SE-AUT-J2	2	5	I5:2
		TB7-J2 (3)	SE-MAN-J2	2	6	I6:2
		TB7-J2 (4)	SE-OFF-J2	2	7	I7:2
	COMUN (+24VCC)	TB7-J2 (5)	[+4]	VIN +		
	PULSADOR START	TB7-J2 (6)	PUL-START-J2	2	8	I8:2
	COMUN (+24VCC)	TB7-J2 (7)	[+4]	VIN +		
	PULSADOR STOP	TB7-J2 (8)	PUL-STOP-J2	2	9	I9:2
	RESERVA	TB7-J2 (9)	-	-	-	-
	RESERVA	TB7-J2 (10)	-	-	-	-
		TB8-M1-903		SLOT	CANAL	PLC
MECANICA 1	COMUN (+24VCC)	TB8-M1 (1)	[+4]	VIN +		
	SELECTOR 3 POSICIONES	TB8-M1 (2)	SE-AUT-M1	2	10	I10:2
		TB8-M1 (3)	SE-MAN-M1	2	11	I11:2
		TB8-M1 (4)	SE-OFF-M1	2	12	I12:2
	COMUN (+24VCC)	TB8-M1 (5)	[+4]	VIN +		
	PULSADOR START	TB8-M1 (6)	PUL-START-M1	2	13	I13:2
	COMUN (+24VCC)	TB8-M1 (7)	[+4]	VIN +		
	PULSADOR STOP	TB8-M1 (8)	PUL-STOP-M1	2	14	I14:2
	RESERVA	TB8-M1 (9)	-	2	15	I15:2
	RESERVA	TB8-M1 (10)	-	-	-	-
		TB9-M2-904		SLOT	CANAL	PLC
MECANICA 2	COMUN (+24VCC)	TB9-M2 (1)	[+5]	VIN +		
	SELECTOR 3 POSICIONES	TB9-M2 (2)	SE-AUT-M2	3	0	I0:3
		TB9-M2 (3)	SE-MAN-M2	3	1	I1:3
		TB9-M2 (4)	SE-OFF-M2	3	2	I2:3
	COMUN (+24VCC)	TB9-M2 (5)	[+5]	VIN +		
	PULSADOR START	TB9-M2 (6)	PUL-START-M2	3	3	I3:3
	COMUN (+24VCC)	TB9-M2 (7)	[+5]	VIN +		
	PULSADOR STOP	TB9-M2 (8)	PUL-STOP-M2	3	4	I4:3
	RESERVA	TB9-M2 (9)	-	-	-	-
	RESERVA	TB9-M2 (10)	-	-	-	-

Continuación Tabla 3.14 – **Asignación de Tags Entradas Digitales**

EQUIPO	ELEMENTO	BORNERA	TAG	CONEXIÓN		
		TB10-E		SLOT	CANAL	PLC
ELECTRICA	COMUN (+24VCC)	TB10-E (1)	[+5]	VIN +		
	SELECTOR 3 POSICIONES	TB10-E (2)	SE-AUT-E	3	5	I5:3
		TB10-E (3)	SE-MAN-E	3	6	I6:3
		TB10-E (4)	SE-OFF-E	3	7	I7:3
	COMUN (+24VCC)	TB10-E (5)	[+6]	VIN +		
	PULSADOR START	TB10-E (6)	PUL-START-E	3	8	I8:3
	COMUN (+24VCC)	TB10-E (7)	[+6]	VIN +		
	PULSADOR STOP	TB10-E (8)	PUL-STOP-E	3	9	I9:3
	COMUN (+24VCC)	TB10-E (9)	[+6]	VIN +		
	PULSADOR RESET	TB10-E (10)	PUL-RESET-E	3	10	I10:3
	COMUN (+24VCC)	TB10-E (11)	[+6]	VIN +		
	PULSADOR EMERGENCIA	TB10-E (12)	PU-EME-E	3	11	I11:3

Continuación Tabla 3.14 – **Asignación de Tags Entradas Digitales**

3.3.11.2.2 Salidas Digitales (24VDC o 120 VAC)

EQUIPO	ELEMENTO	BORNERA	TAG	CONEXIÓN		
JOCKEY 1		TB11-J1-P901A		SLOT	CANAL	PLC
	LUZ PILOTO ROJA	TB11-J1 (1)	LIGHT-STOP-J1	-	-	-
		TB11-J1 (2)	COMUN	-	-	-
	LUZ PILOTO VERDE	TB11-J1 (3)	LIGHT-START-J1	-	-	-
		TB11-J1 (4)	COMUN	-	-	-
	ARRANQUE-PARO	TB11-J1 (5)	START-STOP-J1	4	0	O0:4
		TB11-J1 (6)	[-7]	COMUN 24 V		
JOCKEY 2		TB12-J2-P901B		SLOT	CANAL	PLC
	LUZ PILOTO ROJA	TB12-J2 (1)	LIGHT-STOP-J2	-	-	-
		TB12-J2 (2)	COMUN	-	-	-
	LUZ PILOTO VERDE	TB12-J2 (3)	LIGHT-START-J2	-	-	-
		TB12-J2 (4)	COMUN	-	-	-
	ARRANQUE-PARO	TB12-J2 (5)	START-STOP-J2	4	1	O1:4
		TB12-J2 (6)	[-7]	COMUN 24 V		
MECANICA 1		TB13-M1-P903		SLOT	CANAL	PLC
	LUZ PILOTO ROJA	TB13-M1 (1)	LIGHT-STOP-M1	-	-	-
		TB13-M1 (2)	COMUN	-	-	-
	LUZ PILOTO VERDE	TB13-M1 (3)	LIGHT-START-M1	-	-	-
		TB13-M1 (4)	COMUN	-	-	-
	SOLENOIDE COMBUSTIBLE	TB13-M1 (5)	KSV-OIL-M1	4	2	O2:4
		TB13-M1 (6)	[-7]	COMUN 24 V		
	SOLENOIDE ARRANQUE	TB13-M1 (7)	KSV-START-M1	4	3	O3:4
		TB13-M1 (8)	[-7]	COMUN 24 V		
MECANICA 2		TB14-M2-P904		SLOT	CANAL	PLC
	LUZ PILOTO ROJA	TB14-M2 (1)	LIGHT-STOP-M2	-	-	-
		TB14-M2 (2)	COMUN	-	-	-
	LUZ PILOTO VERDE	TB14-M2 (3)	LIGHT-START-M2	-	-	-
		TB14-M2 (4)	COMUN	-	-	-
	SOLENOIDE COMBUSTIBLE	TB14-M2 (5)	KSV-OIL-M2	4	4	O4:4
		TB14-M2 (6)	[-7]	COMUN 24 V		
	SOLENOIDE ARRANQUE	TB14-M2 (7)	KSV-START-M2	4	5	O5:4

		TB14-M2 (8)	[-7]	COMUN 24 V

Tabla 3.15 – **Asignación de Tags Salidas Digitales**

EQUIPO	ELEMENTO	BORNERA	TAG	CONEXIÓN		
ELECTRICA		**TB15-E-P902**		**SLOT**	**CANAL**	**PLC**
	LUZ PILOTO ROJA	TB15-E (1)	LIGHT-STOP-E	4	6	O6:4
		TB15-E (2)	[-7]	COMUN 24 V		
	LUZ PILOTO VERDE	TB15-E (3)	LIGHT-START-E	4	7	O7:4
		TB15-E (4)	[-7]	COMUN 24 V		
	LUZ PILOTO AMARILLA	TB15-E (5)	LIGHT-TRIP-E	4	8	O8:4
		TB15-E (6)	[-7]	COMUN 24 V		
	START	TB15-E (7)	START-SS	4	9	O9:4
		TB15-E (8)	[-8]	COMUN 24 V		
	STOP	TB15-E (9)	STOP-SS	4	10	O10:4
		TB15-E (10)	[-8]	COMUN 24 V		
	RESET	TB15-E (11)	RESET-SS	4	11	O11:4
		TB15-E (12)	[-8]	COMUN 24 V		
ALARMA SCI		**TB16-901**		**SLOT**	**CANAL**	**PLC**
	SIRENA ALARMA	TB16-901 (1)	XZA-901	4	12	O12:4
		TB16-901 (2)	[-8]	COMUN 24 V		
	LUZ ALARMA	TB16-901 (3)	XLA-901	4	13	O13:4
		TB16-901 (4)	[-8]	COMUN 24 V		
ALARMA UPS	LUZ PILOTO ROJA	TB16-901 (5)	XLA-ELA-901	4	14	O14:4
		TB16-901 (6)	[-8]	COMUN 24 V		

Continuación Tabla 3.15 – **Asignación de Tags Salidas Digitales**

3.3.11.2.3 Entradas Analógicas (4 a 20 mA)

EQUIPO	ELEMENTO		BORNERA	TAG	CONEXIÓN		
TRANSMISOR DE PRESIÓN			**TB17-AI-901**		**SLOT**	**CANAL**	**PLC**
	1Red	PT_POSITIVE	TB17-AI-901 (1)	PT-901 [+]	VIN		
	2Black	PT_NEGATIVE	TB17-AI-901 (2)	PT-901 [-]	5	0	I5:0
	3Green	GROUND	TB17-AI-901 (3)	ANLG COM	GROUND		
	4 White	CALIBRATION	TB17-AI-901 (4)				
		RESERVA 1	TB17-AI-901 (5)				
			TB17-AI-901 (6)		GROUND		
		RESERVA2	TB17-AI-901 (7)		VIN		
			TB17-AI-901 (8)				
			TB17-AI-901 (9)		GROUND		
		RESERVA 3	TB17-AI-901 (10)		VIN		
			TB17-AI-901 (11)				
			TB17-AI-901 (12)		GROUND		
		RESERVA 4	TB17-AI-901 (13)		VIN		
			TB17-AI-901 (14)				
			TB17-AI-901 (15)		GROUND		
		RESERVA 5	TB17-AI-901 (16)		VIN		
			TB17-AI-901 (17)				
			TB17-AI-901 (18)		GROUND		
		RESERVA 6	TB17-AI-901 (19)		VIN		
			TB17-AI-901 (20)				
			TB17-AI-901 (21)		GROUND		
		RESERVA 7	TB17-AI-901 (22)		VIN		

			TB17-AI-901 (23)					
			TB17-AI-901 (24)		GROUND			

Tabla 3.16 – **Asignación de Tags Entradas Analógicas**

3.3.11.3 Diseño Rutas de Cableado

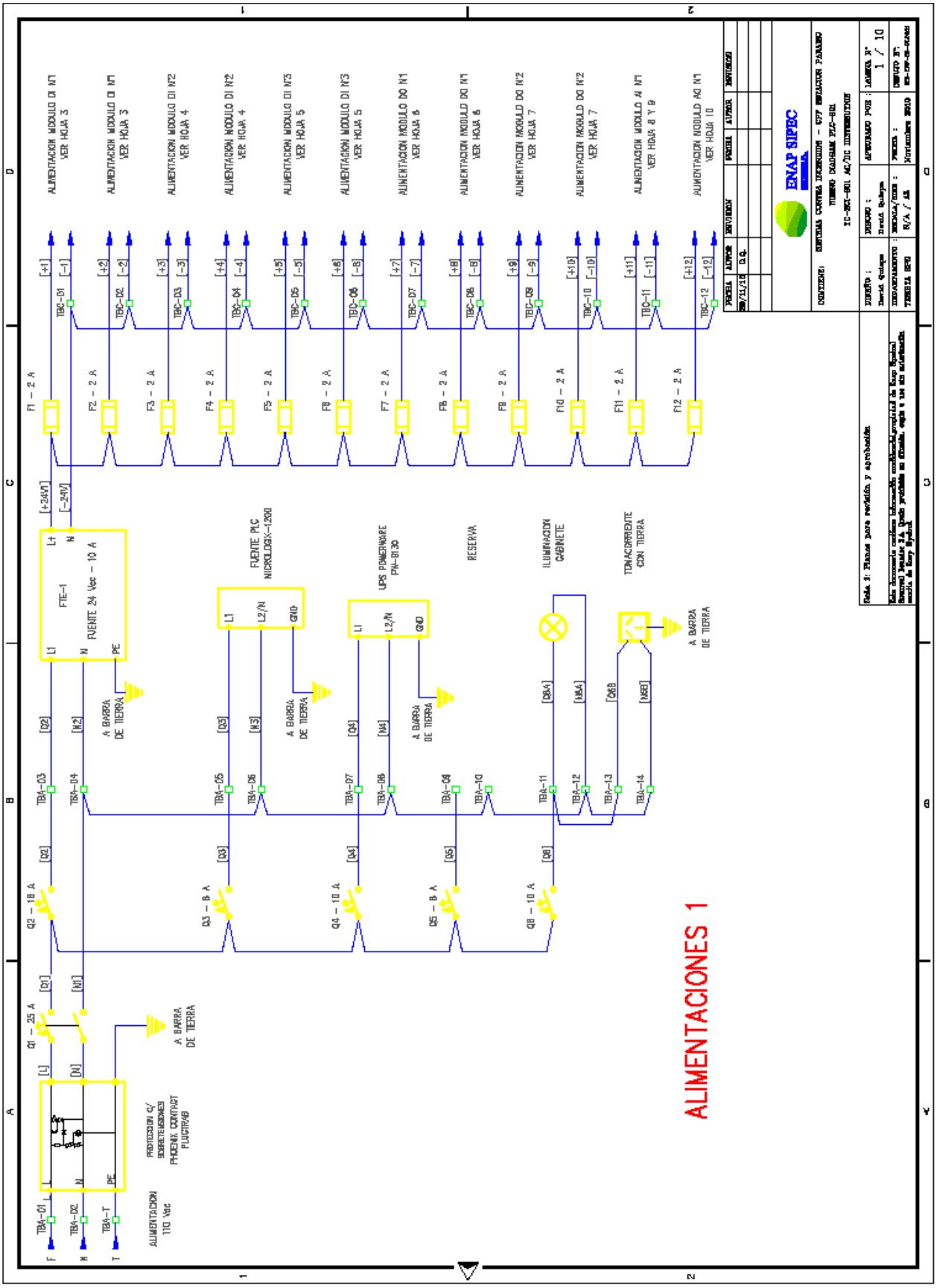
En los planos que se presentan a continuación, ***tabla 3.17***, se observa el diseño de las rutas de conexiones que llevan las señales desde el campo (instrumentos) hasta el cerebro (PLC) del sistema de control. Se muestran los empalmes realizados, los caminos de las canaletas y la nomenclatura de cada bornera.

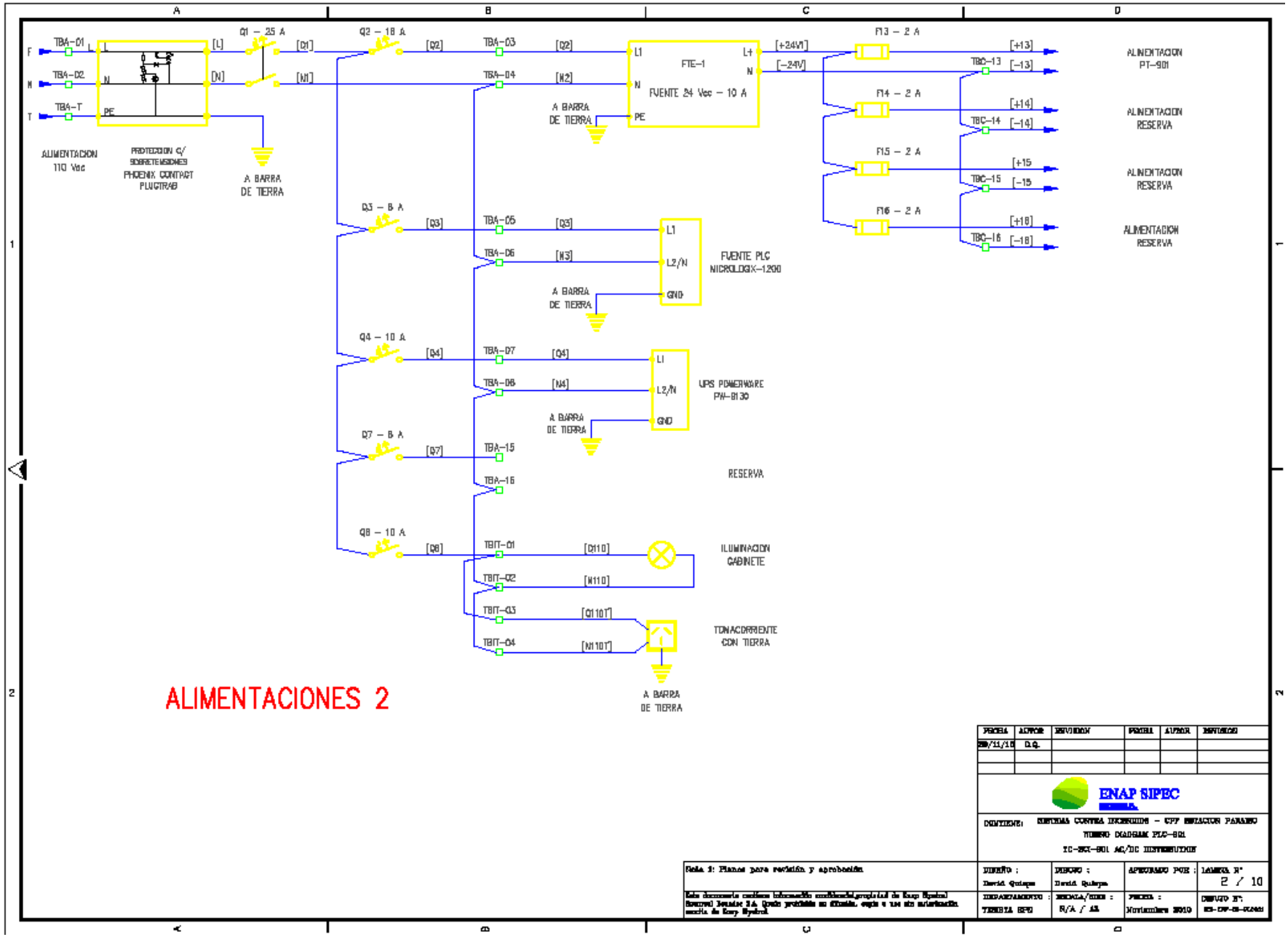
Estos planos son el resultado de la realización de la ingeniería básica y de detalle, los cuales fueron revisados, corregidos y aprobados por ENAP SIPETROL.

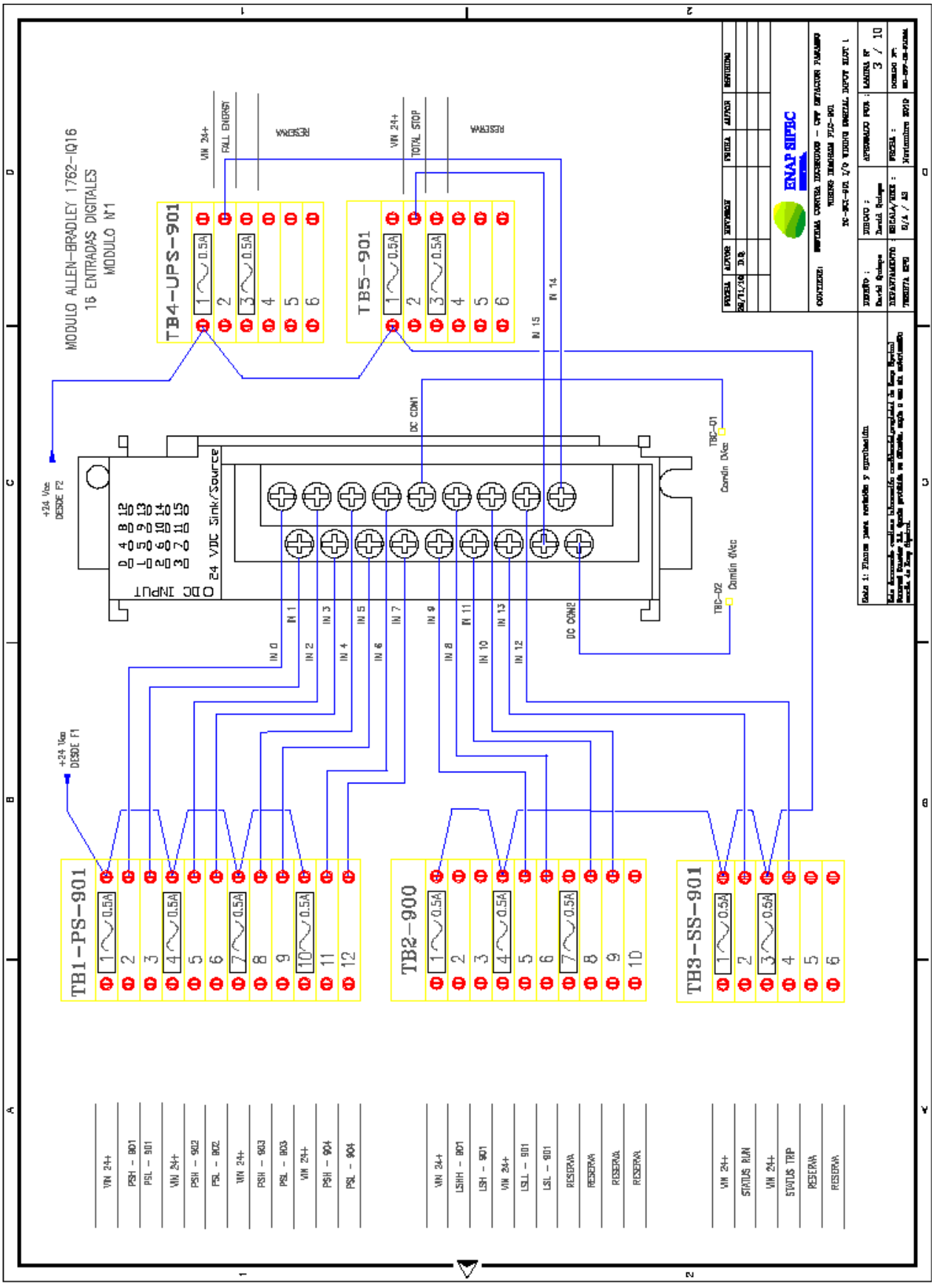
Cabe mencionar que estos planos pueden ser modificados al realizar la construcción e implementación del panel, por este motivo en el capítulo 6 implementación, pruebas y resultados se revisarán estos planos para la elaboración de los **PLANOS AS-BUILT**.

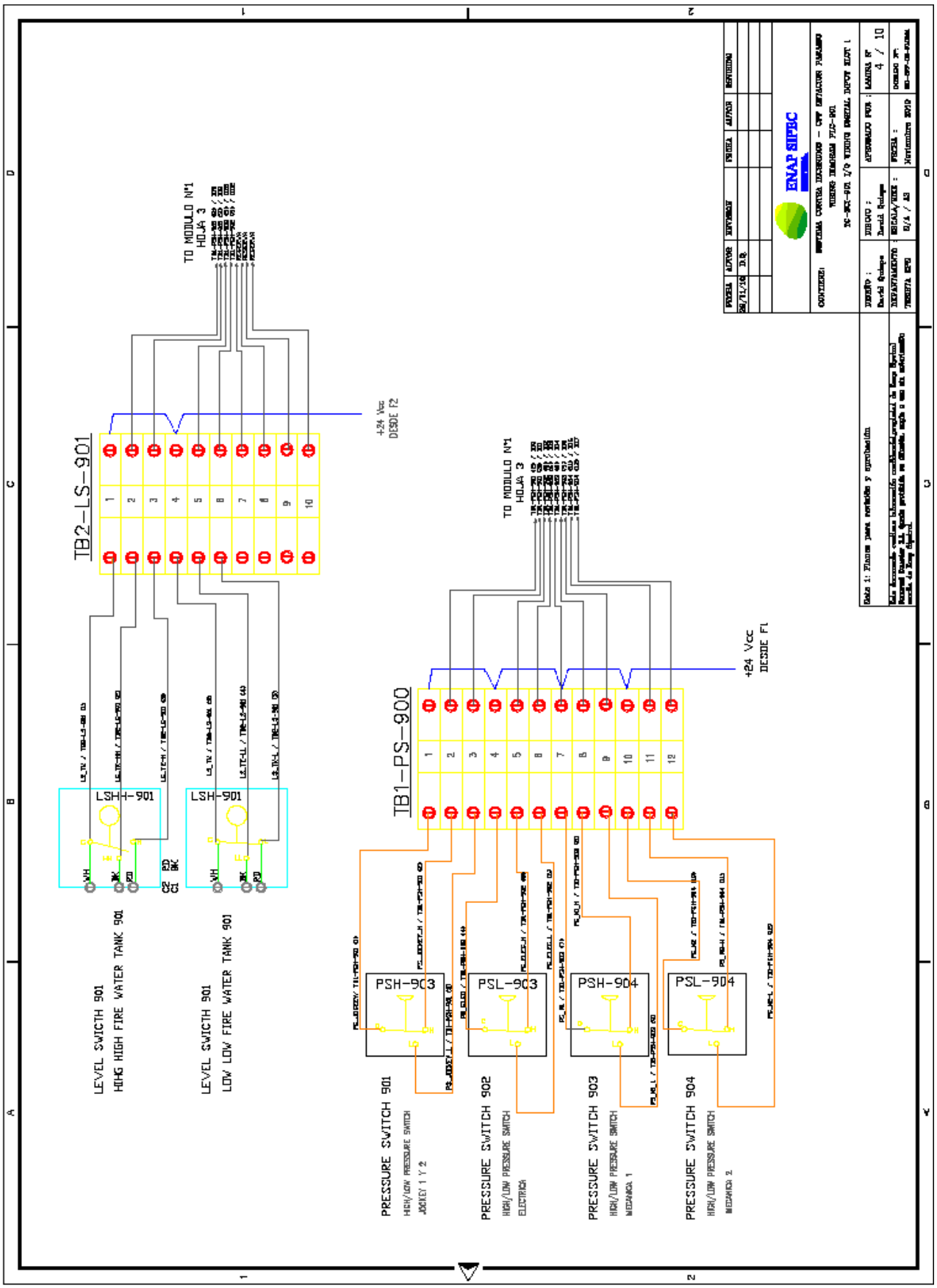
Documento No	Descripción
SCI-CPF-01-PLC901	WIRING DIAGRAM- AC/DC DISTRIBUCION
SCI-CPF-01-PLC901	WIRING DIAGRAM- AC/DC DISTRIBUCION (CONTINUACION)
SCI-CPF-02-PLC901	WIRING DIGITAL INPUT SLOT 1
SCI-CPF-03-PLC901	WIRING DIGITAL INPUT SLOT 2
SCI-CPF-04-PLC901	WIRING DIGITAL INPUT SLOT 3
SCI-CPF-05-PLC901	WIRING DIGITAL OUPUT SLOT 4
SCI-CPF-06-PLC901	WIRING ANALOG INPUT SLOT 6
SCI-CPF-06-PLC901	WIRING DESCRIPTION ANALOG INPUT SLOT 6
PSO-UNIF-901	EVALUACIÓN INICIAL - UNIFILAR SISTEMA CONTRA INCENDIOS

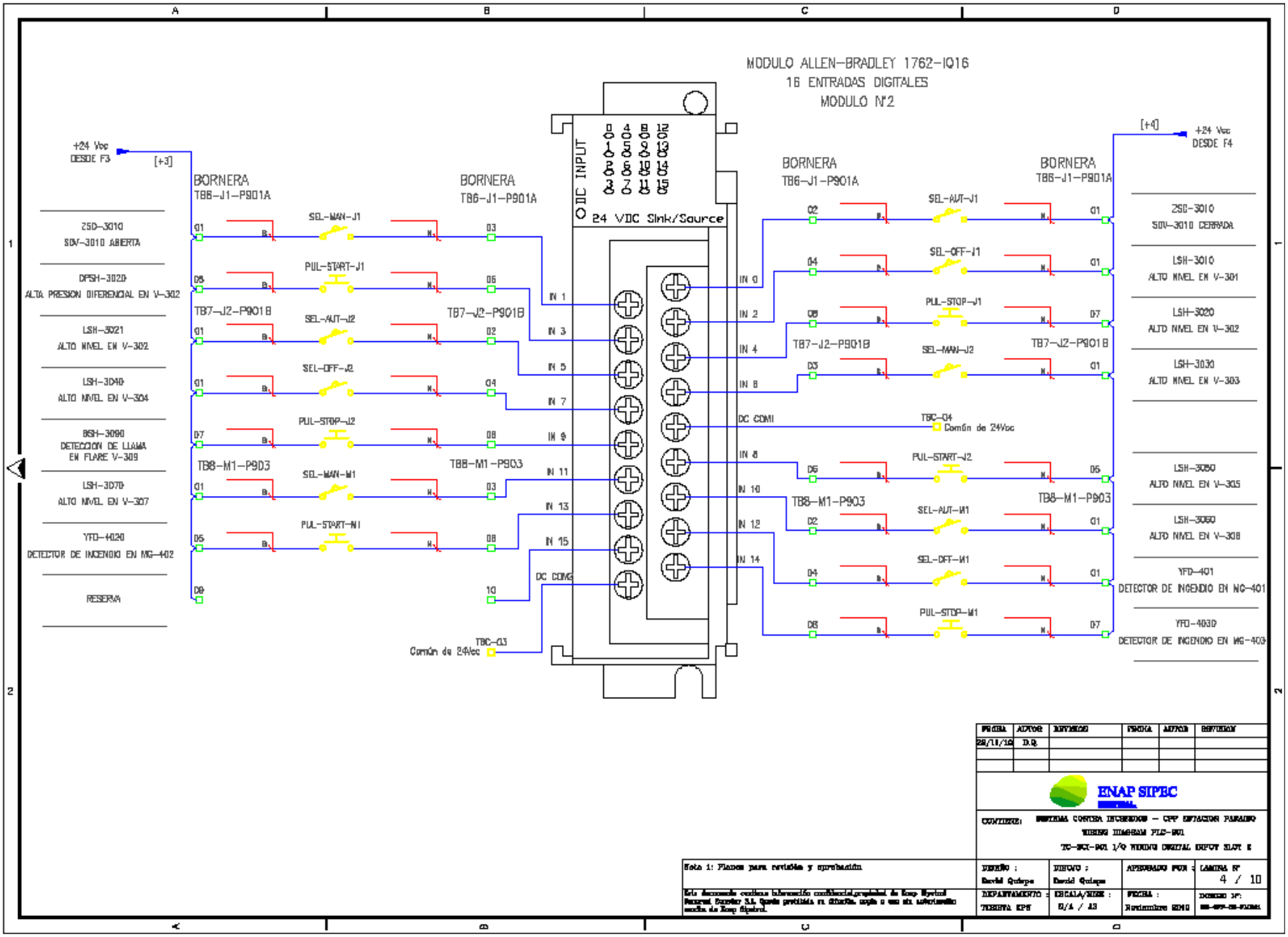
Tabla 3.17 – **Descripción de Planos**

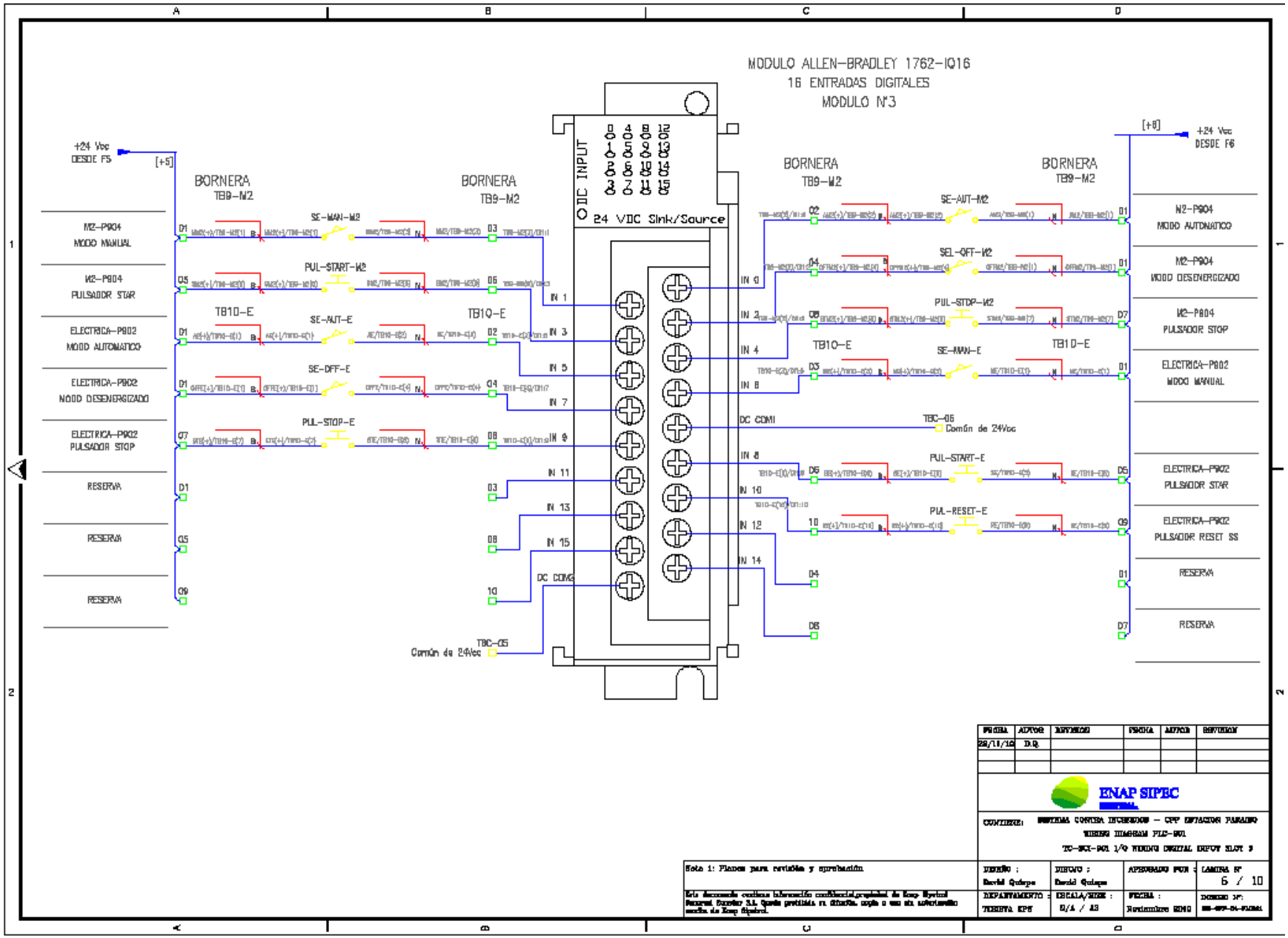

ALIMENTACIONES 1
ENAP SIPEC
ALIMENTACION 110 Vac
PROTECCION C/ SOBRETENSIONES PHOENIX CONTACT PLUGTRAB
A BARRA DE TIERRA
FUENTE 24 Vcc – 10 A
FUENTE PLC MICROLOGIX-1200
UPS POWERWARE PW-9130
RESERVA
ILUMINACION GABINETE
TOMACORRIENTE CON TIERRA
ALIMENTACION MODULO DI N°1 VER HOJA 3
ALIMENTACION MODULO DI N°2 VER HOJA 4
ALIMENTACION MODULO DI N°3 VER HOJA 5
ALIMENTACION MODULO DO N°1 VER HOJA 6
ALIMENTACION MODULO DO N°2 VER HOJA 7
ALIMENTACION MODULO AI N°1 VER HOJA 8 Y 9
ALIMENTACION MODULO AO N°1 VER HOJA 10

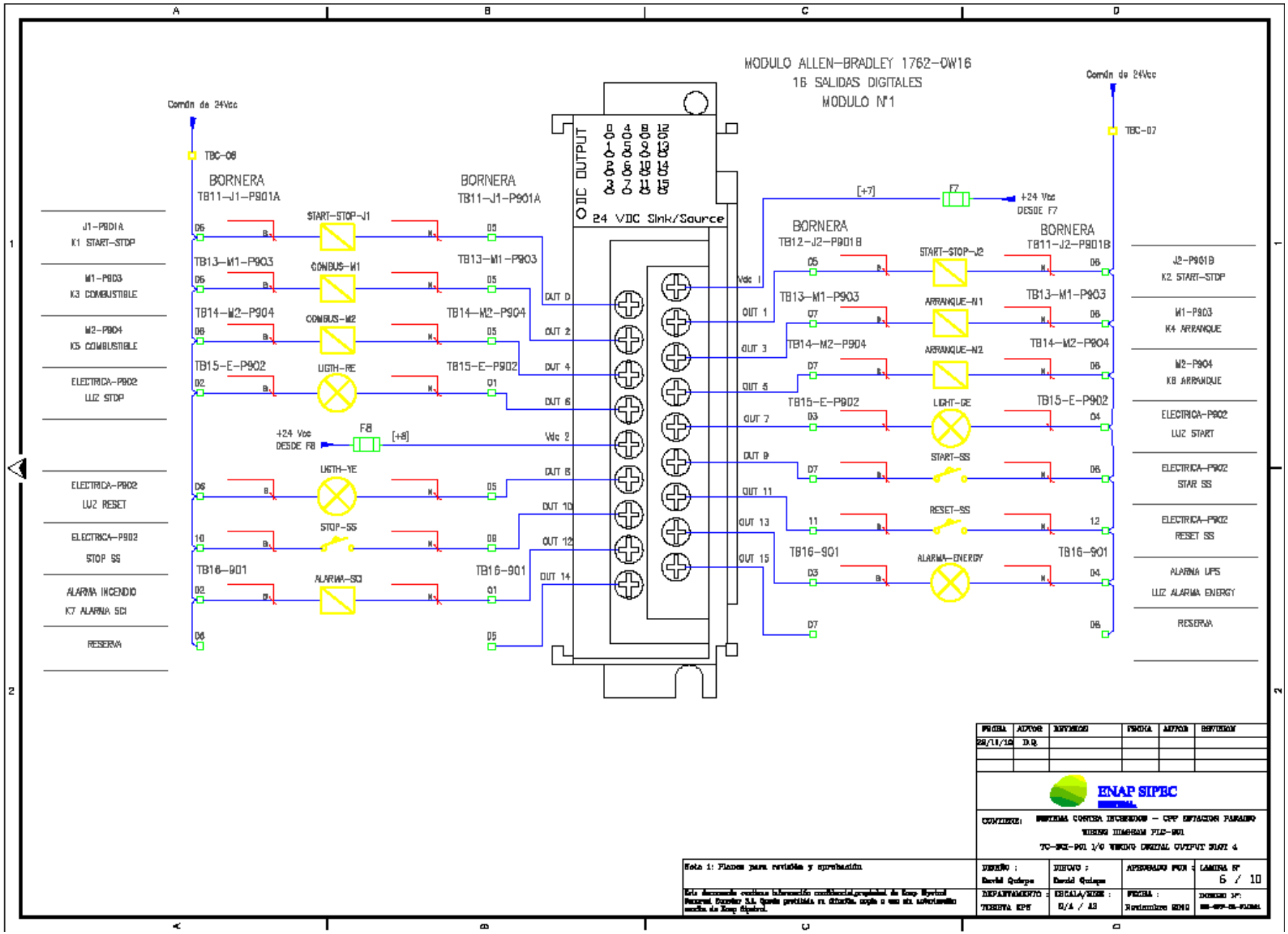

TBA-01
TBA-02
TBA-T
Q1 – 25 A
Q2 – 16 A
[L]
[N]
[Q1]
[N1]
[Q2]
TBA-03
TBA-04
[N2]
FTE-1
FUENTE 24 Vcc – 10 A
L1
N
PE
L+
N
[+24V]
[–24V]
A BARRA DE TIERRA
ALIMENTACION 110 Vac
PROTECCION C/ SOBRETENSIONES
PHOENIX CONTACT PLUGTRAB
A BARRA DE TIERRA
F13 – 2 A
F14 – 2 A
F15 – 2 A
F16 – 2 A
[+13]
[–13]
[+14]
[–14]
[+15]
[–15]
[+16]
[–16]
TBC-13
TBC-14
TBC-15
TBC-16
ALIMENTACION PT-901
ALIMENTACION RESERVA
ALIMENTACION RESERVA
ALIMENTACION RESERVA
Q3 – 6 A
Q4 – 10 A
Q7 – 6 A
Q8 – 10 A
[Q3]
[Q4]
[Q7]
[Q8]
TBA-05
TBA-06
TBA-07
TBA-08
TBA-15
TBA-16
[N3]
[N4]
L1
L2/N
GND
FUENTE PLC MICROLOGIX-1200
UPS POWERWARE PW-9130
RESERVA
TBIT-01
TBIT-02
TBIT-03
TBIT-04
[Q110]
[N110]
[Q110T]
[N110T]
ILUMINACION GABINETE
TDNACDIRIENTE CON TIERRA
A BARRA DE TIERRA
ALIMENTACIONES 2
FECHA
AUTOR
REVISION
ENAP SIPEC
CONTIENE:
SISTEMA CONTRA INCENDIOS – CPF ESTACION PARAISO
TUNEL DIAGRAM PLC-901
IC-SCI-901 AC/DC DISTRIBUCION
Nota 1: Planos para revisión y aprobación
DISEÑO :
DIBUJO :
APROBADO POR :
LAMINA N°
2 / 10
DEPARTAMENTO :
ESCALA/SIZE :
FECHA :
Noviembre 2010
DIBUJO N°:

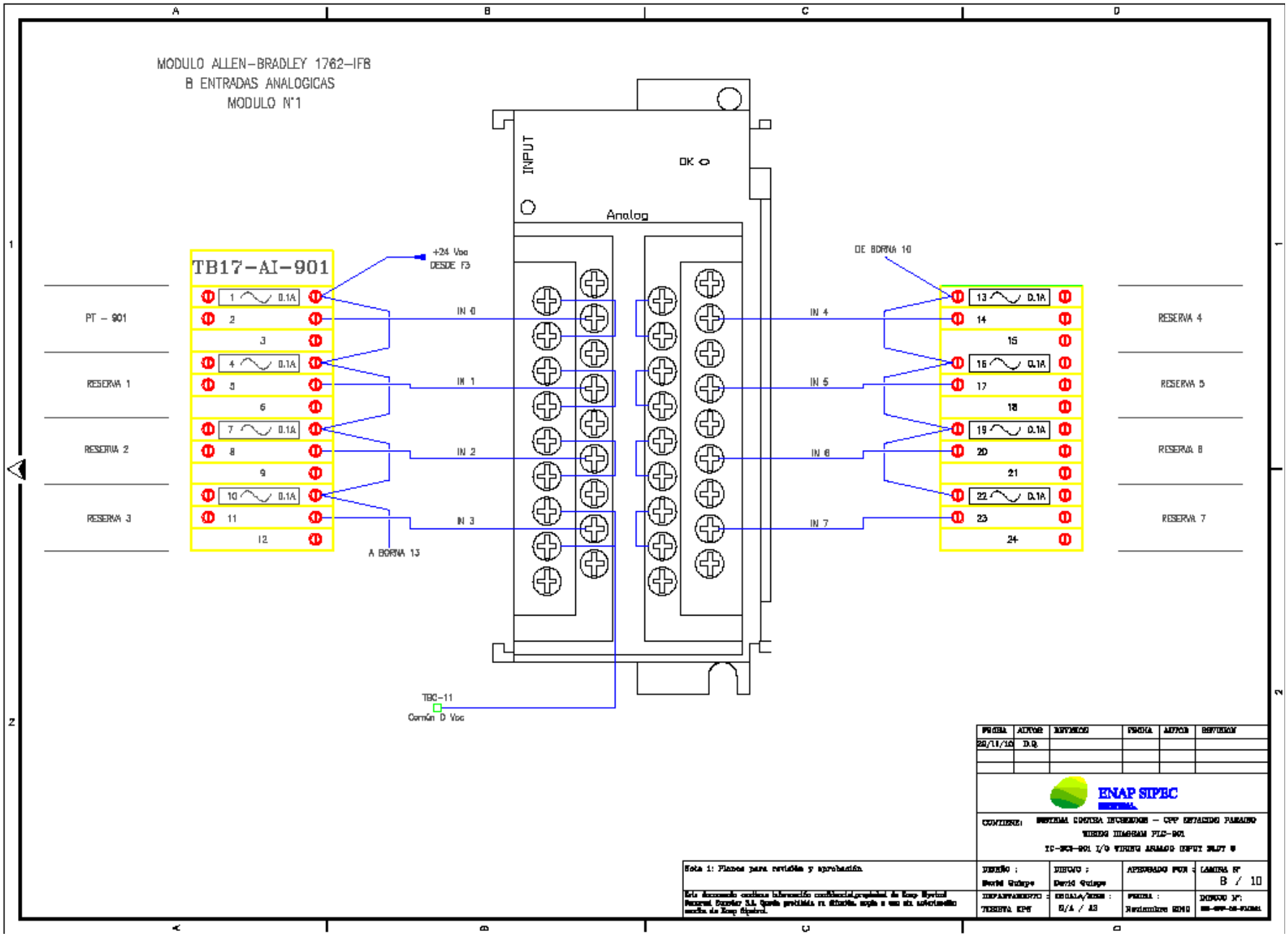

MODULO ALLEN-BRADLEY 1762-IQ16
16 ENTRADAS DIGITALES
MODULO N°1
TB4-UPS-901
TB5-901
TB1-PS-901
TB2-900
TB3-SS-901
24 VDC Sink/Source
DC INPUT
ENAP SIPEC
VIN 24+
FALL ENERGY
TOTAL STOP
RESERVA
PSH - 901
PSL - 901
PSH - 902
PSL - 902
PSH - 903
PSL - 903
PSH - 904
PSL - 904
LSHH - 901
LSH - 901
LSL - 901
LSLL - 901
STATUS RUN
STATUS TRP

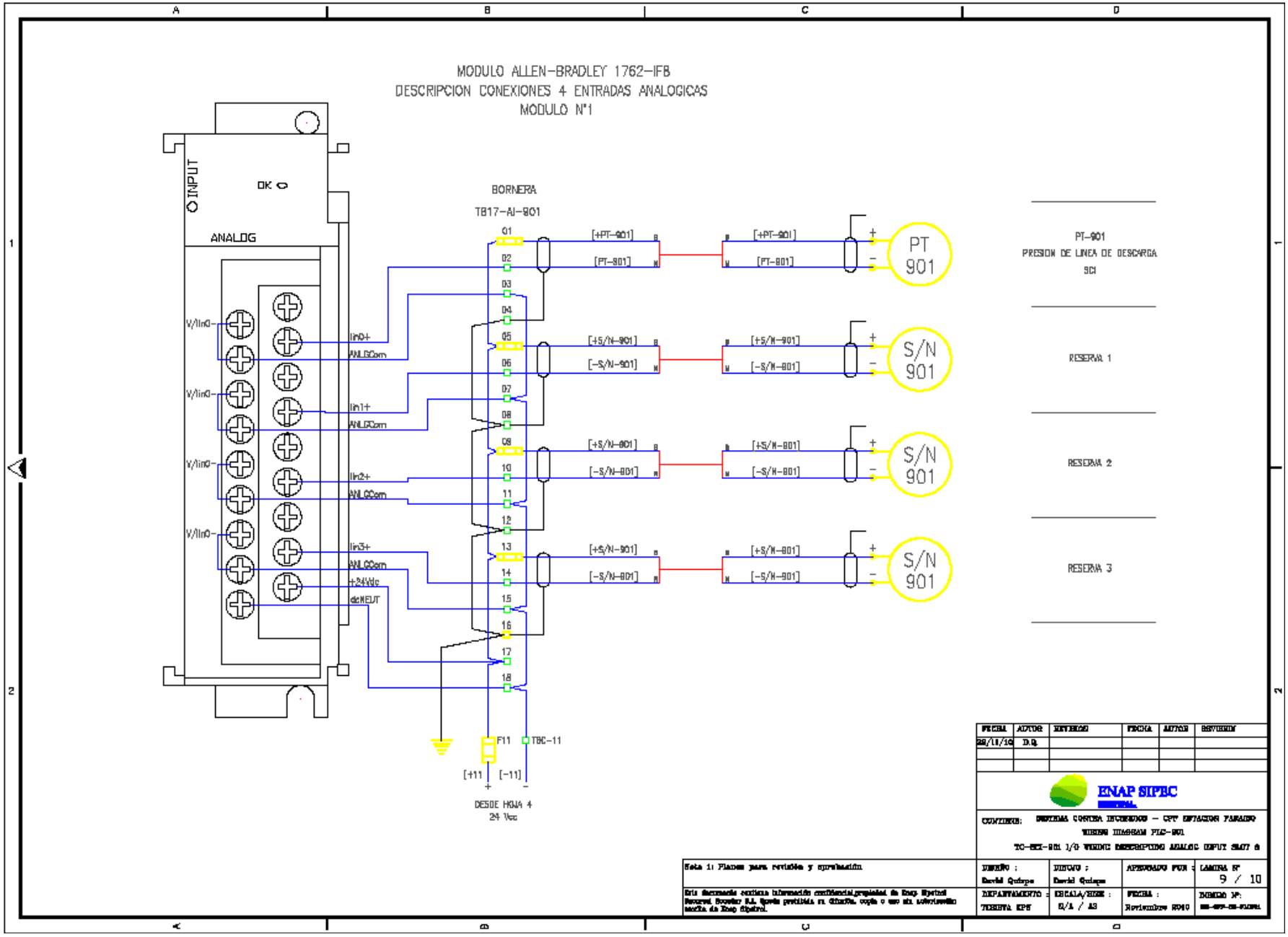

TB2-LS-901
TB1-PS-900
TO MODULO N°1
HOJA 3
+24 Vcc
DESDE F2
+24 Vcc
DESDE F1
LSHH-901
LSH-901
LEVEL SWICTH 901
HIHG HIGH FIRE WATER TANK 901
LEVEL SWICTH 901
LOW LOW FIRE WATER TANK 901
PSH-903
PSL-903
PSH-904
PSL-904
PRESSURE SWITCH 901
HIGH/LOW PRESSURE SWITCH
JOCKEY 1 Y 2
PRESSURE SWITCH 902
HIGH/LOW PRESSURE SWITCH
ELECTRICH
PRESSURE SWITCH 903
HIGH/LOW PRESSURE SWITCH
MECANICA 1
PRESSURE SWITCH 904
HIGH/LOW PRESSURE SWITCH
MECANICH 2
ENAP SIPEC


MODULO ALLEN-BRADLEY 1762-IQ16
16 ENTRADAS DIGITALES
MODULO N°2
DIC INPUT
24 VDC Sink/Source
+24 Vcc
DESDE F3
[+3]
BORNERA
TB6-J1-P901A
TB7-J2-P901B
TB8-M1-P903
SEL-MAN-J1
PUL-START-J1
SEL-AUT-J2
SEL-OFF-J2
PUL-STOP-J2
SEL-MAN-M1
PUL-START-M1
IN 1
IN 3
IN 5
IN 7
IN 9
IN 11
IN 13
IN 15
DC COM
TBC-03
Común de 24Vcc
IN 0
IN 2
IN 4
IN 6
DC COM
TBC-04
Común de 24Vcc
IN 8
IN 10
IN 12
IN 14
SEL-AUT-J1
SEL-OFF-J1
PUL-STOP-J1
SEL-MAN-J2
PUL-START-J2
SEL-AUT-M1
SEL-OFF-M1
PUL-STOP-M1
[+4]
+24 Vcc
DESDE F4
ZSD-3010
SDV-3010 ABIERTA
DPSH-3020
ALTA PRESION DIFERENCIAL EN V-302
LSH-3021
ALTO NIVEL EN V-302
LSH-3040
ALTO NIVEL EN V-304
BSH-3090
DETECCION DE LLAMA
EN FLARE V-309
LSH-3070
ALTO NIVEL EN V-307
YFD-4020
DETECTOR DE INCENDIO EN MG-402
RESERVA
ZSD-3010
SDV-3010 CERRADA
LSH-3010
ALTO NIVEL EN V-301
LSH-3020
ALTO NIVEL EN V-302
LSH-3030
ALTO NIVEL EN V-303
LSH-3050
ALTO NIVEL EN V-305
LSH-3060
ALTO NIVEL EN V-306
YFD-401
DETECTOR DE INCENDIO EN MG-401
YFD-4030
DETECTOR DE INCENDIO EN MG-403
FECHA
AUTOR
REVISION
28/11/12
D.Q.
ENAP SIPEC
CONTENIDO:
SISTEMA CONTRA INCENDIOS – CPF ESTACION PARAGUA
WIRING DIAGRAM PLC-901
TC-ECX-901 I/O MODULE DIGITAL INPUT SLOT 2
Nota 1: Planos para revisión y aprobación
DISEÑO :
David Quispe
DIBUJO :
David Quispe
APROBADO POR :
LAMINA N°
4 / 10
DEPARTAMENTO :
TESERVA EPS
ESCALA/SIZE :
S/A / A3
FECHA :
Noviembre 2012


MODULO ALLEN-BRADLEY 1762-IQ16
16 ENTRADAS DIGITALES
MODULO N°3
DIC INPUT
24 VDC Sink/Source
+24 Vcc
DESDE F5
[+5]
+24 Vcc
DESDE F6
[+6]
BORNERA
TB9-M2
M2-P904
MODO MANUAL
M2-P904
PULSADOR STAR
ELECTRICA-P802
MODO AUTOMATICO
ELECTRICA-P802
MODO DESENERGIZADO
ELECTRICA-P802
PULSADOR STOP
RESERVA
RESERVA
RESERVA
SE-MAN-M2
PUL-START-M2
TB10-E
SE-AUT-E
SE-OFF-E
PUL-STOP-E
TB10-E
TB10-E
SE-AUT-M2
SEL-OFF-M2
PUL-STOP-M2
SE-MAN-E
PUL-START-E
PUL-RESET-E
TB10-E
IN 1
IN 3
IN 5
IN 7
IN 9
IN 11
IN 13
IN 15
DC COM
IN 0
IN 2
IN 4
IN 6
DC COM
IN 8
IN 10
IN 12
IN 14
TBC-05
Común de 24Vcc
TBC-06
Común de 24Vcc
M2-P904
MODO AUTOMATICO
M2-P904
MODO DESENERGIZADO
M2-P904
PULSADOR STOP
ELECTRICA-P802
MODO MANUAL
ELECTRICA-P802
PULSADOR STAR
ELECTRICA-P802
PULSADOR RESET SS
RESERVA
RESERVA
FECHA
AUTOR
REVISION
28/11/12
D.Q.
ENAP SIPEC
Nota 1: Planos para revisión y aprobación
DISEÑO : David Quispe
DIBUJO : David Quispe
APROBADO POR :
LAMINA N° 6 / 10
DEPARTAMENTO : TECNICA EPS
ESCALA/SIZE : S/E / A3
FECHA : Noviembre 2012


MODULO ALLEN-BRADLEY 1762-OW16
16 SALIDAS DIGITALES
MODULO N°1
Común de 24Vcc
TBC-08
TBC-07
BORNERA
TB11-J1-P901A
BORNERA
TB11-J1-P901A
BORNERA
TB12-J2-P901B
BORNERA
TB11-J2-P901B
DC OUTPUT
24 VDC Sink/Source
START-STOP-J1
COMBUS-M1
COMBUS-M2
LIGTH-RE
LIGTH-YE
STOP-SS
ALARMA-SCI
START-STOP-J2
ARRANQUE-N1
ARRANQUE-N2
LIGHT-GE
START-SS
RESET-SS
ALARMA-ENERGY
TB13-M1-P903
TB14-M2-P904
TB15-E-P902
TB16-901
+24 Vcc
DESDE F8
F8
[+8]
[+7]
F7
+24 Vcc
DESDE F7
J1-P901A
K1 START-STOP
M1-P903
K3 COMBUSTIBLE
M2-P904
K5 COMBUSTIBLE
ELECTRICA-P902
LUZ STOP
ELECTRICA-P902
LUZ RESET
ELECTRICA-P902
STOP SS
ALARMA INCENDIO
K7 ALARMA SCI
RESERVA
J2-P901B
K2 START-STOP
M1-P903
K4 ARRANQUE
M2-P904
K6 ARRANQUE
ELECTRICA-P902
LUZ START
ELECTRICA-P902
STAR SS
ELECTRICA-P902
RESET SS
ALARMA UPS
LUZ ALARMA ENERGY
RESERVA
ENAP SIPEC
Nota 1: Planos para revisión y aprobación
6 / 10


MODULO ALLEN-BRADLEY 1762-IF8
8 ENTRADAS ANALOGICAS
MODULO N°1
TB17-AI-901
INPUT
OK
Analog
+24 Vcc
DESDE F3
DE BORNA 10
IN 0
IN 1
IN 2
IN 3
IN 4
IN 5
IN 6
IN 7
A BORNA 13
TBC-11
Común D Vcc
PT - 901
RESERVA 1
RESERVA 2
RESERVA 3
RESERVA 4
RESERVA 5
RESERVA 6
RESERVA 7
ENAP SIPEC
Nota 1: Planos para revisión y aprobación.
B / 10


MODULO ALLEN-BRADLEY 1762-IFB
DESCRIPCION CONEXIONES 4 ENTRADAS ANALOGICAS
MODULO N°1
INPUT
OK
ANALOG
V/lin0-
lin0+
ANLGCom
lin1+
lin2+
lin3+
+24Vdc
dcNEUT
BORNERA
TB17-AI-901
[+PT-901]
[PT-901]
[+S/N-901]
[-S/N-901]
PT 901
S/N 901
PT-901
PRESION DE LINEA DE DESCARGA
SCI
RESERVA 1
RESERVA 2
RESERVA 3
F11
TBC-11
[+11]
[-11]
DESDE HOJA 4
24 Vcc
ENAP SIPEC
Nota 1: Planos para revisión y aprobación
9 / 10

3.4 DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL (SOFTWARE)

En esta sección se presenta la programación que se realiza en el PLC, para automatizar y controlar el sistema fijo contra incendios. Se muestra el diagrama de bloques de la estructura del sistema de control que se implementará y finalmente se muestran los diagramas de flujo que describen a detalle la lógica desarrollada para el control del sistema.

3.4.1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control para el SCI de la Estación Paraíso se encuentra compuesto básicamente por un ***PLC Allen Bradley Micrologix 1200*** que se utiliza como cerebro de control y seis módulos de expansión I/O tanto digitales como analógicas. Estos se encargan de recibir y enviar las señales procesadas desde y hacia el campo, están ubicados en el tablero (***TC- SCI – 901)*** dentro del área del SCI cerca a las bombas para cumplir con los requerimientos de la norma.

El programa de control del sistema se procesa en tiempo real de acuerdo a las exigencias que tenga en ese instante la estación, este programa se ejecutan en el procesador del Chasis Principal del PLC.

Para el control y automatización del sistema contra incendios en la Estación Paraíso el sistema estará estructurado de la siguiente forma:

3.4.1.1 Equipo de Control

El equipo de control recibe el estado en el que se encuentra cada línea de descarga, usando para esto un sensor respectivamente colocado después de la bomba correspondiente.

En el sistema de control se encuentran el PLC y sus módulos que realizan la función de procesar la información que reciben y manejar las salidas para dar la mejor respuesta a los valores de entrada. Este módulo permite realizar el control en modo automático y modo manual.

3.4.1.2 Equipo de Monitoreo

El equipo de monitoreo determina el estado de cada una de las línea de descarga que se dirige hacia los rociadores, el dispositivo (pressure swicth) instalado envía esta información al sistema de control permitiendo conocer el estado en el que se encuentra el sistema contra incendios y si se ha producido o no un incendio en la estación, enviando la señal inicial para que el control encienda cada una de la bombas en el modo automático.

Además se monitorea el correcto funcionamiento del sistema usando un transmisor de presión **PT-901**, que permite revisar si los interruptores de presión están o no funcionando y en caso de que no estén funcionando correctamente el sistema de control toma el dato enviado por el transmisor para encender las bombas en caso de un incendio, dando como resultado seguridad y garantizando que el sistema arrancará en las perores condiciones para brindar protección a la planta y a su trabajadores.

También se realiza el monitoreo del nivel del tanque de agua para activar una alarma en caso de tener un nivel bajo que no garantice la suficiente cantidad de agua para extinguir un incendio.

3.4.1.3 Equipo de Alarmas

Es el equipo que informa a los operadores de la existencia de una anomalía en el sistema o que se ha producido un incendio y el sistema fijo contra incendios está funcionando para extinguir el fuego.

3.4.1.4 Equipo de Actuadores

Se trata de los elementos que permiten al sistema de control manejar (activar, encender o apagar) los diferentes equipos. Aquí se encuentran los circuitos de potencia como contactores, relés y arrancador suave principalmente.

En la ***figura 3.28*** que se presenta a continuación se observa un diagrama de bloques de la estructura que tiene el sistema de control y automatización.

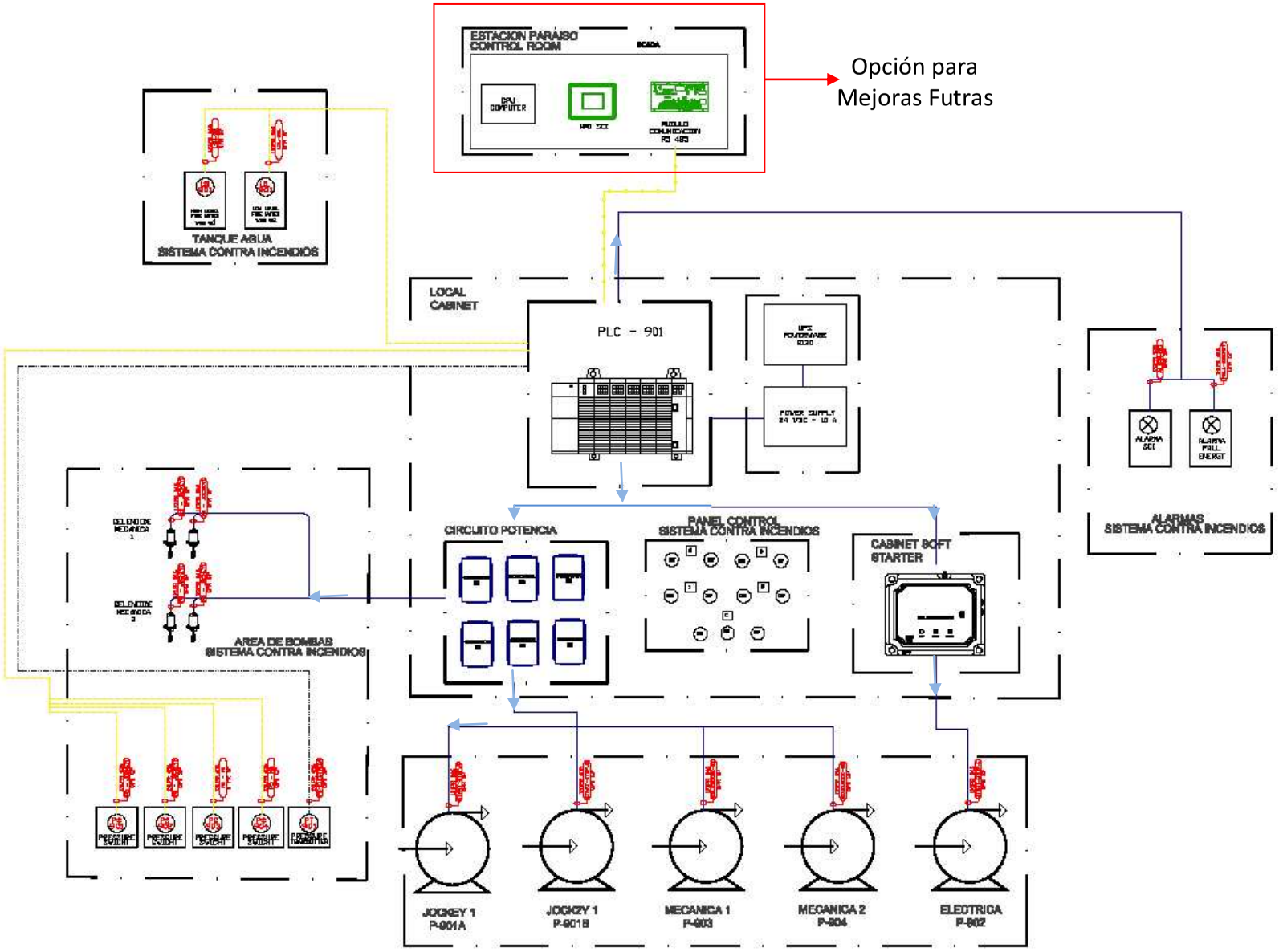


Figura 3.28 **–Diagrama de Bloques - Estructura de Sistema de Control y Automatización SCI**

3.4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE CONTROL

Como se mencionó al inicio de este capítulo el sistema contra incendios tendrá la posibilidad de funcionar en modo automático y en modo manual cumpliendo las características descritas en el alcance operativo del sistema.

La filosofía de control se basa principalmente en mantener una presión suficiente en la línea de descarga (alrededor de 150 PSI) usando la técnica de tubería húmeda y además tiene como objetivo abastecer del elemento extintor (agua) a todo el anillo que forma el sistema de rociadores para combatir un incendio. Esta presión deberá mantenerse sin importar cuantos monitores (rociadores) se abran. Para cumplir con este objetivo las bombas deberán arrancar al detectar una caída de presión en la línea de descarga o cuando el operador desee arrancarlas.

Esta filosofía deberá considerar todos los eventos posibles en caso de un incendio, como son: pérdida de energía, falla en el arranque de una o más bombas, fallo en los elementos sensores, bajo nivel de elemento extintor, tiempos cortos en el arranque de las bombas, reacción instantánea al abrir un monitor, mantener la tubería presurizada, fallo del modo automático, etc.

El programa de control en primer lugar revisará el modo en el que se encuentra el sistema, leyendo los selectores de cada una de las cinco bombas. Si el programa detecta que una de las bombas se encuentra en modo manual, espera hasta que el operador pulse START para detectar un flanco de subida en la entrada respectiva y enviar la señal de arranque al circuito de potencia que comanda las bombas. Cuando una bomba es arrancada en modo manual ésta se puede apagar de dos forma pulsando STOP o cambiando el selector a modo OFF.

Este proceso está basado en interrupciones, es decir que el PLC se encuentra en espera hasta que existe un cambio en la entrada para tomar la decisión correspondiente de acuerdo al programa que controla el sistema.

En el modo automático el sistema de control compara la presión obtenida por los sensores con la presión que indica el transmisor; de esta manera el sistema

puede arrancar automáticamente al detectar una caída de presión por interruptores de presión o arrancar al detectar que la presión en el transmisor ha llegado a un valor determinado.

De esta manera pueden existir un sin número de combinaciones que hacen complejo el programa de control pues una o varias bombas podrían estar en modo manual y otras en modo automático y el sistema deberá responder de tal manera que la presión en la línea de descarga que va hacia los monitores sea suficiente para contrarrestar un incendio.

Este mismo sistema de bombeo será el que impulse el otro elemento extintor usado en el sistema fijo contra incendios instalado en la Estación Paraíso, es decir al abrir manualmente una válvula de compuerta el agua va hacia el tanque bladder donde se mezclará para formar una espuma de baja expansión que va dirigida a las cámaras de espuma en los tanques y a los monitores lanza espuma descritos anteriormente.

De ahí la gran importancia que tiene este sistema y sobre todo que se encuentre operativo, pues todo el procedimiento contra incendios que posee la planta depende del funcionamiento de este sistema.

3.4.3 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DE CONTROL

El programa desarrollado para el controlador MICROLOGIX 1200 se basa en interrupciones que al ser detectadas por el PLC direccionan al programa hacia una serie de subrutinas. El programa de control está formado por las siguientes subrutinas, las mismas que se describen y se presentan en diagrama de flujo a continuación.

3.4.3.1 Main

Esta es la rutina principal donde se configura al PLC, se lee el transmisor, se inicializan los flags, se restean los timers y se mantiene en espera al programa mientras ocurre un cambio de estado en alguna de las interrupciones para direccionarlo a su respectiva subrutina. En la ***figura 3.29*** se presenta el diagrama de flujo que describe a detalle esta rutina.

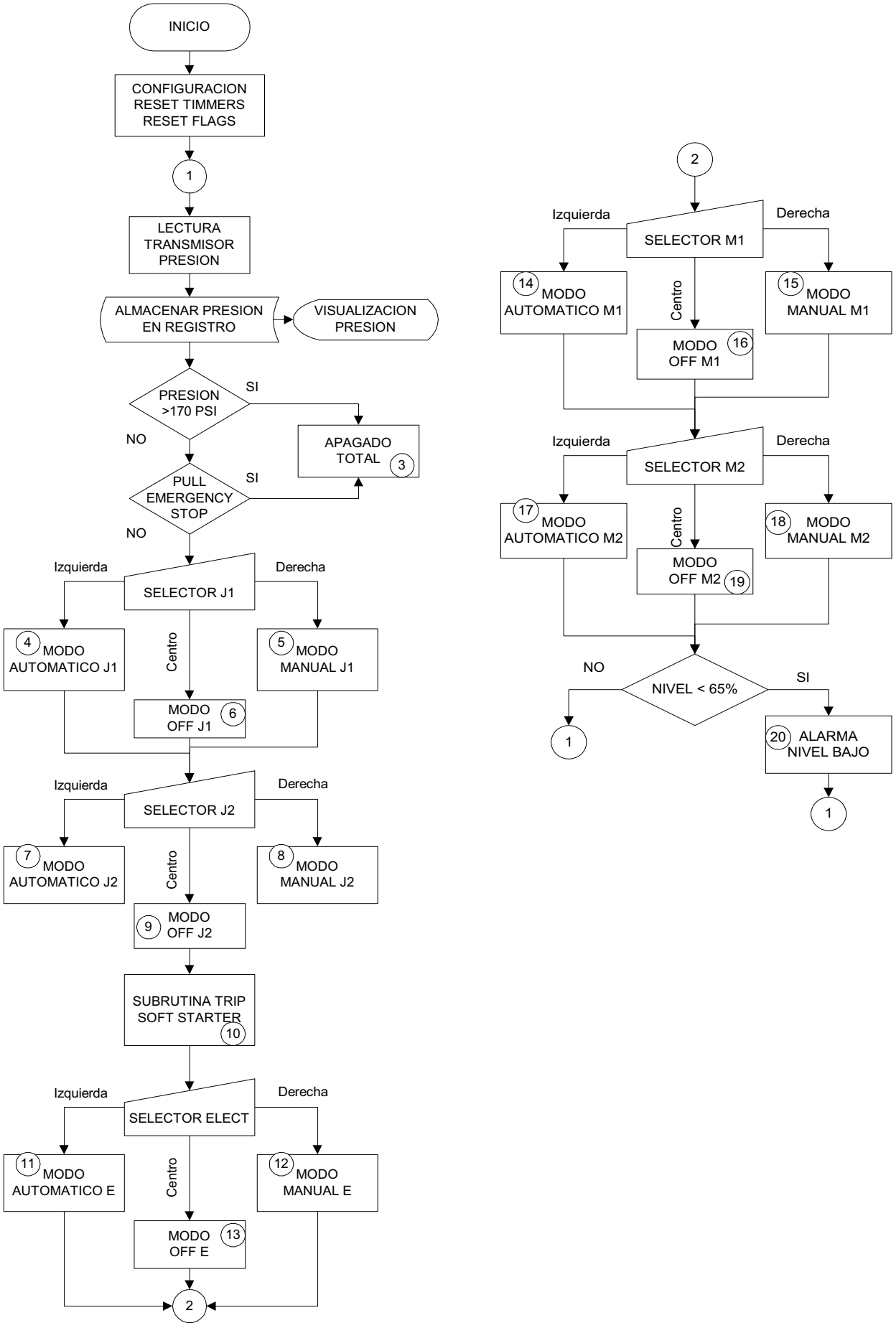


Figura 3.29 – **Diagrama de Flujo Main**

3.4.3.2 Apagado Total

Esta subrutina apaga todas las bombas en caso de un sobrepresión detectada por el transmisor o en el caso que el operador pulse el botón de emergencia. Para salir de esta subrutina es necesario levantar el pulsador de emergencia o superar la alarma por sobrepresión. En la ***figura 3.30*** se presenta el diagrama de flujo.

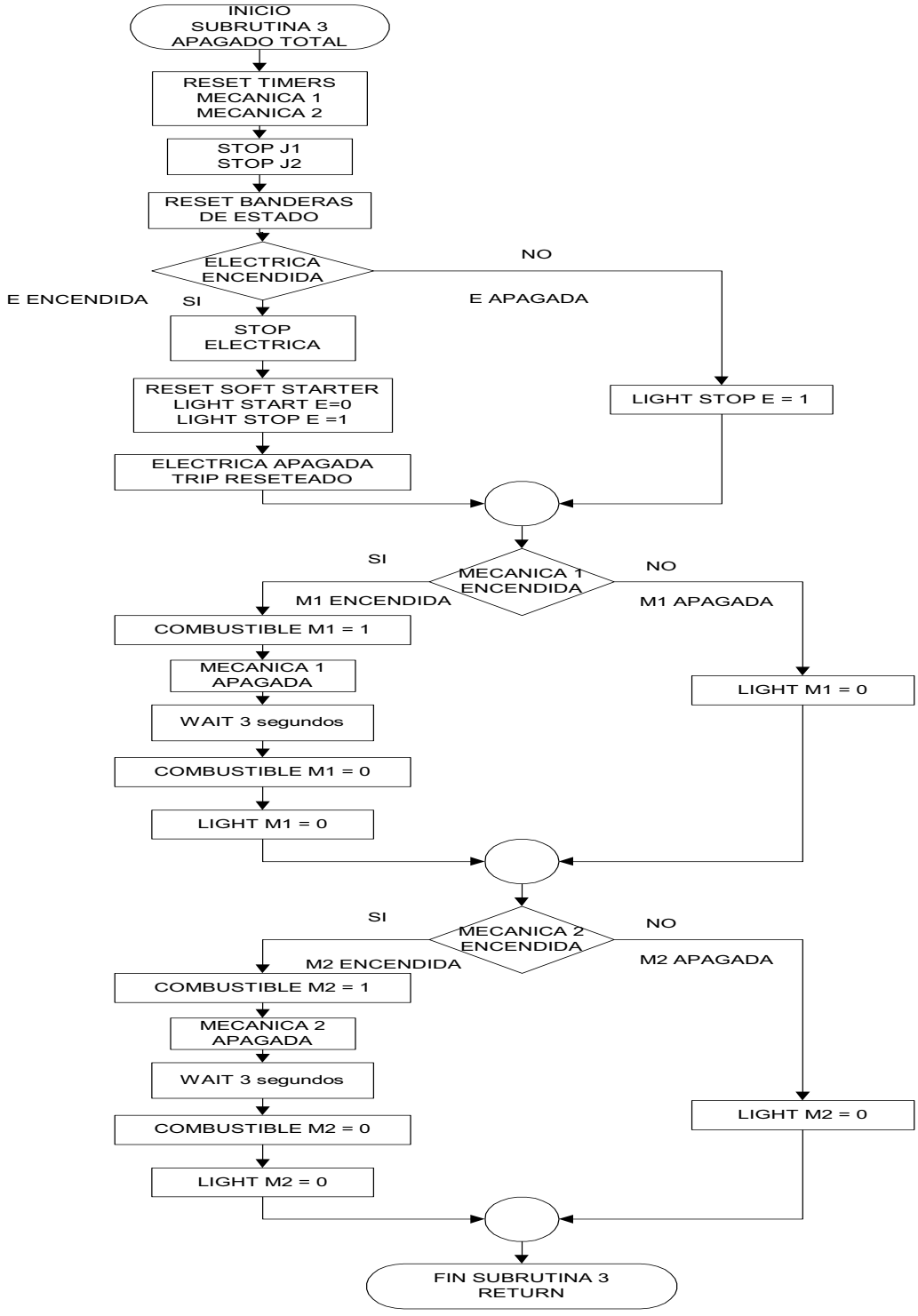


Figura 3.30 – **Diagrama de Flujo Apagado Total**

3.4.3.3 Modo Automático Jockey 1

En esta subrutina el sistema detecta una presión menor a 120 PSI y arranca automáticamente la bomba Jockey 1, al llegar a 150 PSI el sistema apaga la bomba y de esta manera mantiene presurizada la línea. El arranque automático se puede realizar por la señal enviada por el interruptor de presión o por el dato leído en el transmisor, de esta manera se garantiza redundancia en la señal de encendido y apagado. La ***figura 3.31*** describe el diagrama de flujo de esta subrutina.

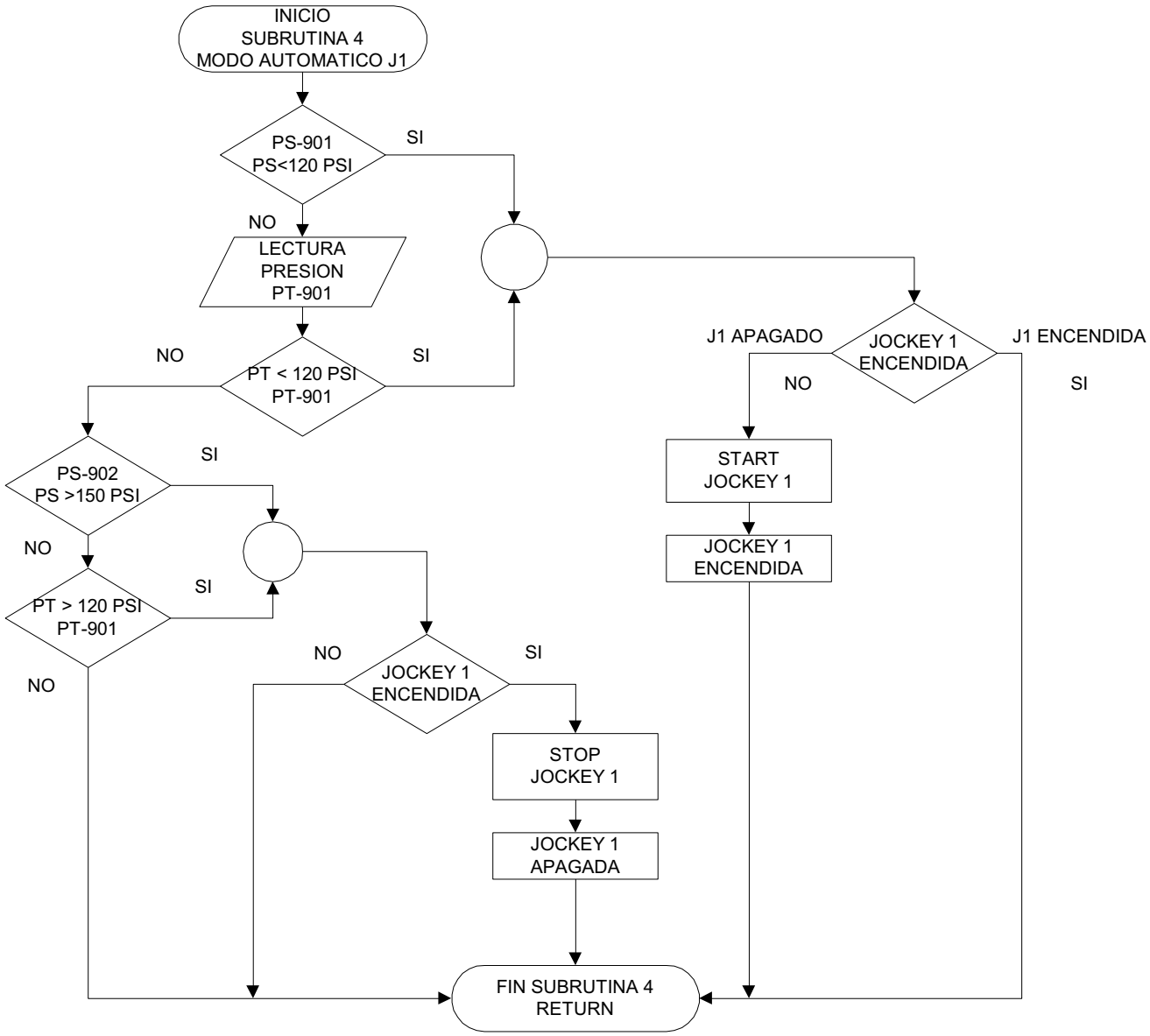


Figura 3.31 – **Diagrama de Flujo Modo Automático J1**

3.4.3.4 Modo Manual Jockey 1

En el modo manual la subrutina detecta un cambio en las entradas para arrancar (Pulsador START) o parar (PULSADOR STOP) la bomba Jockey 1. En la **figura 3.32** se presenta el diagrama de flujo.

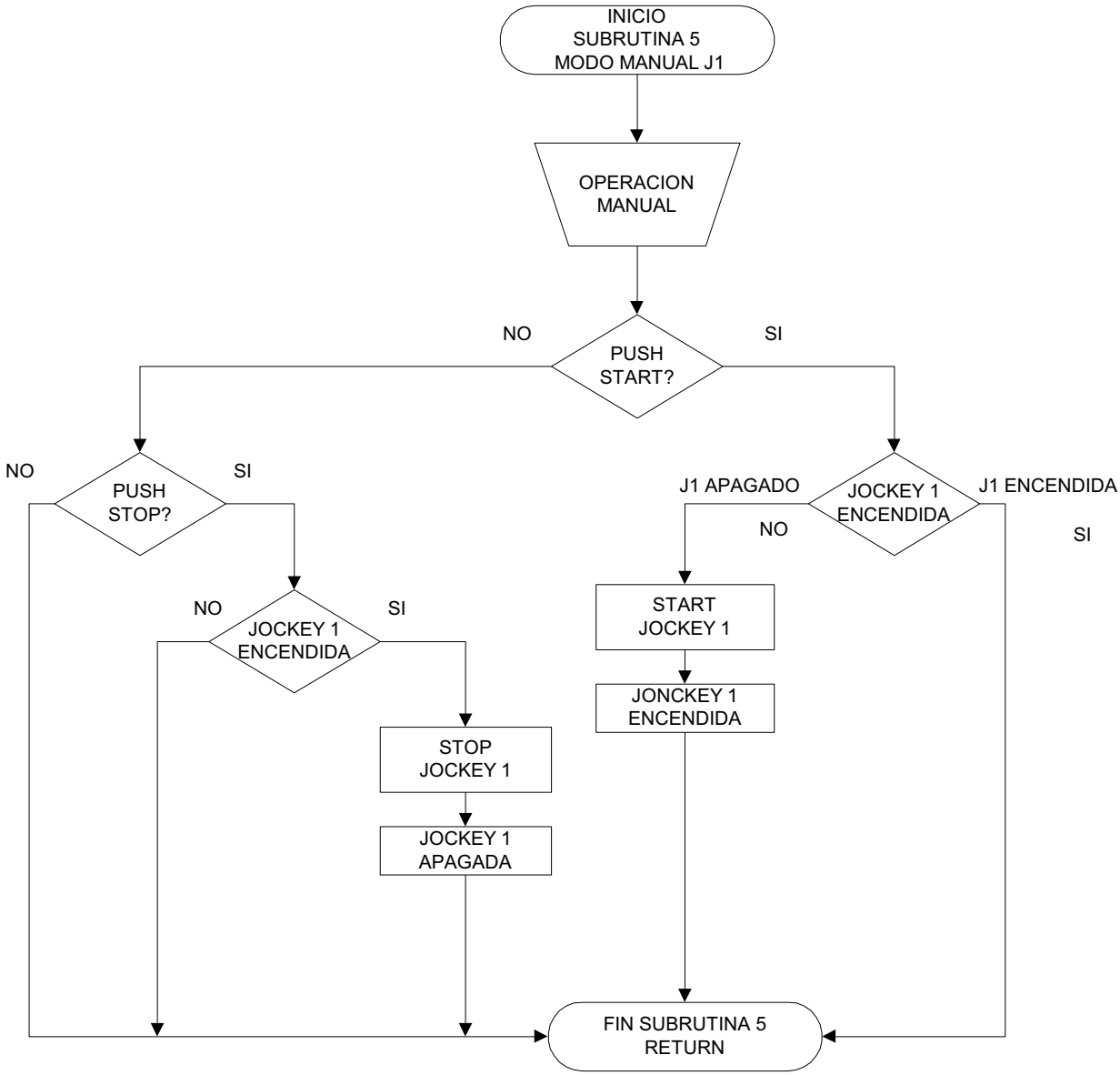


Figura 3.32 – **Diagrama de Flujo Modo Manual J1**

3.4.3.5 Modo Off Jockey 1

En esta subrutina el programa apaga la bomba Jockey 1 para garantizar que al pasar del modo automático al modo manual o viceversa la bomba siempre inicie apagada. La ***figura 3.33*** describe esta subrutina.

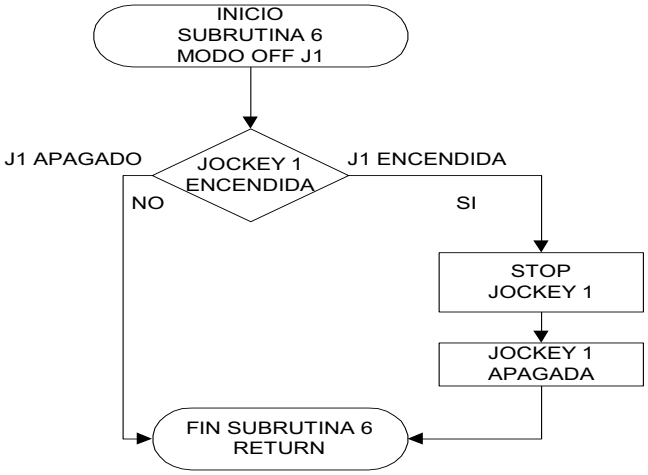


Figura 3.33 – **Diagrama de Flujo Modo Off J1**

3.4.3.6 Modo Automático Jockey 2

Esta subrutina maneja la bomba Jockey 2 de igual manera como se controla la bomba Jockey 1 en la subrutina 4. La ***figura 3.34*** presenta el diagrama de flujo.

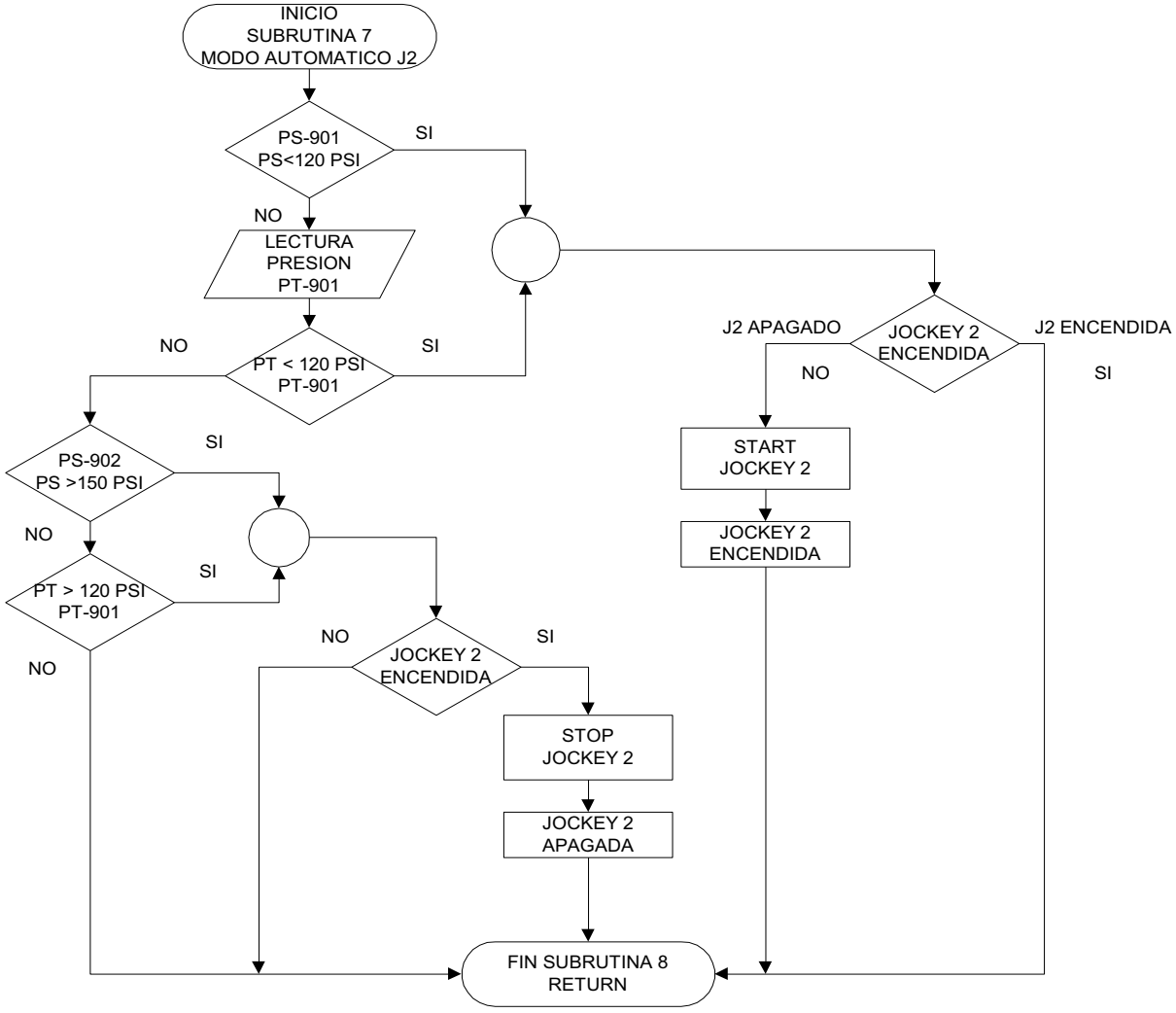


Figura 3.34 – **Diagrama de Flujo Modo Automático J2**

3.4.3.7 Modo Manual Jockey 2

En esta subrutina el sistema detecta un pulso o cambio de estado al presionar el pulsado START o STOP para arrancar o parar la bomba Jockey 2. La figura 3.35 presenta el diagrama de flujo de esta subrutina.

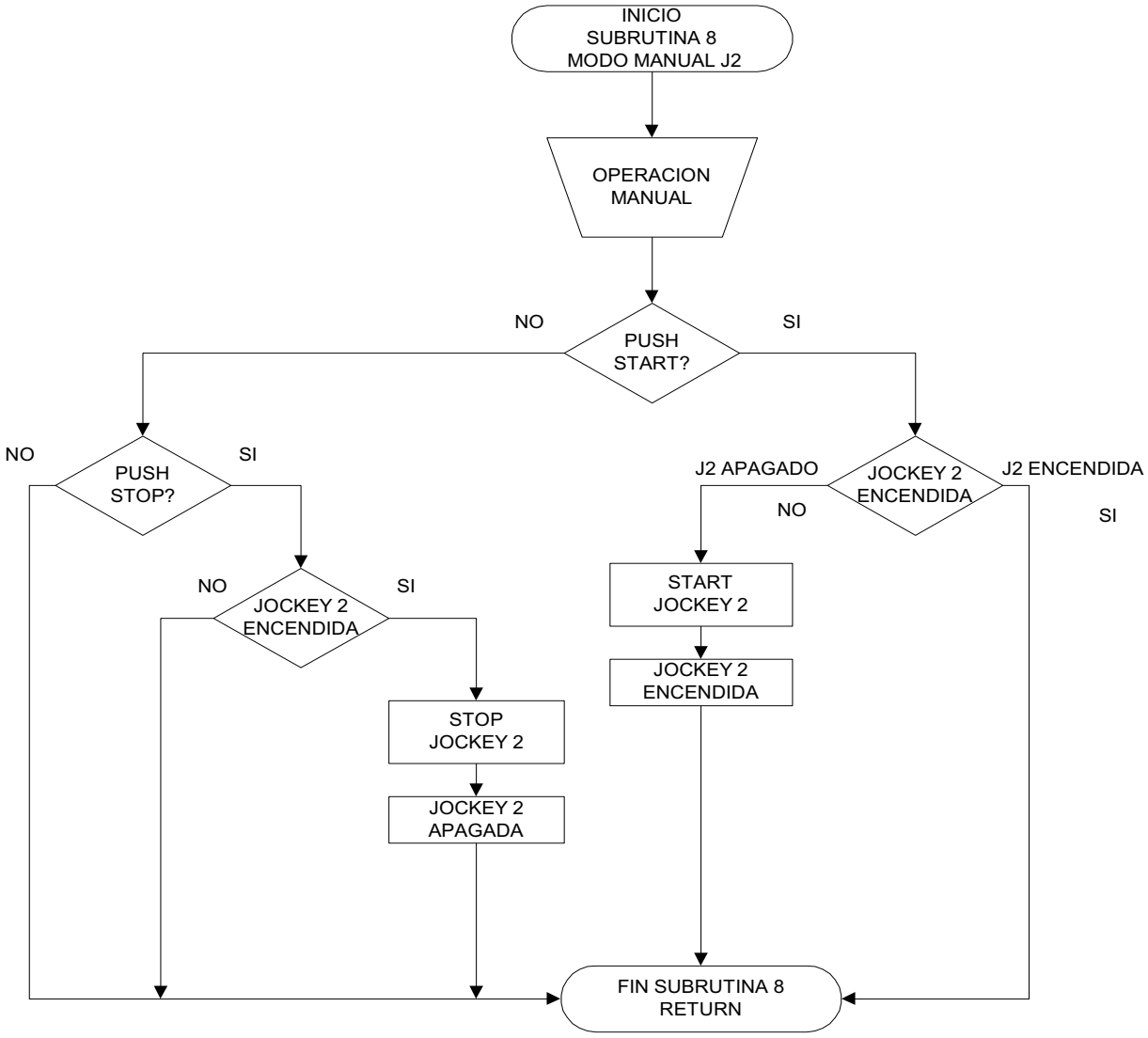


Figura 3.35 – **Diagrama de Flujo Modo Manual J2**

3.4.3.8 Modo Off Jockey 2

Esta subrutina apaga la bomba Jockey 2 para garantizar que al pasar del modo manual al modo automático o viceversa la bomba Jockey 2 inicie apagada.

La ***figura 3.36*** que se presenta a continuación describe el diagrama de flujo de esta subrutina.

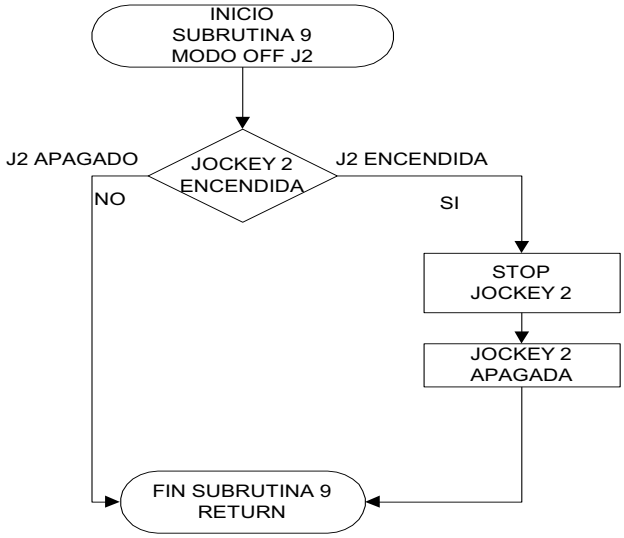


Figura 3.36 – **Diagrama de Flujo Modo Off J2**

3.4.3.9 Trip Soft Starter

En esta subrutina el sistema detecta si el arrancador suave está alarmado por algún motivo (lee STATUS TRIP) y permite o no arrancar la bomba Eléctrica. Para eliminar la alarma es necesario pulsar el botón de RESET. La ***figura 3.37*** presenta el diagrama de flujo.

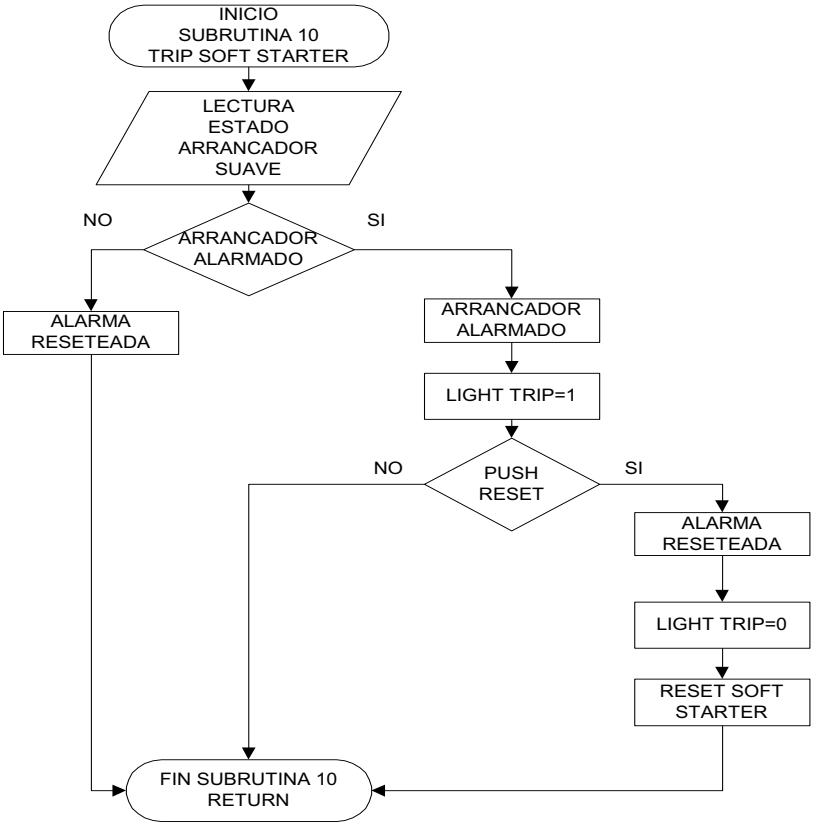


Figura 3.37 – **Diagrama de Flujo Trip Soft Starter**

3.4.3.10 Modo automático Eléctrica

Esta subrutina detecta una caída de presión por la apertura de uno o más monitores y arranca la bomba Eléctrica para compensar la caída de presión. Para apagar la bomba eléctrica es necesario pulsar el botón de emergencia. La ***figura 3.38*** presenta el diagrama de flujo de esta subrutina.

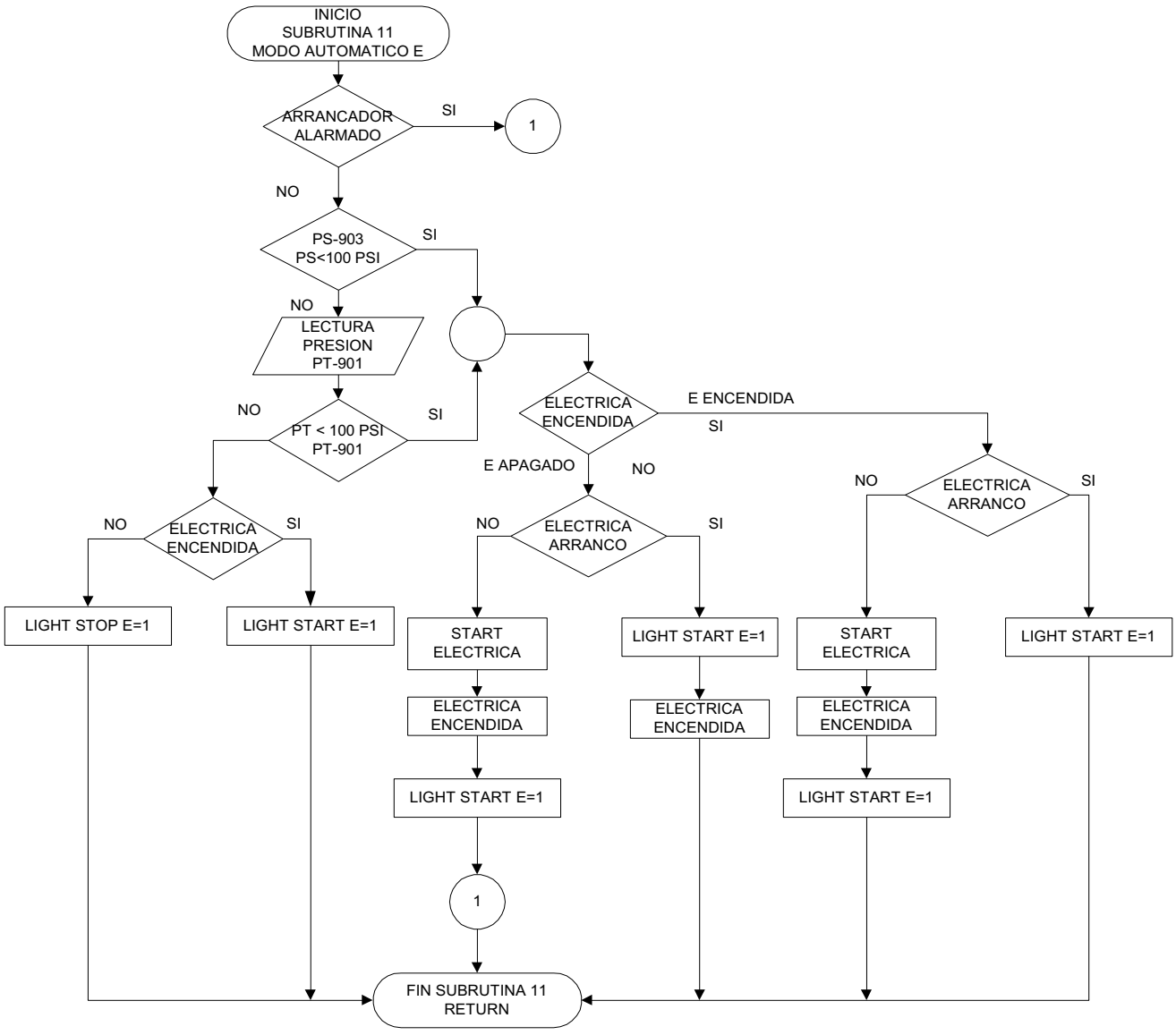


Figura 3.38 – **Diagrama de Flujo Modo Automático Eléctrica**

3.4.3.11 Modo manual Eléctrica

En esta subrutina el sistema detecta un cambio de estado en los pulsadores del panel y arranca o para la bomba eléctrica según corresponda. En la ***figura 3.39*** se observa el diagrama de flujo que explica la lógica de control de esta subrutina.

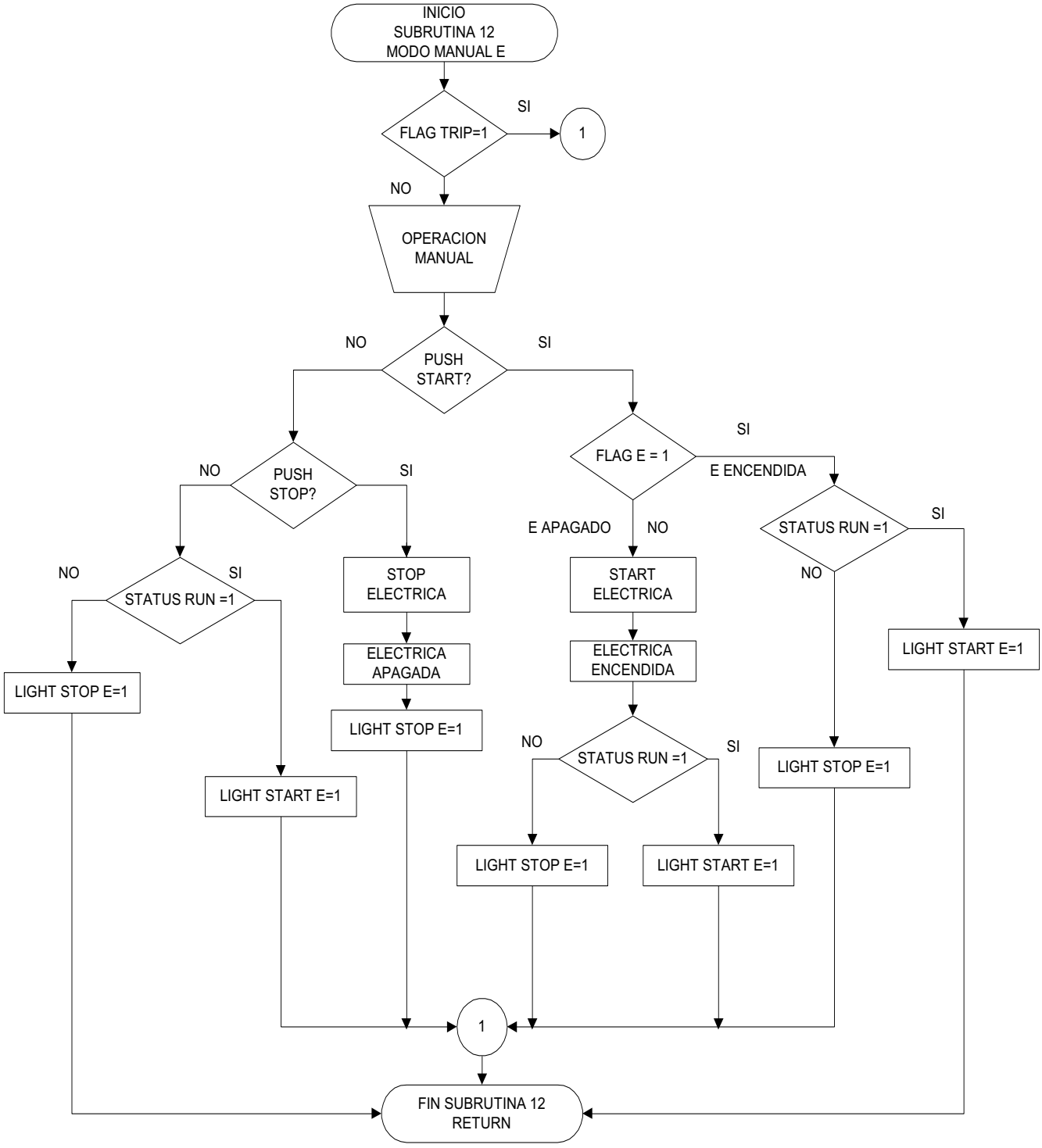


Figura 3.39 – **Diagrama de Flujo Modo Manual Eléctrica**

3.4.3.12 Modo off Eléctrica

Con esta subrutina se apaga la bomba eléctrica para garantizar que inicie apagada al seleccionar el modo manual o automático. La ***figura 3.40*** presenta el diagrama de flujo de esta subrutina.

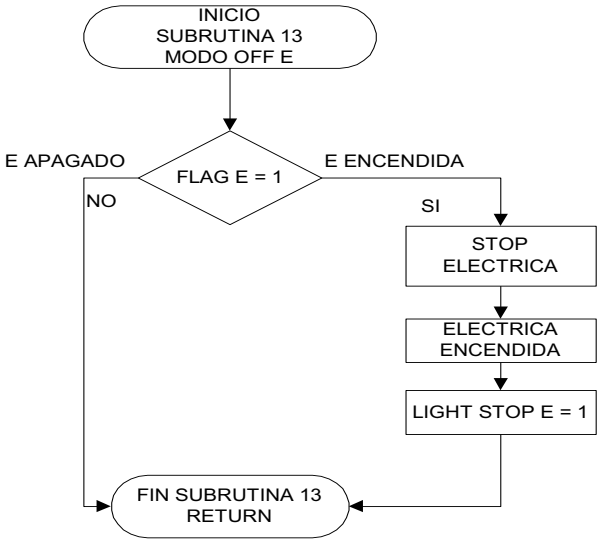


Figura 3.40 – **Diagrama de Flujo Modo Off Eléctrica**

3.4.3.13 Modo automático Mecánica 1

Para el caso que la bomba eléctrica no arranque o que la presión caiga por debajo de los 85 PSI con la bomba eléctrica encendida, el sistema envía una señal al motor de combustión 1 para arrancarlo y de esta manera suplir la caída de presión o reemplazar el arranque de la bomba eléctrica (que en caso de incendio podría no arrancar por falta de energía eléctrica).

En el arranque de un motor de combustión intervienen el motor de arranque y el solenoide de combustible. El motor de arranque necesita activarse por un instante, de tal manera que cuando el motor de combustión se encienda el motor de arranque no se dañe; por ese motivo se usa un timer que desactiva la señal enviada luego de 3 segundos.

Dentro de la filosofía de control se garantiza redundancia en la señal de activación, por ese motivo el motor puede arrancar por la señal enviada por el interruptor de presión o por el dato leído en el transmisor.

Para apagar el motor de combustión es necesario pulsar el botón de paro de emergencia. En la ***figura 3.41*** se presenta el diagrama de flujo que describe esta subrutina.

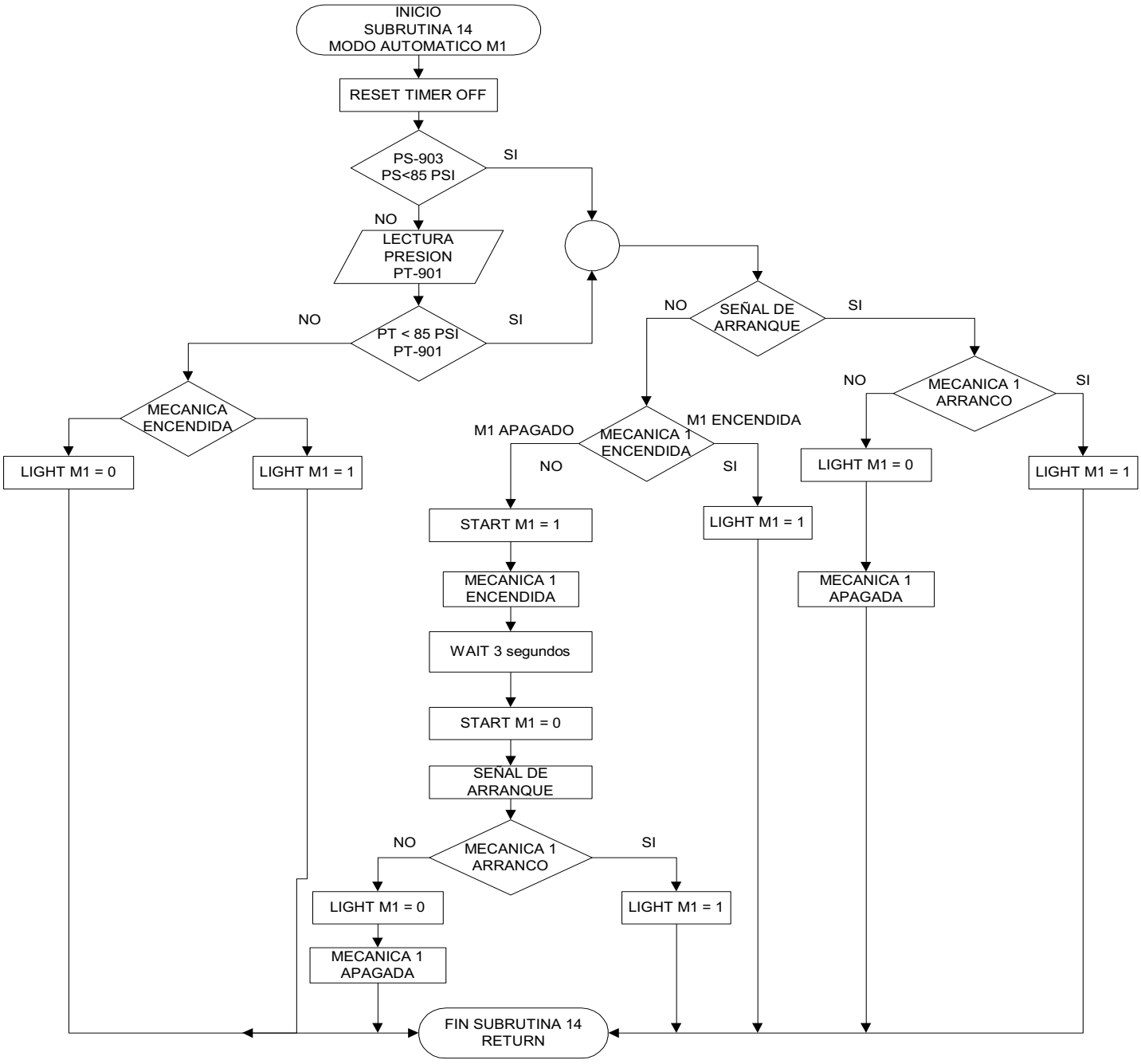


Figura 3.41 – **Diagrama de Flujo Modo Automático Mecánica 1**

3.4.3.14 Modo manual Mecánica 1

Para el caso del modo manual el sistema detecta un cambio de estado en las entradas (pulsador START y STOP) y arranca o para el motor de combustión 1.

En el encendido del motor de combustión interviene el motor de arranque, para el control de este motor se usa la misma lógica de control que se describió en el modo automático con la diferencia que se activa al detectar un cambio de estado en el pulsador START.

En el apagado del motor de combustión interviene el solenoide de combustible, de tal manera que se obstruye el paso de combustible forzando a que el motor de combustión pare por falta de combustible. La señal enviada al solenoide solo debe ser por unos segundos (tiempo suficiente para garantizar el pagado), de tal manera que el combustible esté disponible para el siguiente arranque del motor. En la ***figura 3.42*** se presenta el diagrama de flujo que describe a detalle esta subrutina.

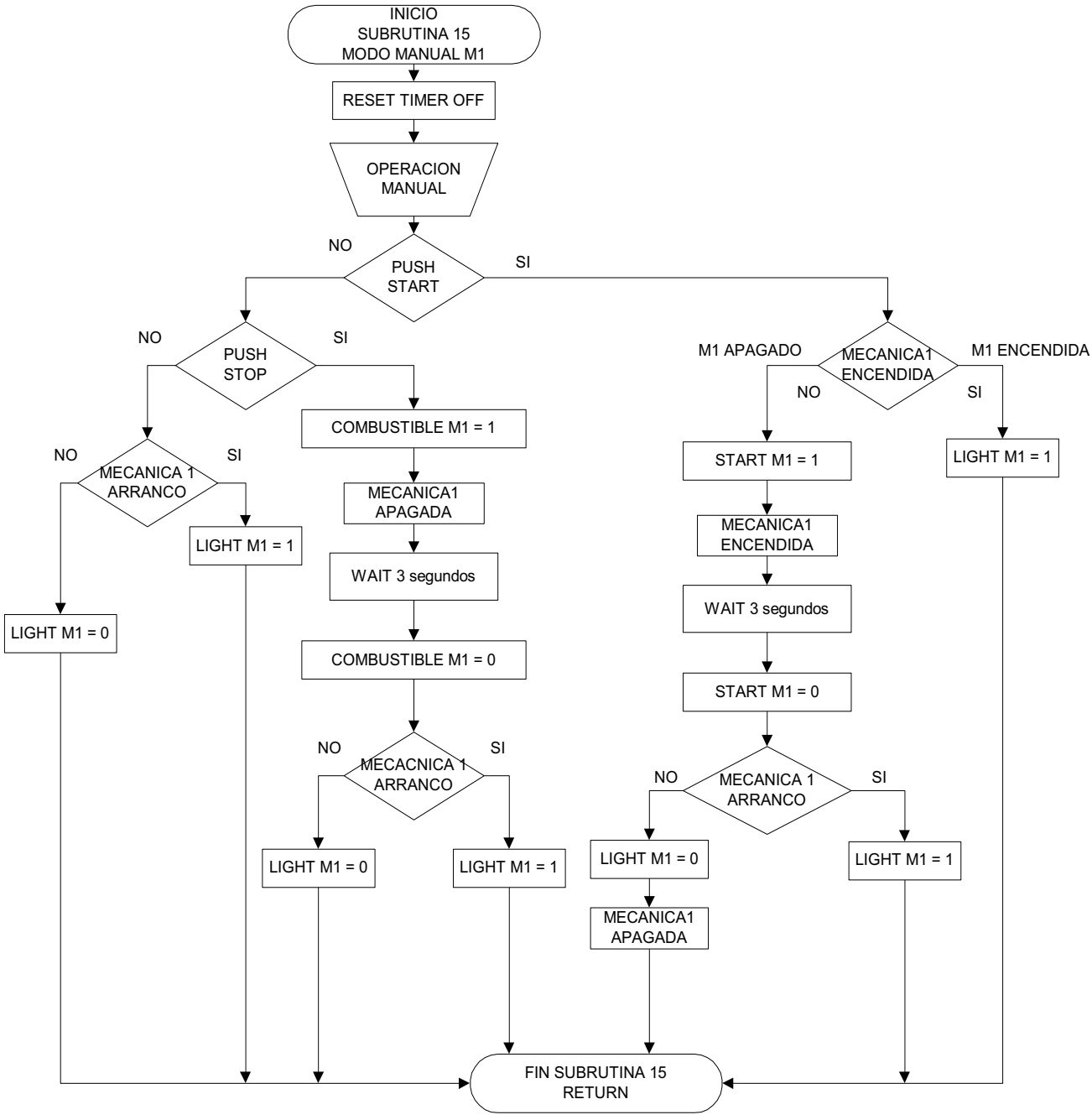


Figura 3.42 – **Diagrama de Flujo Modo Manual Mecánica 1**

3.4.3.15 Modo off Mecánica 1

En esta subrutina se resetean los timers usados en el modo manual y en el modo automático y además se apaga la bomba mecánica 1, usando la misma lógica descrita en el modo manual.

Con esto se garantiza que la bomba mecánica 1 inicie apagada al ingresar en las subrutinas del modo manual o automático. La ***figura 3.43*** se presenta el diagrama de flujo.

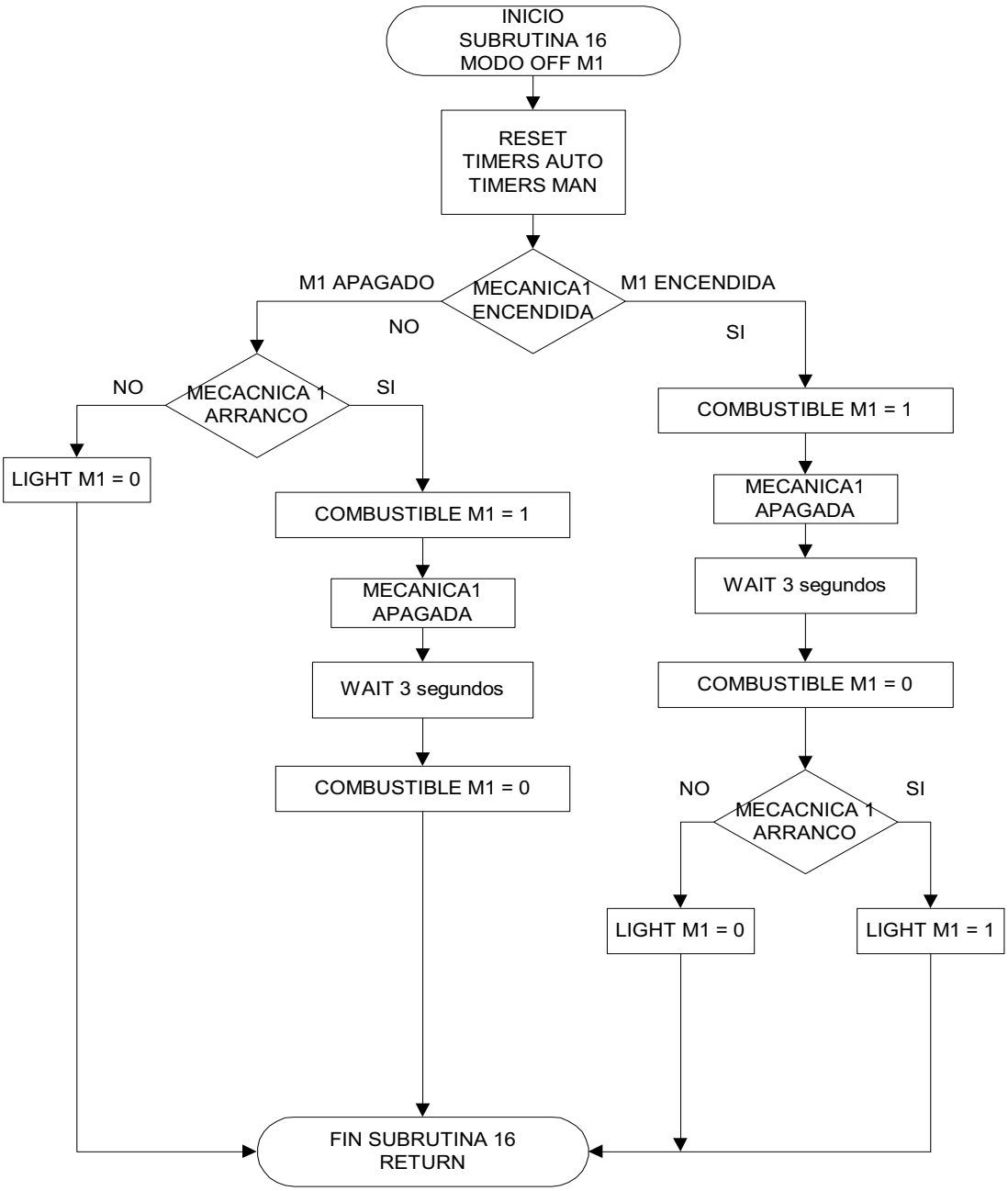


Figura 3.43 – **Diagrama de Flujo Modo Off Mecánica 1**

Para el control de la bomba mecánica 2 se utiliza la misma lógica descrita para la bomba mecánica 1, por este motivo a continuación se presenta únicamente los diagramas de flujo que describen la lógica de control para cada modo.

3.4.3.16 Modo Automático Mecánica 2

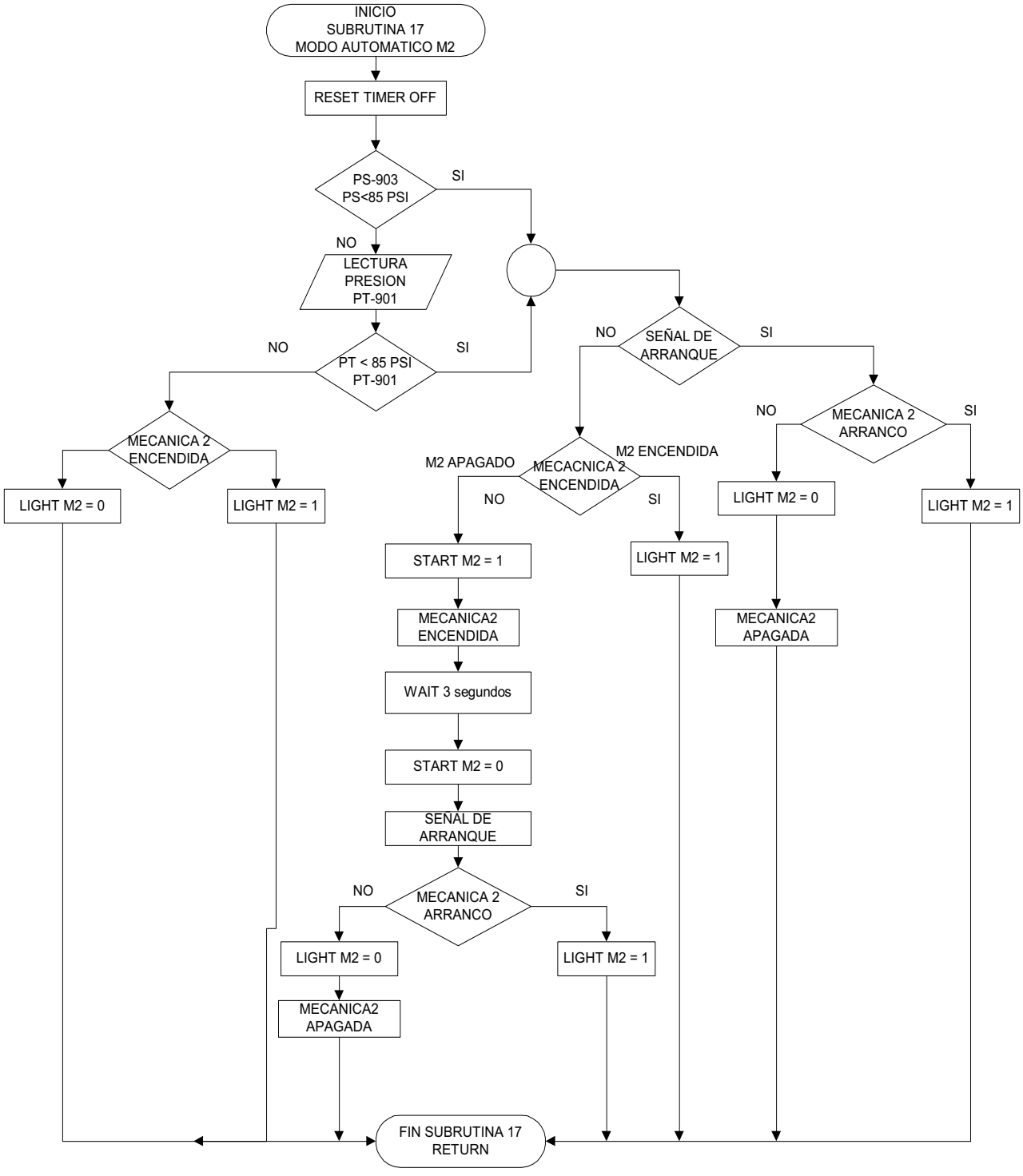


Figura 3.44 – **Diagrama de Flujo Modo Automático Mecánica 2**

3.4.3.17 Modo Manual Mecánica 2

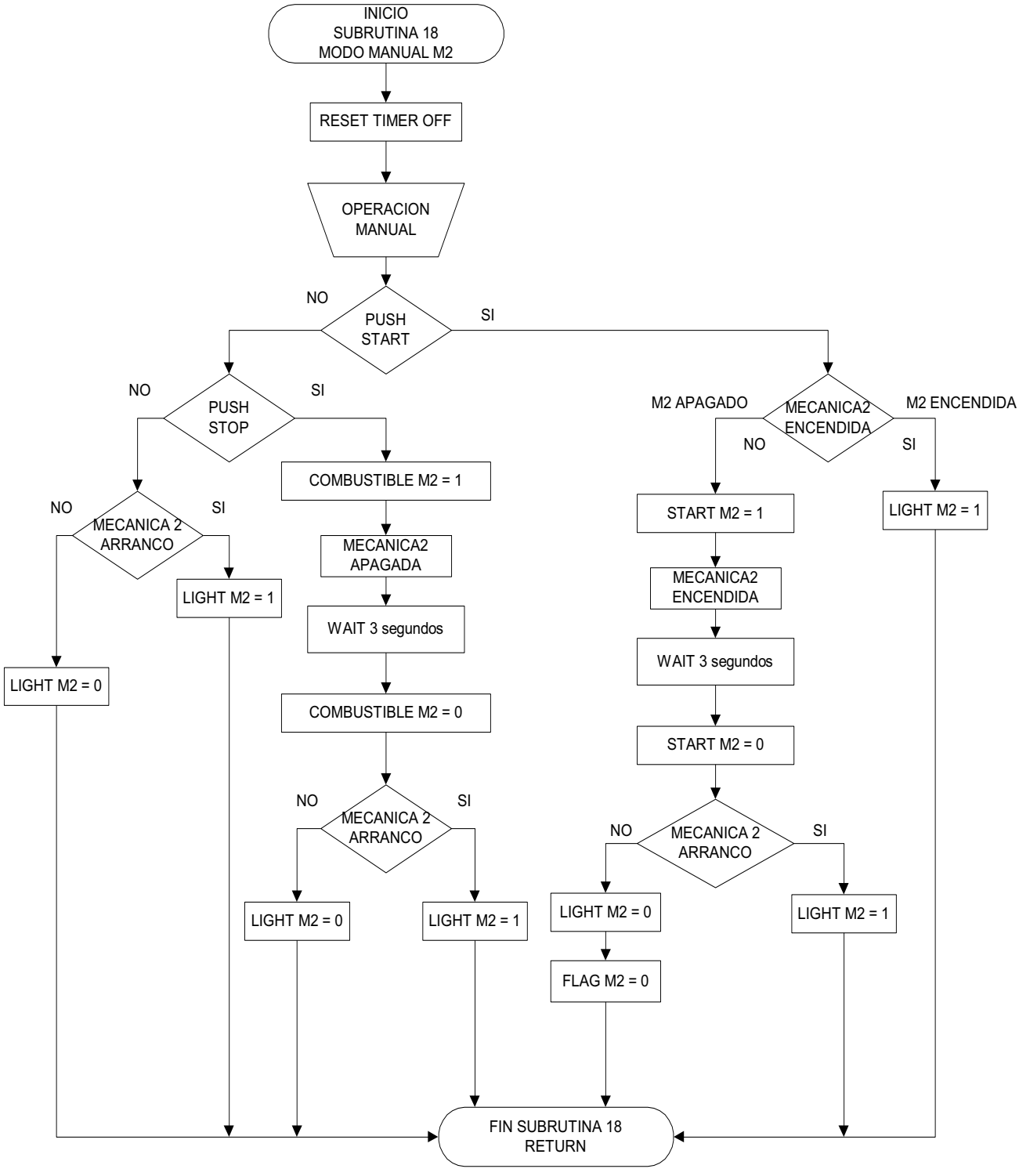


Figura 3.45 – **Diagrama de Flujo Modo Manual Mecánica 2**

3.4.3.18 Modo off Mecánica 2

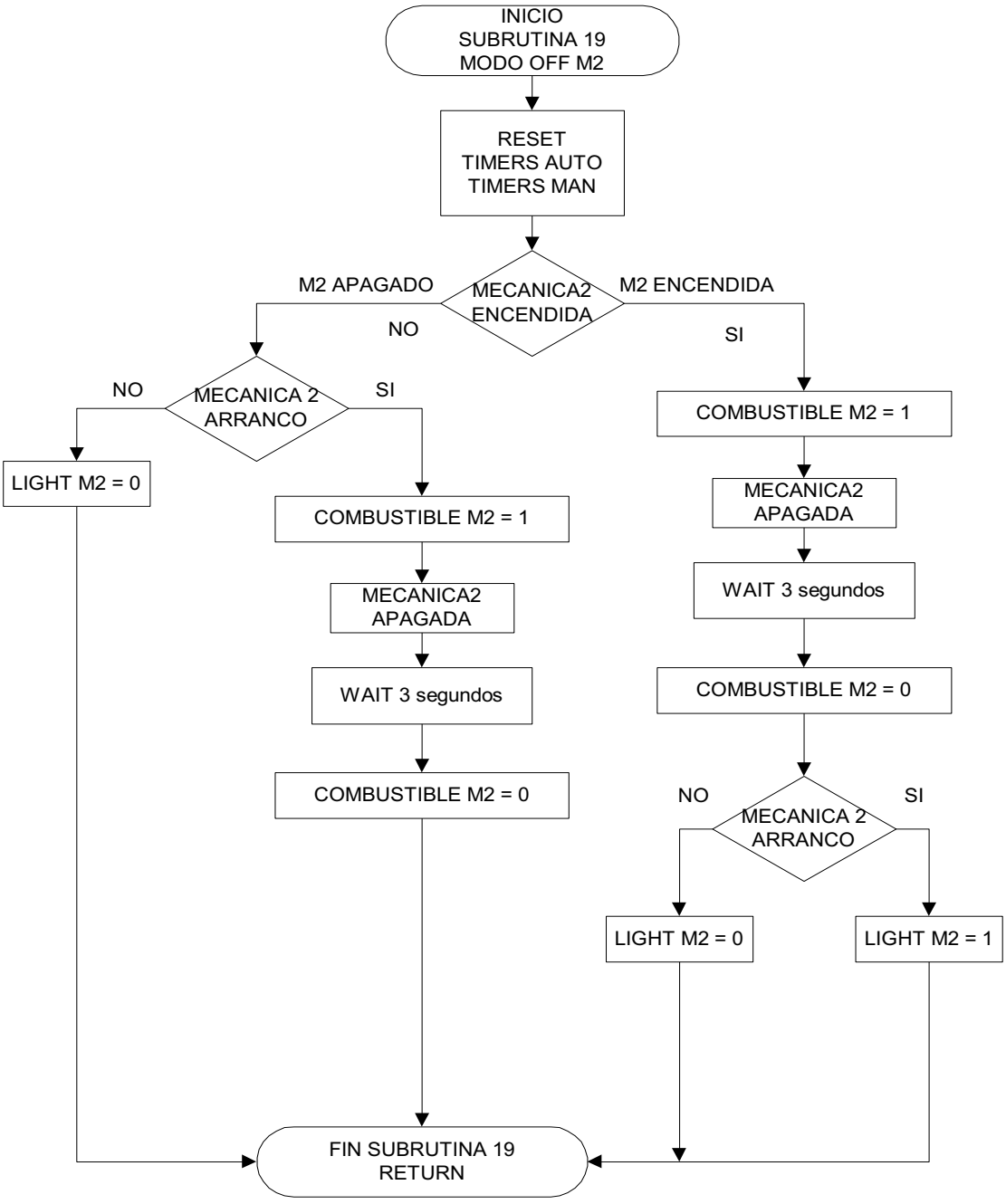


Figura 3.46 – **Diagrama de Flujo Modo Off Mecánica 2**

3.4.3.19 Alarma nivel bajo

En esta subrutina se lee el sensor de nivel para levantar una alarma visual en el panel principal y una alarma sonora para alertar al operador de un nivel bajo en el tanque de agua que no garantice el suficiente elemento extintor en caso de un incendio. En la **figura 3.47** se presenta el diagrama de flujo de esta subrutina.

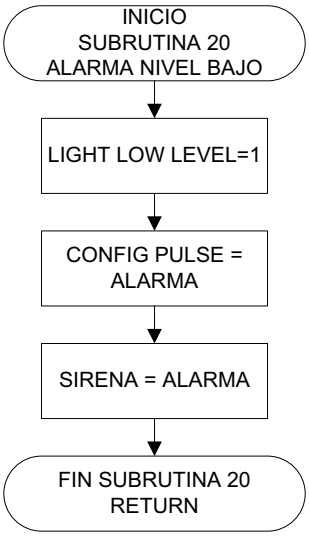


Figura 3.47 – **Diagrama de Flujo Alarma Nivel Bajo**

CAPÍTULO 4

INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS

Luego de realizar la ingeniería básica y de detalle se procede a instalar y configurar los equipos que intervienen en la automatización y control del sistema contra incendios.

En este capítulo se describe todo el proceso que involucra implementar el panel local de operaciones, instalar los instrumentos y llevar todas las señales hacia los distintos equipos que se controlan en este proyecto.

4.1 MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL

Con los planos realizados en la ingeniería de detalle, luego de ser revisados y aprobados por la empresa, se procede a implementar el tablero de control local siguiendo los pasos que se describen a continuación.

4.1.1 IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO EXTERNO (EXTERNAL LAYOUT)

Con el tablero de control especificado en el diseño, se procede a dibujar los agujeros de acuerdo a las medidas que se encuentran en el plano **SCI-CPF-01-PLY901,** para luego perforar los orificios en la parte frontal. En la ***figura 4.1*** se observa la parte frontal del tablero luego de realizar los agujeros necesarios.

Figura 4.1 – **Vista frontal tablero de control**

4.1.2 IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO INTERNO (INTERNAL LAYOUT)

El tablero de control que fue seleccionado posee una lámina de metal interna recubierta con pintura aislante, en esta lámina se procede a realizar la distribución de los elementos de control de acuerdo al plano ***SCI-CPF-02-901***. Para esto se divide la lámina e instalan los rieles DIN y las canaletas. En la ***figura 4.2*** se observa la distribución de los equipos de acuerdo al diseño interno realizado en la ingeniería de detalle.

Figura 4.2 – **Distribución de elementos de control**

Con los elementos distribuidos adecuadamente se procede a realizar las conexiones diseñadas en los planos que se enumeran en la ***tabla 4.1***[17].

Documento No	Descripción
SCI-CPF-01-PLC901	WIRING DIAGRAM- AC/DC DISTRIBUCION
SCI-CPF-01-PLC901	WIRING DIAGRAM- AC/DC DISTRIBUCION (CONTINUACION)
SCI-CPF-02-PLC901	WIRING DIGITAL INPUT SLOT 1
SCI-CPF-03-PLC901	WIRING DIGITAL INPUT SLOT 2
SCI-CPF-04-PLC901	WIRING DIGITAL INPUT SLOT 3
SCI-CPF-05-PLC901	WIRING DIGITAL OUPUT SLOT 4
SCI-CPF-06-PLC901	WIRING ANALOG INPUT SLOT 6
SCI-CPF-06-PLC901	WIRING DESCRIPTION ANALOG INPUT SLOT 6
PSO-UNIF-901	EVALUACIÓN INICIAL - UNIFILAR SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Tabla 4.1 – **Descripción de Planos**

[17] Estos planos se presentan en el capítulo 3

Al terminar con el conexionado interno, se procede a instalar los pulsadores, selectores y luces piloto que forman el panel de operación. De esta manera el tablero de control se encuentra implementado y listo para ser energizado. En la ***figura 4.3*** se presenta el tablero de control terminado.

Figura 4.3 – **Tablero de control**

4.2 INSTALACIÓN ARRANCADOR SUAVE

Para solucionar el problema que se presentaba al encender la bomba eléctrica se dimensionó y seleccionó el arrancador suave **SIEMENS SIRIUS 3RW4444-68C44**. Para instalar este arrancador suave hay que tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- ✓ Las derivaciones de motor no pueden incluir ningún elemento capacitivo (como por ejemplo compensadores) situado entre el arrancador suave y el propio motor. No se pueden utilizar filtros activos en las configuraciones con arrancador suave.
- ✓ Todos los elementos del circuito de corriente principal (como por ejemplo fusibles y aparatos de maniobra) se deben dimensionar para el arranque

directo y a partir de las condiciones de cortocircuito existentes en el lugar de uso y se deben pedir en unidad independiente.

Tomando en cuenta estos requerimientos se procede a realizar el montaje del arrancador suave, dentro del tablero de fuerza ubicado detrás del motor eléctrico.

4.2.1 DIMENSIONES DE MONTAJE Y DISTANCIAS NECESARIAS

El propósito de estos parámetros recomendados por el fabricante es mantener las mínimas distancias con otros aparatos para asegurar la suficiente refrigeración y ventilación del aire en el disipador de calor. La ***figura 4.4*** muestra las distancias necesarias con otros aparatos.

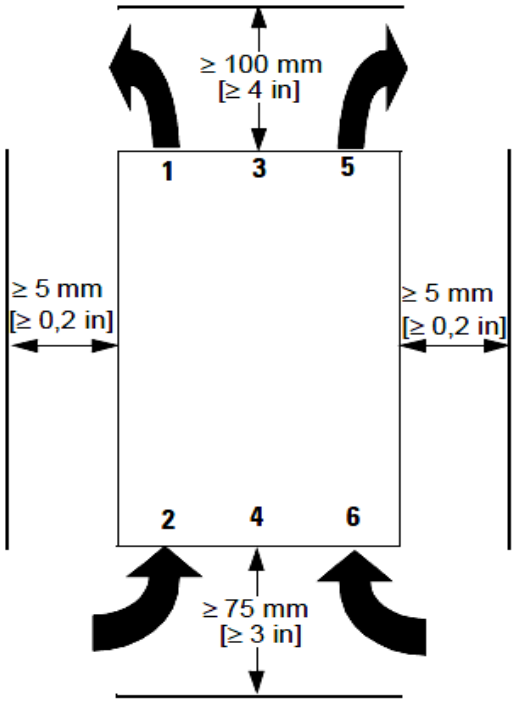


Figura 4.4 – **Distancias con otros aparatos**

4.2.2 CONEXIONES ELÉCTRICAS

El arrancador suave está equipado con una protección contra sobrecargas en los tiristores. No obstante, cuando se produce un cortocircuito, por ejemplo debido a un defecto en el arrollamiento del motor o en consecuencia de un cortoccircuito en el cable de alimentación, esa función integrada no puede proteger

adecuadamente los tiristores. Para tales casos, se deben integrar fusibles estáticos especiales, por ejemplo fusibles SITOR marca SIEMENS. Por esta razón se utiliza el conexionado de control que se presenta en la ***figura 4.5***, con la opción para controlar el arrancador suave desde un PLC, además se presenta en la ***figura 4.6*** el conexionado para el circuito de potencia.

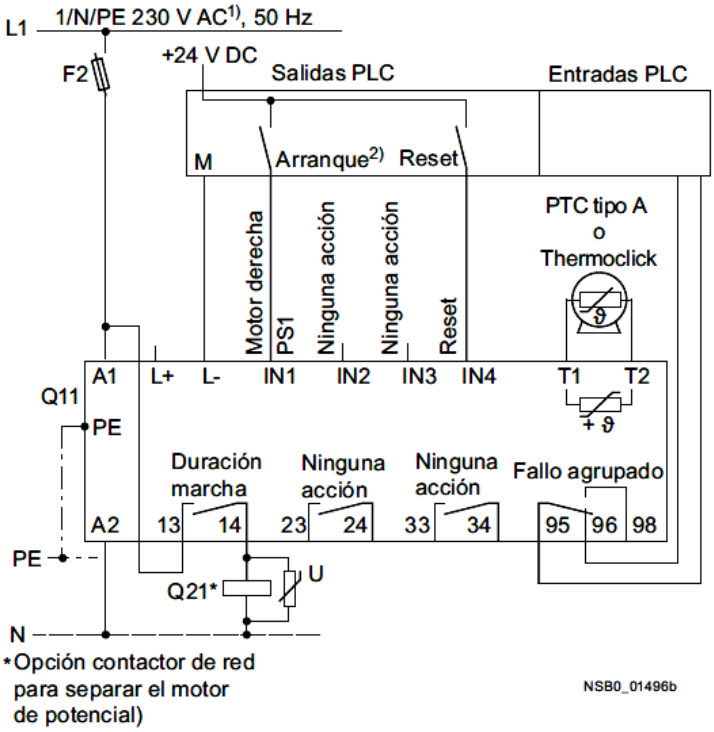


Figura 4.5 – **Circuito de Control**

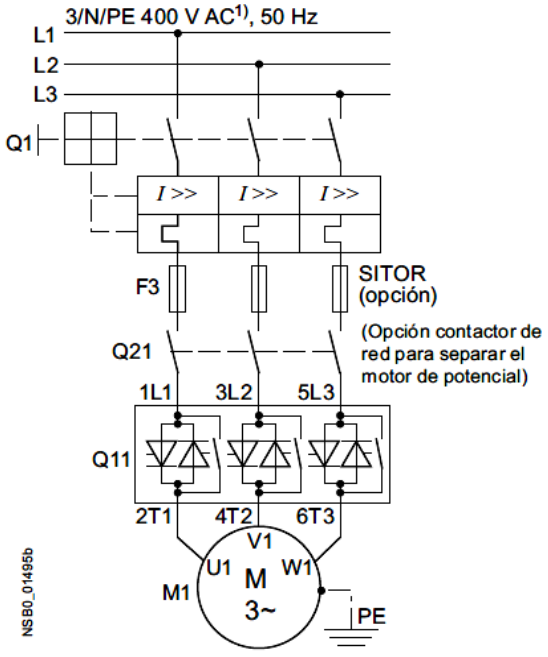


Figura 4.6 – **Circuito de Potencia**

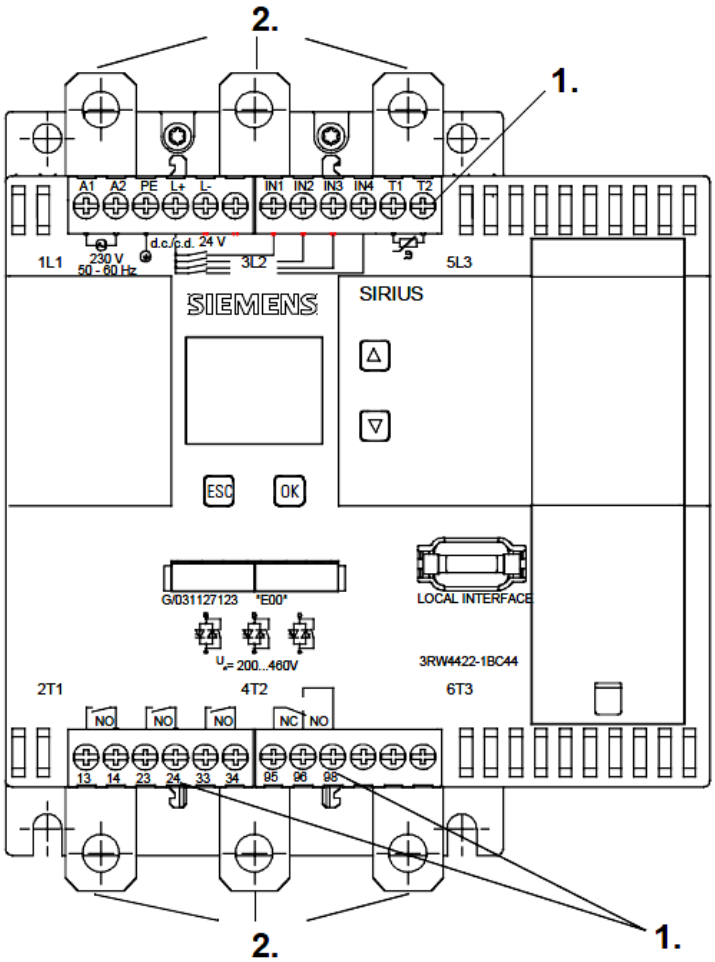
4.2.3 ESTRUCTURA DEL ARRANCADOR SUAVE

Los arrancadores suaves SIRIUS 3RW44 poseen dos tipos de conexión diferentes, a saber:

• Bornes de tornillo

• Bornes de resorte

En la ***figura 4.7*** se presenta la vista frontal del arrancador suave utilizado y se describen sus borneras de conexión. Es importante anotar que no está permitido conectar la alimentación de red trifásica a los bornes T1/T2/T3.



1.	A1, A2, PE, L+, L-, IN1, IN2, IN3, IN4, T1, T2, 13, 14, 23, 24, 33, 34, 95, 96, 98: Circuito de control/corriente auxiliar
2.	L1/L2/L3 Alimentación del circuito principal
3.	T1/T2/T3 Circuito principal derivación de carga

Figura 4.7 – **Estructura arrancador suave**

4.2.4 DISPLAY Y ELEMENTOS DE MANDO

En la cara frontal del arrancador se encuentra el display gráfico que visualiza las funciones y estados del aparato en formato de texto legible y símbolos, una vez que se haya conectado la alimentación de tensión de control. En la ***figura 4.8*** se observa una descripción de los símbolos utilizados en el arrancado suave.

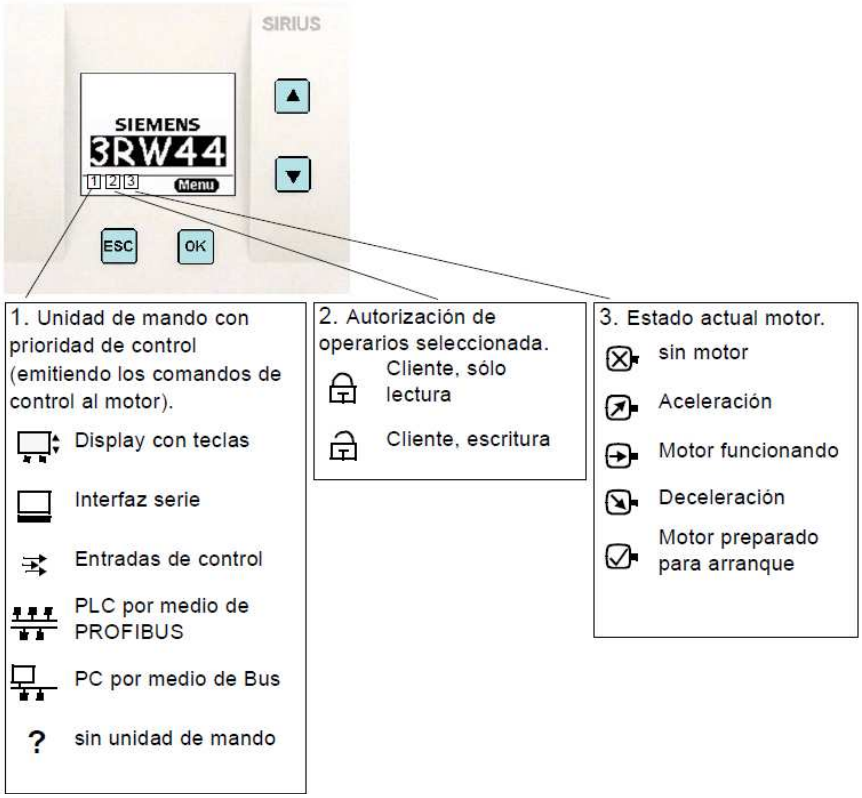


Figura 4.8 – **Distancias con otros aparatos**

El operador puede manejar y parametrizar el arrancador por medio de cuatro teclas:

OK — Según la opción de menú activada, se visualiza la correspondiente función en formato de texto encima de la tecla OK (por ejemplo seleccionar menú, cambiar valor o guardar parámetros).

▲ ▼ — Las teclas de las flechas hacia arriba y hacia abajo permiten navegar entre las distintas opciones de menús, así como cambiar los valores numéricos en el menú de "Parámetros".

ESC — Pulsando ESC, se cambia del menú actual al menú de orden superior.

4.3 CONFIGURACION Y PROGRAMACIÓN ARRANCADOR SUAVE

Con el arrancador suave instalado, es necesario configurar algunos parámetros para su óptimo funcionamiento, estos parámetros se describen a continuación.

4.3.1 ESTRUCTURA DE MENÚS, NAVEGACIÓN Y PARÁMETROS

Todas las funciones del 3RW44 (parametrización, diagnóstico y control de motor) se controlan por medio de las cuatro teclas de mando disponibles. El menú principal consiste en una serie de submenús con distintas opciones que son fácilmente comprensibles y manejables. En la ***figura 4.9*** se presenta la navegación por la estructura de menús.[18]

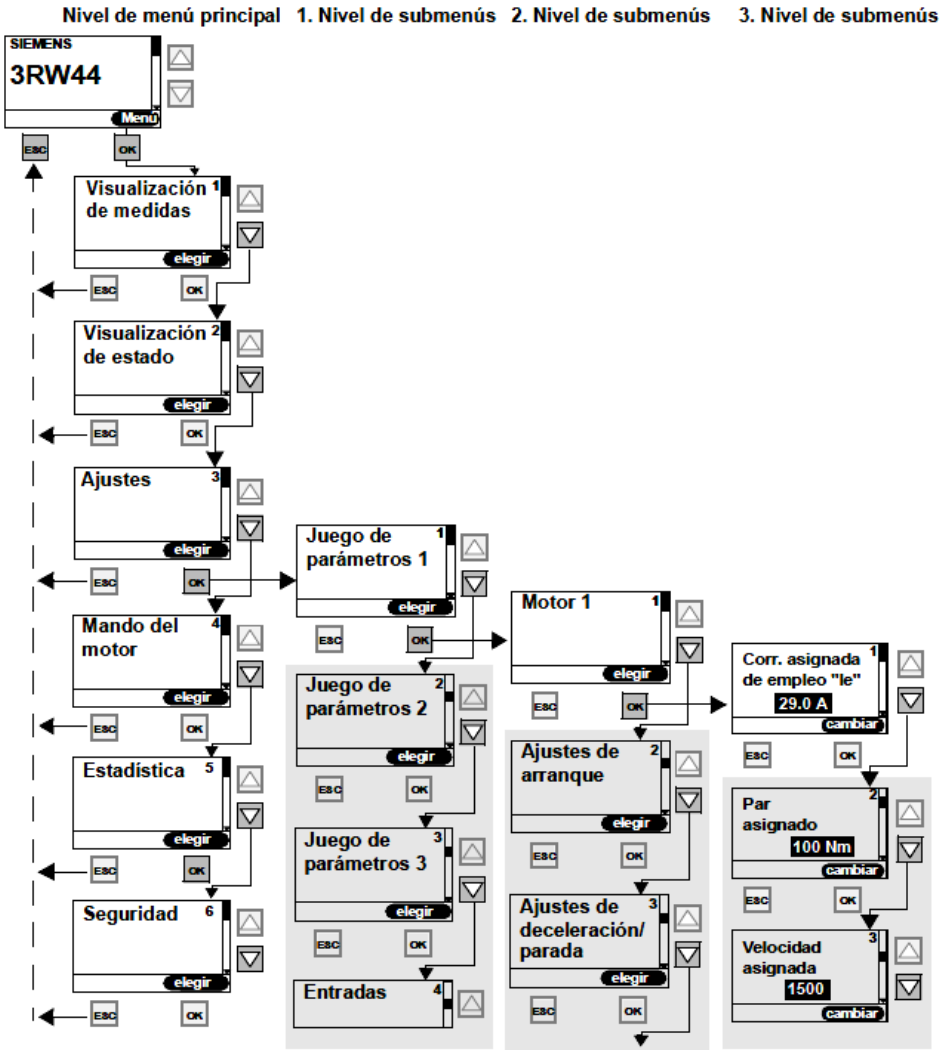


Figura 4.9 – **Estructura de Menús**

[18] En el Anexo C se presenta un ejemplo para configurar el cambio de los datos del motor

4.3.2 RAMPA DE TENSIÓN

En el modo de arranque por rampa de tensión, la tensión en los bornes del motor se aumenta dentro del tiempo de arranque ajustable a partir de la tensión de arranque parametrizable hasta alcanzar el nivel de la tensión de red. De esta manera se elimina el problema de la gran corriente y voltaje de arranque que anteriormente sufría el sistema.

4.3.3 TENSIÓN DE ARRANQUE

La tensión de arranque determina el par de arranque del motor. Cuanto menor la tensión de arranque, menores el par y la corriente de arranque. El nivel de la tensión de arranque debe asegurar que el comando de arranque, emitido al arrancador suave, haga que el motor arranque de forma inmediata y suave.

4.3.4 TIEMPO DE ARRANQUE

El tiempo de arranque especifica el periodo de tiempo para el aumento de la tensión del motor desde la tensión de arranque hasta alcanzar el nivel de la tensión de red. Este parámetro influye sobre el par de aceleración de la carga durante el arranque del motor. Un tiempo de arranque prolongado provoca un menor par de aceleración durante el arranque del motor. De esta manera se produce un prolongado y más suave arranque del motor. El lapso de tiempo de arranque debe elegirse de tal manera, que el motor alcance la velocidad nominal dentro de dicho lapso de tiempo. De elegir un lapso de tiempo demasiado corto, es decir, que el motor no alcanza la velocidad predeterminada dentro del mismo, se generaría una elevación de corriente que alcanzaría el nivel de corriente directa del arranque para tal velocidad. Para cumplir con la norma se ha configurado un tiempo de arranque de 5 segundos.

4.3.5 TIEMPO DE ARRANQUE MÁXIMO

Determina el periodo de tiempo dentro del cual el accionamiento debe haber llevado al motor a alcanzar la velocidad predeterminada.

Si no se alcanza el nivel deseado en el periodo especificado, se detiene el proceso de arranque y se genera un mensaje de falla. Para esta aplicación se ha configurado un tiempo máximo de arranque de 10 segundos según dice la norma.

En la ***figura 4.10*** se presenta el principio de funcionamiento por rampa de tensión.

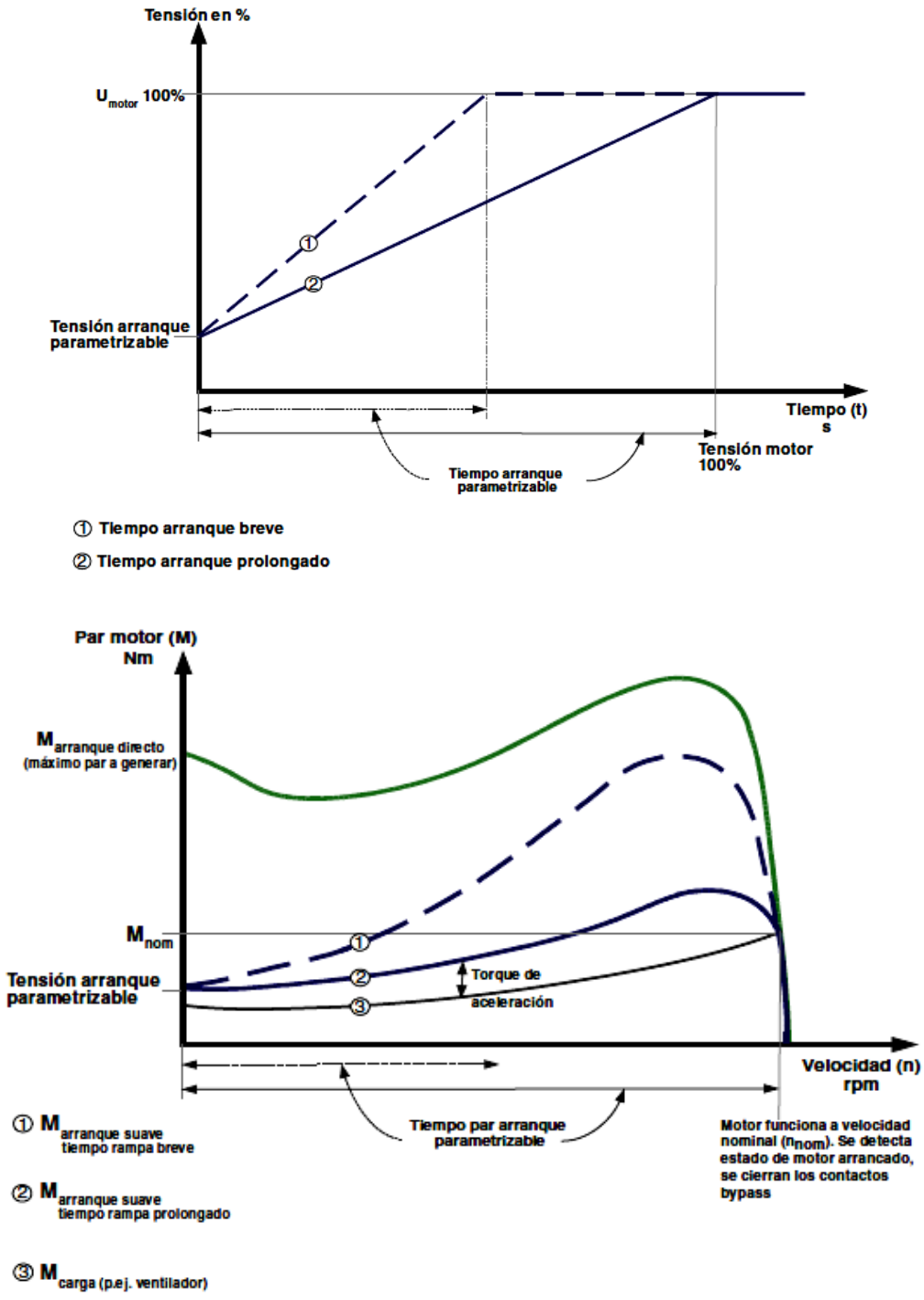


Figura 4.10 – **Principio de funcionamiento rampa de tensión**

4.3.6 DESACELERACIÓN

Al seleccionar el tipo de deceleración guiada (parada suave, deceleración para bomba o frenado) puede que sea necesario sobredimensionar la derivación (arrancador suave, cables, protecciones de la misma, motor) dado que la corriente de parada superaría la corriente asignada del motor.

4.3.6.1 Regulación del par y deceleración para bomba

En los modos de regulación del par y deceleración para bomba, se prolonga la parada normal de la carga conectada para evitar la parada brusca de la misma, típicamente en aplicaciones con pequeña inercia de masas o elevado contrapar.

Con el fin de poder regular correctamente el par de motor durante la deceleración, se deben introducir los datos del motor conectado en el juego de parámetros seleccionado bajo la opción de "Ajustes".

4.3.6.2 Tiempo de deceleración y par de desconexión

Por medio del parámetro de tiempo de deceleración, se puede especificar en el arrancador suave por cuánto tiempo se sigue alimentando el motor con energía, una vez que se haya anulado el comando de "CON". En la fase de parada se disminuye el par de motor de forma continua y lineal, hasta alcanzar el par de desconexión ajustado para detener suavemente la carga conectada.

4.3.6.3 Deceleración para bomba

Debido a la desconexión brusca del accionamiento sin regulación del par de motor durante la deceleración, se puede producir el llamado impacto de agua.

El impacto de agua se debe al corte brusco del caudal y las subsiguientes variaciones de la presión en la bomba. Ese fenómeno provoca ruidos y choques mecánicos en la tubería y en las válvulas y bisagras integradas.

En la ***figura 4.11*** se observa la deceleración suave / deceleración para bombas que es diseñada especialmente para evitar impactos de agua en bombas.

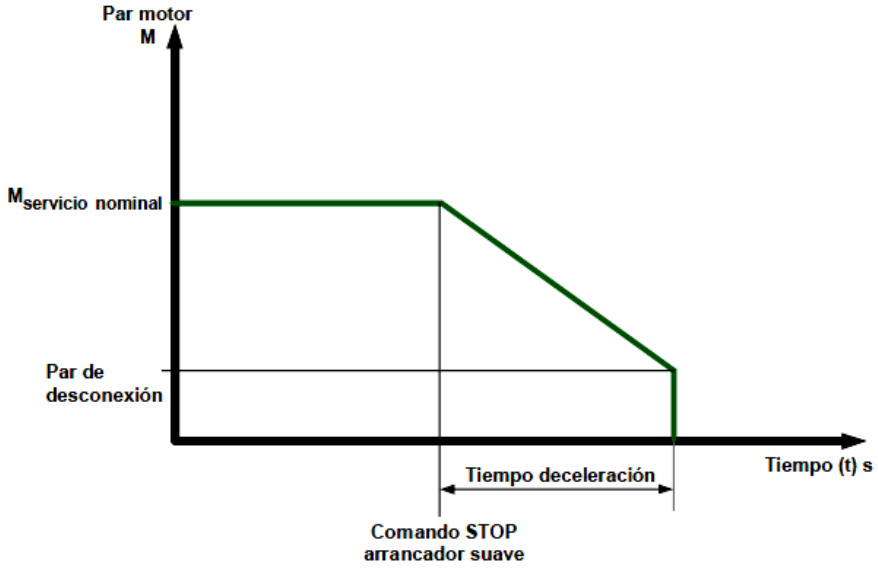


Figura 4.11 **–Deceleración suave / Deceleración para bombas**

4.4 INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS

Los instrumentos seleccionados se instalan en el campo cumpliendo con los requerimientos de instalación que se encuentran en los manuales de usuario y ajustándose a las necesidades que posee el proceso. Es importante mencionar que al instalar los instrumentos conviene dejar el suficiente espacio para calibrar o cambiar unos de los instrumentos sin afectar al control del sistema.

4.4.1 INSTALACIÓN DE SENSORES DE PRESIÓN

Dentro de los sensores de presión que se utilizan para el control del sistema están los interruptores y el transmisor de presión. Estos instrumentos deben ser instalados en la línea de descarga.

Las líneas de descarga que salen de cada una de las bombas forman una línea común antes de dirigirse hacia los monitores lanza agua, esta descripción se puede observar en el plano **(PSO-P&ID-02)** levantado en la evaluación inicial.

La presión en la línea de descarga será la que active en modo automático cada uno de las bombas al detectar una caída de presión por la apertura de uno o varios monitores, por este motivo es importante analizar el lugar donde se instalaron los instrumentos de presión.

Al tener una línea de descarga por cada bomba se puede colocar un instrumento en cada línea de descarga, pero esto dificulta su mantenimiento y calibración, pues se tendrían los cinco instrumentos esparcidos por todo el sistema, además el cableado desde los instrumentos hasta el tablero de control aumentaría el costo de instalación y no garantizaría que las señales lleguen hasta el tablero de control ya que los cables podrían sufrir algún daño por la distancia que se debe recorrer.

Tomando en cuenta estos factores se procede a implementar un **manifold de instrumentos** cerca al tablero de control, donde se instalan los cinco instrumentos (PS-901, PS-902, PS-903, PS-904 Y PT-901).

La medida de la presión desde la línea de descarga se lleva hasta el manifold usando una línea **de tubing de 1/2¨**, tomar una solo medida en la línea de descarga no afecta al control del proceso pues las líneas de descarga forman una línea común como se menciono anteriormente.

En la ***figura 4.12*** se presenta la línea de tubing que llega hasta el manifold de instrumentos con la presión de la línea de descarga.

Figura 4.12 **–Conexión tubing en la línea de descarga**

Para la construcción del manifold de instrumentos se utilizó las recomendaciones que da el fabricante en el manual de instalación. En la ***figura 4.13*** se observa la forma de instalación utilizada.

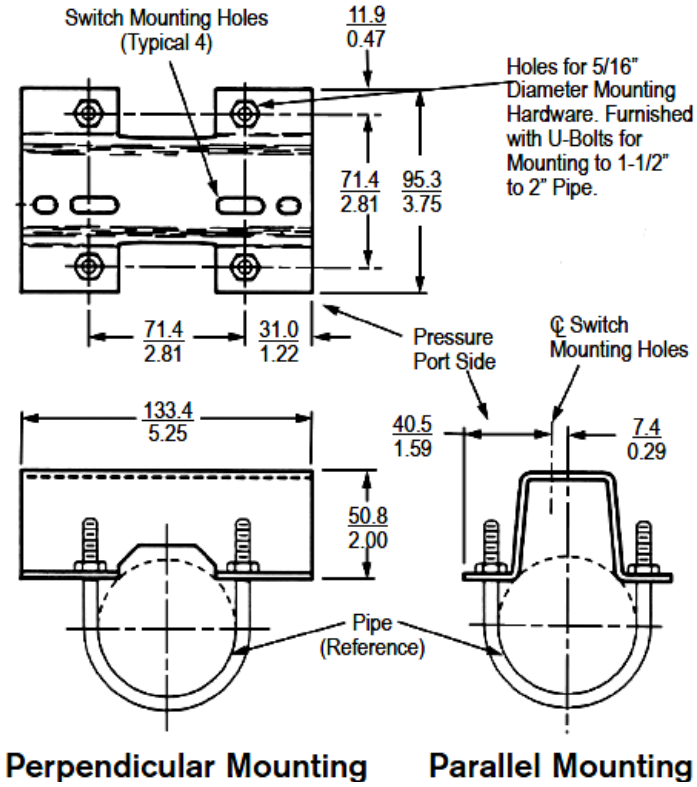


Figura 4.13 **–Montaje de instrumentos**

En ***figura 4.14*** se observa el manifold de instrumentos instalado en el campo, se utiliza una válvula de bola para aislar cada uno de los instrumentos y realizar su mantenimiento cuando sea necesario y además se coloca un manómetro 0 a 500 PSI para revisar la medida de la línea de descarga.

Figura 4.14 **–Manifold de instrumentos**

Para la conexión eléctrica de las señales desde los instrumentos hasta el tablero de control se utiliza una caja de conexión eléctrica con terminal 1/2 ¨ MNPT, conectores TMCX de 1/2¨ y manguera flexible para cubrir el cable. En la ***figura 4.15*** se observa las conexiones realizadas para llevar las señales hasta el tablero de control.

Figura 4.15 **–Conexión eléctrica de instrumentos**

4.4.2 INSTALACIÓN DE SENSOR DE NIVEL

Asegurar que exista el suficiente elemento extintor es una prioridad en el sistema de control, por esta razón se instala un sensor de nivel en el tanque de agua. La instalación debe ser exterior para evitar que las olas generadas dentro del tanque produzcan falsas alarmas o inclusive dañen al elemento sensor.

Para instalar el sensor es necesario realizar una toma superior y una toma inferior en el tanque. Aprovechando que en la parte posterior del tanque existe una toma inferior con una válvula de volante (***figura 4.16***) se procede a perforar en la parte superior del tanque un agujero de 2 pulgadas para soldar luego un tridole de 2 pulgadas (***figura 4.17***) y colocar una válvula de bola para aislar el sensor del proceso cuando sea necesario. Con las dos tomas lista se coloca una tubería de 2 pulgadas de forma vertical con una distancia de 7,5 m.

Figura 4.16 **–Toma inferior tanque de agua**

Figura 4.17 **– Toma superior tanque de agua**

Es importante dejar una válvula de drenaje para la línea, para el caso que se necesite aislar el sensor en un mantenimiento, por esta razón se procede a instalar una válvula de bola de 2 pulgadas en la parte inferior de la tubería vertical y luego se coloca un tapón.

El taque de agua es un tanque galvanizado, por esta razón es necesario soldar tubería galvanizada para evitar la corrosión galvánica al colocar un material diferente. En este caso se soldaron tuberías que no fueron galvanizadas y para

evitar la corrosión galvánica se procedió a pintar la tubería soldada (tridole) con un spray especial que galvaniza materiales metálicos.

Colocada la tubería se procede a instalar el sensor de nivel, para esto se cuenta con una brida de 3 pulgadas. En la ***figura 4.18*** se presentan las dimesniones que tiene el sensor de nivel.

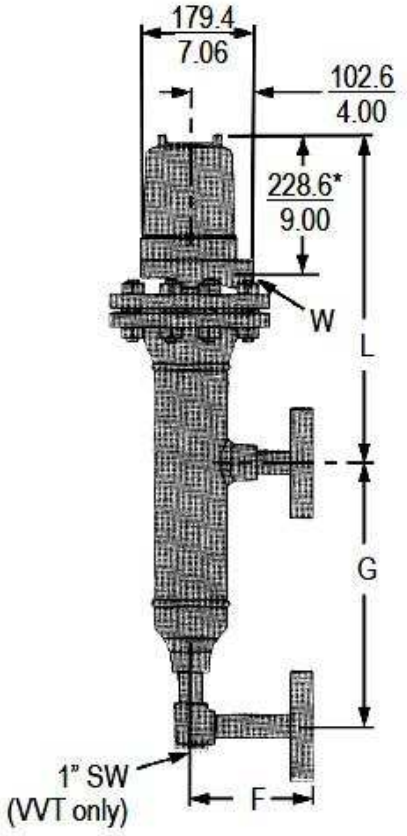


Figura 4.18 – **Dimensiones sensor de nivel**

Para colocar el sensor en la parte superior de la tubería vertical se usa un empaque de 3 pulgadas ANSI 150 que se presenta en la ***figura 4.19***.

Figura 4.19 – **Empaque 3 pulgadas ANSI 150**

Finalmente el sensor de nivel queda instalado y listo para funcionar, para esto se abren las válvulas de la parte superior e inferior de tal forma que el agua pasa desde el tanque a la tubería por el principio de vasos comunicantes hasta alcanzar el mismo nivel del tanque. En la ***figura 4.20*** se observa el sensor de nivel instalado.

Figura 4.20 – **Sensor de nivel instalado**

Para llevar la señal del sensor de nivel hasta el tablero de control se utiliza cable armado de 4 hilos, este cable se lleva a través de tubería enterrada que llega a la parte posterior del tablero donde se une usando un conector TMCX de 1/2 ¨.

4.5 CALIBRACIÓN INSTRUMENTOS

Para calibrar los instrumentos de presión se utilizó una bomba hidráulica ***FLUKE 7000*** para simular la presión de la línea de descarga y además el calibrador de procesos ***FLUKE 744.***

La bomba hidráulica FLUKE 7000 es un sistema que proporciona una presión de 0 hasta 10000PSI, usando una bomba de tamaño reducido para facilitar la calibración de los instrumentos de presión.

El calibrador de proceso FLUKE 744 **(*figura 4.21*)** es un equipo que se utiliza para calibrar una serie de instrumentos desde una termocupla hasta un sensor de nivel ultrasónico, maneja comunicación HART y además posee las opciones de un multimetro FLUKE.

Figura 4.21 – **Calibrador de proceso Fluke 744**

4.5.1 CALIBRACIÓN DE INTERRUPTORES DE PRESIÓN

Usando estos dos equipos se procede a realizar la calibración de los interruptores y del transmisor de presión. Para esto se conecta la bomba hidráulica a la línea de tubing de 1/2 ¨ que ingresa a los instrumentos y luego desde la toma de la bomba hidráulica se conecta el transductor de presión de 0 1000 PSI que posee el plug para conectarse al calibrador de procesos FLUKE 744. Estas conexiones se observan en la ***figura 4.22.***

Figura 4.22 – **Conexión bomba hidráulica**

De esta manera se procede a realizar la calibración de los interruptores de presión, siguiendo el diagrama de flujo que se presenta a continuación ***(figura 4.23).***

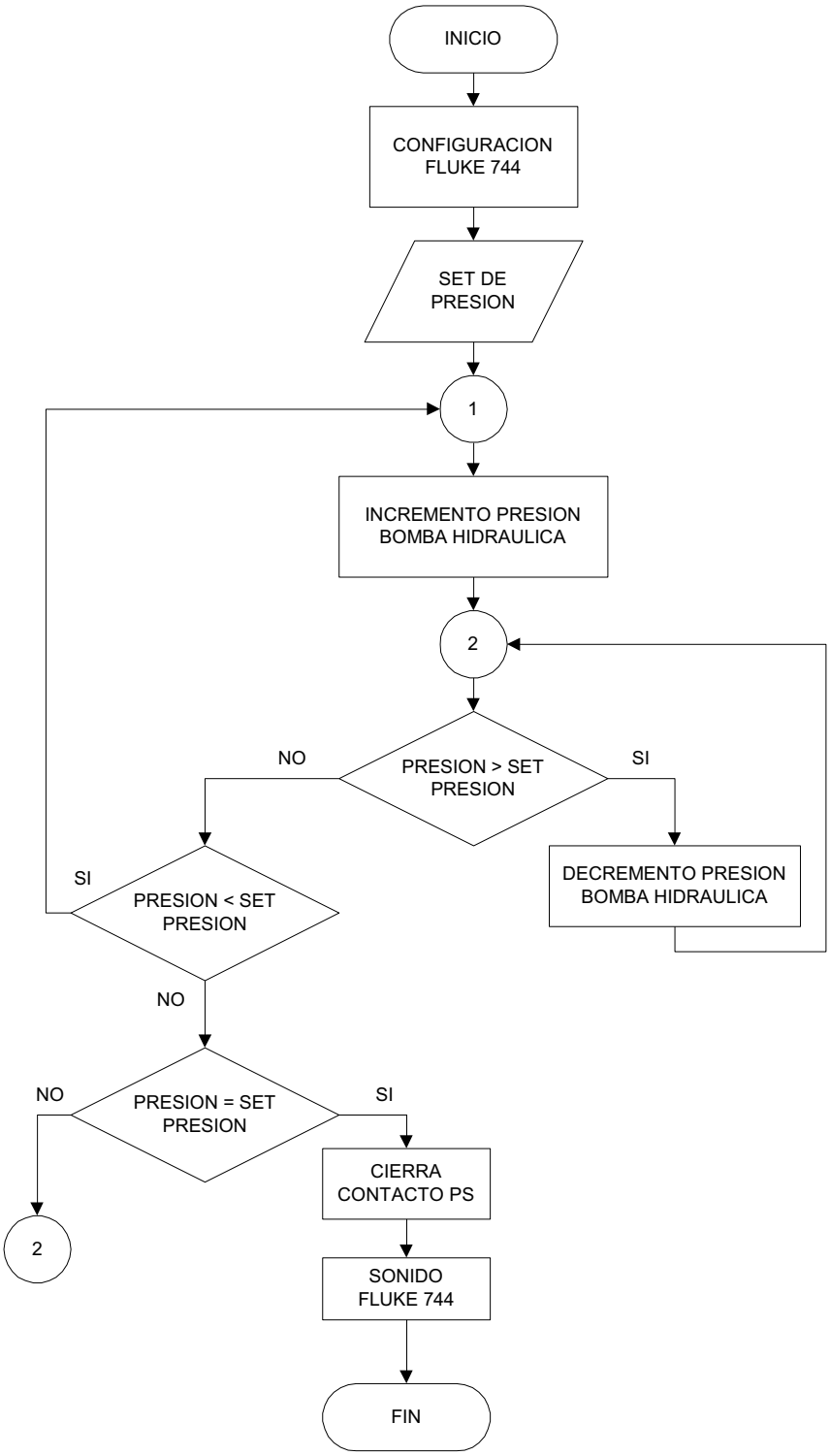


Figura 4.23 – **Diagrama de Flujo Calibración**

4.5.2 CALIBRACIÓN VÁLVULA DE RECIRCULACIÓN

La válvula de recirculación es una válvula neumática que controla el paso del agua desde la línea de descarga hacia el tanque cuando la presión en la línea esta sobre el set de presión calibrada. En la figura 4.24 se observa la válvula de recirculación instalada en el proceso.

Figura 4.24 – **Válvula de recirculación**

La función principal de esta válvula es mantener constante la presión en la línea de descarga cuando los monitores están cerrados o cuando uno o varios monitores están abiertos. Para calibrar esta válvula se tiene un tornillo que aumenta o disminuye la presión de apertura de la válvula. En la ***figura 4.25*** se presenta el tornillo de calibración.

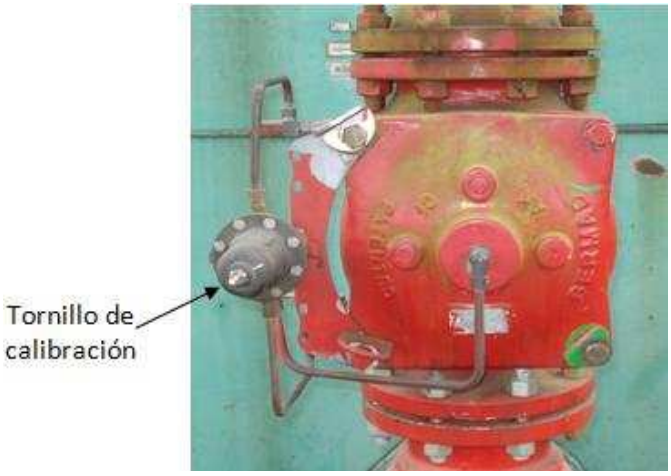


Figura 4.24 – **Válvula de recirculación**

La calibración de esta válvula se realizó sin desmontarla del proceso. Para calibrarla se procedió a encender manualmente las bombas jockey y medir la presión a la que se abría la válvula. La presión medida fue de 130 PSI (por esta baja presión las bombas jockey anteriormente se encendían y apagaban constantemente). La presión a la que se debe calibrar es de 150 PSI, por este motivo se gira a la derecha el tornillo para aumentar el set de presión hasta lograr la presión deseada. En la ***figura 4.25*** se observa el diagrama de flujo para la calibración.

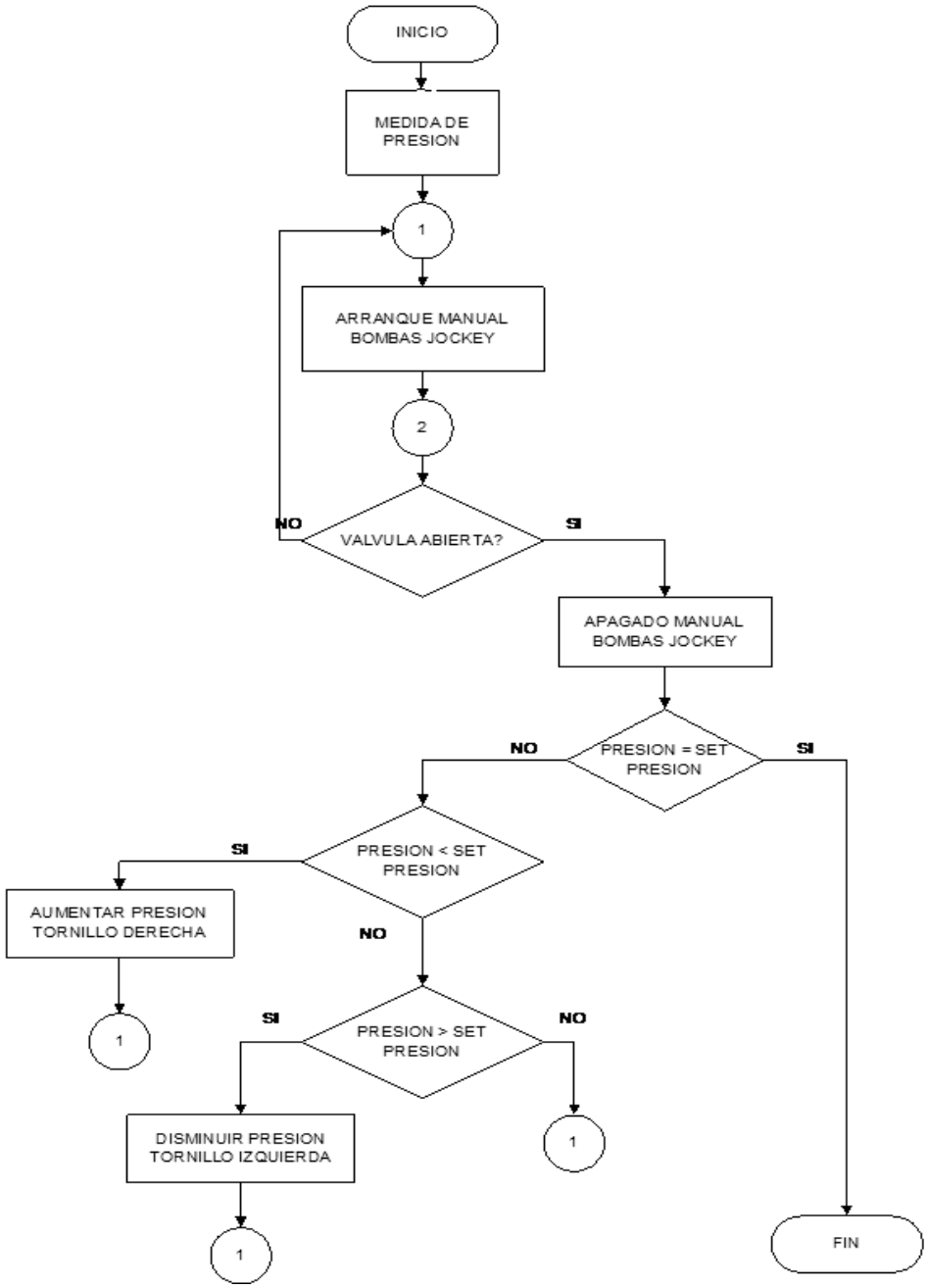


Figura 4.25 – **Diagrama de flujo calibración Válvula de recirculación**

4.6 CONEXIÓN DE BOMBA MECÁNICA 1

Las señales que vienen desde el tablero de control se conectan a través del tablero de conexiones que se instaló en la parte derecha del motor de combustión. Hasta este tablero llegan las señales del motor de arranque ***(figura 4.26)*** y las señales para el solenoide de combustible. Los cables desde el tablero de control se llevan hasta el motor a través de tubería conduit de 1 pulgada, instalada usando estructuras.

Figura 4.26 – **Motor de arranque Bomba mecánica 1**

4.7 CONEXIÓN BOMBA MECÁNICA 2

Para llevar las señales hasta la bomba mecánica 2 se utilizó tubería conduit de 1 pulgada instalada sobre los equipos usando estructuras.

Las señales llegan hasta el tablero de conexiones instalado en la parte izquierda del motor de combustión 2, en este tablero se instalan también los instrumentos de visualización propios del motor como son tacómetro, nivel de aceite y temperatura del motor.

Desde el tablero de conexiones se llevan las señales hasta el motor de arranque y el solenoide de combustible que son los elementos de control de esta bomba.

De esta forma se tiene el tablero y el sistema de control instalado listo para programar el elemento de control como se muestra a continuación.

4.8 INSTALACIÓN PLC MICROLOGIX 1200

El MicroLogix 1200 es una plataforma de control lógico programable que permite montar los módulos en un riel DIN o en panel. Las E/S del controlador se pueden expandir usando 6 módulos de expansión por controlador, en este proyecto se cuenta con los siguientes componentes: una fuente de alimentación, circuitos de entrada, circuitos de salida y un procesador.

4.8.1 MONTAJE DEL CONTROLADOR

Para evitar los efectos de la interferencia eléctrica y exposición ambiental, el PLC se ha instalado en una envolvente industrial (TABLERO DE CONTROL) y se ha colocado alejado de las líneas de alimentación eléctrica, líneas de carga y de otras fuentes de ruido eléctrico como interruptores de contacto, relés y variadores de motor CA.

El controlador se instaló horizontalmente de modo que las E/S expansoras estén situadas a la derecha del mismo ***(figura 4.27)***, dejando una distancia de 50 mm entre los equipos y el PLC, espacio necesario para que la ventilación sea la correcta.

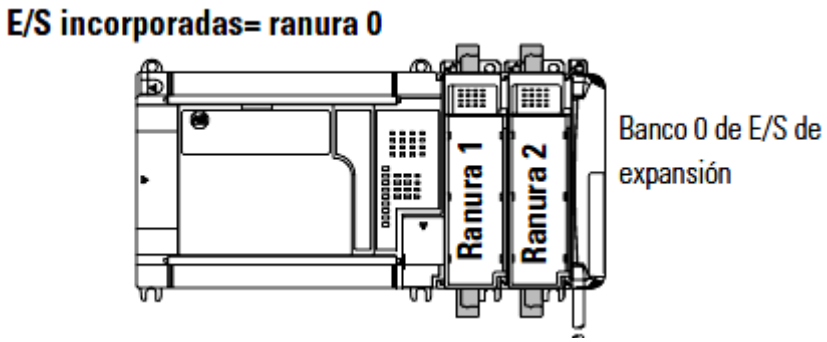
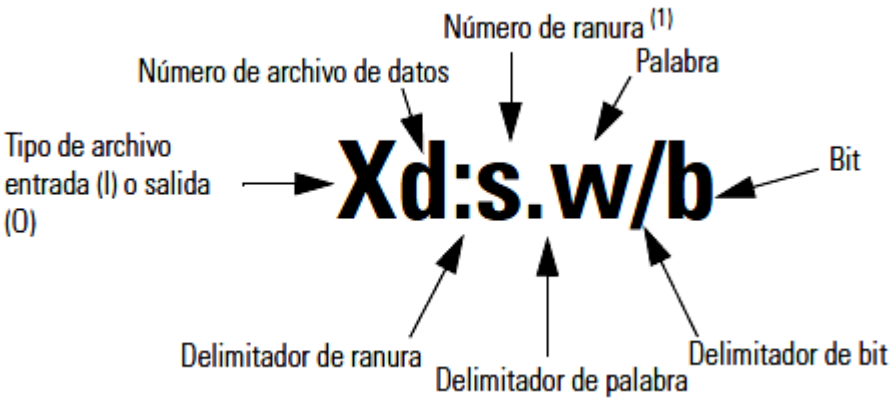


Figura 4.27 – **Montaje módulos de expansión**

4.8.2 DIRECCIONAMIENTO

Las E/S de expansión se direccionan como ranuras 1 a 6 (la E/S incorporada del controlador se direccionan como ranura 0). Los módulos se cuentan de izquierda a derecha, tal como se muestra en la ***figura 4.27.***

Para el direccionamiento de los módulos de expansión se utiliza el siguiente esquema:



Formato	Explicación		
Od:s.w/b	X	Tipo de archivo	Entrada (I) o salida (O)
Id:s.w/b	d	Número de archivo de datos *(opcional)*	0 = salida, 1 = entrada
	:	Delimitador de ranura *(opcional, no se requiere para los archivos de datos 2 a 255)*	
	s	Número de ranura (decimal)	E/S incorporadas: ranura 0
			E/S de expansión: • ranuras 1 a 6 para MicroLogix 1200 (vea una ilustración en la página 1-3). • ranuras 1 a 16(1) para MicroLogix 1500 (vea una ilustración en la página 1-10).
	.	Delimitador de palabra. Se requiere sólo si un número de palabra es necesario, como se indica a continuación.	
	w	Número de palabra	Se requiere para leer/escribir palabras, o si el número de bit discreto es mayor que 15. Rango: 0 a 255
	/	Delimitador de bit	
	b	Número de bit	0 a 15

4.9 PROGRAMACIÓN PLC MICROLOGIX 1200

En esta sección se describe la programación desarrollada para el PLC MICROLOGIX 1200 usando el software RSLogix500.

RSLogix 500 es un entorno de programación gráfico, el cual permite generar aplicaciones para PLC's de familia de controladores programables de automatización MicroLogix. Las funciones principales de RSLogix 5000 son:

- Programación y configuración del PLC.

- Control y comunicaciones del PLC.

RSLogix 500 es un software el cual ofrece únicamente programación en lógica de escalera, por esta razón el programa de control se desarrolla usando esta lógica.

4.9.1 CONFIGURACIÓN INICIAL

Para desarrollar una aplicación o proyecto, primero se debe seleccionar el tipo de controlador con el cual se va a trabajar. Para ello se debe hacer clic en el botón New, se puede especificar la configuración general del controlador como: nombre del controlador, revisión mayor del firmware del controlador, tamaño del chasis del controlador, número de ranura del controlador y carpeta que almacena el proyecto. En la ***figura 4.28*** se observa la ventana para seleccionar el tipo de controlador a utilizar, en este caso se usa el controlador Micrologix 1200 serie C.

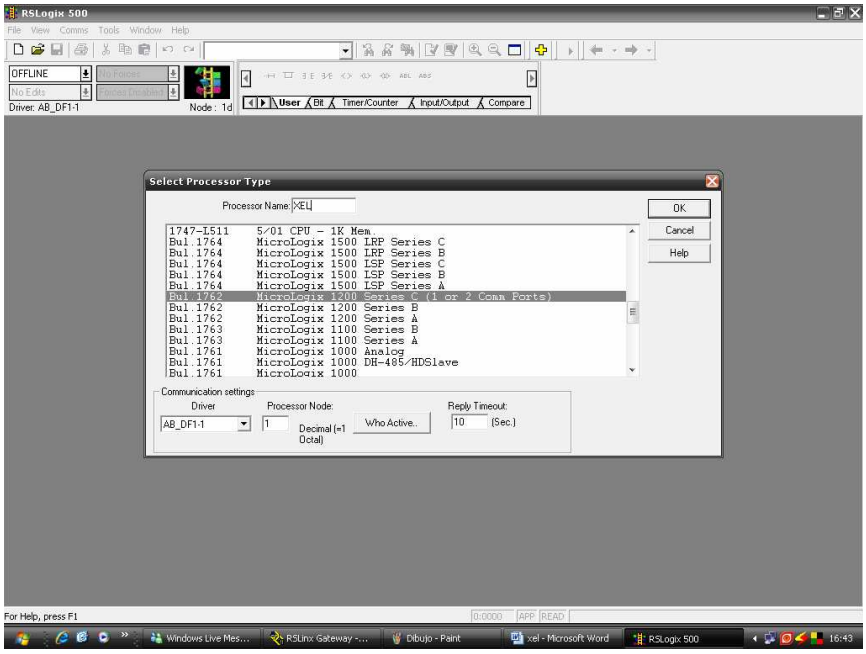


Figura 4.28 – **Ventana de selección de controlador**

4.9.2 CONEXIONES DE COMUNICACIÓN

El puerto denominado en la documentación como Canal 0 corresponde al puerto RS-232 del controlador. Éste permitirá la conexión del controlador con el puerto serie del ordenador personal para poder programarlo de manera directa, o con dispositivos de interface de red.

Este puerto utiliza el protocolo de comunicación DF1 Full-duplex, muy útil cuando se requiere comunicación RS-232 punto a punto. Este protocolo acepta transmisiones simultáneas entre dos dispositivos en ambas direcciones. El protocolo DF1 controla el flujo de mensajes, detecta y señala errores y efectúa reintentos si se detectan errores.

4.9.2.1 Conexionado

Para conectar el PC al PLC hay que utilizar el cable 1761-CBL-PM02 que se presenta en la ***figura 4.28***.

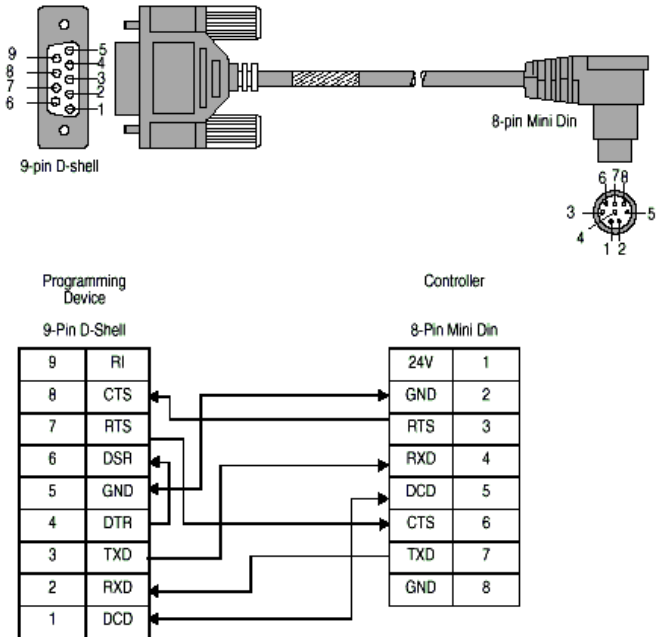


Figura 4.28 **–Cable 1761-CBL-PM02**

4.9.2.2 Configuración

Para configurar las comunicaciones se debe abrir el RSLinks, ya que es el programa que gestiona las comunicaciones. Luego se debe seguir los siguientes pasos.

- Communications - Configure Drivers ***(figura 4.29)***

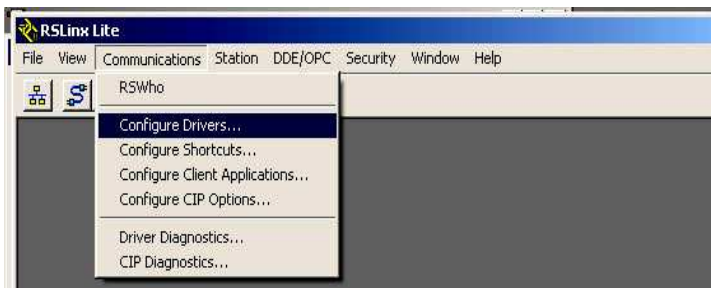


Figura 4.29 **–Ventana 1 RSLinks**

- Dentro de Configure Drivers... seleccionar de la lista desplegable la opción RS-232 DF1***(figura 4.30)***

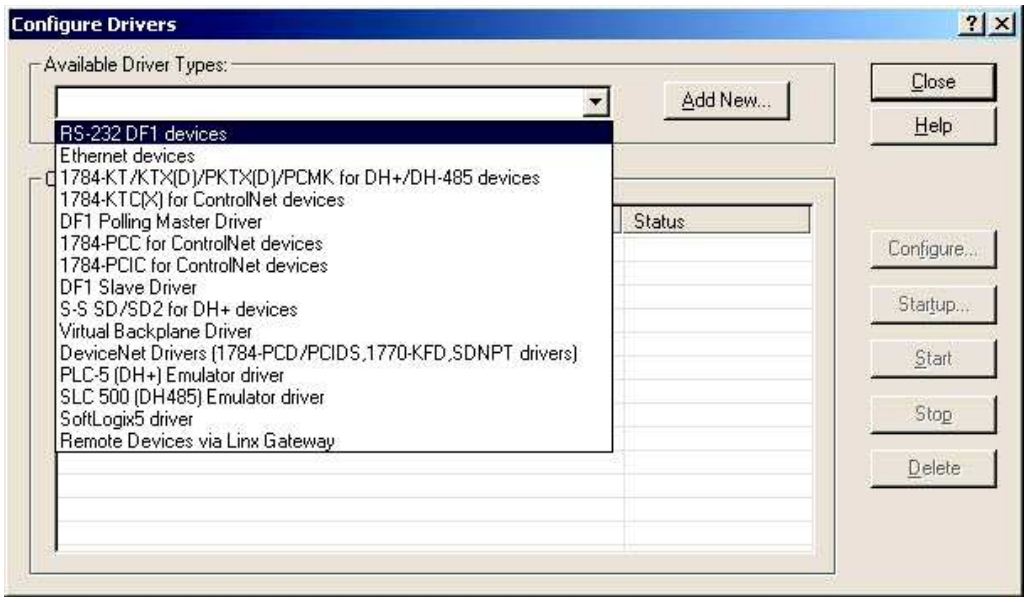
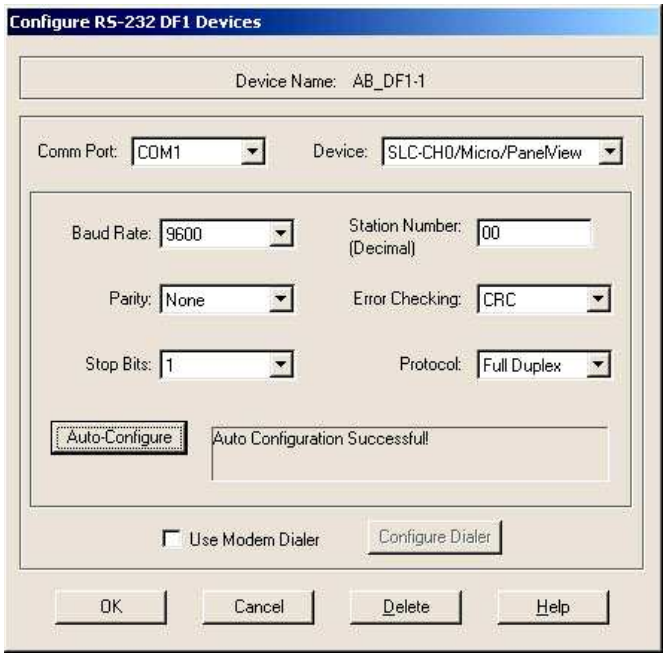


Figura 4.30 **–Ventana 2 RSLinks**

- Una vez seleccionado el Driver pulsar Add New ..., aparecerá la siguiente ventana ***(figura 4.31)*** donde se seleccionará el nombre. Al pulsar OK se entra en la ventana de configuración del nuevo Driver.

Figura 4.31 **–Ventana 3 RSLinks**

- Seleccionar el Comm Portcorrecto del PC, Device:SLC-CH0/Micro/PanelViewy Station Number:0. Teniendo el PLC conectado al PC pulsar Auto-Configure. Tras varios mensajes, cuando la configuración sea completa, aparecerá el siguiente mensaje Auto Configuration Successful! ***(figura 4.32)***



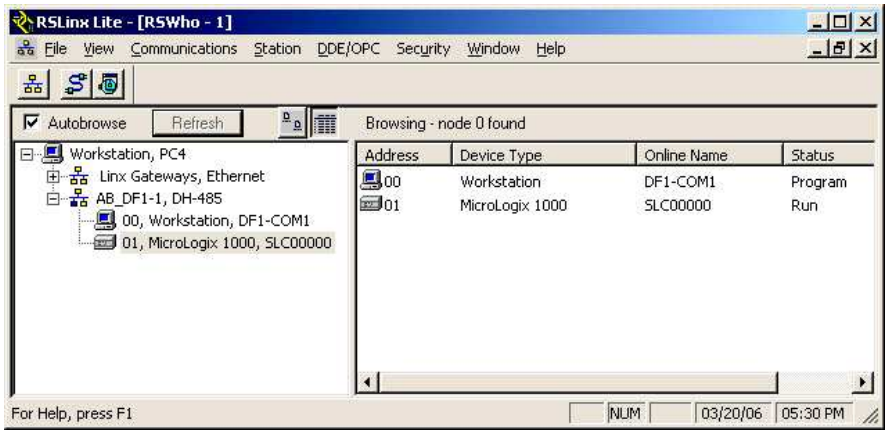


Figura 4.32 **–Ventana 4 RSLinks**

4.9.3 CONFIGURACIÓN ENTRADAS ANALÓGICAS

Una vez seleccionado el modelo y creado el proyecto de programación en software Rslogix 500, se debe configurar las entradas analógicas. Para esto en el árbol de archivos del proyecto se debe abrir la carpeta IO configuración y seleccionar el módulo de entradas analógicas.

Se despliega una ventana ***(figura 4.33),*** en esta ventana se puede elegir la configuración de entradas/salidas analógicas, habilitar o deshabilitar alguna entrada analógica, configurar filtros de entradas discretas y analógicas y cambiar el modo de la salida analógica ya sea voltaje de 0-10 Vcc ó 4-20 mA.

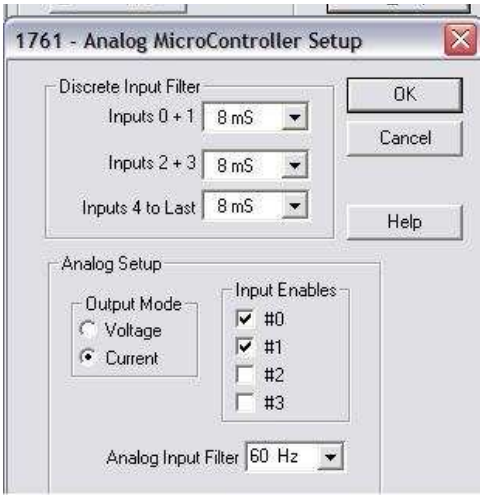


Figura 4.33 **–Ventana 1 Configuración Entradas Analógicas**

Estos cambios se deben configurar con el controlador en el modo fuera de línea, para posteriormente transferir los cambios de configuración al hardware con el comando de modo Download.

4.9.4 DESCARGA DEL PROGRAMA AL PLC

Recurriendo a los iconos de los contactos y bobinas, se realizan las diferentes subrutinas desarrolladas en el capítulo anterior, para esto se usa la lógica de escalera ***(figura 4.34)***. Una vez terminadas las subrutinas se verifican la correcta introducción del diagrama escalera usando el icono VERIFY PROJECT.

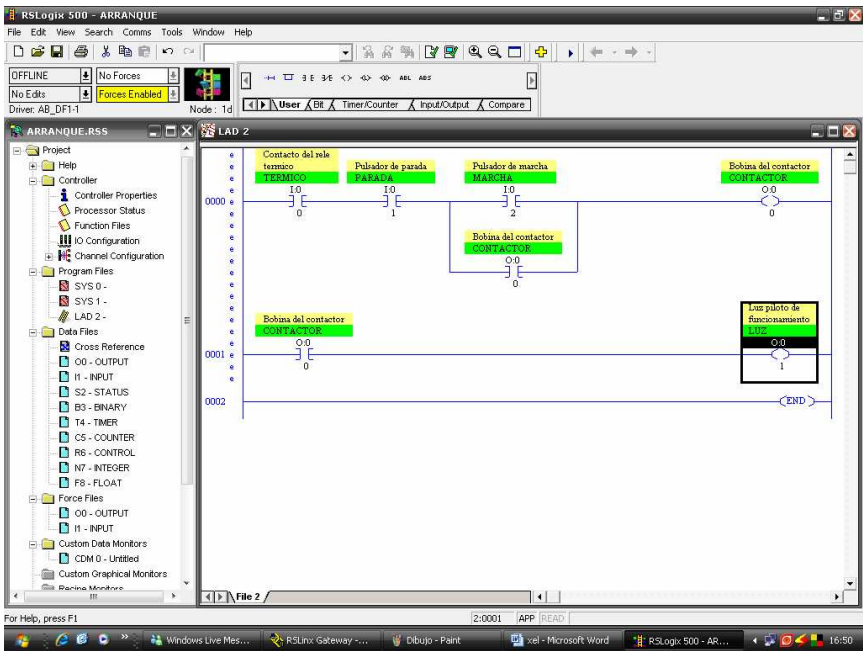


Figura 4.34 **–Diagrama de escalera**

Si se tiene 0 errores, el programa puede transferirse al PLC, para transferir el programa al PLC, primero se debe configurar el puerto de comunicación abriendo el RSlinx como se describió en la configuración de comunicaciones. Como siguiente paso se procede a descargar el programa en PLC usando el icono que se presenta en la ***figura 4.35***.

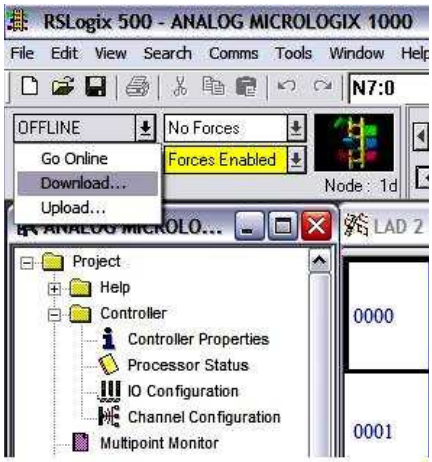


Figura 4.34 **–Descarga del Programa al PLC**

Cuando el programa ha sido descargado al PLC, se debe colocar en modo **ON LINE** para poder monitorear el comportamiento del programa desde el computador y finalmente se lo coloca al PLC en modo RUN ***(figura 4.35).***

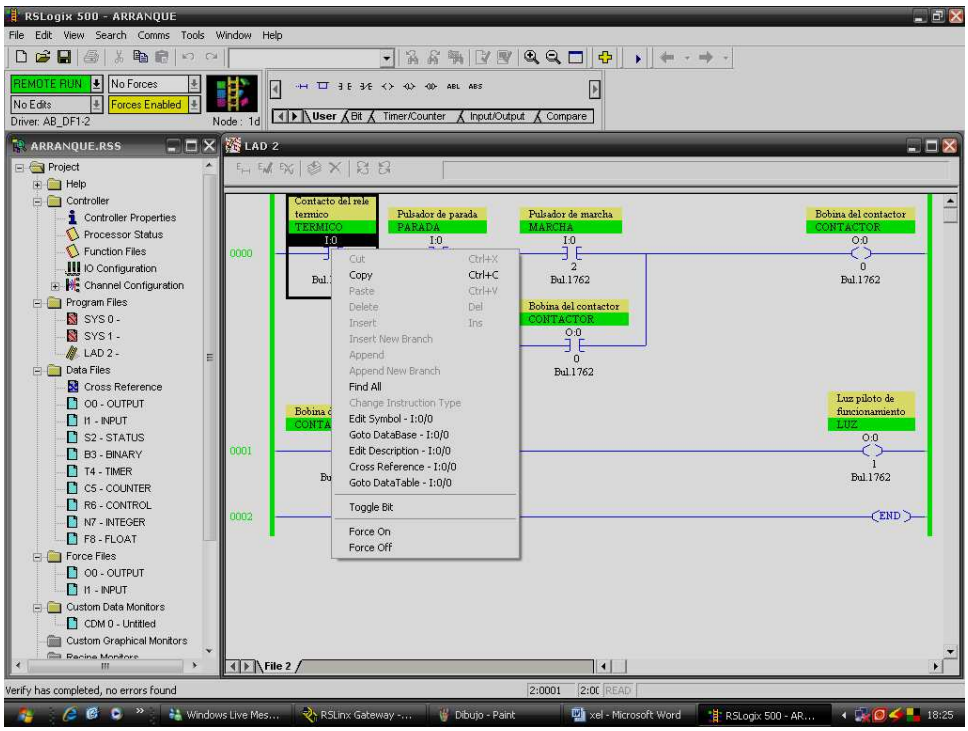


Figura 4.35 **–PLC en modo RUN**

De esta forma quedan los cambios actualizados en el controlador y el sistema de control está listo para realizar las pruebas iniciales y efectuar los cambios que sean necesarios en el programa de control. En la ***figura 4.35*** se observa el tablero de control terminado.

Figura 4.35 **–Tablero de control terminado**

CAPÍTULO 5
PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo, se detallan las pruebas realizadas al tablero de control, pruebas que consiste en revisar los materiales usados, lazos de control, pruebas de conexionado, respuesta del sistema de respaldo de energía, pruebas en vacio y pruebas con carga,

Finalmente se realizan pruebas de todo el sistema, integrando los equipos instalados y simulando una serie de eventos que podrían ocurrir en caso de un incendio, para esto fue necesario coordinar con el departamento HES y el departamento de Producción la realización de estas pruebas a distintos horarios durante 5 días.

Efectuadas las pruebas se obtuvieron una serie de resultados que permitieron analizar la respuesta del sistema automatizado de acuerdo al procedimiento que Enap Sipetrol ha desarrollado para las pruebas del sistema contra incendios.

5.1 PRUEBAS TABLERO DE CONTROL

Antes de energizar el tablero de control es necesario revisar que los lazos de control estén correctamente conexionados de acuerdo a los planos diseñados, y así determinar las condiciones de ensamble y funcionamiento de los equipos que controlaran el sistema.

5.1.1 INVENTARIO DEL EQUIPO

Este paso verifica que todos los componentes del tablero de control que serán instalados correspondan a los planos ***Internal Layout*** del panel aprobado por Enap Sipetrol. El objetivo es detectar defectos de fábrica y transporte que puedan causar deterioro o posible mal funcionamiento del ensamble final.

Esta prueba fue realizada al inicio del proceso de implementación del tablero y se encontró que todos los equipos y elementos solicitados cumplían con los requerimientos de diseño.

5.1.2 ARMADO Y CABLEADO DEL SISTEMA

Esta inspección certifica que todos los componentes y el panel de control hayan sido cableados de acuerdo con los requerimientos de la ingeniería y verifica que la conexión física de las señales a las diferentes borneras haya sido realizada de acuerdo a lo indicado en los planos de conexionado.

Dicha verificación consiste en comparar los planos de conexionado frente al ensamble, teniendo en cuenta la conexión física y continuidad del cableado realizando la prueba de conexión punto a punto.

Las pruebas de continuidad punto a punto de los lazos de control conectados dentro del tablero se realizaron con el departamento de mantenimiento dando como resultado el correcto conexionado de cada uno de los lazos de control.

5.1.3 PRUEBAS DE ALIMENTACIÓN

Una vez verificado el ensamble del panel, se procede a energizarlo para comprobar la apropiada alimentación de los diferentes equipos instalados en los tableros. Como paso previo antes de energizar el panel se realizarán las siguientes pruebas:

- ✓ Verificar que el voltaje de alimentación sea el apropiado (110 – 120 VAC), en cada una de las acometidas.
- ✓ Verificar que el voltaje de alimentación para las bombas Jockey sea el apropiado (220 VAC)
- ✓ Revisar con especial cuidado el voltaje neutro – tierra.
- ✓ Verificar que todos los breakers/fusibles del circuito de alimentación/distribución se encuentren en la posición “OFF”.
- ✓ Energizar cada uno de los paneles por secciones.
- ✓ Revisión los voltajes de alimentación de acuerdo a los planos de distribución AC/DC.
- ✓ Revisión de la adecuada operación de la luz interna del panel y su interruptor de activación.
- ✓ Revisión del voltaje (110 VAC) en el tomacorriente interno.

Una vez realizadas estas pruebas se enciende el UPS y se colocan todos los breaker y fusibles en modo ON.

5.1.4 VERIFICACIÓN DE LAS I/O DEL SISTEMA

Una vez energizado el panel se procede a probar las entradas y salidas del sistema. Para ello se desarrolla un programa de prueba usando el software RSlogix 500. En esta aplicación se lee la configuración de los módulos I/O presentes en el sistema y se verifica el estado de las entras y salidas utilizando la opción ***entradas y salidas forzadas*** que presenta el software RSlogix 500.

5.1.4.1 Verificación Entradas Digitales

En los canales correspondientes a las señales de las entradas digitales DI se simula la operación del instrumento generando el estado abierto/cerrado, y se verifica el cambio de estado en su tag entre 0 y 1 respectivamente. También se verificará el cambio de estado de los leds de indicación en el módulo de entrada. En las ***tablas 5.1*** se presentan los resultados de las pruebas realizadas.

DIGITAL INPUTS		
MODULO #	1	
TARJETA #	1762-IQ 16	
SLOT	CANAL	ESTADO
1	0	OK
1	1	OK
1	2	OK
1	3	OK
1	4	OK
1	5	OK
1	6	OK
1	7	OK
1	8	OK
1	9	OK
1	10	OK
1	11	OK
1	12	OK
1	13	OK
1	14	OK
1	15	OK

DIGITAL INPUTS		
MODULO #	2	
TARJETA #	1762-IQ 16	
SLOT	CANAL	ESTADO
2	0	OK
2	1	OK
2	2	OK
2	3	OK
2	4	OK
2	5	OK
2	6	OK
2	7	OK
2	8	OK
2	9	OK
2	10	OK
2	11	OK
2	12	OK
2	13	OK
2	14	OK
2	15	OK

DIGITAL INPUTS		
MODULO #	3	
TARJETA #	1762-IQ 16	
SLOT	CANAL	ESTADO
3	0	OK
3	1	OK
3	2	OK
3	3	OK
3	4	OK
3	5	OK
3	6	OK
3	7	OK
3	8	OK
3	9	OK
3	10	OK
3	11	OK
3	12	OK
3	13	OK
3	14	OK
3	15	OK

Tabla 5.1 – **Resultados verificación entradas digitales**

5.1.4.2 Verificación Salidas Digitales

Para esta prueba se procede a revisar si los tags correspondientes a las señales de salida digital, DO; cambian de valor de cada bit entre 0 y 1. Para verificar este cambio de estado de la salida se procede a medir el voltaje en los terminales de salida. También se verificará el cambio de estado de los leds de indicación en el módulo de salida. En la ***tabla 5.2*** se presentan los resultados obtenidos.

DIGITAL OUTPUTS			
MODULO #		4	
TARJETA #		1762-OW16	
SLOT	CANAL	ESTADO	VOLTAJE
4	0	OK	24 VDC
4	1	OK	24 VDC
4	2	OK	24 VDC
4	3	OK	24 VDC
4	4	OK	24 VDC
4	5	OK	24 VDC
4	6	OK	24 VDC
4	7	OK	24 VDC
4	8	OK	24 VDC
4	9	OK	24 VDC
4	10	OK	24 VDC
4	11	OK	24 VDC
4	12	OK	24 VDC
4	13	OK	24 VDC
4	14	OK	24 VDC
4	15	OK	24 VDC

Tabla 5.1 – **Resultados verificación salidas digitales**

5.1.4.3 Verificación Entradas Analógicas

Para los canales de entrada analógica AI se hace circular valores de corriente en cada canal (4mA, 12mA, 20mA) correspondientes a un nivel de presión en el transmisor. Los valores deben ser visualizados en los tags asociados en la aplicación de la prueba.

Para generar la corriente necesaria para realizar esta prueba se usa el calibrador de procesos FLUKE 744.

En la ***tabla 5.2*** que se presenta a continuación se observan los resultados obtenidos en esta prueba.

ANALOG INPUTS					
MODULO #				5	
TARJETA #				1762-IF4	
SLOT	CANAL	ESTADO	4mA	12mA	20mA
5	0	OK	OK	OK	OK
5	1	OK	OK	OK	OK
5	2	OK	OK	OK	OK
5	3	OK	OK	OK	OK

Tabla 5.2 – **Resultados verificación entradas analógicas**

5.1.5 VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS

Al calibrar los instrumentos se realizó la prueba de cada uno de los interruptores de presión, dando como resultado que los interruptores de presión cierren sus contactos en la presión calibrada de acuerdo a los requerimientos del sistema.

5.1.6 VERIFICACIÓN DE ALARMAS

Las alarmas del sistema son de tipo visual y sonora a través de la luz estroboscópica y de la sirena las cuales son activadas cuando una de las bombas del proceso es arrancada.

Para comprobar el correcto funcionamiento de las alarmas se envió una señal forzada en el programa de prueba para simular el arranque de las bombas.

5.2 PRUEBAS DEL PROGRAMA DE CONTROL

Verificada la parte física del sistema (HARDWARE) es necesario verificar como responde el programa de control (SOFTWARE) a los cambios realizados en modo manual y en modo automático.

5.2.1 PRUEBAS EN VACIO

Para realizar esta prueba es necesario quitar la alimentación del circuito de potencia que envía las señales a los respectivos equipos que se controlan en el sistema, de esta forma se observa la respuesta de los relés auxiliares conectados a las salidas del PLC.

5.2.1.1 Bombas Jockey

MANUAL: El sistema lee el cambio de estado provocado al pulsar el botón de START o al pulsar el botón STOP. El relé auxiliar que controla la bobina del contactor se activa o desactiva respectivamente. ***SISTEMA OK***

AUTOMÁTICO: el sistema detecta la caída de presión a 120 PSI (simulada por el calibrador de procesos 744) y activa el relé auxiliar al detectar que la presión sube a 150 PSI desactiva el relé. ***SISTEMA OK***

5.2.1.2 Bombas Mecánicas

MANUAL: El sistema lee el cambio de estado provocado al pulsar el botón de START o al pulsar el botón STOP. El relé auxiliar que controla la bobina del contactor del motor de arranque se activa durante 3 segundos y luego se desactiva. Cuando se pulsa el botón STOP se activa el relé que controla el solenoide de combustible durante 3 segundos y luego se desactiva. ***SISTEMA OK***

AUTOMÁTICO: el sistema detecta la caída de presión a 85 PSI (simulada por el calibrador de procesos 744) y activa el relé auxiliar que comanda el motor de arranque durante 3 segundos y luego lo desactiva. El sistema se encuentra en espera de la señal del pulsador de emergencia o de una sobre presión detectada por el transmisor de presión. ***SISTEMA OK***

5.2.1.3 Bomba Eléctrica

MANUAL: El sistema lee el cambio de estado provocado al pulsar el botón de START o al pulsar el botón STOP. El relé auxiliar que envía la señal al arrancador suave se activa cuando se detecta el cambio de estado en el pulsador START y se desactiva al detectar la señal de STOP. ***SISTEMA OK***

AUTOMÁTICO: el sistema detecta la caída de presión a 100 PSI (simulada por el calibrador de procesos 744) y activa el relé auxiliar que envía la señal al arrancador suave. El sistema se encuentra en espera de la señal del pulsador de emergencia o de una sobre presión detectada por el transmisor de presión. ***SISTEMA OK***

5.3 PRUEBAS DEL SISTEMA FINAL

Para realizar las pruebas finales se conectan todos los equipos e instrumentos y se coordina con el departamento HES y el departamento de Producción para programar estas pruebas en horas y días distintos.

Durante 5 días consecutivos se realizaron las pruebas correspondientes, el primero y segundo día se realizaron las pruebas a las 8 am y 6 pm. El tercer y cuarto día se realizaron las pruebas a las 10 am y a las 4 pm. Para el quinto día se realizaron las pruebas a las 8 am, 12 am, 3 pm, 6 pm, y finalmente a las 8 pm.

Esta programación de días y horarios se realizó principalmente para observar el comportamiento del sistema en diferentes condiciones ambientales, obteniendo los siguientes resultados.

5.3.1 PRUEBAS EN MODO MANUAL DE BOMBAS JOCKEY 1 Y 2

Al seleccionar modo manual, se pulsa START y las bombas arrancan normalmente y presurizan la línea con los monitores cerrados. La presión llega hasta 170 PSI pues la válvula de recirculación se abre y empieza a recircular el agua para mantener constante esa presión. NO EXISTEN PROBLEMAS

5.3.2 PRUEBAS EN MODO AUTOMÁTICO DE BOMBAS JOCKEY 1 Y 2

Al seleccionar modo automático las bombas Jockey se encienden a 120 PSI y se apagan automáticamente a 150 PSI, sin que la válvula de recirculación se abra. Este proceso toma alrededor de 10 minutos pues existen fugas de agua.

Cuando las condiciones ambientales son calurosas alrededor de 35° centígrados la línea de descarga se empaqueta y las fugas son menores, dando como resultado que el tiempo entre un encendido y otro sea mayor alrededor de 20 minutos. **NO EXISTEN PROBLEMAS.**

5.3.3 PRUEBAS EN MODO MANUAL DE BOMBA ELÉCTRICA

Esta prueba se realizo con un monitor abierto, la bomba eléctrica posee una rampa de arranque que toma alrededor de 5 segundos y presuriza la línea.

Al detectar un cambio de estado en el pulsador de START el arrancador suave arranca y en todas las pruebas el tiempo de arranque fue de 5 segundos, al pulsar el botón de STOP el arrancador suave activa su rampa de deceleración que toma un tiempo de 5 segundos para proteger los golpes de ariete en la bomba centrifuga.

OBSERVACIONES: en una ocasión el arrancador suave se alarma y no permite arrancar en modo manual ni automático, la alarma se da por problemas en la red de alimentación, pues al medir el voltaje fase – neutro de la tercera línea se obtiene 389 V mientras que las otras líneas marcan 220 V.

Este inconveniente se dio una sola vez y aunque se reseteaba el arrancador suave el problema persistía pues protegía al motor eléctrico. En caso de darse este problema es mejor poner en modo OFF la bomba eléctrica.

Cabe mencionar que este inconveniente no es problema del sistema de control implementado sino de la red de alimentación.

5.3.4 PRUEBAS EN MODO MANUAL DE BOMBA MECÁNICA 1

El motor de combustión 1 arranca en un tiempo aproximado de 3 segundos al detectar un cambio en pulsador START. Este tiempo de arranque cumple con los requerimientos de la norma, en las pruebas se arranco 10 veces al motor de combustión sin existir ningún problema.

Al detectar un cambio de estado en el botón de STOP el motor de combustión se apaga instantáneamente. Es importante anotar que por motivos operativos una vez dada el pulso de arranque no es conveniente pulsar el botón de STOP sin que el motor arranque completamente pues se producen daños en el motor de arranque.

5.3.5 PRUEBAS EN MODO MANUAL DE BOMBA MECÁNICA 2

Esta bomba arranca después de un tiempo de pre-lubricación de alrededor de 6 segundos, así que en modo manual o automático hay que esperar este tiempo para que empiece a presurizar la línea de descarga.

Esta bomba arranca sin problema, pero posee un problema mecánico en las bandas, razón por la cual no se la puede tener mucho tiempo encendida. El mantenimiento para solucionar este inconveniente está programado para el día viernes 27 de mayo por el departamento de mantenimiento.

Luego de realizar el cambio de las bandas se realizaron nuevas pruebas dando como resultado el arranque optimo de la bomba mecánica 2.

5.3.6 PRUEBAS EN MODO AUTOMÁTICO DE BOMBA ELÉCTRICA

En este modo al abrir el primer monitor detecta la caída de presión y arranca automáticamente, la bomba eléctrica solo suple la apertura de hasta tres monitores llegando a 120 A aproximadamente. Razón por la cual la siguiente bomba se debe encender.

Al abrir 4 monitores con las otras bombas apagadas la bomba centrifuga acoplada al motor eléctrico comienza a cavitar por esta razón se calibro el interruptor de presión que arranca la siguiente bomba al valor de 85 PSI.

5.3.7 PRUEBAS EN MODO AUTOMÁTICO DE BOMBA MECÁNICA 1

Al abrir el cuarto monitor la bomba mecánica 1 se arranca automáticamente pues detecta una caída de presión que la eléctrica no puede suplir. La mecánica 1 suple hasta 6 monitores abiertos, manteniendo la presión y el caudal constante en los monitores.

5.3.8 PRUEBAS EN MODO AUTOMÁTICO DE BOMBA MECÁNICA 2

En caso de abrir todos los monitores el sistema detecta una caída de presión y la bomba mecánica 2 se arranca automáticamente.

Todas las bombas encendidas pueden abastecer el suficiente elemento extintor siempre y cuando el tanque de agua se encuentre a su máximo nivel.

5.3.9 PRUEBA SIMULANDO FALLO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Si todas las bombas están en modo automático y la bomba eléctrica no arranca el sistema de control detecta instantáneamente la caída de presión y además detecta que la bomba eléctrica no arranco, enviando una señal para que arranque automáticamente la bomba de combustión 1, si se abren todos los monitores la bomba de combustión 1 no abastece y enseguida arranca la bomba de combustión 2 para suplir la necesidad de agua en el sistema.

Es importante anotar que si no existe energía en la planta el sistema de control no se ve afectado pues posee un respaldo de energía con capacidad de autonomía de hasta 24 horas.

De esta manera el sistema contra incendios se encuentra operativo, con la posibilidad de operar en modo manual y en modo automático, sin importar que exista o no energía en la planta. Además el sistema posee redundancia de instrumentos asegurando que en modo automático arranque sin importar que uno o varios interruptores de presión se encuentren dañados o fuera de operación.

CAPÍTULO 6
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez finalizado el presente proyecto se llegan a las siguientes conclusiones y recomendaciones

6.1 CONCLUSIONES

- Una vez concluido el proyecto de automatización y control del sistema contra incendios, se cumplen los objetivos planteados inicialmente por Enap Sipetrol garantizando seguridad al personal y a las instalaciones de la planta de producción.

- La realización de un proyecto de ingeniería abarca una serie de pasos y factores en los que hay que tener el suficiente cuidado para dimensionar de manera adecuado los elementos a usar. En este punto la ingeniería básica y de detalle juega un papel importante para no caer en el error de sub o sobre dimensionar los elementos.

- En una planta de producción de petróleo existen una serie de riesgos latentes que pueden producir incendios de grandes proporciones, por este motivo es de vital importancia contar con un sistema contra incendios que funcione al 100% de su capacidad.

- En el proceso de extracción almacenamiento y medición de crudo existen una serie de factores que incrementan el grado de riesgo de incendio, conocer estos factores y posibles accidentes ayuda a los operadores a manejar la planta con mayor responsabilidad, recordando que el peligro siempre está presente.

- Al realizar el análisis de riesgos usando el método DOWN de incendio y explosión, se determina que el mayor riesgo se encuentra en el área de tanques, pues existe un índice de incendio y explosión mayor a 159 que indica que el riesgo es del tipo severo.

- Se concluye que el diseño del sistema contra incendios instalado actualmente en la Estación Paraíso, está correctamente direccionado para proteger el área con mayor riesgo de incendio, dentro de esta área están los tanques de lavado, reposo y de oleoducto donde se podría presentar un fuego clase B provocado por el líquido inflamable que se maneja en el proceso.

- En casos donde haya riesgo de accidentes, la seguridad contra incendios nunca debe sobreestimarse ya que el cumplimiento de los estándares internacionales y la consideración de la normativa de instalación es la diferencia entre un desenlace fatal o una reacción oportuna.

- Los resultados obtenidos luego de realizar las pruebas al sistema de control permiten concluir que la automatización y control implementado ha incrementado la confiabilidad operacional de los equipos que forman el sistema contra incendios, asegurando el arranque del mismo en cualquier situación de emergencia.

- La instalación del panel de operación local beneficia a los operadores de la Estación Paraíso, pues ahora cuentan con un sistema de fácil manejo que integra y permite operar todas las variables que posee el sistema fijo contra incendios.

- Al construir un panel de control modular y estructurado se tiene la flexibilidad de incrementar variables o lazos de control en el futuro, que permitan mantener actualizado y operativo el sistema.

- Usar un sensor de nivel en el tanque de agua permite que el sistema contra incendios posea el suficiente elemento extintor en caso de un incendio.

- Instalar instrumentos redundantes tiene como objetivo garantizar el funcionamiento del sistema en las peores condiciones de trabajo, pues la activación en modo automático no solo depende de un instrumento sino de dos señales de activación independientes.

- Al concluir con las pruebas realizadas al sistema contra incendios se debe mencionar que el sistema de automatización y control garantiza la presión y caudal de agua suficiente para refrigerar o enfriar los tanques y así evitar el fenómeno de boíl over que podría causar desastres mayores.

- Con la implementación de este nuevo sistema de control el departamento de seguridad y ambiente HES de Enap Sipetrol, ha desarrollado un formato para recopilar la información resultado de las pruebas semanales que se realizan al sistema contra incendios cumpliendo con las características que exige la norma.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda instalar sensores de gas y flama en las áreas de mayor riesgo dentro de la planta, para garantizar el monitoreo y la reacción oportuna en caso de presentarse un conato de incendio que podría causar mayor daño a la planta y al personal.

- La bomba mecánica 2 tiene un tiempo de precalentamiento que hace que el tiempo de arranque del sistema de bombeo aumente, este tiempo en caso de un incendio puede ser perjudicial para la reacción rápida del sistema. Por este motivo se recomienda cambiar el motor de combustión 2 por un motor especificado para sistemas contra incendios que posea un arranque rápido.

- Cuando se realizaron las pruebas de funcionamiento se detecto que los monitores lanza agua ubicados en la parte posterior de los tanques se encuentran dañados, por esto se recomienda cambiar las boquillas de los monitores dañadas para evitar las fugas de agua y de manera directa evitar que las bombas jockey arranquen constantemente.

- Se recomienda instalar electro válvulas para automatizar los monitores lanza agua de tal manera que no sea necesario que los operadores tenga que abrir manualmente los monitores, arriesgando su integridad en caso de producirse un incendio.

- Es recomendable revisar el acceso hacia el panel de operación local, para evitar que existan elementos que obstruyan el paso en caso de una emergencia, principalmente se recomienda eliminar la barricada de seguridad contra coches que se encuentra al ingreso del sistema contra incendios.

- Se recomienda realizar un mantenimiento correctivo de las bandas que acoplan el motor de combustión 2 con la bomba centrifuga, pues se presenta un calentamiento excesivo en las bandas cuando el motor se encuentra en funcionamiento.

- Capacitar a los operadores de la Estación Paraíso sobre los accidentes que se pueden producir en estaciones petroleras, de esta manera se podrán desarrollar acciones que minimicen las consecuencias en caso de producirse uno de estos accidentes.

- Cuando se instale un nuevo equipo o proceso dentro de la estación se recomienda realizar el estudio de riesgo y explosión para determinar el tipo de sistema contra incendios que se debe instalar.

- Para realizar un mantenimiento al sistema contra incendios es necesario revisar periódicamente el sistema de control y probar por separado el arranque de cada una de las bombas, sin olvidar al finalizar las pruebas dejar al sistema en modo automático.

- Las pruebas al sistema contra incendios deben ser realizadas en diferentes escenarios simulando los posibles eventos que se pueden producir en un incendio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS y MANUALES

- **NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION**, Fire Protection Handbook. 2da edición. Editorial MAPFRE. Madrid 1.983
- **STORCH DE GRACIA**, Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras. 1ra edición. Editorial Mcgraw-Hill. Madrid 1998.
- **ENAP SIPETROL S.A.**, Manual de Procedimientos de Seguridad. 2009.
- **HANDLEY**, William, Manual de Seguridad Industrial. 1ra edición. Editorial Mcgraw-Hill. México 1980.
- **NORMA NFPA 20**, Standard for the Installation of Stationary Pums for Fire Portection. Edición 1999. Massachusetts.
- **NORMA NFPA 15**, Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection. Edición 1996. Massachusetts.
- **NORMA NFPA 25**, Standard for the Inspection, Testing and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems. Edición 1998. Massachusetts.
- **NORMA NFPA 72**, National Fire Alarm Code. Edición 1999. Massachusetts.
- **ROCKWEL AUTOMATION**, Controladores Programables MicroLogix 1200, Manual de referencia del conjunto de instrucciones, Publicación 1762-RM001D-ES-P.
- **ALLEN BRADLEY**, Manuales para Instalación de Módulos de entradas y salidas Micrologix 1200. Familia 1762.

ARTÍCULOS

- **ROCKWEL SOFTWARE**, Getting Results Guide. 2000.
- **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE ORURO**, Software de Programación RSlogix 500. Laboratorio de Control e Instrumentación. 2000.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- **ROCKWEL AUTOMATION**, www.ab.com/micrologix.
- **UPS POWERWARE GUIDE**, www.powerware.com.
- **AUTOMATION & DRIVERS SIEMENS**, www.siemens.com/automation/mall.

ANEXOS

ANEXOS A

Formatos Enap Sipetrol S.A.

***ANEXO 1**:* FORMATO **ECU-MRS-PR-10-RG-02** CHECK LIST PARA CONTROL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS (Versión 3)

ANEXO 2**:* FORMATO ***INSTRUMENTS & SIGNAL LIST

***ANEXO 3**:* LOG DE PLANOS

ANEXOS B

1. CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS
2. PENALIZACIONES MÉTODO DOWN
3. CATÁLOGOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS

ANEXO 2: LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE DOW DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN (6ª EDICIÓN)

----------DATOS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO
FACTORES GENERALES DE RIESGO
A. Reacciones químicas exotérmicas:
-Hidrogenación..... 0,30
-Hidrólisis..... 0,30
-Isomerización..... 0,30
-Sulfonación (ArH + H2SO4 = RSO3H + H2O)..... 0,30
-Neutralización (ácido + base)..... 0,30
-Alquilación (R + grupo alquilo).....0,50
-Esterificación (ácido orgánico + alcohol)..... 0,50
-Adición (ácido inorgánico + R insaturado):
-Moderada..... 0,50
-Fuerte..... 0,75
-Oxidación:
-Proceso de combustión.....1,00
-Combinación con O2.....0,50
-Combinación con un agente vigoroso.....1,00
-Polimerización.....0,50
-Condensación (R1 + R2 = R3 + H2O, HCl, etc.).....0,50
-Halogenación (R + halógeno).....1,00
-Nitración (RH + HNO3 = RNO2 + H2O).....1,25
B. Procesos endotérmicos (aplicar sólo a reactores):
-Energía con fuego directo (calcinación, pirólisis).....0,40
-Energía sin fuego directo (incluido electrolisis).....0,20
-Pirólisis o cráquing.....0,20
C. Manejo y transferencia de material:
-Carga y descarga de líquidos con FP <= 37.8 C que implica co (desco) nexión de líneas (ej. mangueras)...0,50
-Uso de centrífugas, reactores o tanques agitados semiabiertos
con materiales inflam. a la temp. de proceso……..0,50
-Almacenamientos (al exterior o a cubierto):
-Gases inflambles (botellas, Nf= 3 ó 4).....0,85
-Líquidos (bidones, garrafas):
Con FP <= 37.8 C (Nf = 3 ó 4).....0,85
Con FP entre 37.8 - 60 C.....0,25
-Sólidos (cajas, sacos, pilas):
Gránulos <= 40 mm (Nf = 2).....0,40
Espumas, fibras, polvo (Nf=3).....0,65
-Factor adicional por ausencia de rociadores.....0,20
D. Unidades de proceso en zonas cerradas
(3 ó más lados cerrados sin aberturas en las bases):
-Filtros y colectores de polvo
combustible.....0,50
-Equipos que procesan líquidos combustibles:
-Entre FP - BP.....****
-A temp. >= BP.....****
-Factor de reducción
por ventilación mecánica adecuada……..0,50
E. Accesos inadecuados para el equipo de emergencia:
-Área de proceso >= 930 m2 con un sólo acceso.....0,35
-Almacén >= 2312 m2 con un sólo acceso.....0,35
F. Drenaje:

-Cubeto sin drenaje.....0,50
-Terreno plano o sin capacidad de drenaje.....0,50
-El drenaje afecta a otras unidades o servicios.....0,50
-Cubeto con drenaje sólo parcialmente adecuado.....0,25
(El drenaje es plenamente adecuado si:
i. Pendiente > 2% (tierra) o 1 % (solera)
ii. Balsa a > 8 m o un diámetro de tanque
iii. Capacidad balsa > 75% capacidad unidad + agua contra incendios durante 30 min)
FACTORES ESPECIALES DE RIESGO
A. Toxicidad del material.....****
B. Operación a vacío (no utilizar C y D):0, 300,00
-Material sensible a la humedad o el O2.....0,50
-Riesgo de formación de mezclas inflamables.....0,50
C. Operación en condiciones de inflamabilidad o próximas:
-En tanques de almacenamiento con pulmonación al aire que contienen líquidos con FP <= 37.8 C (Nf = 3 ó 4)..0,50
-En caso de fallo de instrumentos, equipo o purga.....0,30
-En procesos u operaciones de forma permanente.....0,80
-Descarga de cisternas (con líquidos inflamables a la temp. de operación) en circuito cerrado o inertizado.....0,30
D. Explosión de polvo (partículas<=420 micras según NFPA)...****
-Factor de reducción por uso de atmósfera de inerte....0,50
E. Presión de alivio (válvula seguridad, disco ruptura):
Material:
-Líquido inflamable/combustible con FP <= 60 C.....****
-Muy viscoso (breas, lubricantes, asfaltos).....****
-Gas comprimido.....****
-Gas licuado (presión de vapor >= 2.8 bar 37.8 C).....****
F. Baja temperatura:
-Acero al carbono T < temperatura de transición.....0,30
-Otros materiales a T < temperatura transición.....0,20
G. Cantidad de material combustible:
-Líquidos o gases en proceso:
-MATERIAL ESTABLE de FP<=60C o procesado a temp.>=FP……****
-MATERIAL INESTABLE (Nr = 2, 3, ó 4).....****
-Líquidos o gases en almacenamiento:
-MATERIAL ESTABLE:
Gas licuado o gas.....****
Líquido con FP <= 37.8 C.....****
Líquido con FP entre 37.8 - 60 C.....****
-MATERIAL INESTABLE.....****
-Sólidos en almacenamiento:
-MATERIAL ESTABLE:
Anexo I 331
Densidad >= 160
kg/m3.....****
Densidad < 160 kg/m3.....****
-MATERIAL INESTABLE (Nr >=2).....****
H. Corrosión y erosión:

-Corrosión < 0.5 mm/año, picaduras o erosión local.....0,10
-Corrosión entre 0.5 - 1 mm/ año.....0,20
-Corrosión > 1 mm/año.....0,50
-Riesgo de rotura por fatiga del material.....0,75
-Uso de revestimientos para prevenir la corrosión.....0,20
J. Pérdidas de fluido combustible por cierres y juntas:
-Pérdidas menores en sellos equipos rotativos y juntas.....0,10
-Pérdida regular en sellos equipos rotativos y juntas...
.....0,30
-Procesos con ciclos de presión o temperatura.....0,30
-Pérdidas de fluidos penetrantes o abrasivos.....0,40
-Presencia de mirillas o juntas de expansión.....1,50
K. Presencia de hornos próximos a la unidad de proceso:
-Quemador estándar (cámara a depresión):
-Material a temp. entre FP - BP.....****
-Material a temp. >= BP.....****
-Quemador a sobrepresión. Toma de aire elevada (>3 m):
-Material a temp. entre FP - BP.....****
-Material a temp. >= BP.....****
L. Uso de equipos de intercambio con aceite térmico:
-Temp. operación entre FP - BP del aceite.....****
-Temp. operación > BP del aceite.....****
M. Equipos en rotación de gran potencia:
-Unidad de proceso con bomba >= 75 HP (56 kW).....0,50
-Unidad de proceso con compresor >= 600 HP (447kW)……..……0,50

-Agitadores y bombas de circulación cuyo fallo puede desarrollar un proceso exotérmico.....0,50
-Equipos problemáticos con gran velocidad de giro (centrífugas, etc.).....0,50

FACTORES DE BONIFICACION POR CONTROL DE PROCESO

a. Energía de emergencia (con conmutación automática) para los servicios esenciales de la unidad.....0,98
b. Refrigeración durante 10 min. de condiciones anormales:
-Capaz de evacuar el 100 % del calor previsto.....0,99
-Capaz de evacuar el 150 % del calor previsto.....0,97
c. Sistemas de alivio de:
-Explosiones (de vapores o polvo).....0,84
-Sobrepresiones por condiciones anormales.....0,98
d. Parada de emergencia:
-Automática activada por un sistema redundante.....0,98
-De equipos rotativ. críticos (compresores,turbinas):
MANUAL por alarma de detectores de vibración.....0,99
AUTOMATICA por alarma de detectores de vibración……..0,96
e. Control por computador:
-Sólo para asistencia del operador.....0,99
-Con lógica "fallo seguro" ("fail safe").....0,97
-Puntos críticos con entradas ("inputs") redundantes..0,93
-Impide salidas o señales de mando críticas.....0,93
-Con posibilidad de mando directo por el operador.....0,93
f. Gas inerte:
-Para "blanketing" o "padding".....0,96
-Para inertización total rápida en caso de emergencia.....0,94
g. Instrucciones de operación escritas para:
-Puesta en marcha.....0,50
-Parada rutinaria.....0,50
-Condiciones normales.....0,50
-Operación a baja capacidad.....0,50
-Operación a reciclo total ("standby").....0,56
-Operación por encima de la capacidad de diseño.....1,00
-Puesta en marcha después de una breve parada.....1,00
-Puesta en marcha tras parada por mantenimiento.....1,00
-Procedimientos de mantenimiento.....1,50
d. Sistema de bloqueo que impide flujo incorrecto que podría dar reacciones indeseables.....0,98
-Parada de emergencia.....1,50
-Modificación o adiciones al equipo o tuberías.....2,00
-Condiciones anormales previsibles.....3,00
-BONIFICACION TOTAL CALCULADA (1-X/150.....1,00
h. Revisión bibliográfica sobre procesos y reactividad:
-Ocasional.....0,98
-Periódica y al día.....0,91

FACTORES DE BONIFICACION POR AISLAMIENTO DEL MATERIAL

FACTORES DE BONIFICACION POR PROTECCION CONTRA EL FUEGO

a. Detectores de fugas:
-Que activan una alarma e identifican la zona.....0,98
-Sin revisión anual..... 0,98
b. Depósito trasvase para emergencia ó venteos conducidos:
-Depósito en el área de la unidad..... 0,98
-Depósito fuera del área de la unidad.....0,96
-Venteos conducidos a antorcha o tanque cerrado.....0,96
c. Drenajes:
-Suelo con drenaje capaz de evacuar:
-El 75 % del contenido (pendiente >= 2 %).....0,91
-El 30 % del contenido.....0,95
-Cubeto con drenaje a balsa (a distancia>diám. tanque)……0,95
-Que activan un sistema de protección.....0,94
b. Acero estructural:
-Con recubrimiento ignífugo hasta:
-Altura <= 5 m.....0,98
-Altura entre 5 - 10 m.....0,97
-Altura > 10 m.....0,95
-Con refrigeración por agua:
-Sistema de inundación ("deluge").....0,98
-Sistema de pulverización ("sprinklers").....0,97
c. Tanques:
-Con doble pared.....0,91
-Enterrados.....0,84
d. Agua contra incendio (autonomía >= 4 h, >=50 % con bombas diesel):
-Presión <= 7 bar.....0,97
-Presión > 7 bar.....0,94
e. Sistemas especiales: halón,CO2,detectores humo y llama.....0,91
f. Rociadores:
-Sistemas de inundación ("deluge").....0,97
-Sistemas de pulverización:
-Tubería húmeda:
Riesgo ligero. Capacidad <= 8.5 l/(min m2).....0,87
Riesgo ordinario. Capacidad 8.5 - 15 l/(min m2).....0,81
Riesgo extra. Capacidad >15 l/(min m2).....0,74
-Tubería seca:
Riesgo ligero. Capacidad <= 8.5 l/(min m2).....0,87
Riesgo ordinario. Capacidad 8.5 - 15 l/(min m2).....0,84
Riesgo extra. Capacidad >15 l/(min m2).....0,81
-Factor multiplicador para área > 930 m2:
930 - 1860 m2.....1,06
1860 - 2790 m2.....1,09
>2790 m2.....1,12
g. Cortinas de agua (distanciadas a >= 23 m):
-1 cortina de altura <= 5 m.....0,98
-2 cortinas:1a. de altura H<=5 m, 2a. de altura<=H+2 m……0,97
h. Espuma:
-Por rociadores ("sprinklers") de funcionamiento:
-MANUAL.....0,94
-AUTOMATICO..... 0,92
-En juntas techos flotantes de depósitos con disparo:

-MANUAL.....0,97
-AUTOMATICO (activado por detectores de llama).....0,94
-En depósitos:
-Dentro de la cámara de aire.....0,95
-AUTOMATICO sobre la carcasa (monitores, etc.).....0,97
-MANUAL sobre la carcasa (mangueras, etc.).....0,94
j. Extintores portátiles - monitores:
-Extintores portátiles.....0,98
-Extintores portátiles y monitores manuales.....0,97
-Extintores portátiles y monitores telecomandados.....0,95
k. Protección de cables:
-Bandejas con sistemas de agua pulverizada.....0,98
-Bandejas enterradas.....0,94

ANEXOS C

Planos y Diagramas

PSO-P&ID-01 EVALUACION INICIAL - FIRE WATER MONITORS AT TANK FARM P&ID

PSO-P&ID-02 EVALUACION INICIAL - FIRE WATER PIPING SKID P&ID

PSO-P&ID-03 EVALUACION INICIAL - FIRE WATER STORAGE TANK P&ID

PSO-UNIF-901 EVALUACIÓN INICIAL - UNIFILAR SISTEMA CONTRA INCENDIOS

SCI-CPF-01-901 PANEL DE CONTROL JOCKEY 1 – PC-SCI-J1

SCI-CPF-03-901 PANEL DE CONTROL ELECTRICA – PC-SCI-E

SCI-CPF-04-901 PANEL DE CONTROL MECANICA 1 – PC-SCI-M1