



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

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 DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EL ARRANQUE DE MOTORES DIESEL DE BOMBEO DEL POLIDUCTO QUITO-AMBATO-RIOBAMBA**

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

**DIEGO FERNANDO GUEVARA CUBILLO**  
Email: [diegoguevara448@gmail.com](mailto:diegoguevara448@gmail.com)

**DIRECTOR: ING. JORGE MOLINA M.Sc.**  
Email: [jorge.molina@epn.edu.ec](mailto:jorge.molina@epn.edu.ec)

**Quito, Noviembre de 2011**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Guevara Cubillo Diego Fernando, 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.

---

Diego Fernando Guevara Cubillo

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Fernando Guevara Cubillo, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Jorge Molina Moya**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias primero a Dios por haberme permitido desarrollar esta meta.

Agradezco a mi familia, mis padres y mi hermana que me han apoyado y han estado conmigo siempre.

Por todo el apoyo brindado por parte del personal del Poliducto Quito-Ambato-Riobamba y por haberme permitido desarrollar este proyecto en sus instalaciones.

A todos los profesores que a lo largo de la carrera han enseñado, guiado y encaminado, y en especial al Ing. Jorge Molina por sus acertadas sugerencias y dirección.

## **DEDICATORIA**

Dedico el esfuerzo de este trabajo a mamita Virgen del Quinche, a mis padres que supieron guiar mi caminar y han sido un respaldo en cada momento de mi vida, a mi hermana que sin ella la alegría de todos los días no estuviera completa.

## CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO .....	2
1.2.1 <i>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</i> .....	2
1.2.1.1 BOMBA.....	2
1.2.1.2 MOTOR DIESEL.....	2
1.3 LA COMBUSTIÓN EN LOS MOTORES DIESEL .....	3
1.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN LOS MOTORES DIESEL .....	3
1.5 SISTEMA DE INYECCIÓN DE LOS MOTORES DIESEL .....	4
1.6 SISTEMA DE ARRANQUE DE LOS MOTORES DIESEL.....	5
1.6.1 <i>SISTEMA DE ARRANQUE MEDIANTE DISTRIBUIDOR Y VÁLVULAS DE ARRANQUE</i> .....	5
1.6.2 <i>DISPOSITIVOS DE AYUDA AL ARRANQUE</i> .....	6
1.6.2.1 BUJÍAS DE PRECALENTAMIENTO .....	7
1.6.2.2 RESISTENCIAS DE PRECALENTAMIENTO.....	7
1.7 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO .....	8
1.8 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES .....	9
1.8.1 <i>CONJUNTOS MOTOR-COMPRESOR</i> .....	9
1.8.1.1 Motor .....	9
1.8.1.2 Compresor.....	10
1.8.2 <i>PRESOSTATO</i> .....	11
1.8.3 <i>CÁMARA DE COMPRESIÓN</i> .....	11
1.8.4 <i>ELECTROVÁLVULA</i> .....	12
1.8.5 <i>UNIDAD DE MANTENIMIENTO</i> .....	12
1.8.6 <i>ACUMULADOR O DEPÓSITO</i> .....	12
1.8.7 <i>VÁLVULAS ANTIRETORNO</i> .....	13
1.8.8 <i>VÁLVULAS DE SEGURIDAD</i> .....	13
1.8.9 <i>GOBERNOR DE VELOCIDAD DEL MOTOR DIESEL</i> .....	14
1.9 NUEVA FUNCIONALIDAD REQUERIDA PARA EL SISTEMA DE CONTROL .....	15
1.9.1 <i>OBJETIVOS DEL PROYECTO Y TRABAJOS A REALIZAR</i> .....	15
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>17</b>
<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE LOS COMPRESORES .....</b>	<b>17</b>
2.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO .....	17
2.2 INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO INSTALADA .....	17
2.2.1 <i>TRANSMISOR DE PRESIÓN</i> .....	18

2.2.2	INSTALACIÓN DEL CABLE BELDEN .....	20
2.2.3	SENSORES DE VELOCIDAD.....	20
2.2.4	SENSORES PARA DETECTAR EL ACOPLAMIENTO MOTOR – BOMBA.....	21
2.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	22
2.3.1	DISPOSITIVOS CONECTADOS AL MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES (DDI) ....	24
2.3.2	DISPOSITIVOS CONECTADOS AL MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES (DDO).....	24
2.3.3	DISPOSITIVO CONECTADO AL MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS (ACI) ....	24
2.3.4	DISPOSITIVOS CONECTADOS AL MÓDULO CONTADOR DE ALTA VELOCIDAD (EHC).....	24
2.3.5	DISPOSITIVO CONECTADO AL MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS (ACO).....	25
2.4	DISEÑO DE LA LÓGICA DE CONTROL .....	25
2.4.1	CONDICIONES PARA EL ARRANQUE Y PARO DE LOS COMPRESORES .....	25
2.4.1.1	Opción local.....	26
2.4.1.2	Opción remota .....	26
2.4.1.3	Opción manual.....	26
2.4.1.4	Opción automático.....	26
2.4.2	DIAGRAMAS DE FLUJO.....	27
2.4.2.1	Diagrama de flujo del funcionamiento de los compresores .....	27
2.4.2.2	Diagramas de flujo del control de velocidad del motor diesel .....	29
2.5	PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	31
2.5.1	SECCIÓN DE PROGRAMA ADQUISICIÓN DEL DATO DE PRESIÓN.....	31
2.5.2	SECCIÓN DE PROGRAMA COMPRESORES.....	32
2.5.3	SECCIÓN DE PROGRAMA HORÓMETROS DE COMPRESORES .....	34
2.5.4	SECCIÓN DE PROGRAMA HORÓMETROS DE MOTORES DIESEL.....	34
2.5.5	SECCIÓN DE PROGRAMA VELOCIDAD DE MOTORES DIESEL .....	35
2.5.6	SECCIÓN DE PROGRAMA ACTUADOR.....	38
2.5.7	SECCIÓN DE PROGRAMA SELECCIÓN DE VELOCIDAD .....	39
2.6	CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE DEL PLC .....	40
2.6.1	CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE CONTADOR RÁPIDO EHC .....	40
2.6.2	CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE ENTRADAS ANALÓGICAS ACI .....	41
2.6.3	CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE SALIDAS ANALÓGICAS ACO.....	41
2.7	CONEXIÓN DE DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y SALIDA .....	42
2.7.1	CONEXIÓN SINKING.....	42
2.7.2	CONEXIÓN SOURCING .....	42
2.8	CONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS A LOS MÓDULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS.....	43
2.8.1	CONEXIÓN A TARJETA DE ENTRADAS DISCRETAS DDI 353 00 .....	43
2.8.2	CONEXIÓN A TARJETA DE SALIDAS DISCRETAS DDO 353 00.....	44
2.8.2.1	Utilización de interfaces Telefast para salidas discretas.....	44
2.8.3	CONEXIÓN A TARJETA DE ENTRADAS ANALÓGICAS ACI 040 00.....	45
2.8.4	CONEXIÓN A TARJETA DE SALIDAS ANALÓGICAS ACO 130 00 .....	46



2.8.5 CONEXIÓN A TARJETA DE CONTADOR RÁPIDO EHC 105 00.....	46
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>47</b>
<b>DESARROLLO DE LA HMI.....</b>	<b>47</b>
3.1 IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS VENTANAS EN LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA....	47
3.1.1 VENTANA COMPRESORES DE AIRE.....	48
3.1.2 HORÓMETROS.....	50
3.1.3 VENTANA HORÓMETROS DE COMPRESORES.....	51
3.1.4 VENTANA MOTORES DIESEL.....	51
3.1.5 VENTANA GRUPOS DIESEL .....	52
3.1.6 VENTANA HORÓMETROS GRUPOS.....	53
3.1.7 VENTANA HISTÓRICOS .....	53
3.1.8 PROGRAMACIÓN DE MARCADOR EN LA PANTALLA DE HISTÓRICOS.....	54
3.1.8.1 Scripts de Intouch.....	54
3.1.8.2 Marcador para histórico de presión de aire de compresores.....	55
3.1.8.3 Programación del botón actualizar .....	59
3.2 ALARMAS .....	59
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>61</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>61</b>
4.1 PRUEBAS Y VERIFICACIONES PREVIAS .....	61
4.1.1 VÁLVULAS SOLENOIDES.....	61
4.1.2 TRANSMISOR DE PRESIÓN .....	61
4.1.3 SENSOR INDUCTIVO DE EMBRAGUE DEL MOTOR.....	61
4.1.4 SENSOR INDUCTIVO DE MEDICIÓN DE VELOCIDAD.....	62
4.2 PRUEBA DEL PROGRAMA DEL PLC .....	62
4.3 PRUEBAS DE LA HMI.....	63
4.4 PRUEBAS OPERATIVAS .....	64
4.4.1 PRUEBA 1 .....	64
4.4.2 PRUEBA 2.....	64
4.5 RESULTADOS .....	65
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>66</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	66
5.2 RECOMENDACIONES .....	67
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>70</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 CONSTITUCIÓN DE UNA BUJÍA DE PRECALENTAMIENTO .....	7
FIGURA 1.2 BUJÍA DE PRECALENTAMIENTO EN UN CILINDRO DEL MOTOR.....	7
FIGURA 1.3 RESISTENCIA DE PRECALENTAMIENTO .....	8
FIGURA 1.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO .....	9
FIGURA 1.5 CONJUNTO MOTOR-COMPRESOR .....	10
FIGURA 1.6 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	10
FIGURA 1.7 PRESOSTATO .....	11
FIGURA 1.8 CÁMARA DE COMPRESIÓN .....	11
FIGURA 1.9 ELECTROVÁLVULA DEL COMPRESOR .....	12
FIGURA 1.10 UNIDAD DE MANTENIMIENTO .....	12
FIGURA 1.11 RECIPIENTES DE AIRE COMPRIMIDO .....	13
FIGURA 1.12 VÁLVULA ANTIRETORNO .....	13
FIGURA 1.13 VÁLVULA DE SEGURIDAD DE LOS COMPRESORES .....	13
FIGURA 1.14 VÁLVULA DE SEGURIDAD DE LAS BOTELLAS DE AIRE COMPRIMIDO .....	14
FIGURA 1.15 MOTOR ELÉCTRICO DEL GOBERNOR DE VELOCIDAD .....	14
FIGURA 1.16 ACOPLER DEL GOBERNOR .....	14
FIGURA 2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA NUEVA ESTACIÓN DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO .....	18
FIGURA 2.2 TRANSMISOR DIGITAL YOKOGAWA.....	19
FIGURA 2.3 ESQUEMÁTICO DE LA INSTALACIÓN DEL TRANSMISOR. ....	19
FIGURA 2.4 MONTAJE DEL TRANSMISOR EN EL CAMPO .....	20
FIGURA 2.5 DETECTOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO PARA ALTA FRECUENCIA, PARA MEDICIÓN DE VELOCIDAD .....	21
FIGURA 2.6 DETECTOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO PARA DETECTAR EL ACOPLAMIENTO MOTOR-BOMBA ..	22
FIGURA 2.7 ESQUEMÁTICO DEL SISTEMA DE CONTROL .....	23
FIGURA 2.8 DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPRESORES .....	28
FIGURA 2.9 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ADQUISICIÓN DEL DATO DE VELOCIDAD .....	29
FIGURA 2.10 DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR DIESEL .....	30
FIGURA 2.11 PROGRAMA PARA ADQUIRIR EL DATO DE PRESIÓN DE AIRE COMPRIMIDO .....	31
FIGURA 2.12 SECCIÓN DE PROGRAMA COMPRESORES .....	33
FIGURA 2.13 SECCIÓN DE PROGRAMA HORÓMETROS DE COMPRESORES .....	34
FIGURA 2.14 SECCIÓN DE PROGRAMA HORÓMETROS DE MOTORES DIESEL .....	35
FIGURA 2.15 SECCIÓN DE PROGRAMA PARA ASIGNACIÓN DE BITS DE CONFIGURACIÓN .....	35
FIGURA 2.17 ASIGNACIÓN DE BITS DEL REGISTRO DE CONFIGURACIÓN 2 Y 3.....	36
FIGURA 2.18 ADQUISICIÓN Y REGISTRO DE LA VELOCIDAD DE LOS MOTORES DIESEL.....	38
FIGURA 2.16 ACTIVACIÓN DE SALIDAS DE LA TARJETA ACO 130 00 .....	39
FIGURA 2.17 VELOCIDAD DE MOTORES DIESEL .....	39
FIGURA 2.18 VENTANA DE ASIGNACIÓN DE PALABRAS DEL MÓDULO DE CONTADOR RÁPIDO EHC .....	40
FIGURA 2.22 VENTANA DE CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS ACI.....	41

FIGURA 2.23 VENTANA DE CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS ACO .....	41
FIGURA 2.24 CORRIENTE PARA UN DISPOSITIVO SINKING .....	42
FIGURA 2.25 CORRIENTE PARA UN DISPOSITIVO SOURCING.....	42
FIGURA 2.26 ESQUEMA DE CONEXIÓN A TARJETA DE ENTRADAS DISCRETAS DDI 353 00.....	43
FIGURA 2.27 ESQUEMA DE CONEXIÓN A TARJETA DE SALIDAS DISCRETAS DDO 353 00 .....	44
FIGURA 2.28 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE PRECABLEADO TELEFAAST ABE-7 .....	44
FIGURA 2.29 CONEXIÓN DE TELEFAST A SALIDAS DISCRETAS .....	45
FIGURA 2.30 ESQUEMA DE CONEXIÓN A TARJETA DE ENTRADAS ANALÓGICAS ACI 040 00.....	45
FIGURA 2.31 ESQUEMA DE CONEXIÓN A TARJETA DE SALIDAS ANALÓGICAS ACO 130 00 .....	46
FIGURA 2.32 ESQUEMA DE CONEXIÓN A TARJETA DE CONTADOR RÁPIDO EHC 105 00 .....	46
FIGURA 3.1 PANTALLA PRINCIPAL DE CONFIGURACIÓN DE USUARIOS .....	47
FIGURA 3.2 PANTALLA DE LA APLICACIÓN CONTROL DE COMPRESORES .....	48
FIGURA 3.3 INDICADOR DE LA POSICIÓN DEL SELECTOR .....	49
FIGURA 3.4 RECUADRO PARA INGRESO DE RANGO MÍNIMO Y MÁXIMO DE PRESIÓN.....	49
FIGURA 3.5 SELECTOR DE ORDEN DE ENCENDIDO .....	49
FIGURA 3.6 BOTONES DE ENCENDIDO Y APAGADO DEL COMPRESOR.....	50
FIGURA 3.7 CUADRO HORÓMETRO DE COMPRESORES.....	51
FIGURA 3.8 VENTANA IGUALAR HORÓMETRO DE COMPRESORES.....	51
FIGURA 3.9 VENTANA MOTORES DIESEL.....	51
FIGURA 3.10 VENTANA CONTROL DE VELOCIDAD .....	52
FIGURA 3.11 VENTANA DE GRUPOS DIESEL .....	52
FIGURA 3.12 VENTANA DE IGUALACIÓN HORÓMETROS DE GRUPOS DIESEL.....	53
FIGURA 3.13 VENTANA DE HISTÓRICOS .....	53
FIGURA 3.14 VENTANA DE APLICACIÓN DE UN WINDOW SCRIPT .....	54
FIGURA 3.15 VENTANA DE SELECCIÓN DE WIZARDS .....	57
FIGURA 3.16 PARÁMETROS DE LA CASILLA DE CHEQUEO.....	57
FIGURA 3.17 MARCADOR DE HISTÓRICO ASIGNADO A LA VARIABLE PRESIÓN DE AIRE DE COMPRESORES .	58
FIGURA 3.18 PARÁMETROS DE LA TENDENCIA HISTÓRICA .....	58
FIGURA 3.19 BOTÓN ACTUALIZAR HISTÓRICOS .....	59
FIGURA 3.20 SCRIPT DEL BOTÓN PARA ACTUALIZAR HISTÓRICOS.....	59
FIGURA 3.21 INDICADORES DE ALARMA.....	60
FIGURA 4.1 PRUEBA DE LA SECCIÓN DE PROGRAMA VELOCIDAD DEL MOTOR DIESEL 2 .....	62
FIGURA 4.2 TACÓMETRO DIGITAL MITUTOYO.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 TIPO Y CANTIDAD DE SEÑALES I/O .....	25
TABLA 2.2 BITS DE LAS PALABRAS DE CONFIGURACIÓN DEL CONTADOR RÁPIDO .....	37
TABLA 2.3 SIGNIFICADO DE CADA BIT DE LAS PALABRAS DE CONFIGURACIÓN.....	37
TABLA 3.1 UTILIZACIÓN DE FUNCIÓN Y CAMPO DEL TAGNAME HISTTREND .....	56
TABLA 4.1 COMPARACIÓN DEL VALOR DE VELOCIDAD MEDIDO POR EL SENSOR Y EL TACÓMETRO DIGITAL	63
TABLA 4.2 MEDIDA DE LA VELOCIDAD CON SENSORES INDUCTIVOS, REGISTRADAS EN LA HMI.....	65

## **RESUMEN**

Este proyecto de titulación tiene como finalidad diseñar e implementar un nuevo sistema de control, para mejorar y facilitar las operaciones de arranque de los motores diesel de bombeo, perteneciente al Poliducto Quito-Ambato-Riobamba.

Para cumplir con este propósito, fue necesario incorporar nueva instrumentación de campo para la medición y registro de variables, modificar el sistema de control de los compresores que suministran aire comprimido para el arranque de los motores diesel; e implementar una Interface Hombre-Máquina (HMI) para visualización y comando remoto.

Todas esas actividades son abordadas con detalle en el presente escrito, a través de cuatro capítulos que se resumen a continuación:

En el primer capítulo se hace una descripción de la estación de bombeo, sus principales características técnicas y del sistema de arranque que posee. También se explica con mayor detalle el sistema de abastecimiento de aire comprimido de la estación y sus principales componentes.

En el segundo capítulo se aborda el diseño e implementación del sistema de control de presión de aire comprimido y del control de velocidad de los motores diesel. Se describe el hardware utilizado y el desarrollo del programa del PLC.

En el tercer capítulo se describe la configuración del software y las características de la HMI desarrollada.

En el cuarto capítulo se describen las pruebas realizadas al sistema implementado y se hace un análisis de los resultados obtenidos.

En el quinto y último capítulo se extraen las principales conclusiones y recomendaciones sobre este proyecto.

## **PRESENTACIÓN**

La Empresa Pública de Hidrocarburos EP-PETROECUADOR tiene una estación de bombeo dentro de las instalaciones del Terminal de Productos Limpios El Beaterio, situada al suroeste de la ciudad de Quito. Desde esta estación y a través del Poliducto Quito-Ambato-Riobamba se abastece de combustible a las diferentes provincias del país, como son: Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Carchi y Chimborazo.

La estación de bombeo cuenta con tres bombas accionadas por motores diesel y una bomba accionada por un motor eléctrico, conectada en paralelo. Los motores diesel son arrancados mediante un sistema neumático, constituido por un distribuidor de aire comprimido y válvulas de arranque dispuestas en los cilindros.

Debido a los inconvenientes que se tenían en la operatividad de los grupos de bombeo, especialmente respecto al control y monitoreo de la presión de aire comprimido, los técnicos de la empresa vieron la necesidad de incorporar algunas funciones adicionales al sistema de control existente, tales como: Mando local y remoto para el encendido y apagado de los compresores, visualización en pantalla del valor de la presión, mejor control sobre los niveles de presión que determinan el funcionamiento de los compresores, entre las más importantes.

Con base a esa necesidad se plantea y desarrolla el presente proyecto de titulación, cuyo principal objetivo es diseñar e implementar un nuevo sistema de control, que automatice el trabajo de los compresores para mantener los niveles de presión requeridos; y facilite las operaciones de arranque de los motores diesel.

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1 ANTECEDENTES.

La Empresa Pública de Hidrocarburos EP-PETROECUADOR tiene una estación de Bombeo dentro de las instalaciones del Terminal de Productos Limpios El Beaterio, situada al Suroeste de la ciudad de Quito a una cota de 2910 *m.s.n.m.* La estación inició sus actividades en 1985 luego de la reversión del Poliducto Durán – Quito, este último siendo operado desde 1973. Desde el año de 1985 El Poliducto Quito-Ambato-Riobamba ha venido operando de manera normal, abasteciendo de combustible a las diferentes provincias del país como son: Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Carchi y Chimborazo.

Este poliducto está constituido de un solo tramo de 110.4 km de longitud, con un diámetro de 6 pulgadas. A través de él se transporta gasolina súper, gasolina extra, diesel 1 y diesel 2. Su capacidad de diseño inicial fue de 570.024 gls/día, actualmente su caudal de operación es de 491.904 gls/día.

Una estación de bombeo es el corazón del poliducto y de su correcto funcionamiento depende el abastecimiento o falta de combustible en los distintos terminales y depósitos del país.

La forma de bombear los productos, emplea un proceso tipo batch o por lotes, utilizando Diesel 1, conocido como destilado, para el transporte como separador entre los combustibles.

## **1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO**

La estación de bombeo cuenta con tres bombas accionadas por motores diesel y una bomba accionada por un motor eléctrico conectada en paralelo. El conjunto Motor Diesel - Bomba se denomina Grupo de Bombeo. Conjuntamente se dispone de un sistema de válvulas, dos tanques de almacenamiento de diesel, un tanque elevado para consumo diario, y un manifold (considerable conjunto de tuberías) de entrada y salida de productos.

### **1.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Los tres grupos de bombeo a diesel son similares y sus principales características son las siguientes:

#### **1.2.1.1 BOMBA**

Tipo: Horizontal 8 Etapas

Presión nominal: 817.6 PSIG

Caudal: 600 [gls/min]

Accionamiento: Por motor diesel

Marca: Byron Jackson

Origen: Argentino

#### **1.2.1.2 MOTOR DIESEL**

Potencia: 500 Kw

Velocidad: 1300 rpm

Sistema de arranque: distribuidor de aire y válvulas de arranque

Marca: M.A.N.

Origen: Alemán



### **1.3 LA COMBUSTIÓN EN LOS MOTORES DIESEL**

El motor Diesel funciona por el principio del autoencendido o autoignición, en el que la mezcla aire-combustible arde por la gran temperatura alcanzada en la cámara de compresión, por lo que no es necesaria la chispa, como en los motores de explosión. A continuación se explica el proceso.

En cuanto el combustible frío contacta con el aire que se encuentra a gran temperatura, comienza a elevarse su temperatura, formándose vapor alrededor de cada una de las gotas. El aire circundante se enfría y toma calor de la masa de aire comprimido, transmitiéndolo nuevamente a la gota de combustible que vuelve a calentarse hasta alcanzar su temperatura de inflamación. Cuando esto ocurre, comienza la combustión y el calor producido se pasa a toda la masa de aire y combustible restante, produciéndose su inflamación.

El tiempo que transcurre entre la entrada de las primeras gotas y el inicio de la combustión se llama retardo a la inflamación, el cual representa el tiempo de giro del cigüeñal que transcurre entre el comienzo de la inyección y la inflamación del combustible. Durante este periodo se está inyectando combustible de forma continua.

La autoinflamación del combustible al momento de la inyección está determinada por dos factores fundamentales:

1. Temperatura del aire en el interior del cilindro cuando se comienza la inyección.
2. Calidad de la inyección.

### **1.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN EN LOS MOTORES DIESEL**

Es el encargado de suministrar el combustible necesario para el funcionamiento del motor, pudiéndose diferenciar dos apartados fundamentales:

- a). Circuito de alta presión, encargado de impulsar el combustible a una presión determinada para ser introducido en las cámaras de combustión.

b). Circuito de baja presión, encargado de enviar el combustible desde el depósito en que se encuentra almacenado, a la bomba de inyección.

El circuito queda formado así:

- Depósito de combustible.
- Bomba de alimentación.
- Filtro.
- Bomba de inyección.
- Inyectores.

En este circuito, la bomba de aspiración succiona combustible del depósito a través de una rejilla filtrante, que se encuentra en el extremo del tubo de aspiración. Este combustible llega a través de un primer filtro que elimina las impurezas más gruesas que lleva en suspensión el gasóleo. Después la bomba lo manda al filtro del combustible y de ahí pasa a la bomba de inyección, que lo manda a los inyectores.

## **1.5 SISTEMA DE INYECCIÓN DE LOS MOTORES DIESEL**

Para realizar la combustión es necesario inyectar una determinada cantidad de combustible finamente pulverizado en la cámara de combustión, en la cual se encuentra el aire comprimido y caliente. Dicha misión está encomendada a los inyectores, que reciben el combustible de la bomba de inyección.

La bomba de inyección se encarga de dar combustible a cada inyector en el momento oportuno y a la presión requerida, en una cantidad determinada para cada condición de funcionamiento del motor. Los inyectores tienen la función de pulverizar el combustible en el interior de las cámaras de combustión de forma uniforme sobre el aire comprimido que las llena.

El combustible debe ser inyectado en la cámara de combustión en forma bien definida, pues el correcto funcionamiento de un motor diesel depende en gran parte de una inyección correcta.

## **1.6 SISTEMA DE ARRANQUE DE LOS MOTORES DIESEL**

Al contrario que los motores y las turbinas de vapor, los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan, lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo. Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor.

Otros sistemas de arranque de motores son los iniciadores de inercia, que aceleran el volante con un motor eléctrico hasta que tiene la velocidad suficiente como para mover el cigüeñal.

Para el caso de la estación de bombeo, los motores diesel arrancan mediante un sistema neumático constituido por un distribuidor de aire comprimido y válvulas de arranque dispuestas en los cilindros.

### **1.6.1 SISTEMA DE ARRANQUE MEDIANTE DISTRIBUIDOR Y VÁLVULAS DE ARRANQUE**

Mediante este método, el proceso de arranque se realiza de la siguiente forma:

Una vez abierta la válvula de paso del depósito, el aire a presión contenido en éste se canaliza por la tubería al distribuidor de arranque, situado en la cara frontal del motor del lado del acoplamiento. Desde el distribuidor se dirige en forma sucesiva y sincronizada la entrada de aire comprimido a las válvulas de arranque de los respectivos cilindros. Al abrirse cada válvula de arranque, el aire a presión pasa al interior del cilindro correspondiente y empuja hacia abajo el émbolo de éste, poniendo así en movimiento el mecanismo de biela y manivela que giran el cigüeñal. Una vez alcanzada la velocidad de rotación necesaria para el encendido, empiezan a funcionar los distintos cilindros por sí mismos, cerrándose entonces la válvula principal de arranque para interrumpir la entrada de aire comprimido. Con el objeto de accionar con rapidez la válvula de paso del

depósito, ésta va provista de una rueda de percusión. Luego de cortada la entrada de aire, el distribuidor de arranque se encarga de eliminar automáticamente el aire contenido en las tuberías de presión.

En resumen, el sistema de arranque de los motores diesel está constituido básicamente por:

- 1) La válvula principal de arranque, que abre o cierra el paso del aire comprimido hacia el distribuidor;
- 2) El distribuidor de aire comprimido, encargado de dirigir el funcionamiento de las válvulas de arranque del motor, de acuerdo con un orden de encendido; y,
- 3) Las válvulas de arranque, una por cada cilindro del motor, que abren o cierran el paso del aire comprimido al interior de cada cilindro, para producir el movimiento del pistón.

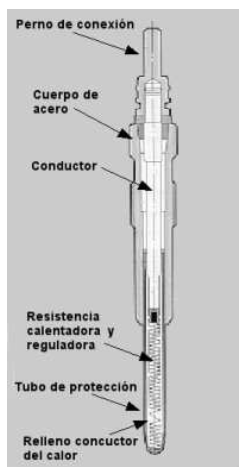
### **1.6.2 DISPOSITIVOS DE AYUDA AL ARRANQUE**

Dadas las características de funcionamiento de un motor Diesel, en donde el gasóleo inyectado debe inflamarse al contacto con el aire caliente encerrado en la cámara de combustión, se comprende que en condiciones de motor frío el arranque presente ciertas dificultades, pues en estas condiciones una parte importante de la temperatura alcanzada por el aire, en la fase de compresión, es evacuada por las paredes de la cámara, empeorando las condiciones para obtener una buena combustión. Por este motivo se han desarrollado los dispositivos de ayuda para el arranque, que consisten en disponer unos calentadores o bujías de precalentado en la cámara de combustión, que se hacen funcionar en condiciones de motor frío.

Para el caso de los motores diesel de los grupos de bombeo, estos utilizan bujías de precalentamiento y resistencias de precalentamiento.

### 1.6.2.1 BUJÍAS DE PRECALENTAMIENTO

Son del tipo de resistencia cubierta. Está constituida por un alambre muy fino cubierto por una envoltura resistente al ambiente. Estas bujías son conectadas a 24 Vdc. En la figura 1.1 se puede apreciar su constitución; y en la figura 1.2, su instalación en uno de los motores diesel.



**Figura 1.1 Constitución de una bujía de precalentamiento**



Bujía de Precalentamiento

**Figura 1.2 Bujía de Precalentamiento en un cilindro del motor**

### 1.6.2.2 RESISTENCIAS DE PRECALENTAMIENTO

Sirven para calentar el agua de recirculación en el interior del motor. Están conectadas a 220 Vac y son energizadas previo al arranque del grupo de bombeo. Una muestra de estas resistencias se ilustra en la figura 1.3.



**Figura 1.3 Resistencia de Pre calentamiento**

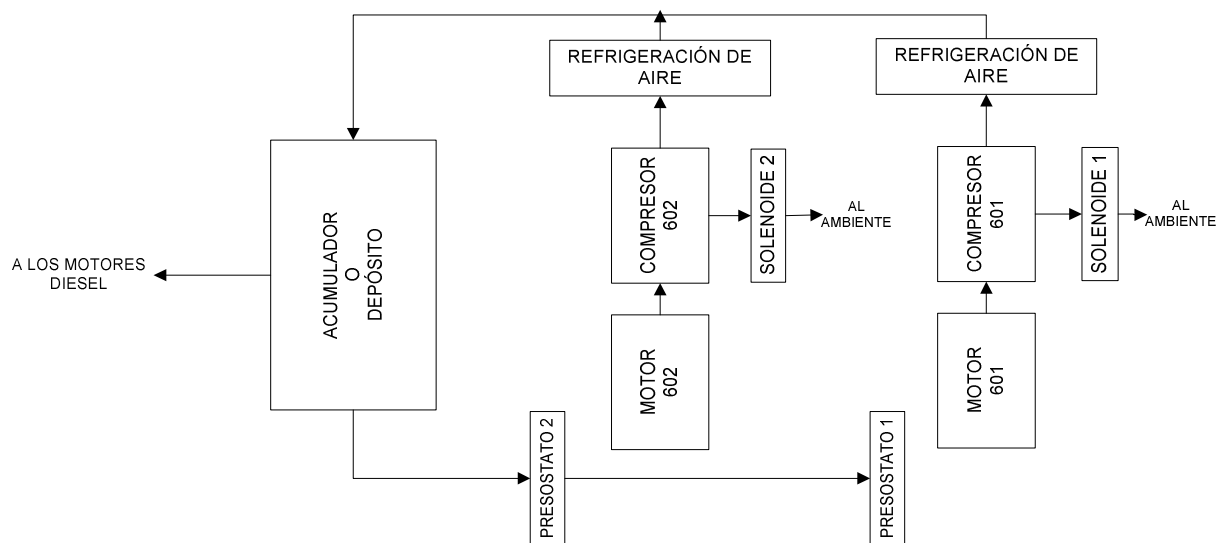
## **1.7 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO**

Para los grupos de bombeo, el aire comprimido es utilizado principalmente para iniciar el arranque de los motores diesel y para otras actividades realizadas por el personal de mantenimiento, como por ejemplo el uso de pistola neumática para ajustar pernos.

El sistema de abastecimiento de aire comprimido de la estación de bombeo está constituido básicamente por:

- Dos conjuntos Motor – Compresor
- El acumulador o depósito
- Presostatos para regular el funcionamiento de los compresores
- Válvulas de descompresión
- Válvulas de seguridad
- Unidades de mantenimiento, entre otros accesorios.

En la figura No. 1.4, se presenta, a manera de bloques, el sistema de abastecimiento de aire comprimido de la estación de bombeo.



**Figura 1.4 Diagrama de bloques del sistema de abastecimiento de aire comprimido**

## **1.8 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES**

### **1.8.1 CONJUNTOS MOTOR-COMPRESOR**

Constituyen la fuente de aire comprimido. Son dos conjuntos idénticos cuyas principales características son las siguientes:

#### **1.8.1.1 Motor**

Tipo: Motor de inducción trifásico, rotor jaula de ardilla.

Potencia: 8.7 KW

Voltaje nominal: 440 Vac, 60 Hz.

Conexión triángulo.

Corriente nominal: 15.3 A

Velocidad nominal: 1745 RPM

Rotor: HS - 5

Marca: MOT A ANGA

### 1.8.1.2 Compresor

Tipo: Émbolo oscilante con dos etapas de compresión, con refrigeración intermedia.

Presión nominal: 440 psi

Caudal: 38 m<sup>3</sup>/h

Velocidad: 1750 RPM

Tipo de regulación: Intermitente.

Marca: JP SAUER & SON



**Figura 1.5 Conjunto motor-compresor**

Luego de la etapa de compresión, el aire es enfriado por medio de un sistema de refrigeración.



**Figura 1.6 Sistema de refrigeración**



### 1.8.2 PRESOSTATO

Es un interruptor que permite ajustar los momentos de conexión y desconexión de los compresores y permite mantener constante la presión del aire en el circuito. Son ajustados en rangos de:

Presostato 1: 12 a 20 BAR

Presostato 2: 20 a 28 BAR



**Figura 1.7 Presostato**

### 1.8.3 CÁMARA DE COMPRESIÓN

Es la cámara donde el aire se comprime y filtra, para luego permitir la salida de impurezas al actuar una electroválvula o válvula solenoide, desfogando el aire restante.



**Figura 1.8 Cámara de compresión**

#### **1.8.4 ELECTROVÁLVULA.**

Una electroválvula se emplea en la cámara de compresión para permitir el desfogue de aire restante o impurezas que queden atrapadas.

Cuando el motor arranca la solenoide se cierra para que el aire se comprima y cuando el motor se apaga, ésta se abre.



**Figura 1.9 Electroválvula del compresor**

#### **1.8.5 UNIDAD DE MANTENIMIENTO**

Es un conjunto filtro de aire, regulador de presión, lubricador utilizado a la salida del sistema para el consumo del aire comprimido.



**Figura 1.10 Unidad de mantenimiento**

#### **1.8.6 ACUMULADOR O DEPÓSITO**

Es un conjunto de cuatro botellas de almacenamiento con una presión de trabajo de 427 psi y una presión máxima de 640 psi. Poseen una válvula de descarga, una válvula de carga y una válvula de seguridad.



**Figura 1.11 Recipientes de aire comprimido**

### **1.8.7 VÁLVULAS ANTIRETORNO**

Son válvulas empleadas para impedir el retorno del aire comprimido desde las botellas hacia los compresores.



**Figura 1.12 Válvula antiretorno**

### **1.8.8 VÁLVULAS DE SEGURIDAD**

Estas válvulas sirven para liberar al compresor en caso de que se sobrepresionen las cámaras de alta y baja. Vienen calibradas de fábrica con un valor de saturación mecánica. Cuando alcanzan este límite las válvulas se abren.



**Figura 1.13 Válvula de seguridad de los compresores**

Existen otras válvulas de seguridad ubicadas en las botellas de almacenamiento que actúan en el caso de sobrepresión, aliviando el sistema y brindando seguridad a la instalación.



**Figura 1.14 Válvula de seguridad de las botellas de aire comprimido**

### **1.8.9 GOBERNOR DE VELOCIDAD DEL MOTOR DIESEL**

Está constituido por un vástago accionado por un motor eléctrico, que dependiendo de su posición, permite controlar la mayor o menor cantidad de combustible que se inyecta a los cilindros. En la figura 1.15 se muestra el motor eléctrico y en la figura 1.16 su acople al gobernador.



**Figura 1.15 Motor eléctrico del gobernador de velocidad**



**Figura 1.16 Acople del gobernador**

## **1.9 NUEVA FUNCIONALIDAD REQUERIDA PARA EL SISTEMA DE CONTROL**

Con base a los inconvenientes que actualmente se tienen en la operatividad de los grupos de bombeo, los técnicos de la empresa han visto la necesidad de incorporar algunas funciones adicionales al sistema de control existente, como las que se citan a continuación:

- Mando local y remoto desde una HMI, para el encendido y apagado de los compresores.
- Visualización en pantalla del valor de la presión en los depósitos de aire comprimido, requisito previo al arranque de los grupos de bombeo.
- Ajuste, desde una HMI, de los niveles máximo y mínimo de presión que determinan el funcionamiento de los compresores.
- Registro del número de horas de funcionamiento de los compresores, para realizar tareas de mantenimiento.
- Control adecuado del gobernador del motor diesel que dosifica combustible a la cámara de combustión a través de los inyectores.

### **1.9.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO Y TRABAJOS A REALIZAR**

Con base a la nueva funcionalidad requerida, este proyecto tiene como objetivo rediseñar el sistema de control de los motores de los compresores, permitiendo tanto el mando local como remoto desde una HMI; configurar la HMI para la visualización y ajuste de los niveles de presión, para monitoreo y control de encendido y apagado de compresores, y para el control de arranque de los motores diesel.

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, se ha planificado ejecutar, entre otros, los siguientes trabajos:

- Diseño e instalación del circuito eléctrico para permitir el control de encendido y apagado de los motores, tanto de manera local como remota.
- Instalación de válvulas solenoides para permitir la compresión y posterior descompresión del aire.
- Instalación de un transmisor de presión, para el control y monitoreo de esta variable.
- Implementación de la Interfaz Hombre-Máquina (HMI) para visualización, monitoreo y operación de encendido y apagado de los compresores.
- Instalación de horómetros para registrar las horas de funcionamiento de los compresores.
- Instalación de sensores de velocidad en los motores diesel.
- Instalación de sensores en los motores diesel, para detectar motor embragado o acoplado a la bomba.
- Programación del PLC existente para la ejecución de la nueva lógica de control, e instalación de la nueva instrumentación y dispositivos de campo.

**CAPÍTULO 2**  
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO**  
**SISTEMA DE CONTROL DE LOS COMPRESORES**

## **CAPÍTULO 2**

# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE LOS COMPRESORES**

### **2.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO**

Los requerimientos para el nuevo sistema de control fueron los siguientes:

- Permitir el control tanto local como remoto del encendido y apagado de los motores de los compresores y en función de los niveles de presión.
- Posibilidad de ajustar los niveles máximos y mínimos dentro de los cuales establecer el control de la presión.
- Elaboración de una interfaz hombre-máquina para el monitoreo de la presión de aire comprimido, velocidad de los motores diesel, operación de encendido y apagado de los compresores, visualización de sobrecargas en motores.
- Contabilización de las horas de trabajo de los 2 compresores y los 3 motores diesel.

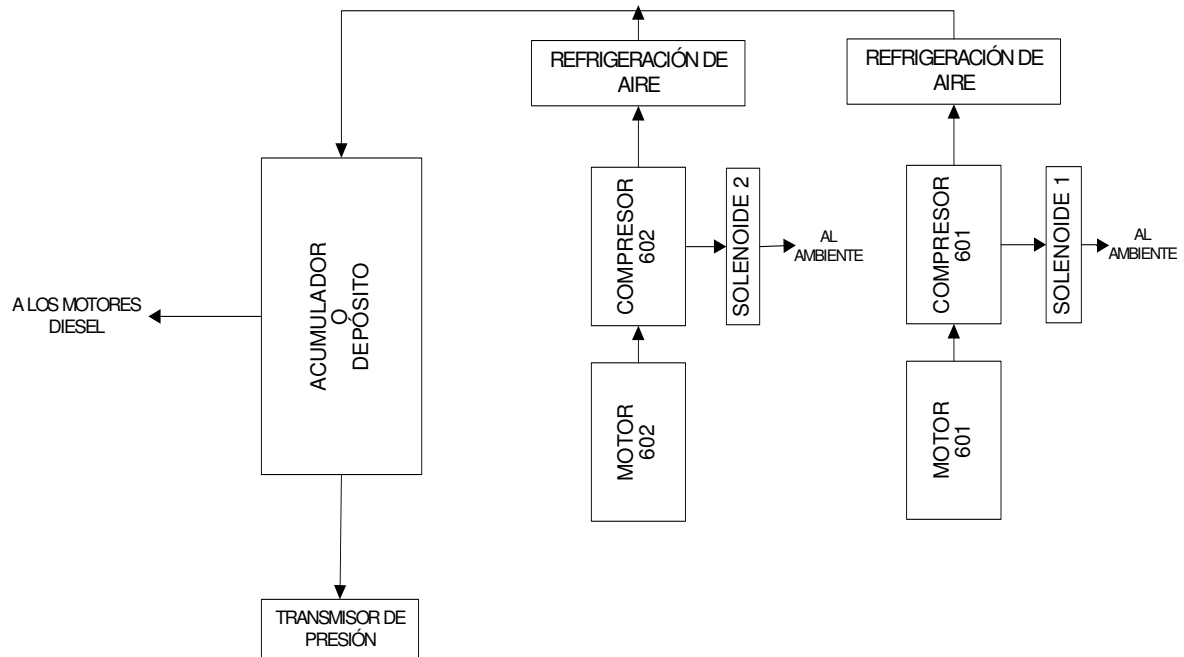
### **2.2 INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO INSTALADA**

Con base a los requerimientos de diseño, se hace necesaria la instalación de la siguiente instrumentación y dispositivos de campo:

- En lo que respecta a la estación de generación de aire comprimido y concretamente en el depósito de aire, se reemplaza los interruptores de presión (presostatos) por un transmisor de presión, con el fin de regular de mejor manera el trabajo de los compresores ante los cambios de presión. Esta señal analógica se conecta a las entradas del PLC, encargado de controlar el funcionamiento de los compresores.



En la figura 2.1 se muestra el diagrama de la estación de generación de aire comprimido propuesta.



**Figura 2.1 Diagrama de bloques de la nueva estación de generación de aire comprimido**

- Instalación de sensores de velocidad en los tres motores diesel.
- Instalación de un módulo de contador de alta velocidad en el PLC.
- Instalación de sensores para detectar si los motores diesel están embragados o acoplados a las bombas.

### 2.2.1 TRANSMISOR DE PRESIÓN

Es un instrumento que transforma la medida de presión en señal eléctrica y la acondiciona para tener un valor estándar entre 4 y 20 mA.

Por disponibilidad, en el área de mantenimiento se utiliza un transmisor de presión marca Yokogawa, cuyas principales características son las siguientes:

Rango de presión: 0 – 2000 psi

Voltaje de alimentación: 24 Vdc

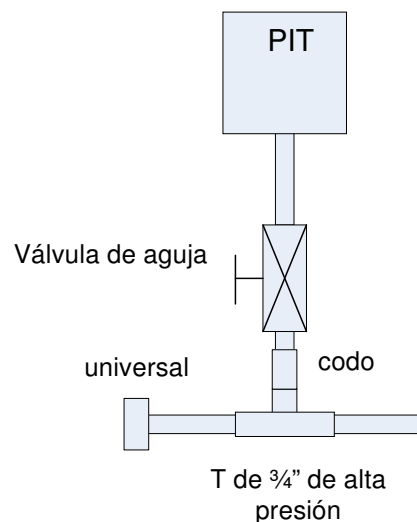
Salida: 4 – 20 mA



**Figura 2.2 Transmisor digital YOKOGAWA.**

Este transmisor es instalado en la línea de salida de los recipientes de aire comprimido, con el fin de disminuir la cantidad de tubería y accesorios de alta presión.

Para su instalación se utiliza una unión universal, un codo, dos neoplos de 1/2" y una válvula de aguja, para poder desacoplar el transmisor en caso de mantenimiento, todos los accesorios están especificados para alta presión. En la figura 2.2 se muestra un esquemático de la instalación realizada y en la fig. 2.3 una imagen del montaje en campo.



**Figura 2.3 Esquemático de la instalación del transmisor.**



**Figura 2.4 Montaje del transmisor en el campo**

Luego de su instalación se procede a detectar posibles fugas de aire en las uniones de las tuberías y accesorios. Para verificar la medida del transmisor se compara la lectura de éste con la del manómetro situado al otro extremo de la tubería, se comprueba su correspondencia a bajas presiones así como también al cargar los recipientes de aire accionando los compresores.

### **2.2.2 INSTALACIÓN DEL CABLE BELDEN**

Tratándose de un área de riesgo de incendio, para la instalación eléctrica es necesario tener en cuenta la protección o aislamiento con la que cuente el cable, su inmunidad al ruido y que los accesorios de unión sean a prueba de explosión.

Para energizar el transmisor y llevar la señal al cuarto de control se utiliza un cable Belden de un par de conductores #20 AWG. Para prevenir que el cable se dañe por estar a la intemperie, se construye un canal en el suelo para pasar un tubo conduit de  $\frac{3}{4}$ " por donde se llevaría el cable.

### **2.2.3 SENSORES DE VELOCIDAD**

El sensor utilizado para medir la velocidad de los motores diesel, es un detector de proximidad tipo inductivo. Estos sensores pueden detectar objetos metálicos, sin contacto, en un rango de 0 a 60 mm.

El detector seleccionado para esta aplicación y que es instalado en los 3 motores diesel, es de marca Pepperl Fuchs GmbH, cuyas principales características son las siguientes:

Tensión nominal: 8V

Frecuencia de conmutación: 0 – 2000 Hz

Tensión de trabajo: 5 - 25V

Distancia de conmutación de medición: 2 mm

Consumo de corriente:

Placa de medición no detectada  $\geq 3$  mA

Placa de medición detectada  $\leq 1$  mA



**Figura 2.5 Detector de proximidad inductivo para alta frecuencia, para medición de velocidad**

El sensor de velocidad es instalado a un costado del motor diesel, sobre una base de metal soldada y doblada de manera perpendicular respecto al centro del eje de la rueda, que tiene los orificios empleados para la medición. Para que el sensor permanezca firme sobre la base, se utiliza un acople de plástico fijado con tornillos y manguera flexible para protección exterior del cable del sensor.

#### **2.2.4 SENSORES PARA DETECTAR EL ACOPLAMIENTO MOTOR – BOMBA**

Para indicar que el motor diesel está acoplado a la bomba se utiliza un detector inductivo de proximidad, no necesariamente de alta frecuencia como en el caso del sensor de velocidad. El detector que se utiliza es de marca Telemecanique tipo X S2-D y las principales características son las siguientes:

Tensión Nominal: 10 – 30 Vdc

Consumo de corriente  $\leq 10$  mA

Corriente conmutada: 0 – 100 mA.



**Figura 2.6 Detector de proximidad inductivo para detectar el acoplamiento motor-bomba**

Se instala el detector de manera que coincida con la posición vertical de la barra de embrague. Para el montaje se utiliza una base de hierro, un acople y manguera flexible.

### **2.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL**

En la figura 2.7 se presenta un esquemático del sistema de control, en que se muestra el controlador y los dispositivos de entrada y salida que corresponden al presente proyecto.

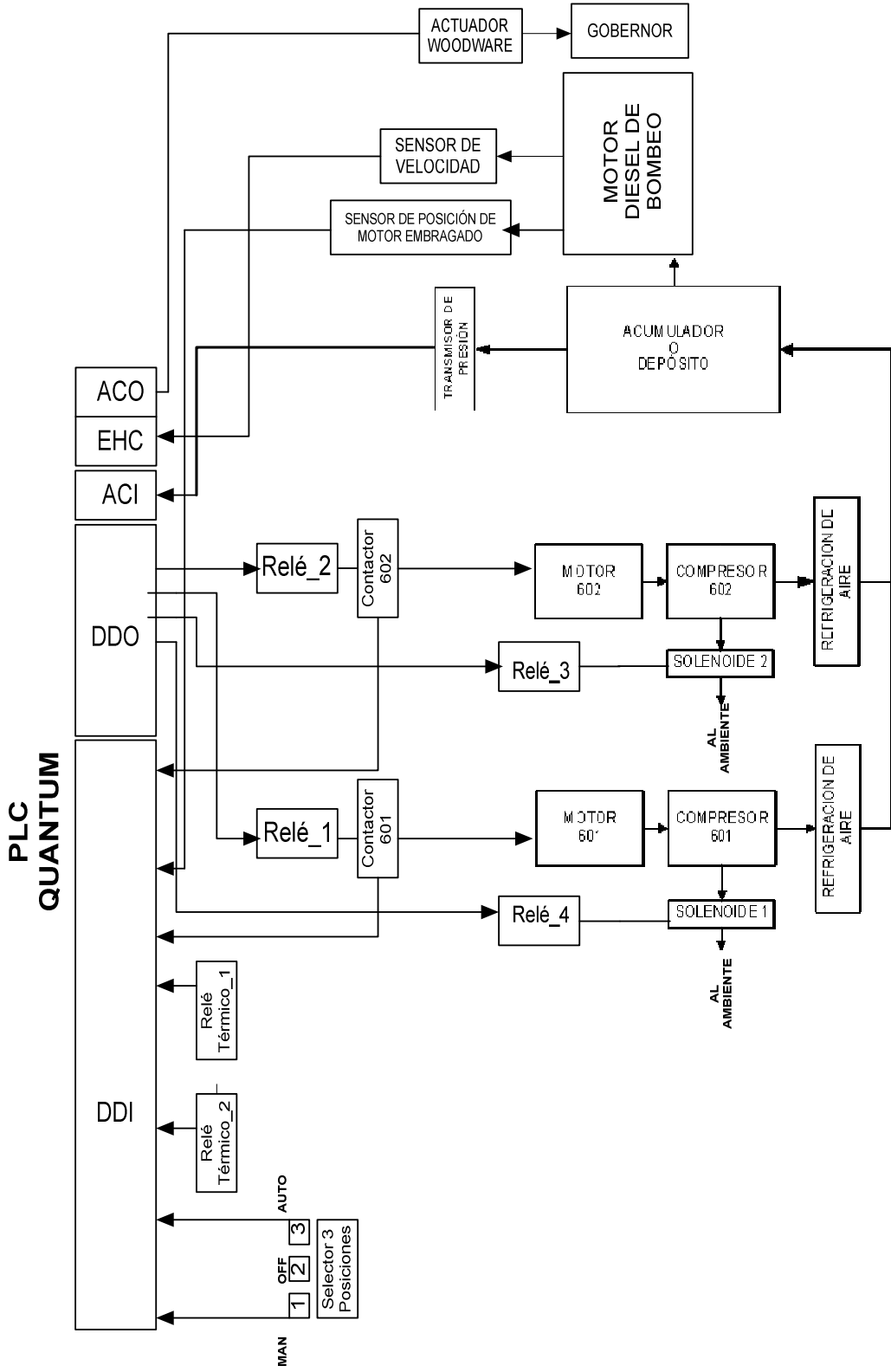


Figura 2.7 Esquemático del sistema de control

En este esquema, el controlador principal es un PLC marca Schneider Electric tipo modular, de la serie Quantum. Las entradas y salidas de campo pueden conectarse directamente a los módulos de I/O del PLC, a una red RIO (Remote Input Output) o a una red DIO (Distributed Input Output).

Los dispositivos de entrada y salida conectados al PLC Quantum y que corresponden al presente proyecto son los siguientes:

### **2.3.1 DISPOSITIVOS CONECTADOS AL MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES (DDI)**

- Selector de mando para las opciones de operación Manual y Automática
- Contactos de los relés térmicos de sobrecarga de los compresores
- Contactos auxiliares de los contactores 601 y 602 de los compresores
- Sensores de posición de motor diesel embragado (3)

### **2.3.2 DISPOSITIVOS CONECTADOS AL MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES (DDO)**

- Relés de interposición (1 y 2) para activar los contactores 601 y 602
- Relés de interposición (3 y 4) para activar las electroválvulas (solenoides) de los compresores.

### **2.3.3 DISPOSITIVO CONECTADO AL MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS (ACI)**

- Transmisor de presión

### **2.3.4 DISPOSITIVOS CONECTADOS AL MÓDULO CONTADOR DE ALTA VELOCIDAD (EHC)**

- Sensores de velocidad (3)

### 2.3.5 DISPOSITIVO CONECTADO AL MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS (ACO)

- Actuador para ajustar la velocidad en el “gobernador” del motor diesel

Tomando en cuenta los requerimientos de control para los compresores y de la velocidad del motor diesel, en la siguiente tabla se hace un resumen sobre el número y tipo de entradas y salidas que son incorporadas al PLC Quantum, para cumplir con los objetivos de este proyecto.

<b>TIPO DE SEÑAL</b>	<b>Cantidad</b>
ENTRADAS TIPO PULSOS	3
ENTRADAS DIGITALES	11
SALIDAS DIGITALES	6
ENTRADAS ANALÓGICAS	1
SALIDAS ANALÓGICAS	1

**Tabla 2.1 Tipo y cantidad de señales I/O**

## 2.4 DISEÑO DE LA LÓGICA DE CONTROL

### 2.4.1 CONDICIONES PARA EL ARRANQUE Y PARO DE LOS COMPRESORES

Las condiciones para el arranque y paro de los motores de los compresores son las siguientes:

- El arranque y paro de los compresores se realiza de manera local o remota; y de manera manual o automática.
- Si el operador observa que la presión en los recipientes no es suficiente para arrancar los motores diesel, procede a encender los compresores de forma manual, tanto en la opción local como remota.



- Para arrancar los motores, la presión en la línea de los recipientes debe ser igual o menor al valor ingresado como nivel mínimo de carga en los recipientes.
- Primero debe arrancar el compresor seleccionado como de baja presión, y operar dentro de los márgenes de presión ajustados en el PLC.
- Para parar los compresores, la presión en la línea de los recipientes debe ser mayor o igual al valor ingresado como nivel máximo de carga.

#### **2.4.1.1 Opción local**

Permite encender cualquiera de los compresores desde la botonera en campo.

#### **2.4.1.2 Opción remota**

Permite encender cualquiera de los compresores desde el tablero ubicado en el cuarto de control.

#### **2.4.1.3 Opción manual**

En esta opción se puede encender o apagar los compresores mediante los pulsadores ubicados en tablero de control. Una luz piloto indicará el estado.

#### **2.4.1.4 Opción automático**

Cuando el selector está en la posición AUTO, el valor presente de la presión, obtenido del transmisor, es comparado permanentemente con los valores mínimo y máximo ajustados, con base a lo cual automáticamente arrancan o paran los compresores.

## **2.4.2 DIAGRAMAS DE FLUJO**

Para una mejor comprensión del problema planteado, a continuación se ilustran los diagramas de flujo que gráficamente representan los algoritmos de control que se programan en el PLC.

### **2.4.2.1 Diagrama de flujo del funcionamiento de los compresores**

Para el modo automático, el funcionamiento de los compresores obedece al valor presente de la presión, medida por el transmisor, y a los valores mínimo y máximo de presión ajustados en el PLC desde la HMI.

Desde la HMI se hace la selección del compresor que arranca en primer lugar (compresor denominado de baja presión).

Si está seleccionada la opción Manual, el arranque y paro de los compresores puede realizarse de manera local, mediante los pulsadores ubicados en el tablero de control, o de manera remota desde la HMI. La opción Local o Remota se escoge por medio de un selector de mando ubicado en el tablero de control.

Tanto para la opción manual como automática, si la presión ha superado el valor de nivel máximo ajustado en la HMI se apagan los compresores.

Para cualquier caso, antes de arrancar un compresor se debe cerrar la electroválvula de la cámara de compresión, cumplido ese requisito, dos segundos después debe arrancar el compresor seleccionado como de baja presión y luego el de alta presión. Si no se sigue la secuencia indicada el aire se escapará a la atmósfera y no habrá compresión.

En la figura 2.8 se ilustra el diagrama de flujo que corresponde al funcionamiento de los compresores.

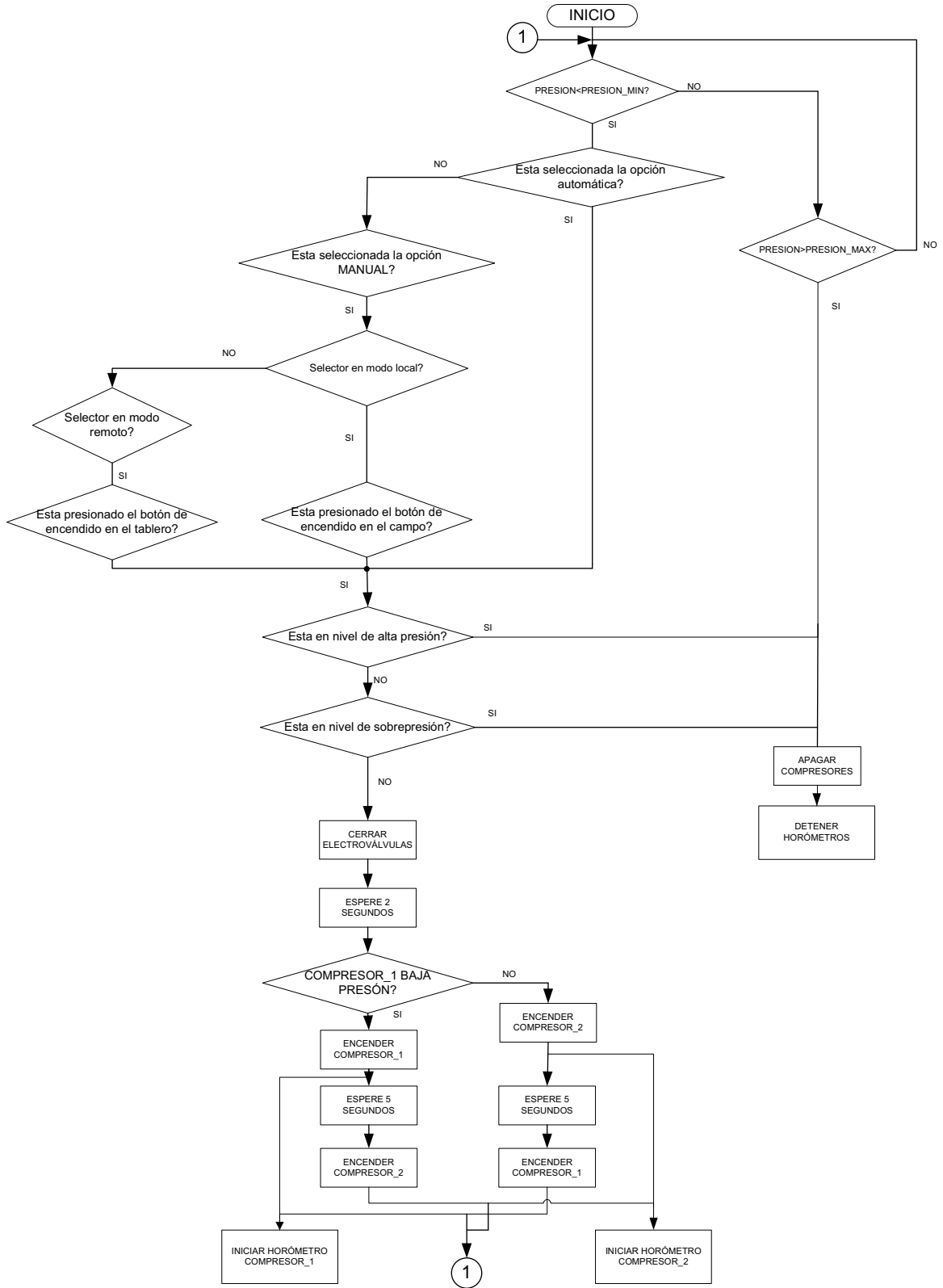
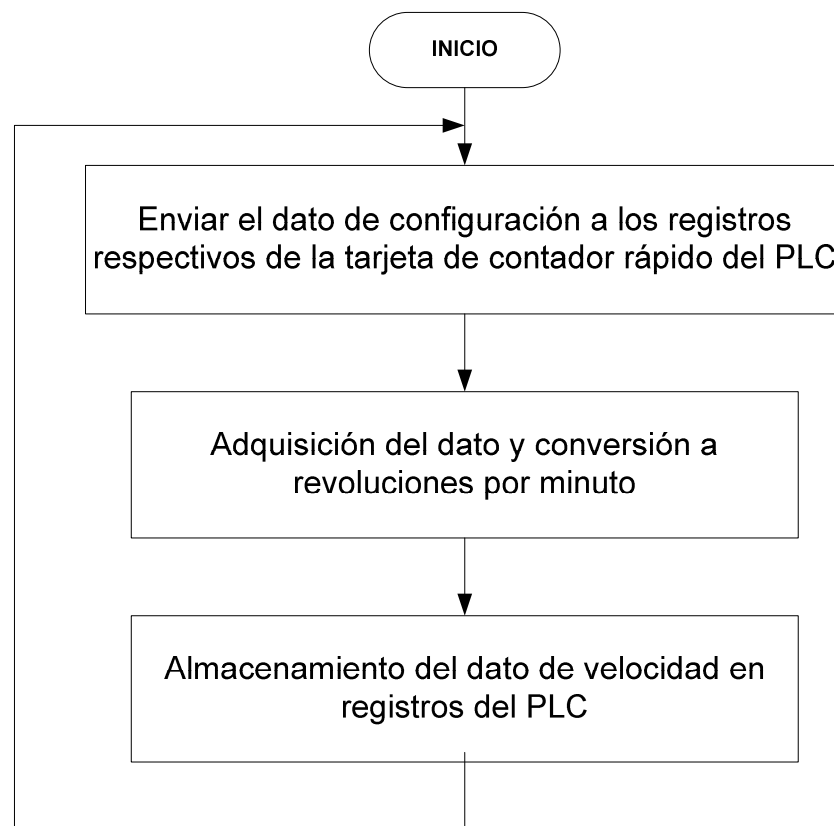


Figura 2.8 Diagrama de flujo del funcionamiento de los compresores

### 2.4.2.2 Diagramas de flujo del control de velocidad del motor diesel

Se mide la velocidad del motor diesel para, mediante este parámetro, monitorear en la HMI las fases de su funcionamiento como son: arranque, ralentí y parada.

Para tener el valor de velocidad en unidades RPM, en primer lugar es necesario configurar la tarjeta de contador rápido EHC, para contar los pulsos provenientes del sensor inductivo, luego se debe convertir el dato adquirido, tipo WORD, a variable tipo REAL, y finalmente escalarlo a revoluciones por minuto (RPM).



**Figura 2.9 Diagrama de flujo para la adquisición del dato de velocidad**

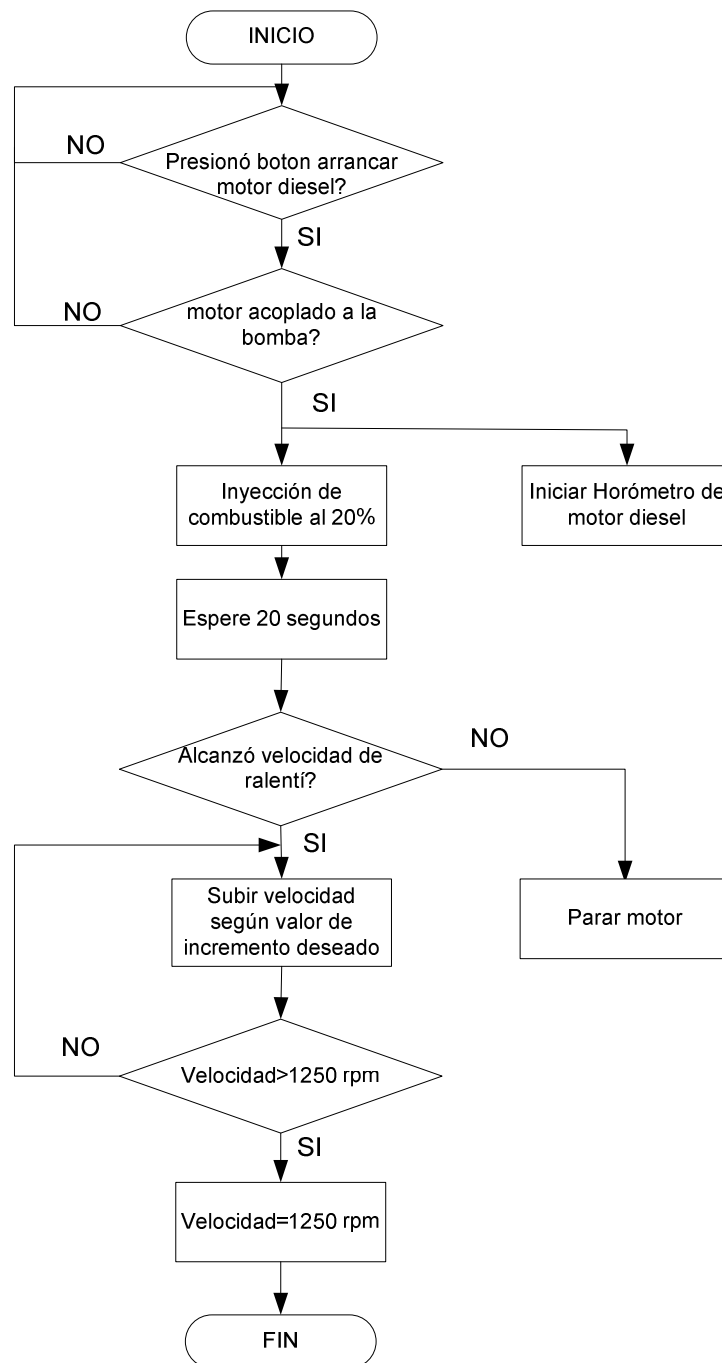
Para arrancar el motor diesel es necesario que esté acoplado a la bomba, lo cual es detectado por un sensor tipo inductivo.

Si se ha dado la señal de encendido y el motor se encuentra acoplado a la bomba, el Horómetro empieza a contabilizar el tiempo de funcionamiento del motor.

Durante la fase de arranque y hasta alcanzar la velocidad de ralentí, se inyecta un 20% de combustible a los cilindros del motor. Si durante un tiempo de 20 segundos

ocurre algún problema y no se alcanza la velocidad de ralentí, se para el motor dejando de inyectar combustible.

Cuando el motor alcanza la velocidad de ralentí, el operador puede ir incrementando paulatinamente la velocidad del motor, hasta un valor límite de 1250 rpm.



**Figura 2.10 Diagrama de flujo del control de velocidad del motor diesel**

## 2.5 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Para lograr una mayor comprensión y facilitar futuras modificaciones, el nuevo programa desarrollado en el PLC está estructurado por varias secciones de programa o subrutinas, interrelacionadas entre sí, en las cuales se ejecuta una parte de lógica de control.

Las secciones de programa creadas son las siguientes:

1. Adquisición del dato de presión
2. Compresores
3. Horómetros de compresores
4. Horómetros de motores diesel
5. Velocidad de motores diesel

El software utilizado para editar y cargar el programa en el PLC es el paquete Concept versión 2.6.

### 2.5.1 SECCIÓN DE PROGRAMA ADQUISICIÓN DEL DATO DE PRESIÓN

Para leer y escalar el dato de presión en el PLC fue necesario utilizar varios bloques de función disponibles en las bibliotecas de Concept, como se indica en la figura 2.11.

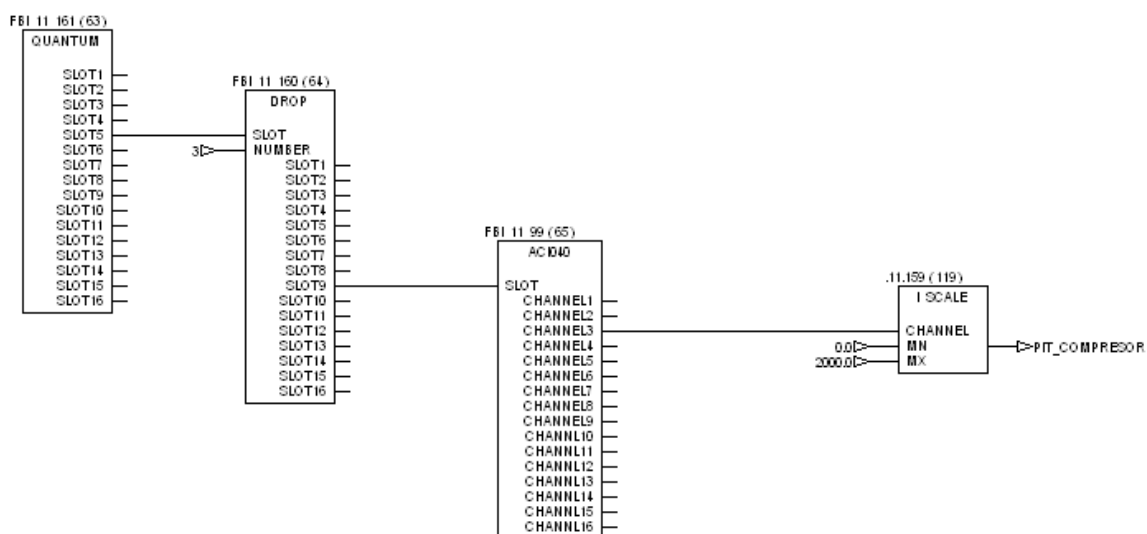


Figura 2.11 Programa para adquirir el dato de presión de aire comprimido

En este programa:

- El bloque de función Quantum, sirve para preparar los datos de configuración del bastidor central del PLC, para su posterior uso por parte de los bloques de función DROP.
- El bloque de función Drop, sirve para configurar una estación E/S distribuida o remota, para el procesamiento ulterior a través de bloques de configuración de módulos. En la entrada "Number" se indica el número de estación de E/S.
- El bloque de función ACI 040, sirve para preparar los datos de configuración del módulo ACI 04000 para su posterior uso por parte de los EFB de escala.
- El bloque de función I SCALE se utiliza para el escalamiento de variables de entradas analógicas. El dato de entrada tipo ENTERO es convertido a REAL y escalado entre los valores mínimo (MN) y máximo (MX).

### **2.5.2. SECCIÓN DE PROGRAMA COMPRESORES**

Esta sección de programa, que se presenta en la figura 2.12, se desarrolla en base al diagrama de flujo del funcionamiento de los compresores.

CONTROL MARCHA - PARO COMPRESOR 601

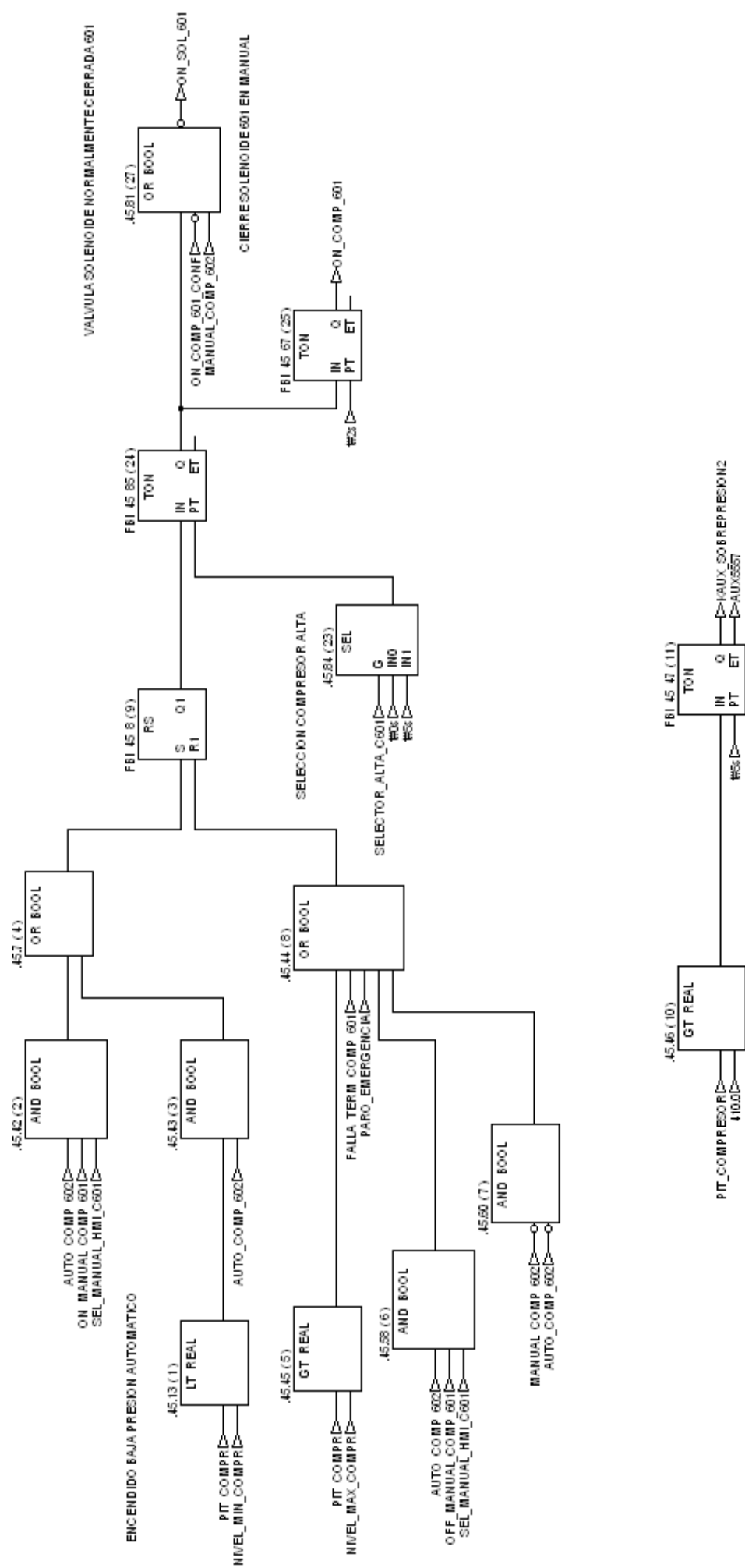


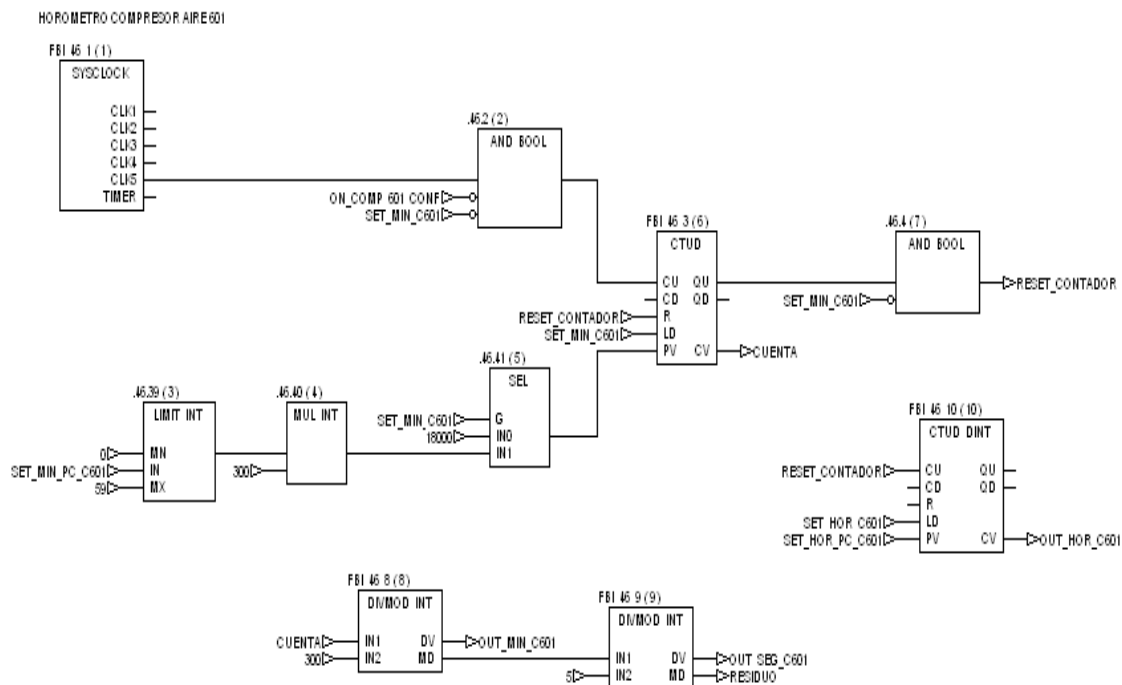
Figura 2.12 Sección de programa Compresores



### 2.5.3 SECCIÓN DE PROGRAMA HORÓMETROS DE COMPRESORES

Esta sección contiene el programa que permite contabilizar el tiempo de funcionamiento de los compresores. Los bloques fundamentales para programar esta sección son la función SYSCLOCK (generador de pulsos de reloj) y la función CTUD (contador arriba/abajo).

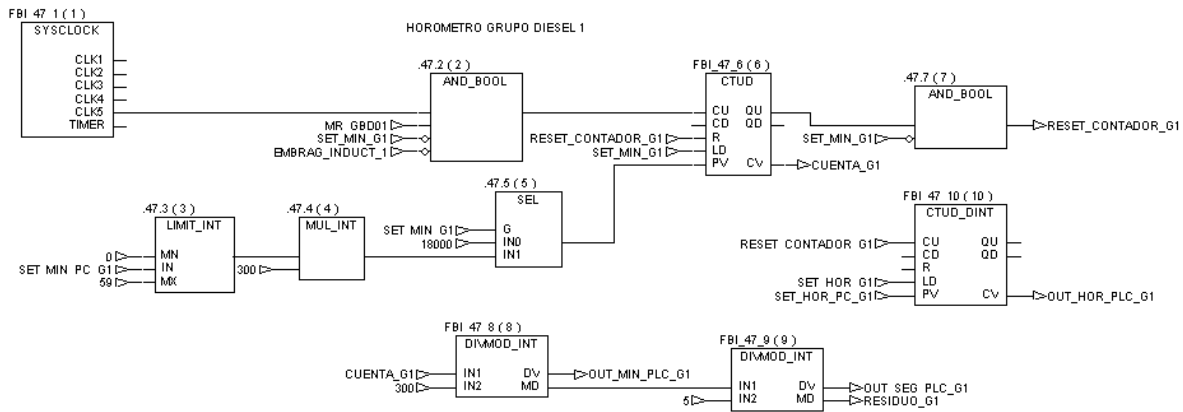
La igualación de los horómetros se realiza desde la HMI, y son detalladas más adelante.



**Figura 2.13 Sección de Programa Horómetros de Compresores**

### 2.5.4 SECCIÓN DE PROGRAMA HORÓMETROS DE MOTORES DIESEL

Para contabilizar el tiempo de trabajo de los motores diesel es necesario dos condiciones: que el motor esté acoplado a la bomba y que haya iniciado el arranque del motor. Luego, el funcionamiento del Horómetro es similar al Horómetro de los compresores.

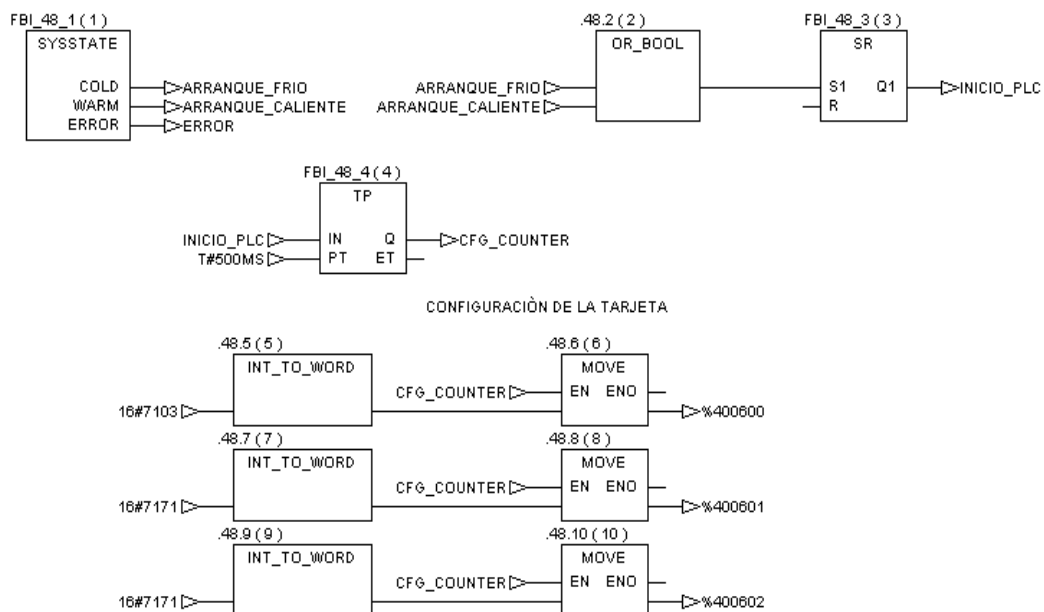


**Figura 2.14 Sección de Programa Horómetros de Motores Diesel**

### 2.5.5 SECCIÓN DE PROGRAMA VELOCIDAD DE MOTORES DIESEL

En esta sección de programa se realiza la adquisición del dato de velocidad y el control de la velocidad de los motores diesel, y está desarrollada con base a los diagramas de flujo de las figuras 2.9 y 2.10.

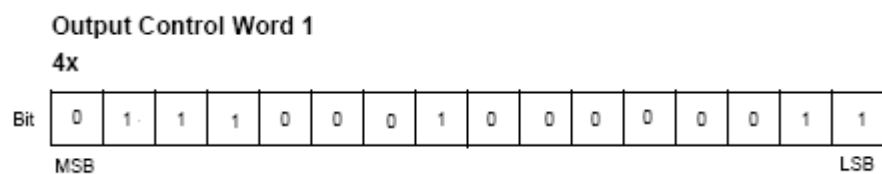
Para adquirir el dato de velocidad de los motores diesel, a partir de la señal del sensor inductivo de alta frecuencia, es necesario configurar la tarjeta de contador rápido y almacenar los datos en registros internos del PLC para su posterior lectura. En las figuras 2.15 y 2.18 se muestran los subprogramas correspondientes a esta sección.



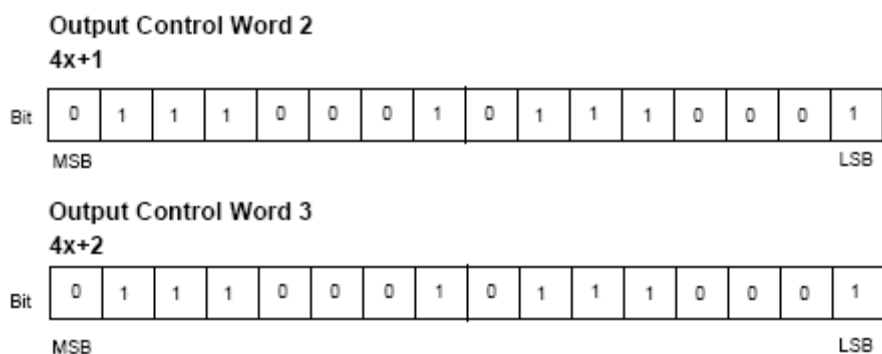
**Figura 2.15 Sección de programa para asignación de bits de configuración**

En este subprograma:

- El bloque de función SYSSTATE indica la información de estado del PLC. Con un "1" en COLD indica ciclo de arranque en frío y con "1" en WARM indica ciclo de arranque en caliente del PLC. Arranque en frío se designa el primer arranque después de una carga completa del proyecto. Arranque en caliente indica cualquier otro arranque.
- La tarjeta de contador rápido EHC posee 5 contadores independientes, siendo utilizados 3 de ellos. Al primer registro de configuración de la tarjeta de contador rápido, que es el 400600, se designa el valor 7103 en hexadecimal con el fin de poner en 1 los bits que sean requeridos para configurar el contador 1. Para configurar el contador 2 y 3 se designa el valor 7171 en los 2 siguientes registros 400601 y 400602. En las siguientes figuras se indica la asignación y el significado de cada uno de los bits en los registros de configuración.



**Figura 2.16 Asignación de bits del registro de configuración 1**



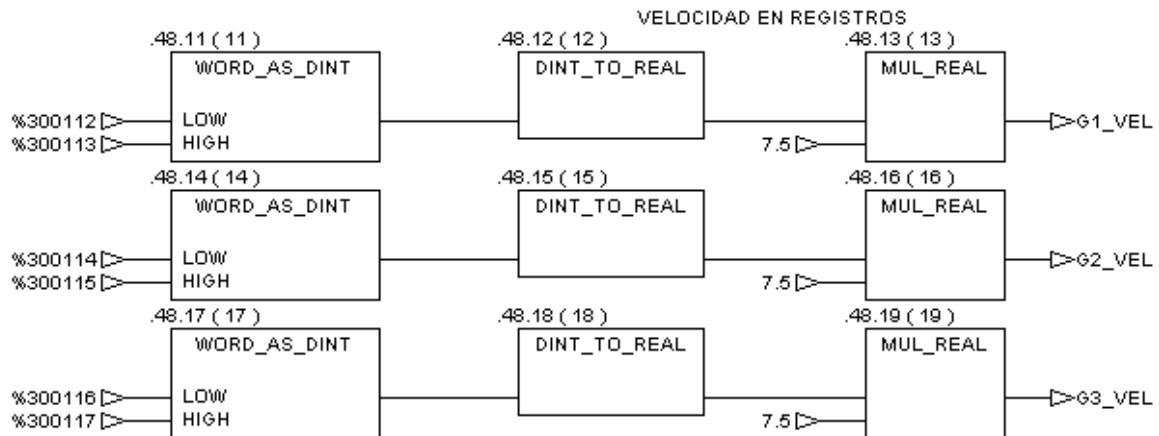
**Figura 2.17 Asignación de bits del registro de configuración 2 y 3**

	Palabra de control de salida 1: 4x + 0	Palabra de control de salida 2: 4x+1	Palabra de control de salida 3: 4x+2
Dirección de bit	Nombre de señal	Nombre de señal	Nombre de señal
15 (MSB)	Modalidad de servicio del contador 1 Consulte la siguiente tabla	Modalidad de servicio del contador 3 Consulte la siguiente tabla	Modalidad de servicio del contador 5 Consulte la siguiente tabla
14			
13			
12			
11	VR1	VR3	VR5
10	BEA1	BEA3	BEA5
9	ST1	ST3	ST5
8	LS1	LS3	LS5
7	EBUG	Modalidad de servicio del contador 2 Consulte la siguiente tabla	Modalidad de servicio del contador 4 Consulte la siguiente tabla
6			
5			
4	VAR		
3		VR2	VR4
2		BEA2	BEA4
1	FQ	ST2	ST4
0 (LSB)	Q	LS2	LS4
MSB = bit más significativo; LSB = bit menos significativo			

**Tabla 2.2 Bits de las palabras de configuración del contador rápido**

VRx	0	El contador x es progresivo
	1	El contador x es regresivo
BEAx	1	Desconexión final del contador x
STx	1	Reinicio del contador x (controlado por flanco ascendente)
LSx	1	Carga/inicio del contador x (controlado por flanco ascendente)
EBUG	1	Las salidas mantienen su estado actual durante errores de comunicación
	0	Las salidas pasan a señal 0 durante errores de comunicación
VAR	1	Los valores teóricos de salida son relativos para todos los contadores
	0	Los valores teóricos de salida son absolutos para todos los contadores.
Q	1	Reconocimiento de todos los canales del contador después de una señal de error por cortocircuito de salida (SC). Desaparecerá el LED rojo (F).
FQ	1	Reconocimiento después de errores del contador (ERR1...ERR5). Desaparecerá el LED rojo (F). Si surgen varios errores, deberán reconocerse de forma individual y uno tras otro. Sólo se reconocerá un desborde del contador si LS está activa.

**Tabla 2.3 Significado de cada bit de las palabras de configuración**



**Figura 2.18 Adquisición y registro de la velocidad de los motores diesel**

En este subprograma:

Las palabras de control de entrada para la tarjeta de contador rápido inician en 300100, obteniéndose el dato de conteo a partir de la palabra 2, es decir en los registros 300112 y 300113 por tratarse de registros de 16 bits. Las dos primeras palabras contienen bits de estado que indican errores o fallas. Para las otras dos velocidades se leen los registros consecutivos.

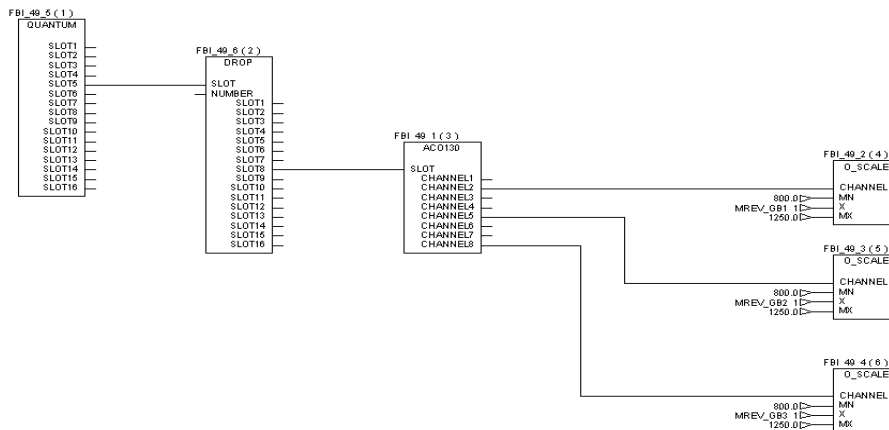
Para obtener el factor por el que se debe multiplicar la velocidad proveniente de la tarjeta de contador rápido, para convertir a revoluciones por minuto, se toma en cuenta los 8 orificios que tiene la rueda del acople motor-bomba y el cálculo siguiente:

$$\frac{\text{pulsos}}{\text{seg}} \times \frac{1 \text{ rev}}{8 \text{ pulsos}} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 7,5 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Al multiplicar luego el dato de conteo por 7.5 se obtiene la velocidad en rpm.

### 2.5.6 SECCIÓN DE PROGRAMA ACTUADOR

De forma análoga a la lectura de la variable de presión, para la variable velocidad de los motores diesel, el actuador acoplado al gobernador depende de la corriente que proviene de la tarjeta de salidas analógicas de corriente ACO 130 00, utilizando para activarla el bloque de función ACO 130 y de escalado O\_SCALE de las bibliotecas del software Concept.

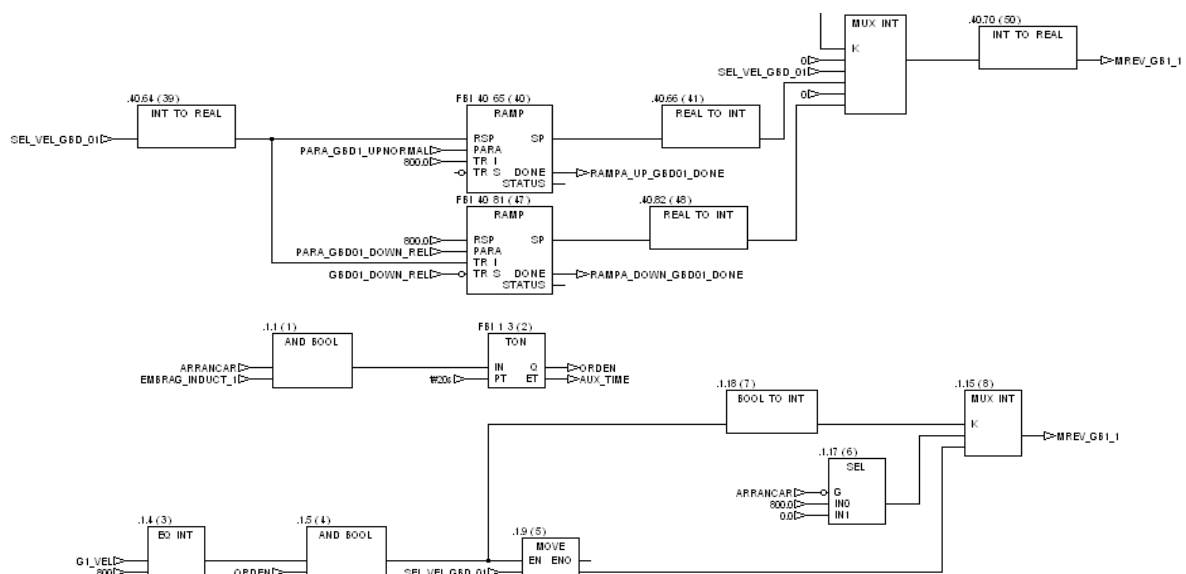


**Figura 2.16 Activación de salidas de la tarjeta ACO 130 00**

- El bloque de función ACO 130 sirve para preparar los datos de la tarjeta de salidas analógicas y asignar las referencias internas a los diferentes canales.
- El bloque de función O\_SCALE convierte del formato real, al formato entero de 16 bits. Las entradas de escalado MN y MX especifican el rango de valores para la salida.

### 2.5.7 SECCIÓN DE PROGRAMA SELECCIÓN DE VELOCIDAD

En base al diagrama de flujo de la figura 2.10, la variable MREV (motor de revoluciones) permite establecer el valor de la salida de corriente, proporcional a la velocidad seleccionada por el operador mediante la HMI.



**Figura 2.17 Velocidad de motores diesel**

Para el arranque el actuador inyecta de manera paulatina combustible a la cámara, alcanzando la velocidad de ralentí. Utilizando el bloque RAMP de Concept permite crear una rampa para alcanzar el valor deseado.

En el bloque RAMP, si el valor predeterminado en la entrada (RSP) supera el valor actual de la salida SP, el bloque de función aumentará el valor de esta salida. Si se modifica el valor de RSP durante la generación de la rampa, el bloque de función intentará alcanzar inmediatamente este nuevo valor de destino.

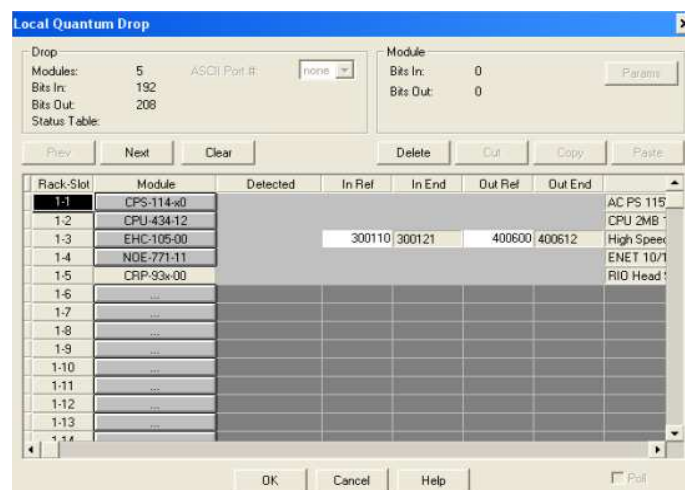
## 2.6 CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE DEL PLC

Como complemento al desarrollo del nuevo software de control, es necesario previamente, realizar la configuración del hardware del PLC, lo cual se hace también con el programa Concept.

### 2.6.1 CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE CONTADOR RÁPIDO EHC

En la configuración del módulo de contador rápido, se debe indicar el slot y las direcciones inicial y final de memoria de señal para la entrada y la salida.

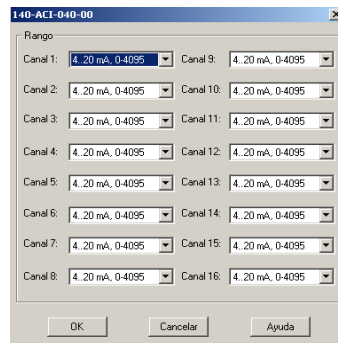
El contador utiliza 12 palabras de entrada y 13 palabras de salida en la memoria del PLC. Se direcciona a registros que no están utilizados, tales como el 300110 para la entrada y el 400600 para la salida.



**Figura 2.18 Ventana de asignación de palabras del módulo de contador rápido EHC**

## 2.6.2 CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE ENTRADAS ANALÓGICAS ACI

El procedimiento de configuración del rango de datos de la tarjeta de entradas analógicas ACI-040-00, dentro de Concept, se realiza desde la opción “Proyecto” del menú principal, pestaña “Configuración del PLC”, opción “Asignación de Entradas/Salidas”.



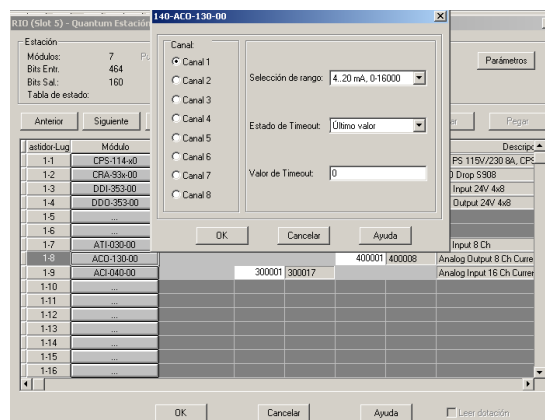
**Figura 2.22 Ventana de Configuración del módulo de entradas analógicas ACI**

El canal de la tarjeta ACI utilizado para el transmisor de presión que se encuentra disponible es el canal 3, configurándose de 4 a 20 mA y con una resolución de 0 a 4095.

## 2.6.3 CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE SALIDAS ANALÓGICAS ACO

La configuración de la tarjeta de salidas analógicas ACO se realiza al igual que la tarjeta ACI en la opción “Asignación de Entradas/Salidas” del menú Proyecto.

La tarjeta ACO 130-00 emplea 8 palabras de salida. Las salidas están configuradas a 4-20 mA y una resolución de 0 a 16000.



**Figura 2.23 Ventana de configuración del módulo de salidas analógicas ACO**



## 2.7 CONEXIÓN DE DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y SALIDA

Existen principalmente 2 formas de conectar los dispositivos de entrada y salida a un PLC:

### 2.7.1 CONEXIÓN SINKING

Si el dispositivo (durante su posición ON) recibe corriente, se dice que drena corriente (SINKING).

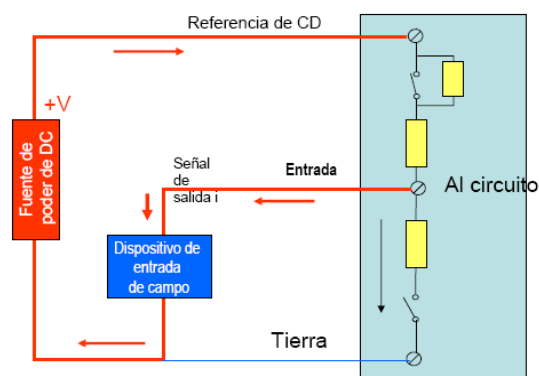


Figura 2.24 Corriente para un dispositivo sinking

### 2.7.2 CONEXIÓN SOURCING

Este esquema es el más común. Si el dispositivo (durante su posición ON) provee corriente, se dice que suministra corriente (sourcing).

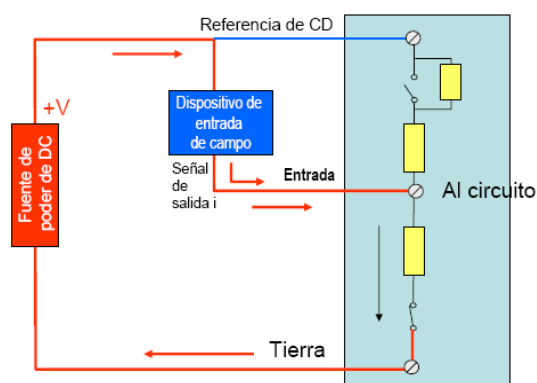
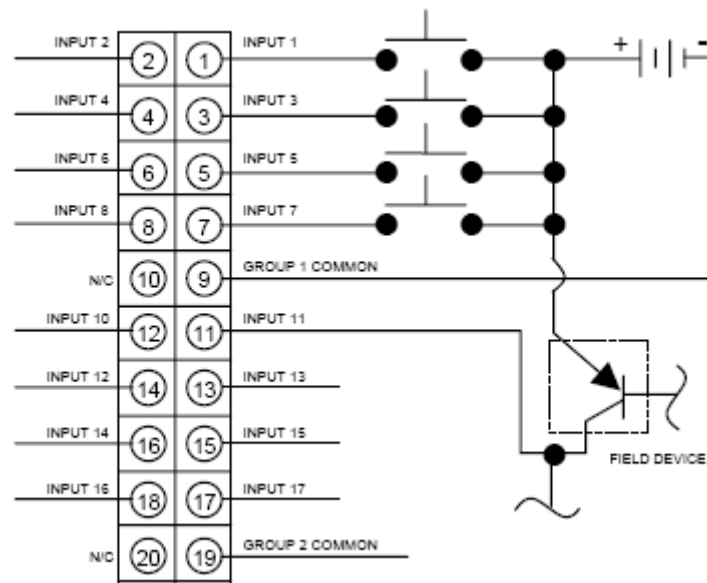


Figura 2.25 Corriente para un dispositivo sourcing

## 2.8 CONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS A LOS MÓDULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS

### 2.8.1 CONEXIÓN A TARJETA DE ENTRADAS DISCRETAS DDI 353 00

La tarjeta DDI 353 00 posee 32 entradas de 24 VDC. Es para uso con dispositivos tipo sourcing. La siguiente figura ilustra la conexión de un dispositivo a la tarjeta de entradas discretas DDI 353 00:



**Figura 2.26 Esquema de conexión a tarjeta de entradas discretas DDI 353 00**

Las características eléctricas de la tarjeta de entradas discretas DDI 353 00 son las siguientes:

Voltaje encendido	+15.....+30 VDC
Voltaje de apagado	-3.....+5 VDC
Corriente de encendido	2 mA mínimo
Corriente de apagado	0.5 mA máximo

## 2.8.2 CONEXIÓN A TARJETA DE SALIDAS DISCRETAS DDO 353 00

La tarjeta de salidas discretas DDO 353 00 provee 32 salidas de 24 VDC. Este módulo se utiliza para dispositivos conexión sinking. En la figura se muestra el esquema de conexiones.

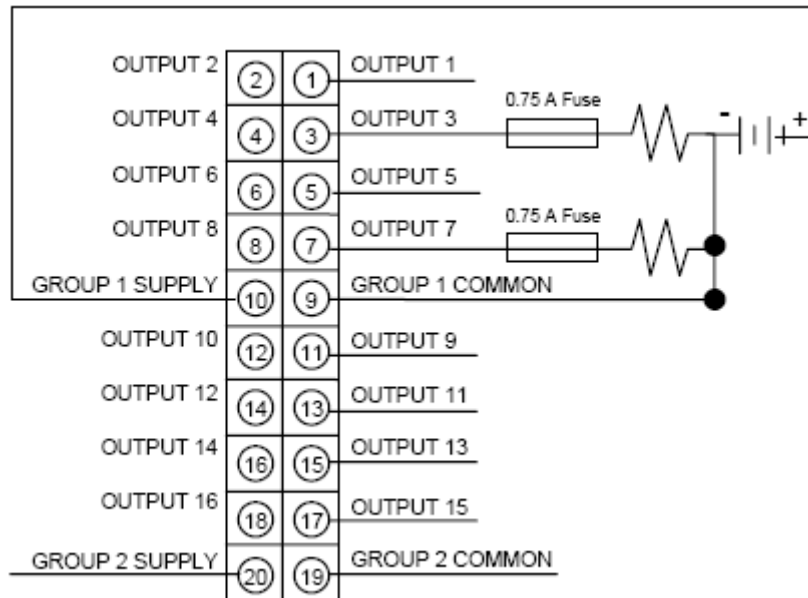


Figura 2.27 Esquema de conexión a tarjeta de salidas discretas DDO 353 00

### 2.8.2.1 Utilización de interfaces Telefast para salidas discretas

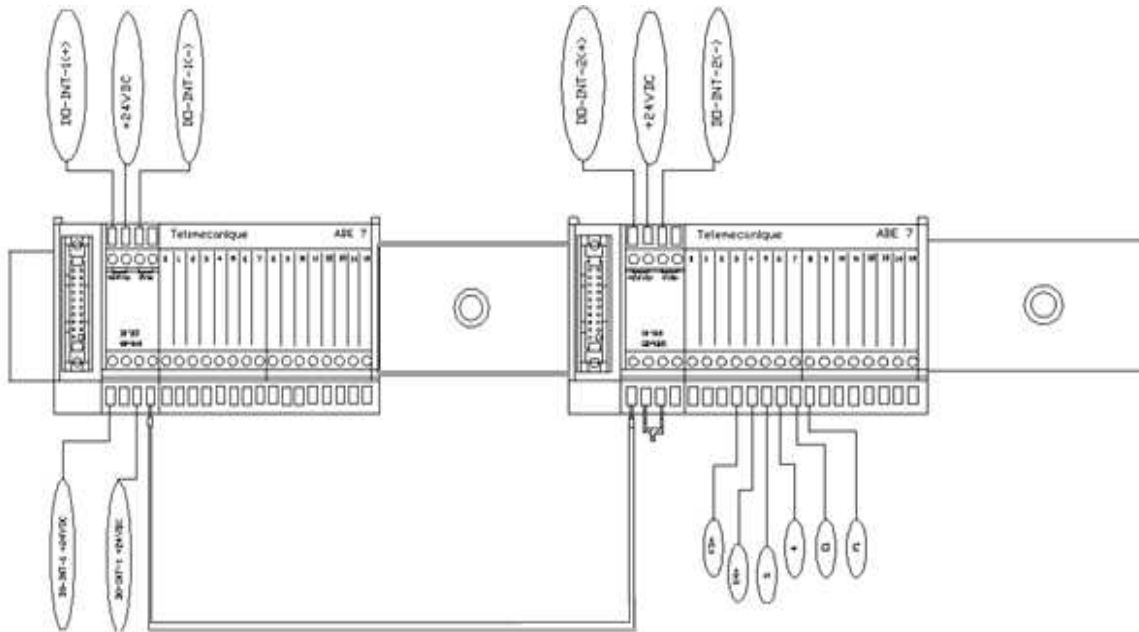
Los Telefast son sistemas de precableado que simplifican la instalación y la larga corrida del cable incorporando terminales de base. Se les conoce también como Interfaces “Todo o Nada” que permiten las conexiones entre el PLC y la parte operativa.

La interfaz Telefast utilizada es la terminal ABE-7. A continuación se presenta sus características y un esquema de la conexión.



Voltaje de Control: 24 Vdc
Voltaje de Salida: 24 Vdc
Corriente de salida por canal: 0.5 A
Número de canales: 16
Conector de 20 vías HE-10

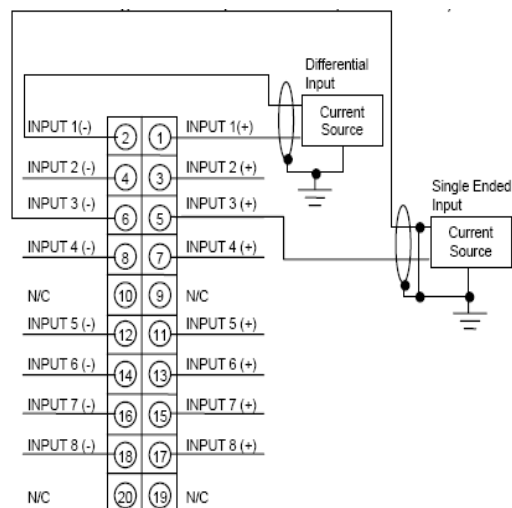
Figura 2.28 Características del sistema de precableado telefast ABE-7



**Figura 2.29 Conexión de telefast a salidas discretas**

### 2.8.3 CONEXIÓN A TARJETA DE ENTRADAS ANALÓGICAS ACI 040 00

La tarjeta de entradas analógicas ACI 040 00 provee 16 canales. Cada canal es configurable de manera individual para señales 0 - 25 mA, 0 - 20mA, o 4-20mA. En la figura se muestra el esquema de conexiones.



**Figura 2.30 Esquema de conexión a tarjeta de entradas analógicas ACI 040 00**

### 2.8.4 CONEXIÓN A TARJETA DE SALIDAS ANALÓGICAS ACO 130 00

La tarjeta de salidas analógicas ACO 130 00 provee 8 canales. Cada canal es configurable de manera individual para señales 0 - 25 mA, 0 - 20mA, o 4-20mA. En la figura se muestra el esquema de conexiones.

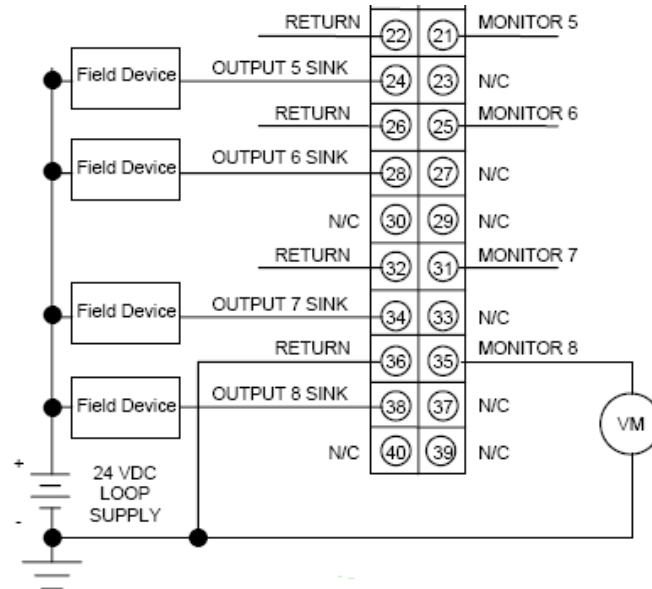


Figura 2.31 Esquema de conexión a tarjeta de salidas analógicas ACO 130 00

### 2.8.5 CONEXIÓN A TARJETA DE CONTADOR RÁPIDO EHC 105 00

La tarjeta de contador rápido EHC 105 00 provee 5 contadores independientes. Cada contador se puede manejar con señales de entrada de pulsos de 5 o de 24 VCC. En la figura se muestra el esquema de conexiones.

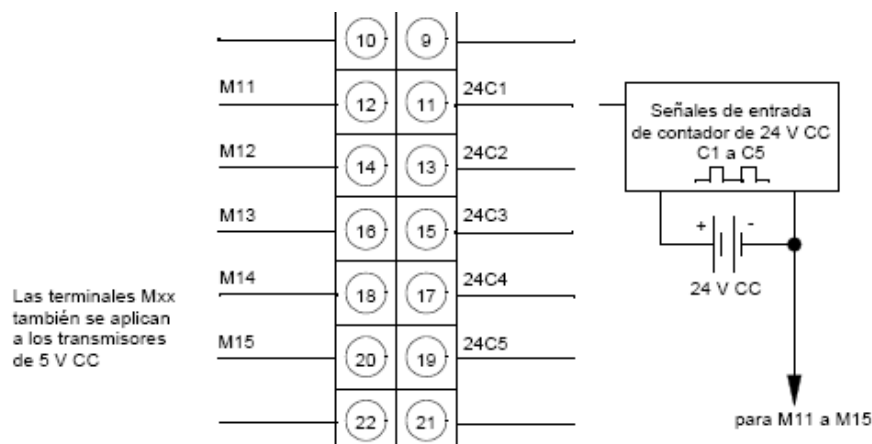


Figura 2.32 Esquema de conexión a tarjeta de contador rápido EHC 105 00

**CAPÍTULO 3**  
**DESARROLLO DE LA HMI**

## CAPÍTULO 3

### DESARROLLO DE LA HMI

#### 3.1 IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS VENTANAS EN LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA

La interfaz hombre-máquina de la estación de bombeo consiste en ventanas del tipo runtime del software InTouch 9.5, para diseño e implementación de aplicaciones HMI (Human-Machine Interface), es decir, de interfaz para el operador del proceso, en donde se puede visualizar un panel de control virtual para que el operador pueda manejarlo en una PC, ubicada en el cuarto de control. Esta aplicación requiere una PC con puerto para comunicación Ethernet.

Para iniciar la conexión de la interfaz de usuario del PC al PLC se necesita abrir la aplicación servidor de entradas salidas “Modicon-MODBUS-Ethernet” y minimizarla.

Para ingresar a la primera pantalla de la aplicación es necesario establecer en primer lugar el nivel de acceso del usuario, presionando la combinación de teclas Ctrl+P y hacer clic con el ratón en el botón “Cambio de Operador”, donde luego se ingresa el nombre de usuario y una contraseña.



**Figura 3.1 Pantalla principal de configuración de usuarios**

El PLC Quantum es el encargado de realizar el control del proceso y del envío de la información del mismo a la HMI.

Las nuevas ventanas creadas en este proyecto son:

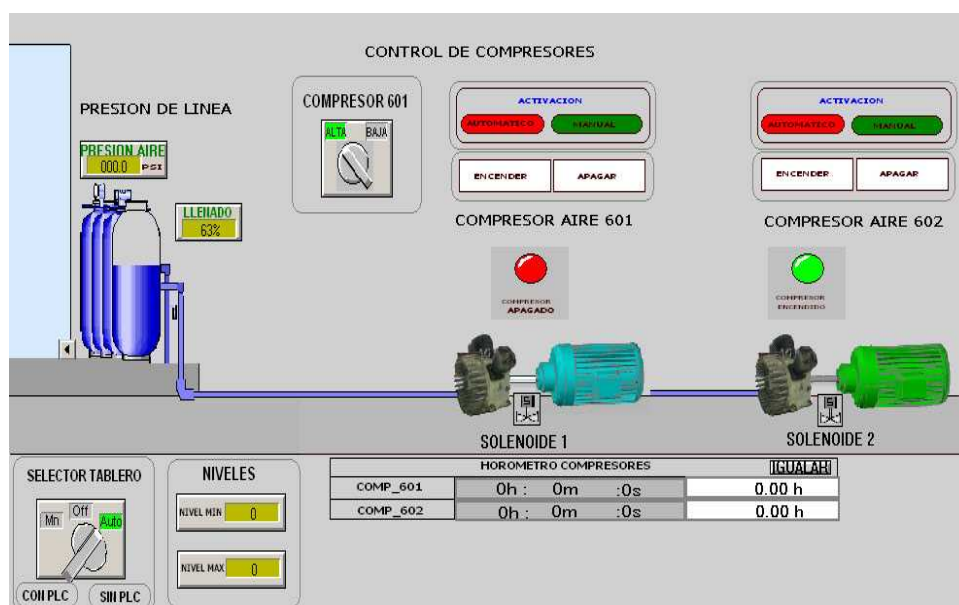
- COMPRESORES DE AIRE
- HOROMETROS COMPRESORES
- MOTORES DIESEL

Las ventanas a las que se añaden nuevas funcionalidades son:

- GRUPOS DIESEL
- HORÓMETROS GRUPOS
- HISTÓRICOS
- ALARMAS

### 3.1.1 VENTANA COMPRESORES DE AIRE

Es la pantalla que permite el control de compresores desde la PC, mediante la cual el operador puede utilizar todas las funciones disponibles.



**Figura 3.2 Pantalla de la aplicación Control de Compresores**



Los elementos que conforman esta pantalla se describen a continuación:

- Desde el tablero de control un Selector permite escoger el modo de operación de los compresores, ya sea en modo automático o en modo manual, en la HMI un selector virtual refleja su posición.



**Figura 3.3 Indicador de la posición del selector**

- En el recuadro niveles se permite ingresar el rango mínimo y máximo de presión, dentro del cual se encuentran encendidos los compresores.



**Figura 3.4 Recuadro para ingreso de rango mínimo y máximo de presión**

- Para la selección del compresor que debe encender primero se dispone de un selector de 2 posiciones en la HMI, donde el compresor 1 enciende primero si se pone en la opción "baja".



**Figura 3.5 Selector de orden de encendido**

- Al colocar el selector del tablero en la posición “Auto” permite la activación de los botones en la HMI: “Automático” y “Manual”. Al presionar en manual se puede encender el respectivo compresor en cualquier momento y Automático utiliza el control con los rangos de operación.



**Figura 3.6 Botones de encendido y apagado del compresor**

- Por medio de indicadores se observa en la pantalla el valor de la presión en los recipientes en psi y en porcentaje de llenado.
- La animación de los compresores, tubería y botellas de aire en la pantalla se realiza utilizando la opción blink (parpadeo) de los objetos.

### 3.1.2 HORÓMETROS

Horómetro es un término comúnmente utilizado para un contador de tiempo de trabajo o utilización de una máquina. En este proyecto es necesaria la programación de Horómetros, tanto para los compresores como para los motores diesel.

Las principales características que el Horómetro debe cumplir para esta aplicación son:

- Base de tiempo que no interfiera en el programa general de control, de manera que no se retrase.
- Precisión en el orden de los segundos.

El cuadro “Horómetro compresores” en la parte inferior, muestra las horas, minutos y segundos de funcionamiento de cada compresor, además indica este tiempo en fracción de hora, útil para llevar un registro por parte de los operadores.

HOROMETRO COMPRESORES			IGUALAR
COMP_601	0h : 0m : 0s		0.00 h
COMP_602	0h : 0m : 0s		0.00 h

Figura 3.7 Cuadro Horómetro de compresores

### 3.1.3 VENTANA HORÓMETROS DE COMPRESORES

Esta ventana aparece cuando se presiona el botón “IGUALAR” y presenta los cuadros de texto que permiten el ingreso de la hora y minutos, a fin de poder actualizar esta información o en el caso de requerir un reinicio del contador.

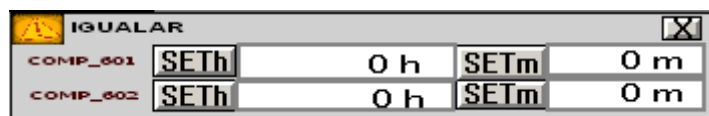


Figura 3.8 Ventana Igualar Horómetro de compresores

El botón “SETh” actualiza el valor del contador de horas de funcionamiento.

El botón “SETm” actualiza el valor del contador de minutos de funcionamiento.

Al presionar en el botón “x” se cierra la ventana de igualación.

### 3.1.4 VENTANA MOTORES DIESEL

Esta ventana muestra los 3 motores diesel cada uno con indicación de motor embragado, además de la indicación de velocidad en rpm. Al hacer clic en la palabra “velocidad” aparece una ventana que permite variar la velocidad de los motores.

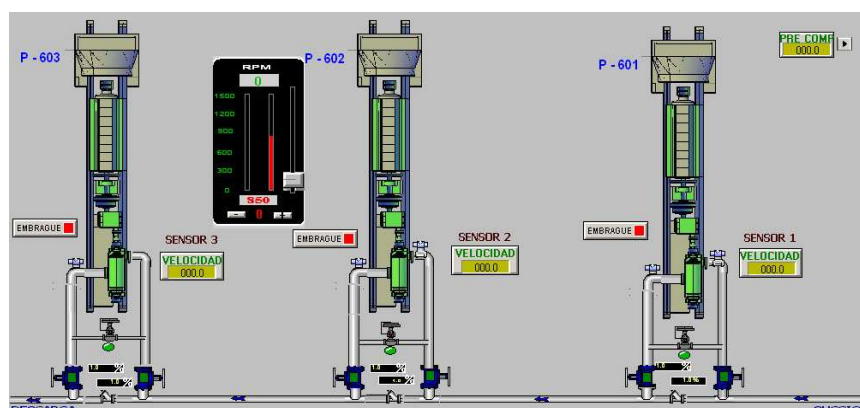


Figura 3.9 Ventana Motores Diesel

La ventana de control de velocidad tiene una barra de desplazamiento que permite aumentar y decrementar la velocidad, de igual manera con los botones de signo “+” y “-” que permiten el control con el valor de incremento deseado.

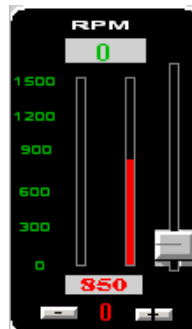


Figura 3.10 Ventana Control de Velocidad

### 3.1.5 VENTANA GRUPOS DIESEL

En esta ventana se adicionan los siguientes elementos:

- Horómetros en la parte superior de cada grupo diesel.
- El indicador de presión en los recipientes de aire comprimido.
- El botón “Horómetros” en la parte inferior que da acceso a la ventana de igualación.
- Indicadores de velocidad utilizando los sensores inductivos.

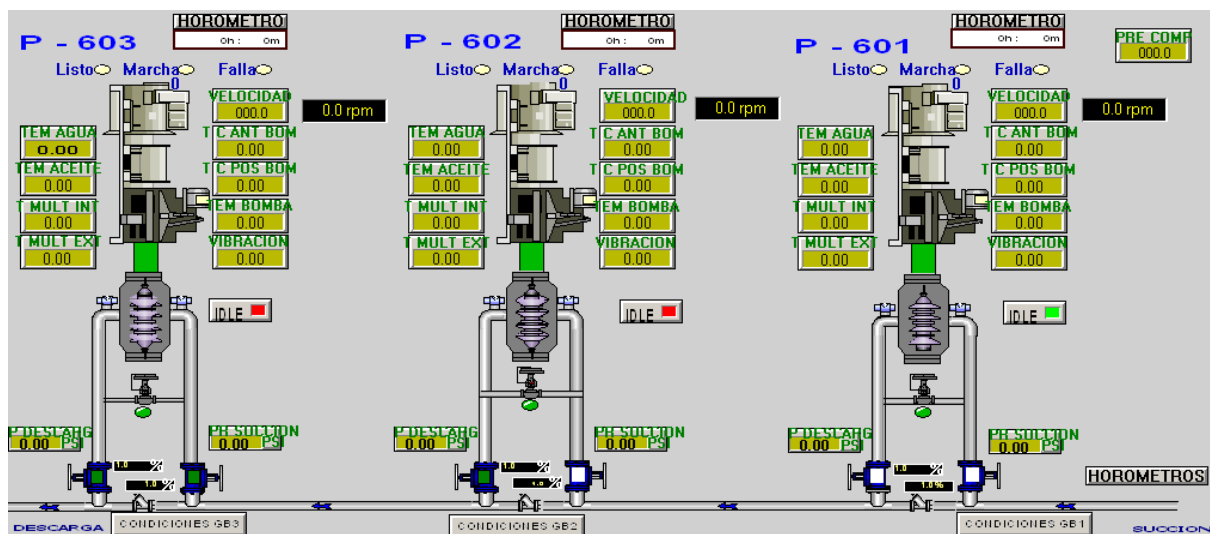


Figura 3.11 Ventana de Grupos Diesel

### 3.1.6 VENTANA HORÓMETROS GRUPOS

Al hacer clic con el ratón en el botón “HORÓMETROS” de la ventana de los grupos diesel aparece esta ventana, en la que, de manera similar que para los horómetros de los compresores, se muestra el contador en horas, minutos y segundos y en el formato de fracción de hora.

En la parte inferior se encuentran las cajas de texto usadas para la igualación.

HOROMETROS GRUPOS

HOROMETRO GRUPOS DIESEL				IGUALAR
GRUPO DIESEL 1	0h	0m	:0s	0.00 h
GRUPO DIESEL 2	0h	0m	:0s	0.00 h
GRUPO DIESEL 3	0h	0m	:0s	0.00 h
BOOSTER 1	0h	0m	:0s	0.00 h
BOOSTER 2	0h	0m	:0s	0.00 h

IGUALAR

GRUPO DIESEL 1	SETh	0 h	SETm	0 m
GRUPO DIESEL 2	SETh	0 h	SETm	0 m
GRUPO DIESEL 3	SETh	0 h	SETm	0 m
BOOSTER 1	SETh	0 h	SETm	0 m
BOOSTER 2	SETh	0 h	SETm	0 m

REGRESA

Figura 3.12 Ventana de igualación horómetros de grupos diesel

### 3.1.7 VENTANA HISTÓRICOS

En la ventana de históricos se implementa el pincel “Presión de aire compresores”, que al seleccionarlo, despliega la variación histórica (curva) de esta variable en el rango de tiempo que puede establecerlo el operador, al hacer doble click sobre la curva de tendencia.



Figura 3.13 Ventana de Históricos

### 3.1.8 PROGRAMACIÓN DE MARCADOR EN LA PANTALLA DE HISTÓRICOS

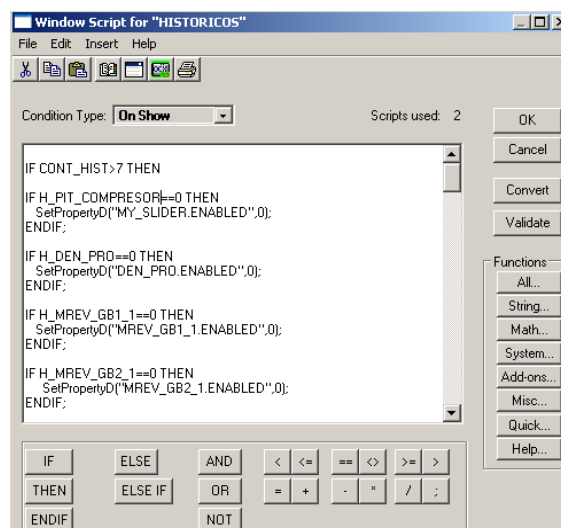
Para generar el histórico de la presión de los recipientes de aire comprimido, es necesario programar un marcador para producir su despliegue, el cual se realiza utilizando una herramienta de programación llamada Script, propia de Intouch. A continuación se describe el procedimiento.

#### 3.1.8.1 Scripts de Intouch

Un script es un lenguaje de programación muy similar al lenguaje de Texto Estructurado, a través del cual se puede crear una lógica interna con condiciones, cálculos, etc. La misma que puede estar asociada a:

- 1.- Toda la aplicación (APPLICATION SCRIPTS)
- 2.- Una sola ventana (WINDOW SCRIPTS)
- 3.- Una tecla (KEY SCRIPTS)
- 4.- Una condición (CONDITION SCRIPTS)
- 5.- Cambio de un dato (DATA CHANGE SCRIPTS)
- 6.- Funciones Usuario (QUICKFUNCTIONS)

La lógica (SCRIPT) de InTouch es una herramienta de programación que permite llevar a cabo acciones determinadas mediante una estructura IF...THEN...ELSE



**Figura 3.14** Ventana de aplicación de un Window Script

La lógica se activa y se ejecuta de acuerdo al tipo de lógica elegida (por aplicación, por ventana, etc). Básicamente, los 6 tipos distintos de lógica actúan del mismo modo.

### 3.1.8.2 Marcador para histórico de presión de aire de compresores

Para la programación de este marcador son necesarios los siguientes scripts y condiciones:

- Una Window Script con 2 condiciones: On Show (al mostrar la ventana de Históricos) y While Showing (mientras se ejecuta cada 10 msec la ventana Históricos).

**Condición 1:** On show

**Código del Script:**

```
IF CONT_HIST>7 THEN
IF H_PIT_COMPRESOR==0 THEN
    SetPropertyD("PIT_COMPRESOR.ENABLED",0);
    ENDIF;
ENDIF;
```

**Condición 2:** While Showing cada 10 msec

```
CONT_HIST=H_PT_09+H_PT_GB1_2+...+H_PIT_COMPRESOR;
```

- Una Condition Script con una variable auxiliar en este caso H\_PIT\_COMPRESOR, indicando la tarea a ejecutar en la opción verdadera (On True), y en la falsa (On False).

**Condición:** H\_PIT\_COMPRESOR==1

Al cumplirse la condición ejecuta:

```
IF HTGetPenName("HistTrend",HistTrend.UpdateCount,1)== "NONE"
THEN
    HistTrend.Pen1=PIT_COMPRESOR.TagID;
ELSE
```

```

IF HTGetPenName("HistTrend",HistTrend.UpdateCount,2)== "NONE"
THEN
    HistTrend.Pen2=PIT_COMPRESOR.TagID;
    ...
ENDIF

```

Al ser falsa se ejecuta:

```

IF HTGetPenName("HistTrend",HistTrend.UpdateCount,1)=="PIT_COMPRESOR"
THEN
    HistTrend.Pen1=NONE.TagID;
ELSE
    IF HTGetPenName("HistTrend",HistTrend.UpdateCount,2)==
    "PIT_COMPRESOR"
    THEN
        HistTrend.Pen2=NONE.TagID;
    ELSE
        ...
    ENDIF;
ENDIF;

```

Los tagnames de Intouch dan información, por defecto, del valor del tagname, pero además incluyen información adicional a través de campos y funciones. Para actualizar el histórico se utiliza la función y campo siguientes:

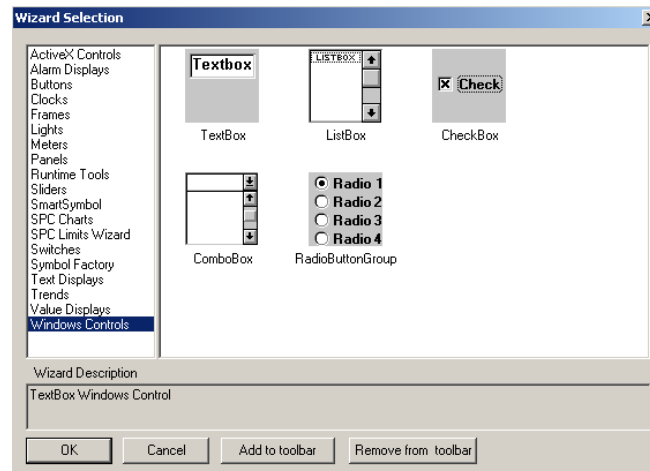
HTGetPenName	Función que devuelve el tagname del tag actualmente utilizado para un lápiz específico y para una tendencia específica
UpdateCount	Campo que se incrementa cada vez que ocurre una actualización en la curva histórica

**Tabla 3.1 Utilización de función y campo del tagname HistTrend**

- Creación de una Check Box o casilla de verificación con la variable PIT\_COMPRESOR, que es la que contiene el valor de la presión (en psi) en las botellas de aire comprimido.

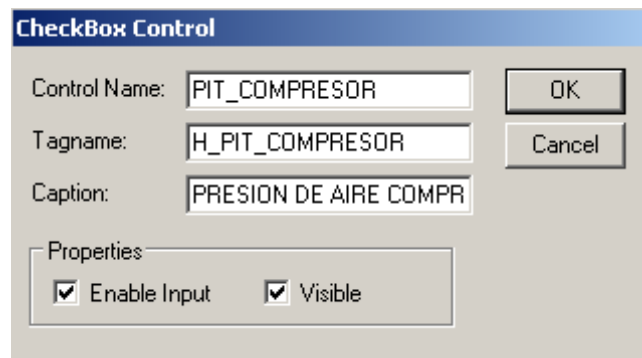


Al hacer clic en WIZARDS de InTouch se selecciona CheckBox.



**Figura 3.15** Ventana de selección de Wizards

Al hacer doble clic sobre la CheckBox aparece la ventana para asignar el tag y un comentario para la caja de chequeo:



**Figura 3.16** Parámetros de la casilla de chequeo

- Una Condition Script con la variable auxiliar CONT\_HIST, para cuando ésta sea mayor a 7 pinceles, indicando la tarea tanto en la opción falsa como en la verdadera.

**Condición:** CONT\_HIST>7:

**Opción Falsa:**

SetPropertyD("PIT\_COMPRESOR.ENABLED",1); **habilita la check box**

**Opción Verdadera:**

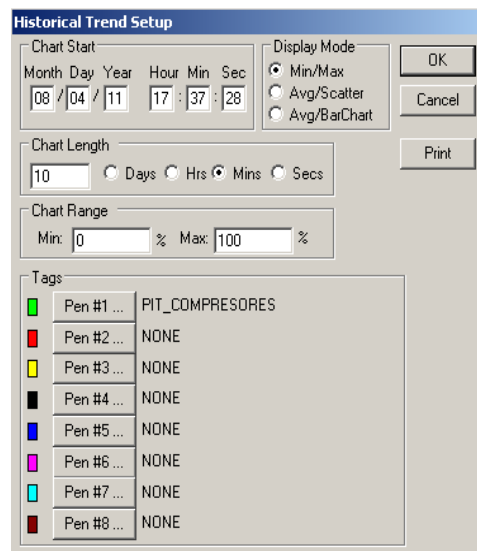
```
IF H_PIT_COMPRESOR==0 THEN
SetPropertyD("PIT_COMPRESOR.ENABLED",0);   deshabilita la check box
ENDIF;
```

Una vez programados estos scripts y creado la casilla de verificación, en el modo RUNTIME de InTouch se despliega la casilla "PRESION DE AIRE COMPRESORES", dentro de la ventana de Históricos y haciendo un clic sobre ésta se visualiza el marcador y la gráfica de tendencia de la variable.



**Figura 3.17 Marcador de histórico asignado a la variable Presión de aire de compresores**

Para establecer el inicio y la longitud de la escala del eje de tiempo de la gráfica de tendencia, de la variable se hace doble clic sobre ésta y se llenan los parámetros solicitados.



**Figura 3.18 Parámetros de la tendencia Histórica**

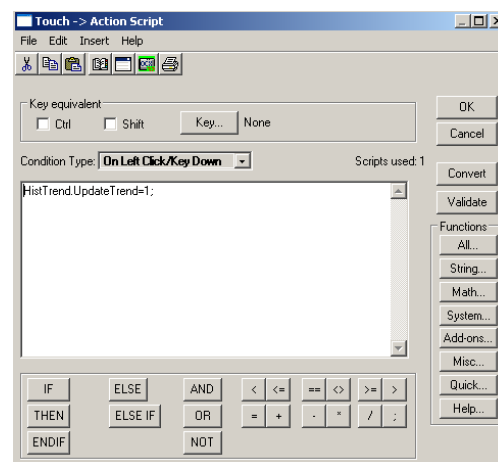
### 3.1.8.3 Programación del botón actualizar

Para visualizar en la gráfica de tendencia los últimos valores, de acuerdo al tiempo seleccionado, se crea el botón “ACTUALIZAR”, que al presionarlo pone un 1 en el campo Update Trend perteneciente al tagname HistTrend, que provoca que la curva histórica actualice sus valores.

Para crear el botón se utiliza animación Touch Action Script:



**Figura 3.19 Botón actualizar históricos**



**Figura 3.20 Script del botón para actualizar históricos**

## 3.2 ALARMAS

La implementación de Alarmas es de uso indispensable en la industria y en el control de un proceso. Para la implementación de alarmas se consideran los siguientes parámetros:

- Rango de presión del control de aire comprimido: 0 a 400 psi.
- Presión de control (Set point, SP): 395 psi, o según lo requerido.
- Alarma alta, en control: Rango de seguridad a 440 psi, debido a la capacidad máxima de almacenamiento de los recipientes de hasta 600 psi.
- Alarma baja, en control: 20 psi.

Las alarmas en la pantalla se activan de la siguiente manera:

Presión muy Alta:  $P \geq 430$  psi, se pone de color amarillo el indicador "PRESIÓN ALTA"

Presión muy Baja:  $P \leq 19$  psi, pone de color amarillo el indicador "PRESIÓN BAJA"



**Figura 3.21 Indicadores de alarma**

**CAPÍTULO 4**  
**PRUEBAS Y RESULTADOS**

## **CAPÍTULO 4**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

#### **4.1 PRUEBAS Y VERIFICACIONES PREVIAS**

Previo a las pruebas operativas del sistema, se realizan algunas pruebas e inspecciones visuales, a fin de verificar el funcionamiento y la correcta instalación de los dispositivos y accesorios incorporados, y que se describen a continuación:

##### **4.1.1 VÁLVULAS SOLENOIDES**

Se realizan varios accionamientos sobre estas válvulas, a fin de verificar que no existan fugas de aire en las tuberías y accesorios utilizados para la descompresión de las cámaras de aire; procediendo a su vez a sellar las fugas existentes.

##### **4.1.2 TRANSMISOR DE PRESIÓN**

Para verificar que la lectura del transmisor sea la correcta, primero se vacían las botellas de aire comprimido y se comprueba que el instrumento marque aproximadamente 0 psi.

Posteriormente se llenan con aire comprimido y se toman varias lecturas de presión. Se utiliza un manómetro para contrastar la lectura de presión del transmisor.

En el hardware del PLC se verifica que el LED de falla de la tarjeta ACI se encuentre apagado, lo que indica que el transmisor de presión está conectado correctamente.

##### **4.1.3 SENSOR INDUCTIVO DE EMBRAGUE DEL MOTOR**

Para verificar la correcta instalación del sensor inductivo, utilizado para detectar el embrague del motor diesel, se coloca la barra del embrague frente a la cara del sensor y se observa el estado de los LEDs de la tarjeta de entradas discretas del PLC.

Las señales de salidas del sensor son las siguientes:

Voltaje en el sensor sin embragar: 3.5 V

Voltaje con el motor embragado: 14.2 V

Que corresponden a los niveles lógicos: 0L cuando el motor está embragado; y 1L cuando está desembragado.

#### 4.1.4 SENSOR INDUCTIVO DE MEDICIÓN DE VELOCIDAD

Para comprobar que el sensor inductivo, para medición de velocidad, esté conectado con la polaridad correcta, se observa el LED en la tarjeta de contador rápido, el mismo que está parpadeante cuando el motor diesel está en funcionamiento. Adicionalmente se comprueba la emisión de señal del sensor ubicándolo frente a la rueda dentada, con presencia de orificio y en presencia de metal.

#### 4.2 PRUEBA DEL PROGRAMA DEL PLC

Una vez conectados los dispositivos de campo, se procede a verificar que las subrutinas de control de cada sección de programa cumplan con las condiciones de diseño. Durante esta fase es necesario realizar varias modificaciones al programa. A manera de ejemplo, en la Fig. 4.1, se muestra la sección de programa para medir la velocidad del motor diesel, con el PLC en modo RUN y la ventana de visualización de Concept animada.

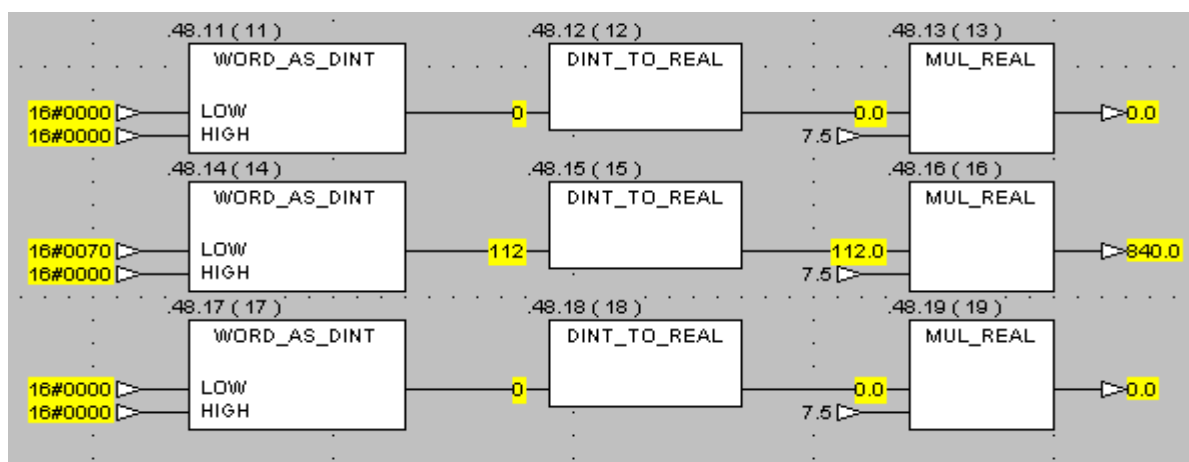


Figura 4.1 Prueba de la Sección de Programa Velocidad del Motor Diesel 2

### 4.3 PRUEBAS DE LA HMI

Estas pruebas se realizan con el objetivo de comprobar la comunicación e intercambio de datos entre el PLC y la HMI, y si la HMI esta adquiriendo datos para la visualización del proceso y monitoreo de las variables involucradas.

Para este propósito se realiza y observa lo siguiente:

- Desde la HMI se envían comandos al PLC para el encendido y apagado de los compresores.
- Desde la HMI se envían comandos al PLC para controlar el “gobernador” que regula la inyección de combustible al motor diesel.
- Desde la HMI se envían al PLC datos sobre los valores mínimos y máximos de la presión de funcionamiento de los compresores.
- Al abrir la ventana de operación se visualiza el valor de la presión en los depósitos de aire comprimido y la velocidad de los grupos de bombeo.

Para comprobar que el dato de velocidad medido por el sensor y registrado en la HMI está correcto, se utiliza un tacómetro digital marca MITUTOYO obteniéndose los siguientes resultados:

Nº MOTOR	MEDIDA CON SENSOR [rpm]	MEDIDA CON TACÓMETRO [rpm]
GRUPO P-602	1268	1278
GRUPO P-603	1305	1373.5

**Tabla 4.1 Comparación del valor de velocidad medido por el sensor y el tacómetro digital**



**Figura 4.2 Tacómetro digital MITUTOYO**



## **4.4 PRUEBAS OPERATIVAS**

Luego de integrar toda la instrumentación y demás dispositivos de entrada y salida, se realizan pruebas de funcionamiento de los compresores, activando y desactivando las válvulas de desfogue de aire comprimido de las botellas, para vaciarlas y llenarlas nuevamente.

### **4.4.1 PRUEBA 1**

Presiones ajustadas desde la HMI:

Presión de nivel bajo: 300 psi

Presión de nivel alto: 400 psi

Nivel de sobrepresión: 420 psi

Para la prueba de arranque de los motores diesel se seleccionan los motores 2 y 3, y se abren, previamente, las respectivas válvulas de succión y descarga. El motor 2 arranca de manera normal pero el grupo 3 no arranca, por la caída de presión ocasionada por el arranque del primero.

Para tener un mayor rango de operatividad y asegurar el suministro de aire comprimido, se procede a modificar los valores de presión.

### **4.4.2 PRUEBA 2**

Presiones ajustadas desde la HMI:

Presión de nivel bajo: 330 psi

Presión de nivel alto: 395 psi

Nivel de sobrepresión: 410 psi

Con estos nuevos valores de ajuste, también se tiene la presión suficiente en las botellas de aire comprimido para el arranque de un motor diesel. Para el arranque del segundo motor diesel es necesario esperar que la presión de aire alcance el valor alto.

En las pruebas operativas se registran datos de velocidad de los motores diesel en la HMI, en tres días diferentes, que se indican en la tabla 3.2.

LECTURA	GRUPO DIESEL 601	GRUPO DIESEL 602
	RPM	RPM
DIA 1	1260	1275
DIA 2	1275	1305

LECTURA	GRUPO DIESEL 601	GRUPO DIESEL 603
	RPM	RPM
DIA 3	1252	1305

**Tabla 4.2 Medida de la velocidad con sensores inductivos, registradas en la HMI**

#### 4.5 RESULTADOS

- Las pruebas operativas se realizan tanto en la opción local como en la opción remota (desde la HMI), obteniéndose resultados satisfactorios.
- En la opción automática, la operación de los compresores responde correctamente y acorde a los valores de presión ajustados desde la HMI.
- En la prueba de arranque de los motores diesel, al arrancar el primer motor se produce, como es obvio, una reducción de la presión, lo que obliga a esperar su recuperación antes de proceder a arrancar el segundo motor.
- La HMI cumple la funcionalidad prevista y requerida: Visualización del proceso, adquisición de datos, monitoreo de variables y comando remoto.
- Los valores de velocidad obtenidos mediante el sensor inductivo y que son registrados en la HMI, difieren en un porcentaje inferior al 5%, respecto a las medidas obtenidas con el tacómetro digital.

**CAPÍTULO 5**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- La incorporación de nueva instrumentación al sistema de control anteriormente existente, mejoran sustantivamente la operación de los compresores y consecuentemente las maniobras de arranque de los motores diesel.
- El diseño e implementación de la HMI es de gran utilidad para los operadores, ya que, además de facilitar el comando remoto de los compresores, permite visualizar el proceso, ajustar los niveles de presión y monitorear las variables de presión, velocidad, entre otras facilidades.
- La utilización de los sensores inductivos de alta frecuencia y de la tarjeta de contador rápido del PLC Quantum, resulta una buena opción para la medición de velocidad de los motores diesel; y recomendable para otras aplicaciones con señales alta frecuencia.
- Con la utilización de los sensores inductivos para la medición de velocidad, se logra una mayor estabilidad y precisión en las lecturas, anteriormente se tenían lecturas incorrectas y con muchas variaciones (inestables). Adicionalmente, se logra una mayor sensibilidad (ajuste) en el control del “gobernador” que regula la inyección de combustible al motor diesel.
- La inclusión de horómetros, tanto en los compresores como en los motores diesel, facilita a los operadores la planificación de tareas de mantenimiento y registro.

- Previo al desarrollo mismo de este proyecto, fue necesario una adaptación al medio laboral, estudiar y entender muy bien el proceso que se iba a controlar, la instrumentación y equipo de control existente; e investigar las nuevas opciones tecnológicas para su automatización y mejoramiento.
- Por los resultados logrados, luego de la implementación del nuevo sistema de control de los compresores, se puede decir que los objetivos de este proyecto de titulación han sido cumplidos en gran medida.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Para instalaciones de aire comprimido, debe asegurarse que todos los instrumentos, accesorios y tuberías soporten la presión de servicio, a fin de evitar posteriores fugas de aire debidas al desgaste prematuro de juntas y empaques.
- Para la instalación de un sensor inductivo, es muy importante tomar en cuenta la distancia de conmutación, de esta forma no estará ni muy cerca ni muy lejos de la superficie de detección.
- Para el desarrollo de una interfaz hombre-máquina, es recomendable tomar en consideración que las ventanas sean de fácil manejo y rápida interpretación para los operadores, de esta forma tendrán más tiempo para tomar las acciones más acertadas en caso de una falla.
- Se recomienda verificar que todos los conectores, cables, uniones y accesorios eléctricos, utilizados en una instalación donde pueda existir riesgo de incendio o explosión, estén certificados para el uso en estas áreas.
- Para proyectos que involucren controladores programables, es recomendable e importante describir, mediante una tabla, los nombres de las variables, junto con

el número de entrada o salida del PLC e indicar el tipo y la dirección en la memoria. Además, el nombre de la variable debe ser muy sugestivo de la función que realiza en el programa; así por ejemplo: SET\_MIN\_HMI\_C602, es el nombre de la variable que se utiliza en este proyecto, para ajustar desde la HMI los minutos del Horómetro del motor 602.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

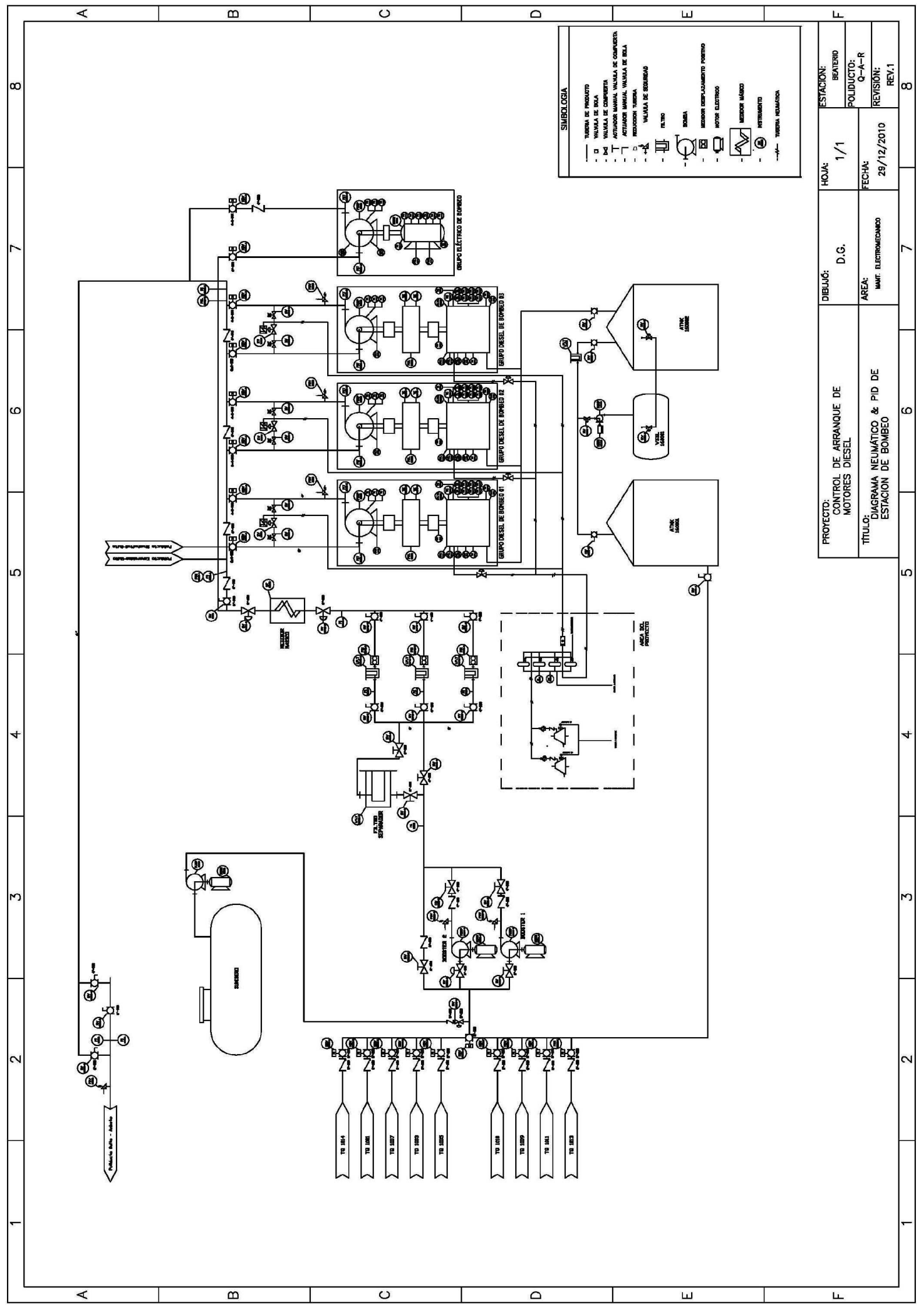
- [1] Manual del Motor M.A.N.-DIESEL, WERK AUGSBURG, TIPO RV 16/18 TLS, VV 16/18.
- [2] LOGITEK, S.A. CURSO INTOUCH BÁSICO V7.1, Formación InTouch Nivel 1
- [3] CORRALES, Luis; Curso Introdutorio de Intouch. Quito. 2005
- [4] CANTO, Carlos, Entradas y salidas en un PLC. Facultad de Ciencias, UASLP.  
[http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PLC\\_PDF\\_S/22\\_ENTRADAS\\_SALIDAS.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/22_ENTRADAS_SALIDAS.PDF)
- [5] [http://www.petrocomercial.com/wps/portal/ne\\_gst\\_pqa](http://www.petrocomercial.com/wps/portal/ne_gst_pqa)
- [6] <http://www.sabelotodo.org/automovil/bujiasprecalent.html>
- [7] <http://www.electriauto.com/temas/sistemas-de-ayuda-de-arranque/>
- [8] Página de Wikipedia: Motor de combustión interna  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna)
- [9] Datasheet Módulo EHC 105 00
- [10] Datasheet Sensor Pepperl+Fuchs GmbH NJ2-12GK-SN
- [11] Datasheet Sensor X S2-D
- [12] Datasheet Transmisor de Presión EJX530 A
- [13] Datasheet Válvula Solenoide ASCO. Series 8262-8263
- [14] Datasheet Válvula Solenoide Burkert PTB00 ATEX 2129 X.  
<http://www.burkert.com>

## **ANEXOS**



## **ANEXO A**

Planos y Diagramas PI&D



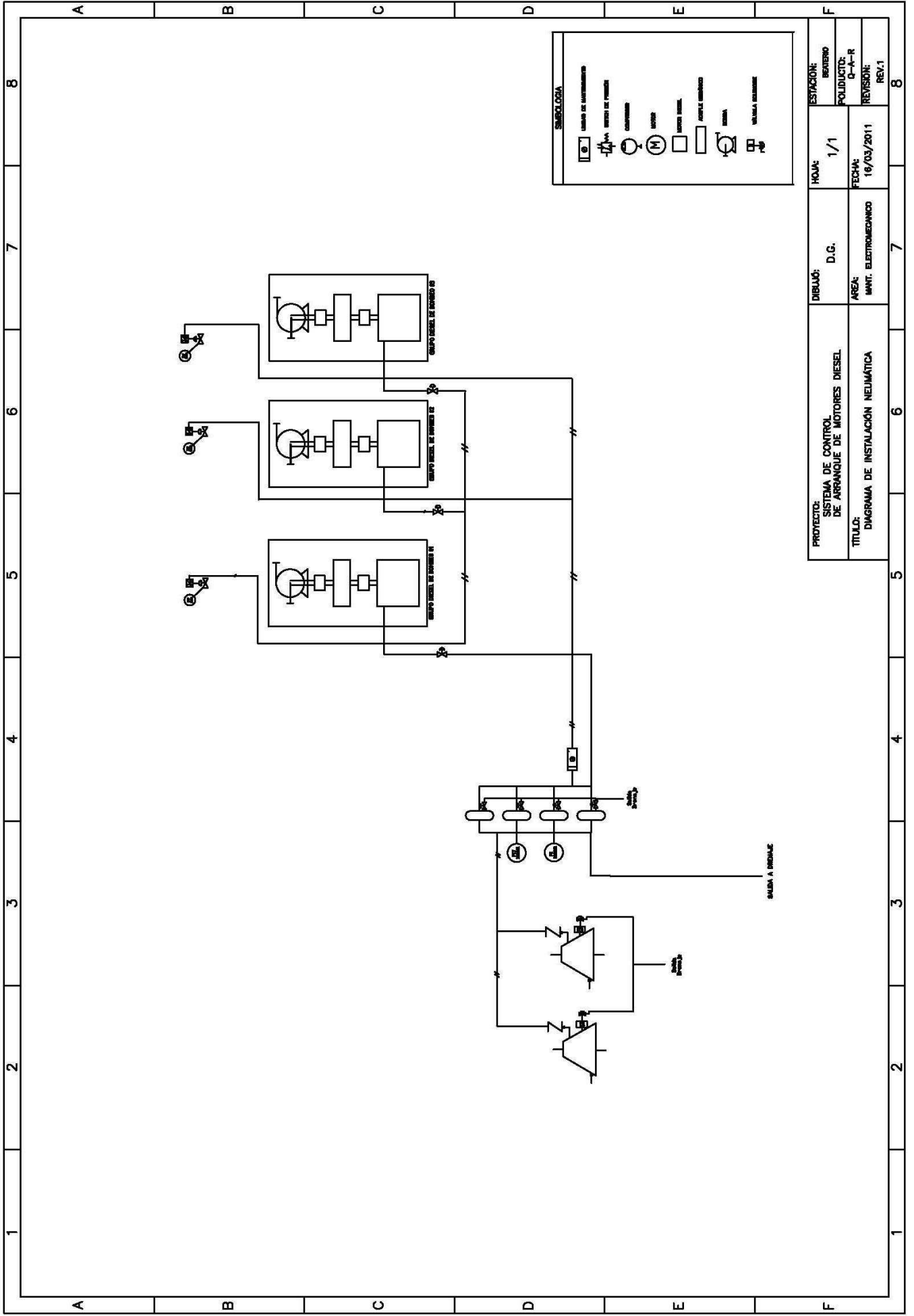
**SIMBOLOGIA**

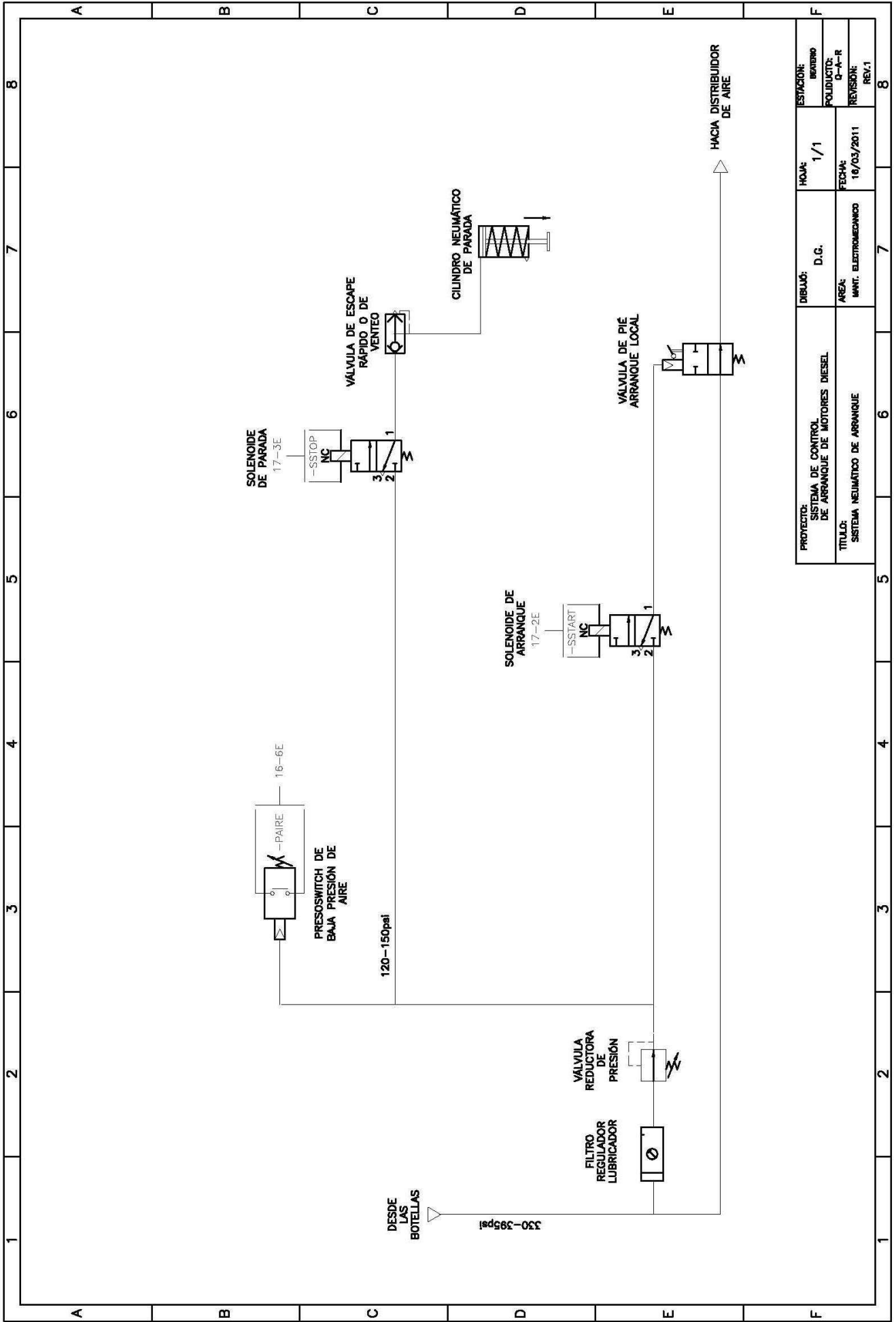
-	TUBERIA DE PRODUCTO
- □	VALVULA DE BOLA
- □	VALVULA DE COMPRESION
-	ACTUADOR MANUAL VALVULA DE COMPRESION
-	ACTUADOR MANUAL VALVULA DE BOLA
-	REDUCCION TURBINA
-	VALVULA DE SEGURIDAD
-	FILTRO
-	BOMBA
-	SENSOR DESPLAZAMIENTO POSITIVO
-	MOTOR ELECTRO
-	SENSOR NIVEL
-	INSTRUMENTO
-	TUBERIA ISOLACION

PROYECTO: CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DIESEL	DIBUJÓ: D.G.	ESTACION: BEATERID
TÍTULO: DIAGRAMA NEUMÁTICO & PID DE ESTACION DE BOMBEO	AREA: MANT. ELECTROMECANICO	POLIDUCTO: Q-A-R
	HOJA: 1/1	FECHA: 29/12/2010
		REVISIÓN: REV.1

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F

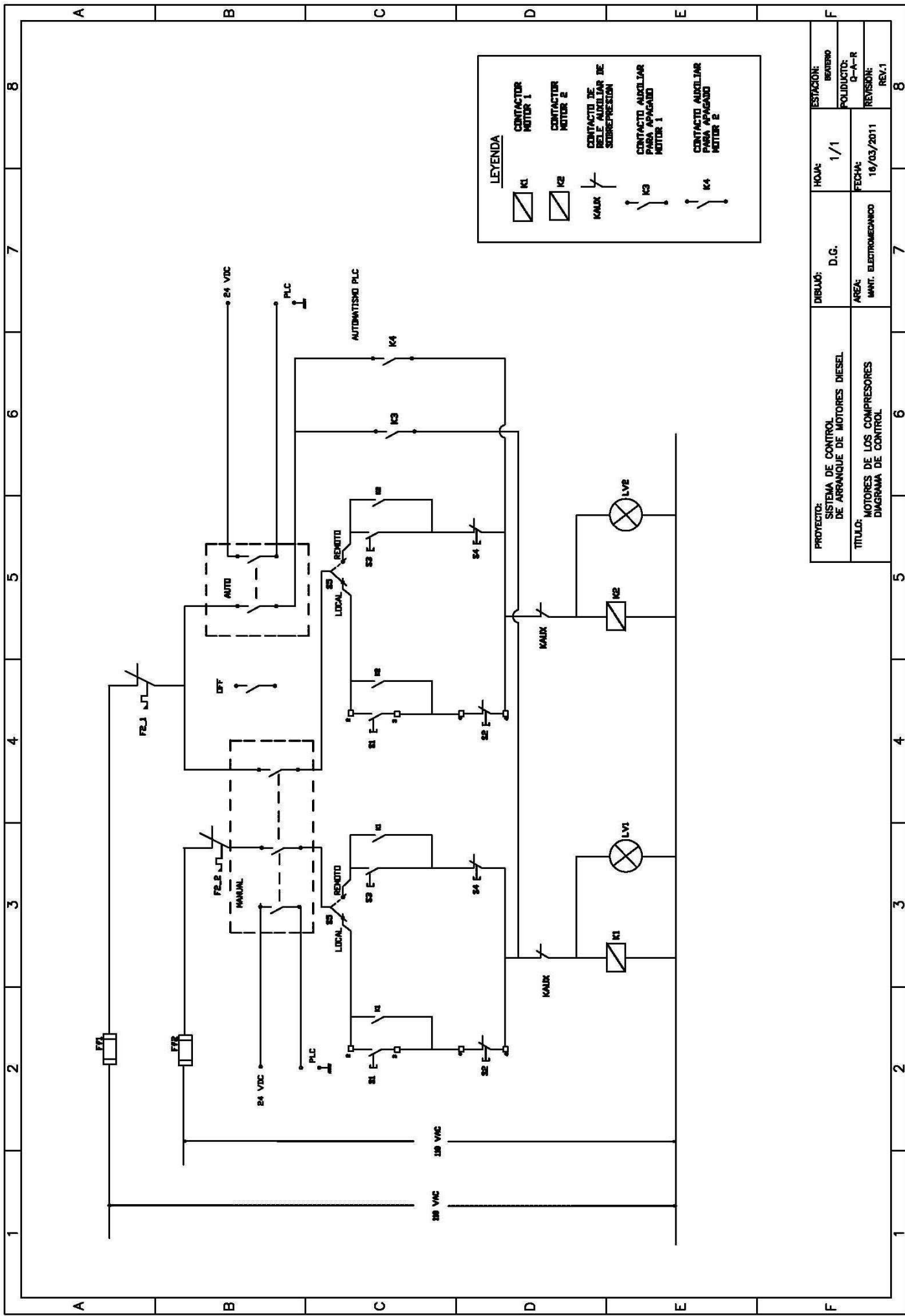




PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DIESEL	DIBUJÓ: D.G.	HOJA: 1/1	ESTACION: BATERO
TÍTULO: SISTEMA NEUMÁTICO DE ARRANQUE	AREA: MANT. ELECTROMECHANICO	FECHA: 16/03/2011	PROYECTO: Q-R-R
			REVISOR: REV.1

## **ANEXO B**

Esquema del circuito de control y fuerza



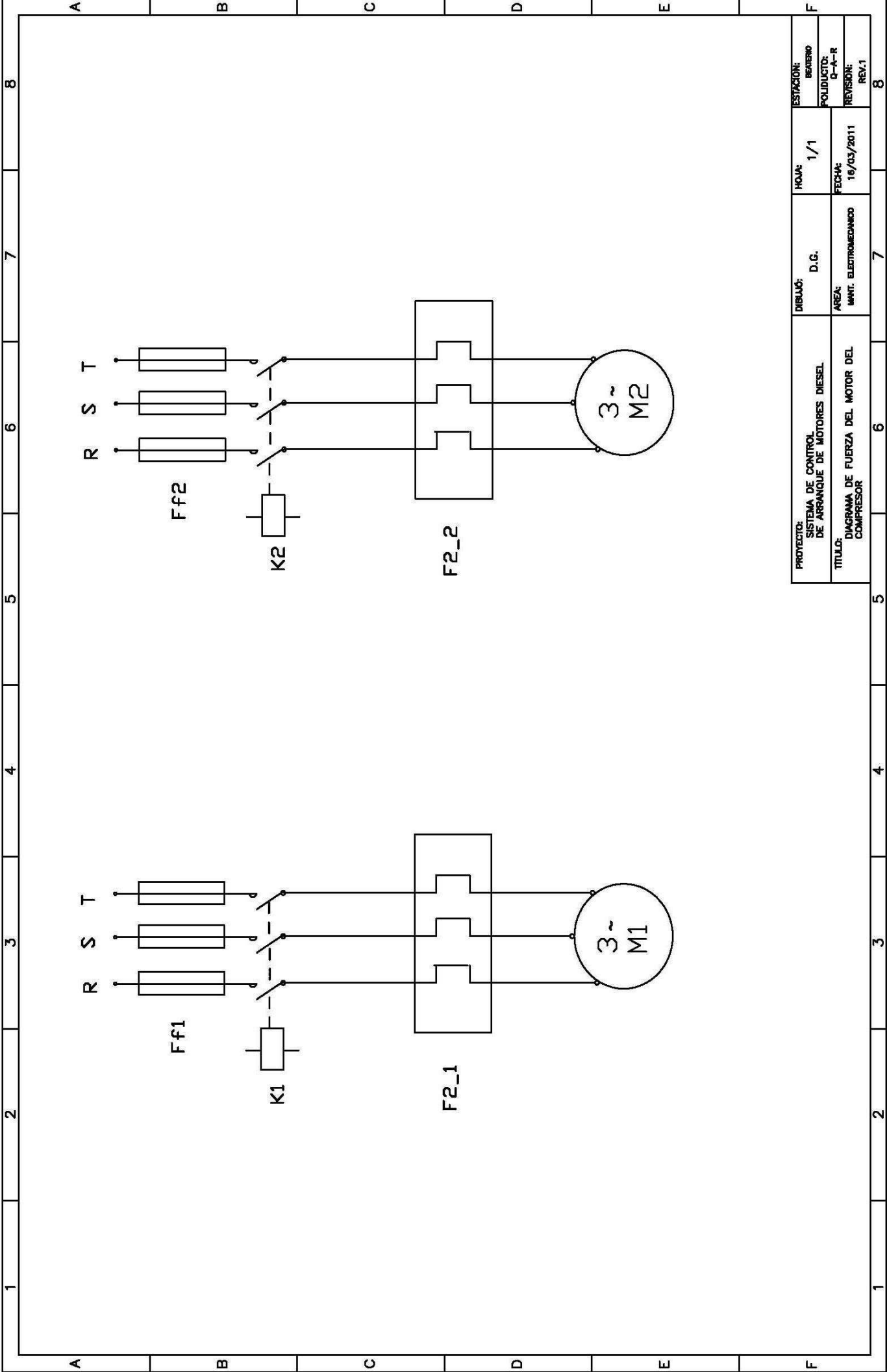
**LEYENDA**

	CONTACTOR MOTOR 1
	CONTACTOR MOTOR 2
	CONTACTO DE RELÉ AUXILIAR DE SOBREPRESION
	CONTACTO AUXILIAR PARA APAGADO MOTOR 1
	CONTACTO AUXILIAR PARA APAGADO MOTOR 2

PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DIESEL	DIBUJO: D.G.	HOJA: 1/1	ESTACION: BERBERO
TITULO: MOTORES DE LOS COMPRESORES DIAGRAMA DE CONTROL	AREA: MANT. ELECTROMECANICO	FECHA: 16/03/2011	POLIDUCTO: O-A-R
			REVISION: REV.1

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F



PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DIESEL	DIBUJO: D.G.	HQA: 1/1	ESTACION: BEAVERO
TITULO: DIAGRAMA DE FUERZA DEL MOTOR DEL COMPRESOR	AREA: MANT. ELECTROMECANICO	FECHA: 16/03/2011	POLIDUCTO: Q-A-R
			REVISION: REV.1

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F

1 2 3 4 5 6 7 8

## **ANEXO C**

### **TABLA DE VARIABLES Y DIRECCIONES DEL PROGRAMA**



LISTA DE VARIABLES Y NOMBRES

DROP 2

DDI:

		<b>TARJETA</b>	
<b>ENTRADA</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>BORNERA</b>	<b>NOMBRE</b>
IN 25	100025	31	MANUAL_COMP_602
IN 26	100026	32	AUTO_COMP_602
IN 27	100027	33	ON_COMP_601_CONF
IN 28	100028	34	ON_COMP_602_CONF
IN 29	100029	35	FALLA_TERM_COMP_601
IN 30	100030	36	FALLA_TERM_COMP_602
IN 31	100031	37	MANUAL_COMP_601
IN 32	100032	38	AUTO_COMP_601
			<b>COMENTARIO</b>
			SELECCIÓN MANUAL_COMP_602
			SELECCIÓN AUTOMÁTICO_COMP_602_TABLERO
			CONFIRMACIÓN DE ENCENDIDO_COMP_601
			CONFIRMACIÓN DE ENCENDIDO_COMP_602
			FALLA SOBRECARGA_COMP_601
			FALLA SOBRECARGA_COMP_602
			SELECCIÓN MANUAL_COMP_601
			SELECCIÓN AUTOMÁTICO_COMP_601_TABLERO

DDO:

		<b>TELEFAST</b>	
<b>SALIDA</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>BORNERA</b>	<b>NOMBRE</b>
OUT 20	000020	103(2)	ON_COMP_601
OUT 21	000021	104(2)	ON_COMP_602
OUT 22	000022	105(2)	ON_SOL_601
OUT 23	000023	106(2)	ON_SOL_602
OUT 24	000024	107(2)	AUX_OFF_COMP_602
OUT 25	000025	108(2)	AUX_OFF_COMP_601
			<b>COMENTARIO</b>
			SALIDA DE ENCENDIDO DE COMPRESOR_601
			SALIDA DE ENCENDIDO DE COMPRESOR_602
			SALIDA DE ENCENDIDO DE SOLENOIDE_601
			SALIDA DE ENCENDIDO DE SOLENOIDE_602
			SALIDA DE RELÉ AUXILIAR_COMP_602
			SALIDA DE RELÉ AUXILIAR_COMP_601

**ACI:**

<b>ENTRADA</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>BORNERA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>COMENTARIO</b>	<b>Canal</b>
IN 3 (+)	400500 F	5	PIT_COMP	ENTRADA ANALÓGICA DE TRANSMISOR	CHANNEL 3
IN 3 (-)	400501	6	PIT_COMP	ENTRADA ANALÓGICA DE TRANSMISOR	CHANNEL 3

**SEÑALES DE CONTROL**

**INTOUCH**

<b>DIRECCIÓN</b>	<b>BORNERA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>COMENTARIO</b>
002444	NA	ON_MANUAL_COMP_601	ENCENDIDO DESDE INTOUCH COMP_601
002445	NA	ON_MANUAL_COMP_602	ENCENDIDO DESDE INTOUCH COMP_602
002469	NA	OFF_MANUAL_COMP_601	APAGADO DESDE INTOUCH COMP_601
002470	NA	OFF_MANUAL_COMP_602	APAGADO DESDE INTOUCH COMP_602
400708	NA	NIVEL_MIN_COMP	INGRESO NIVEL MIN PARA PRENDER COMPRESORES
400710	NA	NIVEL_MAX_COMP	INGRESO NIVEL MAX PARA APAGAR COMPRESORES

**SECCIÓN: HORÓMETROS DE COMPRESORES**

**HORÓMETRO COMPRESOR 601**

<b>LISTA 1</b>	<b>NOMBRE DE VARIABLE</b>	<b>TIPO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>COMENTARIO</b>
1	ON_COMP_601_CONF	BOOL	100027	CONFIRMACIÓN DE ENCENDIDO COMP 601
2	SET_MIN_C601	BOOL	002446	INICIO DE IGUALACIÓN DE MINUTOS
3	SET_MIN_PC_C601	ENTERO	402002	SETEO DE MINUTOS DESDE HMI
4	OUT_MIN_601	ENTERO	402001	MINUTOS CONTADOS DESDE EL ARRANQUE
5	SET_HOR_C601	BOOL	002428	INICIO DE IGUALACIÓN DE HORAS
6	SET_HOR_PC_C601	DINT	4002006	SETEO DE HORAS DESDE HMI
7	OUT_HORAS_C601	DINT	402004	HORAS CONTADAS DESDE EL ARRANQUE
8	OUT_SEGUNDOS_C601	ENTERO	402008	SEGUNDOS CONTADOS DESDE EL ARRANQUE
9	RESET_CONTADOR	BOOL	-	RESET DEL CONTADOR DE FUNCIONAMIENTO
10	CUENTA	ENTERO	-	VALOR CONTABILIZADO
11	RESIDUO	ENTERO	-	RESIDUO DE LA DIVISIÓN

**HORÓMETRO COMPRESOR 602**

<b>LISTA 2</b>	<b>NOMBRE DE VARIABLE</b>	<b>TIPO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>COMENTARIO</b>
12	ON_COMP_602_CONF	BOOL	100028	CONFIRMACIÓN DE ENCENDIDO COMP 602
13	SET_MIN_C602	BOOL	002447	INICIO DE IGUALACIÓN DE MINUTOS
14	SET_MIN_PC_C602	ENTERO	402010	SETEO DE MINUTOS DESDE HMI
15	OUT_MIN_602	ENTERO	402009	MINUTOS CONTADOS DESDE EL ARRANQUE
16	SET_HOR_C602	BOOL	002449	INICIO DE IGUALACIÓN DE HORAS
17	SET_HOR_PC_C602	DINT	402014	SETEO DE HORAS DESDE HMI
18	OUT_HORAS_C602	DINT	402012	HORAS CONTADAS DESDE EL ARRANQUE
19	OUT_SEGUNDOS_C602	ENTERO	402016	SEGUNDOS CONTADOS DESDE EL ARRANQUE
20	RESET_CONTADOR_2	BOOL	-	RESET DEL CONTADOR DE FUNCIONAMIENTO
21	CUENTA_2	ENTERO	-	VALOR CONTABILIZADO
22	RESIDUO_2	ENTERO	-	RESIDUO DE LA DIVISIÓN

## **ANEXO D**

Hoja de datos de Transmisor de presión

## HOJA DE DATOS

INSTRUMENTO:	<b>Transmisor de Presión línea de aire comprimido</b>
FABRICANTE:	<b>Yokogawa</b>
N. SERIE:	<b>91J204126 901</b>

MODELO: EJX530 A STYLE S2

RANGO: 0 TO 2000

OBSERVACIONES ADICIONALES
Dpharp Transmitter CAL RNG: 0 TO 2000 EJX530 A SUFFIX: - EDS7N- 012 EN/FUI/DI/KI SUPPLY: 10.5 - 30 (42) VDC OUTPUT: 4-20 mA DC MWP 7200

### GRÁFICO



### PARÁMETROS:

<b>EJX510A y 530A</b>				
(Los valores de la medida abajo están en el absoluto para EJX510A)				
		Una cápsula	B	Cápsula de C
		kPa 0 a 200	MPa 0 a 2	MPa 0 a 10
	EJX510A	(0 a 29 PSI)	(0 a 290 PSI)	(0 a 1450 PSI)
		kPa -100 a 200	MPa -0.1 a 2	MPa -0.1 a 10
Gama	EJX530A	(- 14.5 a 29 PSI)	(- 14.5 a 290 PSI)	(- 14.5 a 1450 PSI)
Exactitud		el ±0.1%	el ±0.1%	el ±0.1%
Grados de protección	Prueba de la inmersión de IP67, de la nema 4X y de JIS C0920			
Certificados	FM, Cenelec ATEX, CSA, IECEx			
	C.C. de 10.5 a 42 V			
	(C.C. de 10.5 a 30 V para el tipo de seguridad inherente)			
	Fieldbus: C.C. de 9 a 32 V			
	Temperatura ambiente			
	Temperatura de proceso			
	Sobrepresión máxima			
	Montaje			
	Cápsula	Hastelloy C-276		
Piezas mojadas materiales	Conexión de proceso	316L SST, Hastelloy C-276		
Cubierta	Aleación de la fundición de aluminio o acero inoxidable de ASTM CF-8M (opcional)			

## **ANEXO E**

Hoja de datos válvula solenoide

## 6. TECHNICAL DATA

### 6.1. Conformity

The device conforms to the EC directives according to the EC Declaration of Conformity.

### 6.2. Standards

The conformity with EC guidelines is guaranteed in accordance with standards:

- EN 60079-0, EN 60079-7, EN 60079-18, EN 61241-0, EN 61241-1, EN 13463-1

### 6.3. Licences

The EC type-examination certificate PTB 00 ATEX 2129 X was issued by the

PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt)  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig

which also audits production (CE 102).

The EC type-examination certificate can be found on the Internet at:  
[www.burkert.com](http://www.burkert.com)

### 6.4. Operating conditions



#### **WARNING!**

#### **Danger of explosion!**

It is highly risky to exceed the technical data indicated on the rating plate!

- Never exceed the technical data indicated on the rating plate.

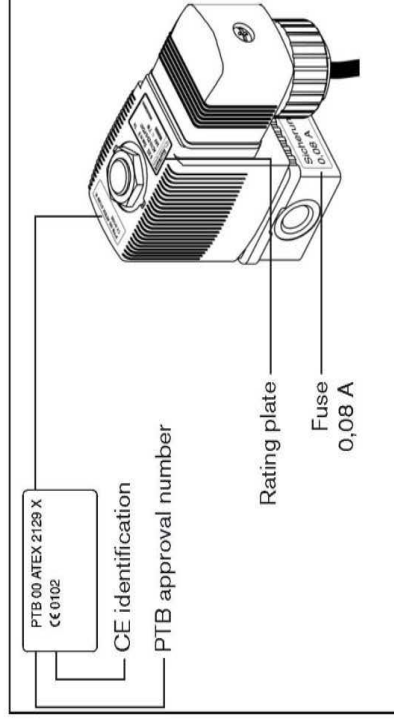


Fig. 1: Location of the rating plate

### 6.4.1. Rating plate

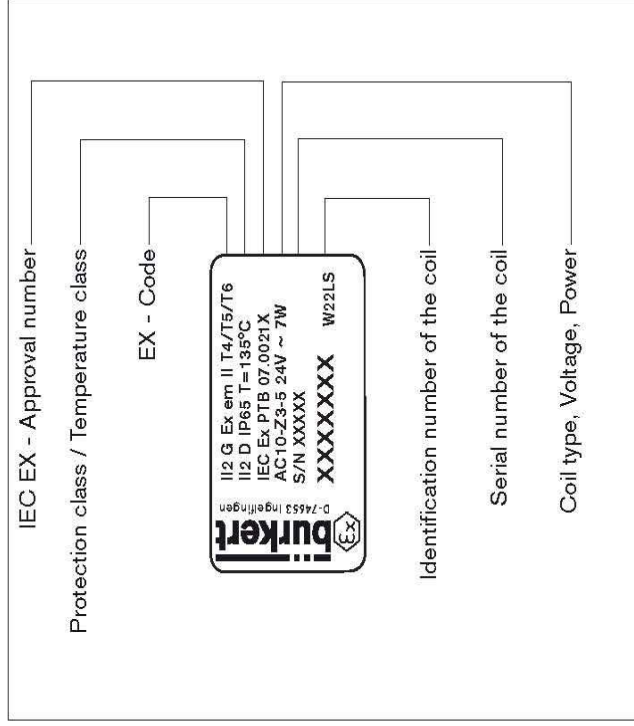


Fig. 2: Description of the rating plate

### 6.5. Electrical data

#### 6.5.1. Coils for individual assembly

Universal current, nominal voltage 12 ... 400 V, frequency 0 ... 60 Hz

Coil type	Rated current [A]	Power limit [W]	Max. permitted ambient temperature [°C]	Temperature class
AC10-5-PD47	0.68 ... 0.02	7	-30 ... +60	T4
AC10-5-PD48	0.33 ... 0.01	4	-30 ... +50	T5
AC10-5-PD49	0.25 ... 0.007	3	-30 ... +60	T5
AC10-5-PD50	0.25 ... 0.007	3	-30 ... +40	T6
AC10-5-PD51	0.19 ... 0.005	2.25	-30 ... +50	T6
AC10-5-PD52	0.114 ... 0.003	1.25	-30 ... +60	T6
AC10-6-PD53	0.8 ... 0.02	9	-30 ... +60	T4
AC10-6-PD54	0.31 ... 0.009	3.5	-30 ... +60	T5
AC10-6-PD55	0.16 ... 0.005	1.8	-30 ... +60	T6
AC10-4-PD56	0.35 ... 0.01	4	-30 ... +50	T5
AC10-4-PD57	0.25 ... 0.007	3	-30 ... +60	T5
AC10-4-PD59	0.13 ... 0.003	1.5	-30 ... +60	T6
AC10-5-PD60	0.68 ... 0.02	7	-40 ... +60	T4
AC10-5-PD61	0.33 ... 0.01	4	-40 ... +50	T5
AC10-5-PD62	0.25 ... 0.007	3	-40 ... +60	T5
AC10-5-PD63	0.25 ... 0.007	3	-40 ... +40	T6



AC10-5-PD64	0.19 ... 0.005	2.25	-40 ... +50	T6
AC10-5-PD65	0.114 ... 0.003	1.25	-40 ... +60	T6
AC10-6-PD66	0.8 ... 0.02	9	-40 ... +60	T4
AC10-6-PD67	0.31 ... 0.009	3.5	-40 ... +60	T5
AC10-6-PD68	0.16 ... 0.005	1.8	-40 ... +60	T6
AC10-4-PD69	0.35 ... 0.01	4	-40 ... +50	T5
AC10-4-PD70	0.25 ... 0.007	3	-40 ... +60	T5
AC10-4-PD72	0.13 ... 0.003	1.5	-40 ... +60	T6

### 6.5.2. Coils for individual or battery assembly



#### **DANGER!**

#### **Risk of explosion due to overheating!**

In the case of battery assembly observe the following data of the valves:

- Dimension of the valve body: 32 mm x 32 mm x 10 mm.
- Material of the valve body: Brass (MS), aluminium (AL), stainless steel (VA) or plastic (PA 6 GV).

Universal current, nominal voltage 12 ... 400 V, frequency 0 ... 60 Hz

Coil type	Rated current [A]	Power limit [W]	Max. permitted ambient temperature [°C]	Temperature class	Temp- <sup>1)</sup>
AC10-5-PD73	0.68 ... 0.02	7	-30 ... +40	T4	1
AC10-5-PD74	0.25 ... 0.007	3	-30 ... +50	T5	1
AC10-5-PD75	0.19 ... 0.005	2.25	-30 ... +40	T6	1
AC10-5-PD76	0.114 ... 0.003	1.25	-30 ... +60	T6	1
AC10-4-PD77	0.33 ... 0.01	4	-30 ... +40	T5	5
AC10-4-PD78	0.25 ... 0.007	3	-30 ... +50	T6	5
AC10-4-PD79	0.13 ... 0.003	1.5	-30 ... +55	T6	5
AC10-5-PD80	0.68 ... 0.02	7	-40 ... +40	T4	1
AC10-5-PD81	0.25 ... 0.007	3	-40 ... +50	T5	1
AC10-5-PD82	0.19 ... 0.005	2.25	-40 ... +40	T6	1
AC10-5-PD83	0.114 ... 0.003	1.25	-40 ... +60	T6	1
AC10-4-PD84	0.33 ... 0.01	4	-40 ... +40	T5	5
AC10-4-PD85	0.25 ... 0.007	3	-40 ... +50	T5	5
AC10-4-PD86	0.13 ... 0.003	1.5	-40 ... +55	T6	5

<sup>1)</sup> In the case of battery assembly: min. distance from the wall [mm]

## **ANEXO F**

Hoja de datos de sensor de embrague

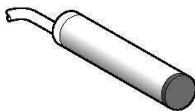


# XS1-L/D/M / XS2-D

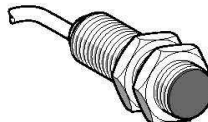


Inductive proximity sensors  
 Détecteurs de proximité inductifs  
 Induktive Näherungsschalter  
 Detectores de proximidad inductivos  
 Interruttori di prossimità induttivi  
 Detectores de proximidade indutivos

XS1-L



XS1-D/M



XS2-D



**UL Listing :**  
 Applicable on proximity switches bearing the UL Listing mark only.  
 Enclosure : Type 1

**Overcurrent protection\***

Conductor size AWG	mm <sup>2</sup>	Maximum Ampere rating
22	0.34	3
27	0.11	1

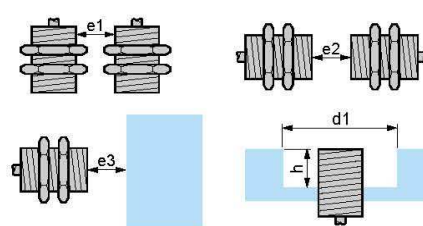
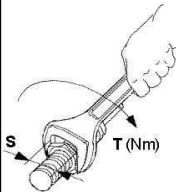
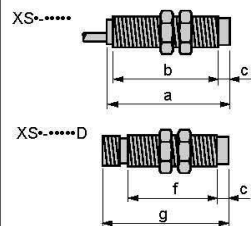
\* Required on AC products



**⚠ DANGER / PELIGRO / DANGER**

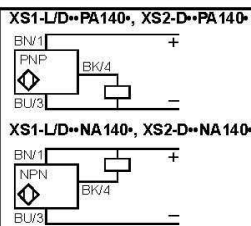
<b>HAZARDOUS VOLTAGE</b> Disconnect all power before servicing equipment. Electric shock will result in death or serious injury.	<b>TENSION PELIGROSA</b> Desenergice el equipo antes de realizarle servicio. Una descarga eléctrica podrá causar la muerte o lesiones serias.	<b>TENSION DANGEREUSE</b> Couper l'alimentation avant de travailler sur cet appareil. Une électrocution entraînera la mort ou des blessures graves.
---	--	--

Mechanical installation  
 Mise en œuvre mécanique  
 Mechanische Installation  
 Instalación mecánica  
 Messa in opera meccanica  
 Instalação mecânica

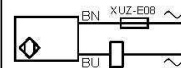


(mm)	Sn	a	b	c	g	f	S	T (Nm)	e1 ≥	e2 ≥	e3 ≥	d1 ≥	h ≥
	XS1L 1.5	42	0	0	-	-	-	-	3	18	4.5	8	0
	XS1D08 1.5	42	40.6	0	61.4	39.6	13	5	3	18	4.5	8	0
	XS1D12 2	42.2	40	0	53	39.6	17	15	4	24	6	12	0
	XS1D18 5	52.2	49.6	0	64	49.7	24	35	10	60	15	18	0
	XS1D30 10	52.2	49.6	0	64	49.7	36	50	20	120	30	30	0
	XS1M12 2	59	57.5	0	-	-	17	15	4	24	6	12	0
	XS1M18 5	59	57.5	0	-	-	24	35	10	60	15	18	0
	XS1M30 10	59	57.5	0	-	-	36	50	20	120	30	30	0
	XS2D12 4	42.2	35.2	5	53	34.6	17	15	16	48	12	36	8
	XS2D18 8	52.2	41.6	8	64	41.7	24	35	32	96	24	54	16
	XS2D30 15	52.2	36.6	13	64	36.7	36	50	60	180	45	90	30

Electrical installation  
 Mise en œuvre électrique  
 Elektrische Installation  
 Instalación eléctrica  
 Messa in opera elettrica  
 Instalação eléctrica



XS1-M-FA264



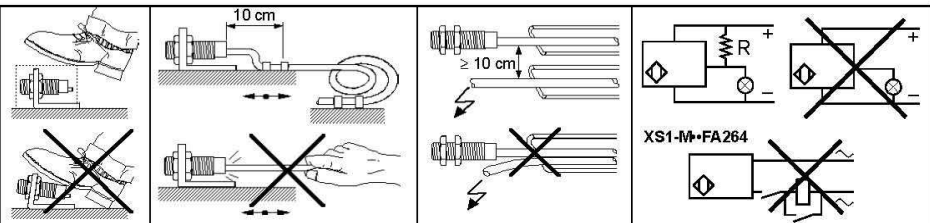
Without short circuit protection  
 Non protégés contre les courts-circuits  
 Ohne Kurzschlußschutz  
 No protección corto-circuito  
 Non protetto corto-circuito  
 Não protegidos contra curto-circuitos

Voltage limits (1)	~ 10...30 V	~ 20...264 V
Load switching capacity (2)	0...100 mA, 0...50 mA (L06/M08)	5...300 mA, 5...200mA (M12)
Voltage drop (3)	≤ 3 V	≤ 7 V (M12), ≤ 4.5 V (M18/30)
Leakage current (4)	-	≤ 1.5 mA
Current consumption (5)	≤ 10 mA	-

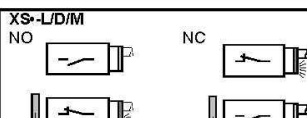
- (1) Limite de tension / Betriebsspannung / Limites de tensión / Limiti di tensione / Limites de tensão  
 (2) Courant commuté / Schaltstrom / Intensidad conmutada / Corrente commutata / Corrente comutada  
 (3) Tension de déchet / Spannungsfall (Ausgang durchgesteuert) / Tensión residual / Caduta di tensione / Tensão de defeito  
 (4) Courant résiduel / Reststrom (Ausgang gesperrt) / Intensidad residual / Corrente residual / Corrente residual  
 (5) Courant consommé / Leerlaufstrom / Intensidad consumida / Corrente consumata / Corrente consumida

<b>BN</b>	Brown	Brun	Braun	Marrón	Marron	Castanho
<b>BU</b>	Blue	Bleu	Blau	Azul	Blu	Azul
<b>BK</b>	Black	Noir	Schwarz	Negro	Nero	Preto

Installation precautions  
 Précautions de mise en œuvre  
 Vorsicht bei der Inbetriebnahme  
 Precaución de instalación  
 Consigli di messa in opera  
 Precaução de instalação



Indication  
 Signalisation  
 Funktionsanzeige  
 Señalización  
 Segnalazione  
 Sinalização



W91447174011 A06 1/2

## **ANEXO G**

Hoja de datos de sensor de velocidad



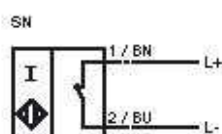
**Referencia de pedido**

**NJ2-12GK-SN**

**Características**

- 2 mm en rasado
- Aplicable hasta SIL 3 según IEC 61508

**Conexión**

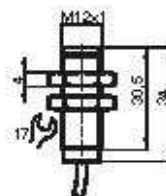


**Accesorios**

**BF 12**  
Brida de fijación

**EXG-12**  
Ayudas de montaje

**Dimensiones**



**Datos técnicos**

**Datos generales**

Función del elemento de conmutación	N.O. NAMUR
Distancia de conmutación de medición $s_n$	2 mm
Instalación	en rasado
Polaridad de salida	funciones con seguridad
Distancia de conmutación asegurada $s_a$	0 ... 1,62 mm
Factor de reducción $r_{dI}$	0,4
Factor de reducción $r_{dU}$	0,3
Factor de reducción $r_{dZ}$	0,85

**Datos característicos**

Tensión nominal	$U_0$	8 V
Tensión de trabajo	$U_b$	5 ... 25 V <sup>1)</sup>
Frecuencia de conmutación	$f$	0 ... 2000 Hz

**Consumo de corriente**

Placa de medición no detectada	$\geq 3$ mA
Placa de medición detectada	$\leq 1$ mA

**Conformidad con estándares**

Según CEM	IEC / EN 60947-5-2:2004
Estándar	DIN EN 60947-5-6 (NAMUR) VDE 660 Parte 209

**Condiciones ambientales**

Temperatura ambiente	-40 ... 100 °C (233 ... 373 K)
----------------------	--------------------------------

**Datos mecánicos**

Tipo de conexión	2 m, cable sílicea
Sección transversal	0,34 mm <sup>2</sup>
Material de la carcasa	PP
Superficie frontal	PP
Tipo de protección	IP68

**Información general**

Aplicación en campo con peligro de explosión	ver Instrucciones de uso
Categoría	1G; 2G; 1D

Fecha de publicación: 2008-03-20 11:06 Fecha de edición: 2008-04-07 10:52:32\_SPA.com

**ATEX 1G**

Instrucciones de uso

**Categoría del aparato 1G**

Conformidad con norma  
 Conformidad con estándar

Identificación CE

Identificación Ex  
 Certificado de conformidad CE

Tipo asignado  
 Capacidad interna efectiva  $C_i$   
 Inductancia interna efectiva  $L_i$   
 Longitud del cable

Grupo de explosión IIA  
 Grupo de explosión IIB  
 Grupo de explosión IIC

Generalidades

Temperatura ambiente máx. permitida

Instalación, Puesta en marcha

Conservación, Mantenimiento

**Condiciones especiales**

Protección contra daños mecánicos

**Aparatos eléctricos para campos con peligro de explosión**

para el uso en campos con peligro de explosión por gas, vapor, niebla  
 94/9/EG

EN 60079-0:2004; EN 60079-11:2007; EN 60079-26:2004.  
 Tipo de protección contra ignición Seguridad intrínseca  
 Limitación mediante las condiciones nombradas a continuación  
**CE** 0102

→ II 1G EEx ia IIC T6  
 PTB 00 ATEX 2049 X  
 NJ 2-12GK-N...

≤ 50 nF ; Se ha tenido en cuenta una longitud del cable de 10 m.  
 ≤ 150 μH ; Se ha tenido en cuenta una longitud del cable de 10 m.  
 Deben observarse cargas electrostáticas peligrosas del cable, de conexión  
 fija, a partir de las longitudes siguientes:  
 96 cm  
 48 cm  
 7 cm

Se debe operar con el aparato de acuerdo con las indicaciones en las hojas de  
 datos y su manual de instrucciones. Debe observarse la Declaración de  
 fábrica CE. Deben cumplirse las Condiciones Especiales!

Deben obtenerse de la Declaración de fábrica CE los rangos de temperatura,  
 dependiente de la clase de temperatura.  
**Atención:** Debe usarse la tabla de temperaturas para la categoría 1!!! Ya ha  
 sido realizado el desprendimiento del 20 % según EN 1127-1 en la tabla de tem-  
 peraturas para la categoría 1.

Deben observarse las leyes y normas correspondientes para la aplicación o el  
 uso planificado.  
 La seguridad intrínseca sólo está permitida en conexión conjunta con el aparato  
 adecuado correspondiente y según el Certificado de seguridad intrínseca.  
 El aparato asignado debe cumplir con las exigencias de la categoría Ia.  
 Debido a posibles peligros de incendio, que pueden originarse debido a fallos  
 y/o corrientes en el sistema del equilibrio de potencial, debe preferirse un aisla-  
 miento galvánico en el circuito eléctrico de la alimentación y de señales. Los  
 aparatos asignados sin aislamiento galvánico sólo pueden aplicarse si cumplen  
 las exigencias correspondientes según IEC 60079-14.

En los aparatos que operan en campos con peligro de explosión no debe reali-  
 zarse ningún cambio.  
 No es posible realizar reparaciones en estos aparatos.

En la aplicación del sensor en rangos de temperatura por debajo de -20°C debe  
 protegerse el sensor de efectos de golpes incorporándolo en una carcasa adici-  
 onal.



**ATEX 2G**

Instrucciones de uso

**Categoría del aparato 2G**

Conformidad con norma  
Conformidad con estándar

Identificación CE

Identificación Ex

Certificado de conformidad CE

Tipo asignado  
Capacidad interna efectiva  $C_i$   
Inductancia interna efectiva  $L_i$   
Generalidades

Temperatura ambiente máx. permitida

Instalación, Puesta en marcha

Conservación, Mantenimiento

**Condiciones especiales**

Protección contra daños mecánicos

**Aparatos eléctricos para campos con peligro de explosión**

para el uso en campos con peligro de explosión por gas, vapor y/o niebla  
94/9/EG

EN 60079-0:2004; EN 60079-11:2007

Tipo de protección contra ignición Seguridad intrínseca  
Limitación mediante las condiciones nombradas a continuación

**CE** 0102

→ II 1G EEx ia IIC T6

PTB 00 ATEX 2049 X

NJ 2-12GK-SN...

≤ 50 nF ; Se ha tenido en cuenta una longitud del cable de 10 m.

≤ 150 μH ; Se ha tenido en cuenta una longitud del cable de 10 m.

Se debe operar con el aparato de acuerdo con las indicaciones en las hojas de datos y su manual de instrucciones. Debe observarse la Declaración de fábrica CE. Deben cumplirse las Condiciones Especiales!

Deben obtenerse de la Declaración de fábrica CE los rangos de temperatura, dependiente de la clase de temperatura.

Deben observarse las leyes y normas correspondientes para la aplicación o el uso planificado. La seguridad intrínseca sólo está permitida en conexión conjunta con el aparato adecuado correspondiente y según el Certificado de seguridad intrínseca.

En los aparatos que operan en campos con peligro de explosión no debe realizarse ningún cambio.

No es posible realizar reparaciones en estos aparatos.

En la aplicación del sensor en rangos de temperatura por debajo de -20°C debe protegerse el sensor de efectos de golpes incorporándolo en una carcasa adicional.

**ATEX 1D**

Instrucciones de uso

**Categoría del aparato 1D**

Conformidad con norma  
 Conformidad con estándar

Identificación CE

Identificación Ex

Certificado de conformidad CE

Tipo asignado  
 Capacidad interna efectiva  $C_i$   
 Inductancia interna efectiva  $L_i$   
 Generalidades

Temperatura de superficie de la carcasa máx.

Instalación, Puesta en marcha

Conservación, Mantenimiento

**Condiciones especiales**

Carga electroestática

**Aparatos eléctricos para campos con peligro de explosión**

para el uso en campos con peligro de explosión por polvo inflamable  
 94/9/EG

IEC 61241-11:2002: Diseño; prEN61241-0:2002  
 Tipo de protección contra ignición Seguridad intrínseca "ID"  
 Limitación mediante las condiciones nombradas a continuación  
**CE** 0102

- II 1D Ex iaD 20 T 108 °C  
 La identificación relevante Ex se encuentra en la etiqueta adhesiva adjunta.

ZELM 03 ATEX 0128 X

NJ 2-12GK-SN...

≤ 50 nF ; Se ha tenido en cuenta una longitud del cable de 10 m.

≤ 150 µH ; Se ha tenido en cuenta una longitud del cable de 10 m.

Se debe operar con el aparato de acuerdo con las indicaciones en las hojas de datos y su manual de instrucciones.

Debe observarse la Declaración de fábrica CE.

Deben cumplirse las Condiciones Especiales!

Deben obtenerse de la Declaración de fábrica CE la temperatura máxima de la superficie de la carcasa.

Deben observarse las leyes y normas correspondientes para la aplicación o el uso planificado.

La seguridad intrínseca sólo está permitida en conexión conjunta con el aparato adecuado correspondiente y según el Certificado de seguridad intrínseca.

El aparato asignado debe cumplir con las exigencias de la categoría Ia IIB o Ia D. Debido a posibles peligros de incendio, que pueden originarse debido a fallos y/o corrientes en el sistema del equilibrio de potencial, debe preferirse un aislamiento galvánico en el circuito eléctrico de la alimentación y de señales.

Los aparatos asignados sin aislamiento galvánico sólo pueden aplicarse si cumplen las exigencias correspondientes según IEC 60079-14.

El circuito eléctrico intrínsecamente seguro debe estar protegido contra rayos.

Con la aplicación en el tabique de separación entre la zona 20 y zona 21 ó zona 21 y zona 22 el sensor no debe estar expuesto a ningún peligro mecánico y debe sellarse de forma que no afecte la función de protección del tabique de separación. Deben observarse los reglamentos y normas correspondientes.

La etiqueta adhesiva suministrada debe colocarse en la proximidad inmediata del sensor! La base de la etiqueta adhesiva debe ser limpia, sin grasa y lisa!

La etiqueta adhesiva colocada debe, por una posible corrosión química, adherirse de forma legible y permanente!

En los aparatos que operan en campos con peligro de explosión no debe realizarse ningún cambio.

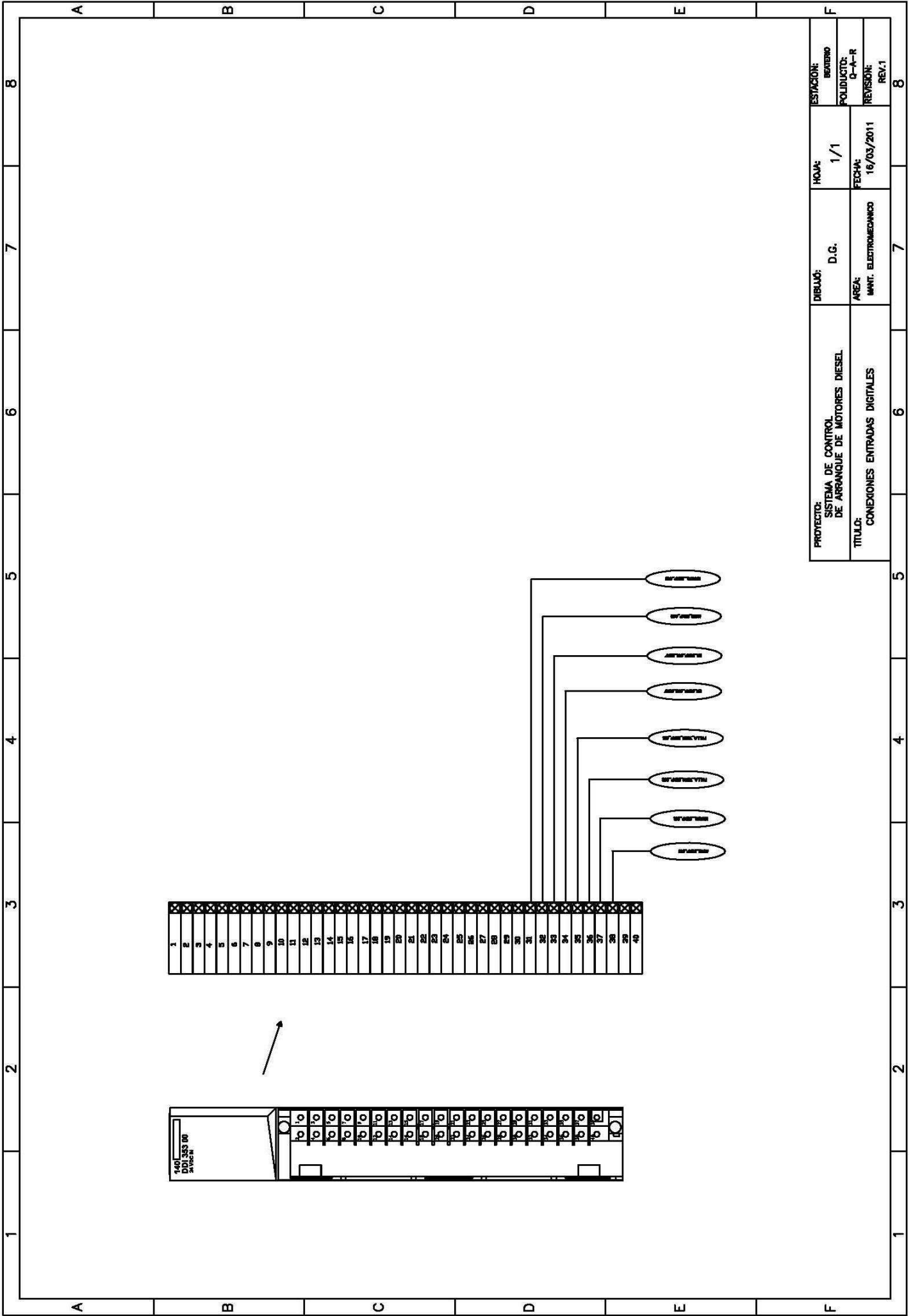
No es posible realizar reparaciones en estos aparatos.

Los conductores de conexión deben colocarse de acuerdo con EN 50281-1-2 y en el funcionamiento habitual no deben exponerse al roce.



## **ANEXO H**

Diagramas de alambrado

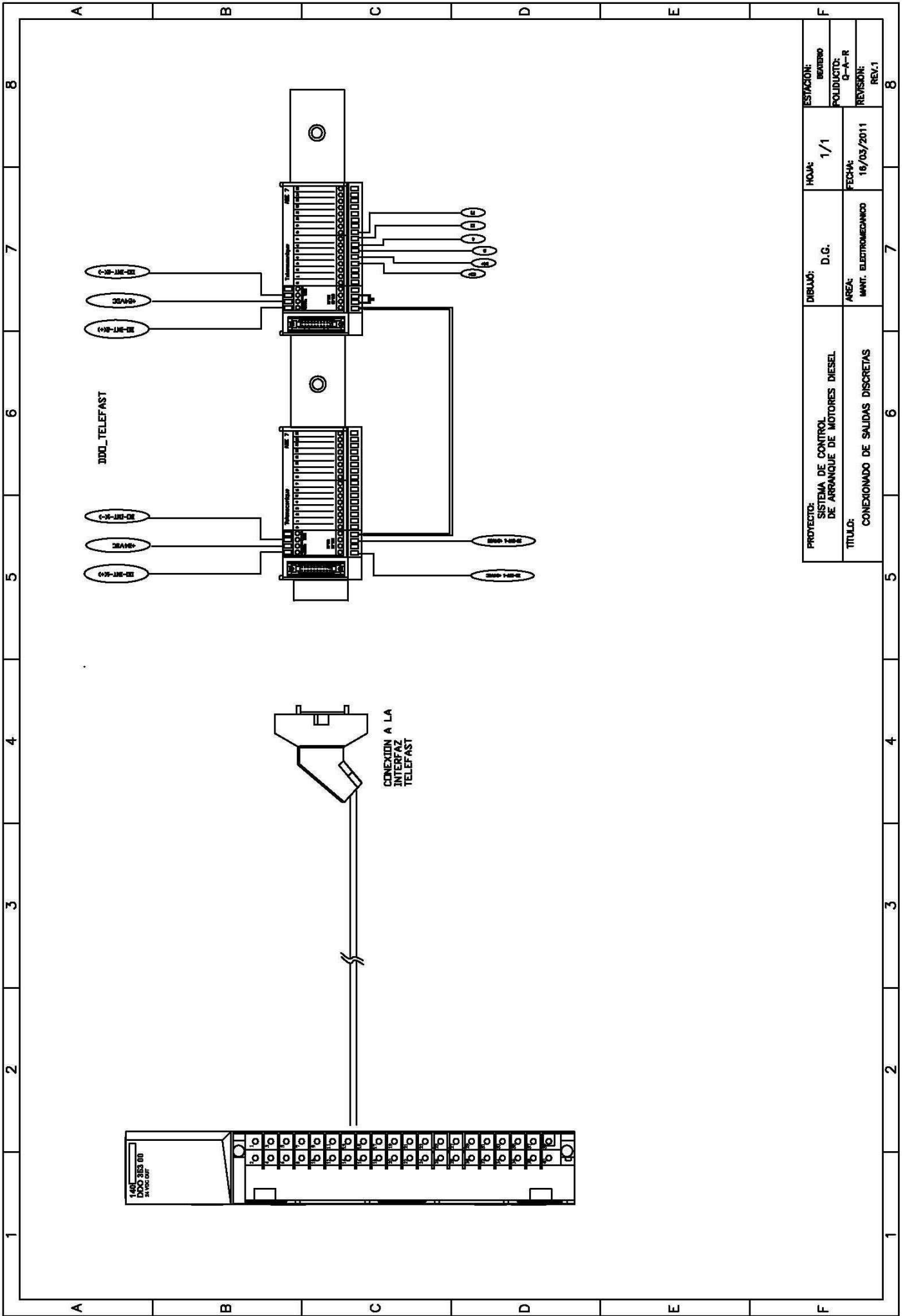


PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DIESEL	DIBUJO: D.G.	HOJA: 1/1	ESTACION: BEATERO
TITULO: CONEXIONES ENTRADAS DIGITALES	AREA: MANT. ELECTROMECANICO	FECHA: 16/03/2011	PROYECTO: Q-R-R
			REVISION: REV.1

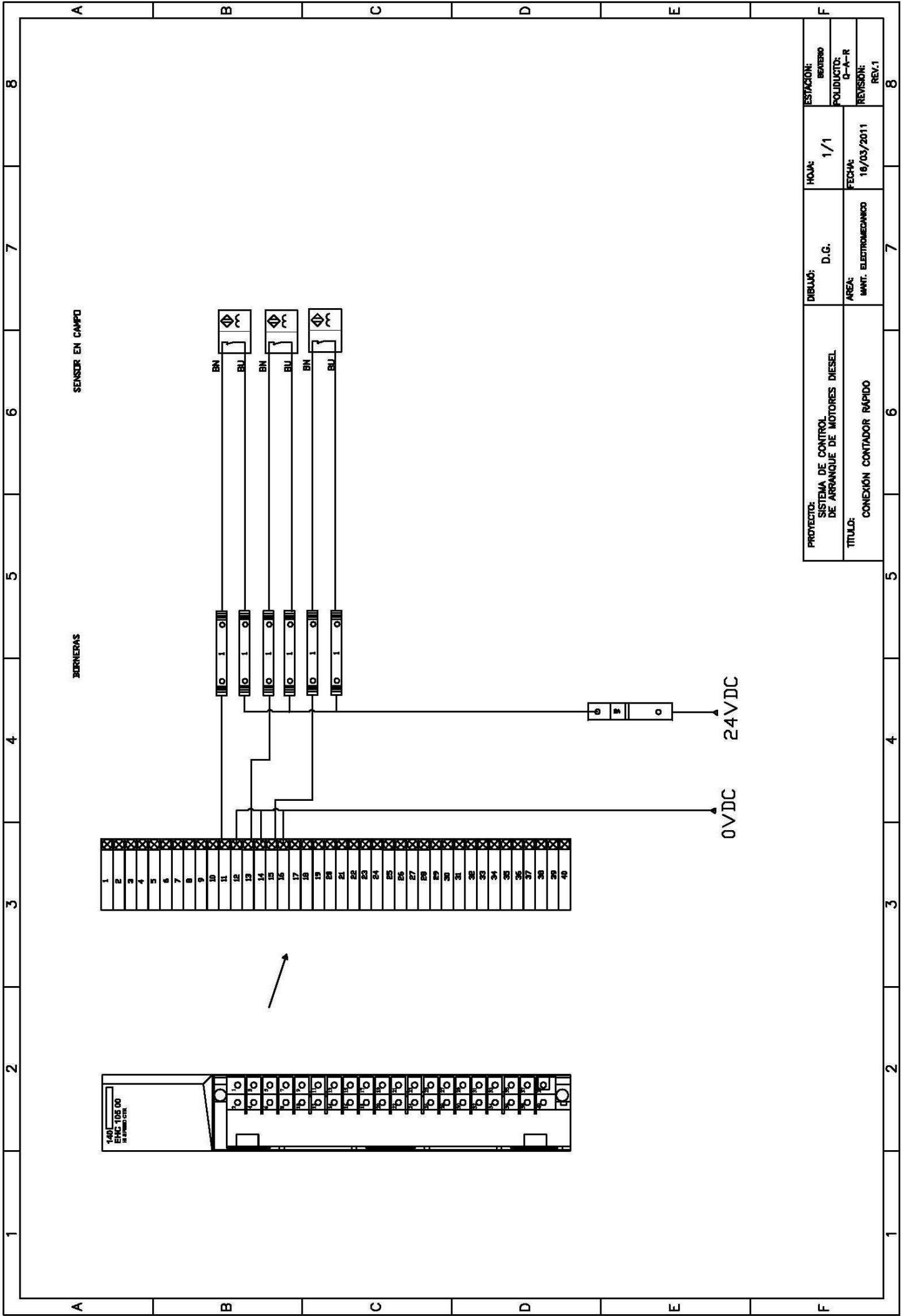
8 7 6 5 4 3 2 1 1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F

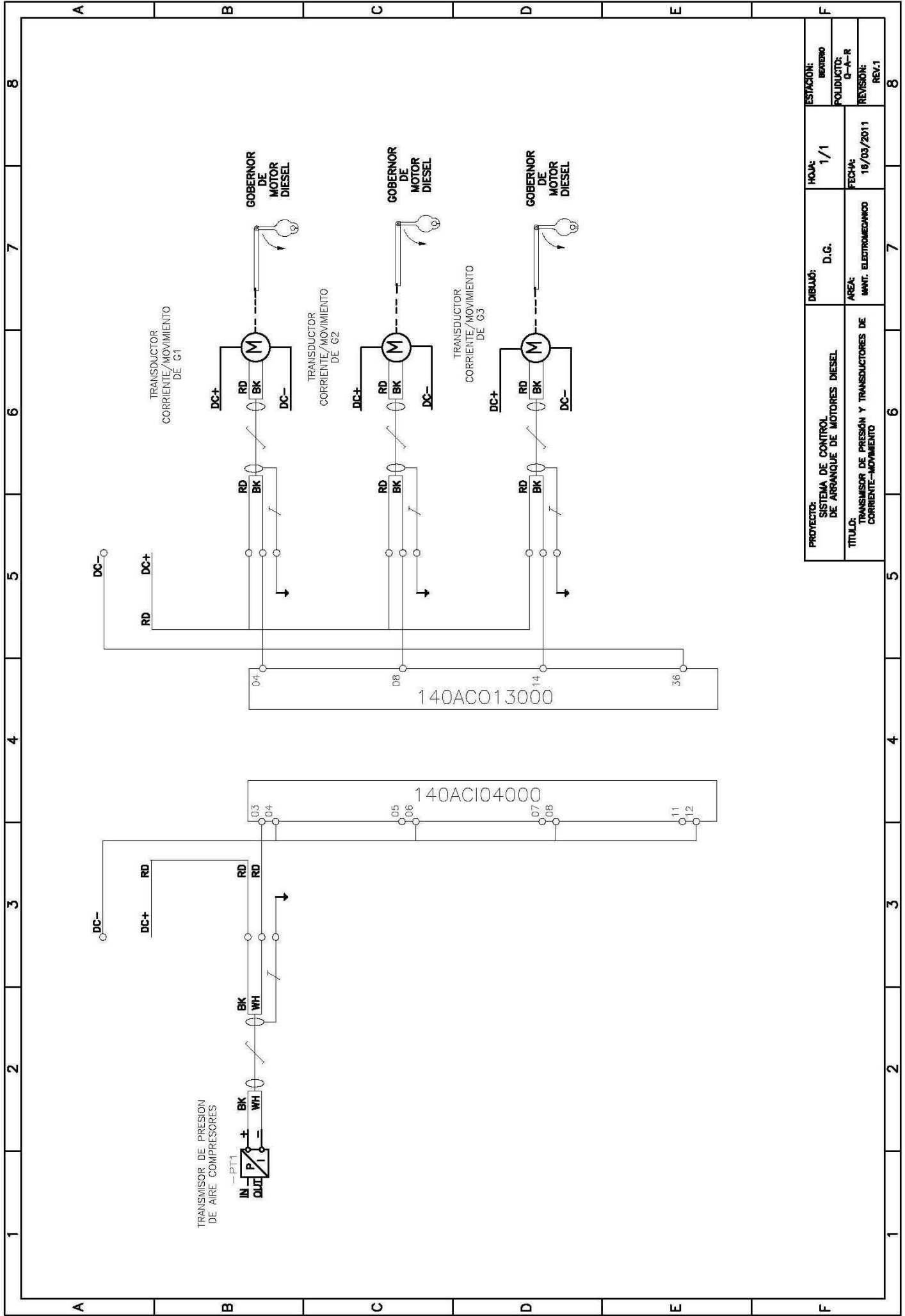
A B C D E F



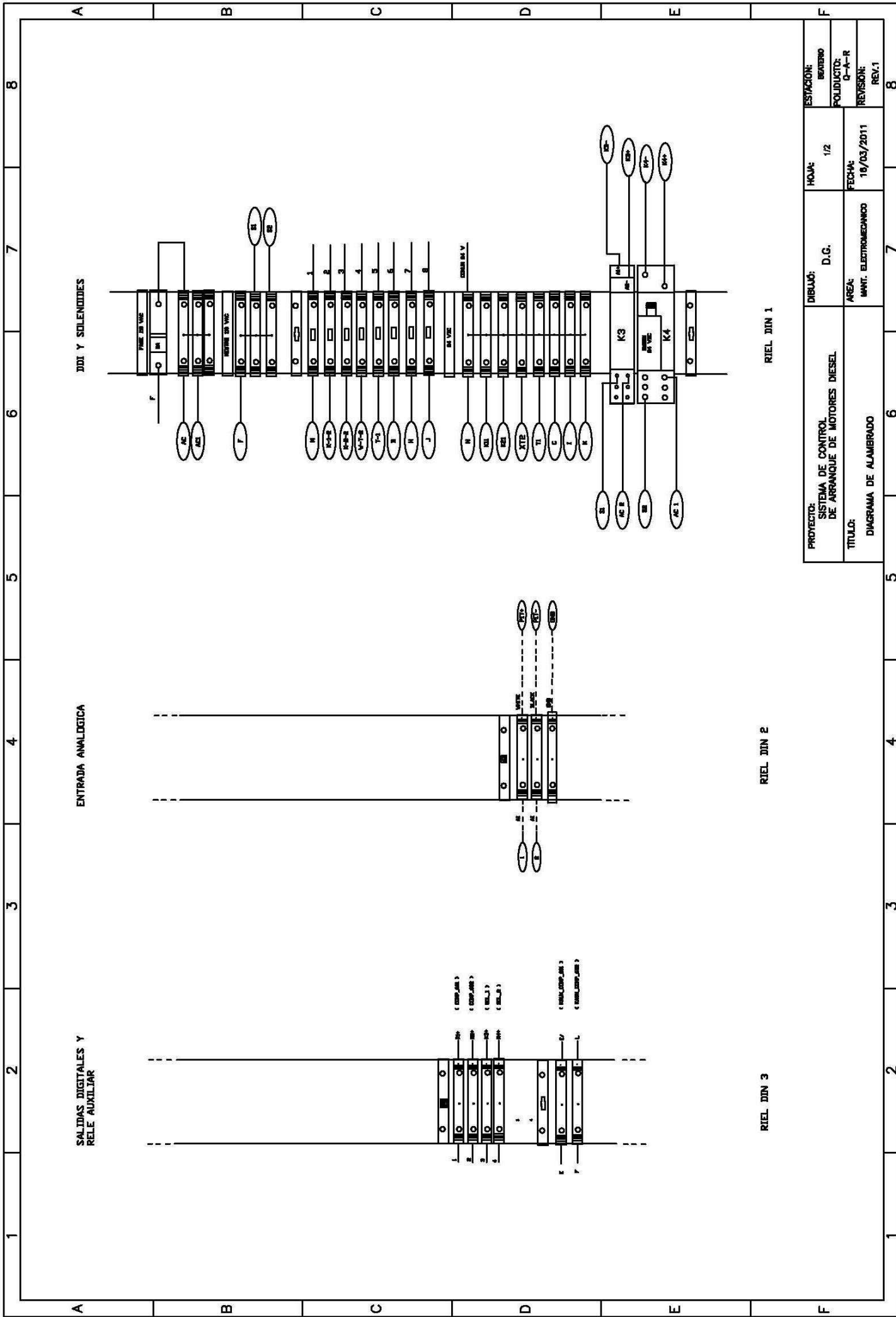
PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DIESEL	DIBUJÓ: D.G.	HOJA: 1/1	ESTACION: BEATERO
TITULO: CONEXIONADO DE SALIDAS DISCRETAS	AREA: MANT. ELECTROMECANICO	FECHA: 16/03/2011	PROYECTISTA: D-A-R
			REVISOR: REV.1



PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DIESEL	DIBUJO:	D.G.	HOJA:	1/1	ESTACION:	SENTERO
	TITULO:	CONEXIÓN CONTADOR RÁPIDO	AREA:	MANT. ELECTROMECHANICO	FECHA:	16/03/2011
					REVISOR:	D-A-R
					REV.:	REV.1



PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DIESEL	DIBUJO: D.G.	HOJA: 1/1	ESTACION: BEATERO
TITULO: TRANSMISOR DE PRESION Y TRANSDUCTORES DE CORRIENTE-MOVIMIENTO	AREA: MANT. ELECTROMECANICO	FECHA: 18/03/2011	CONDUCTO: Q-A-R
			REVISION: REV.1



SALIDAS DIGITALES Y RELE AUXILIAR

ENTRADA ANALOGICA

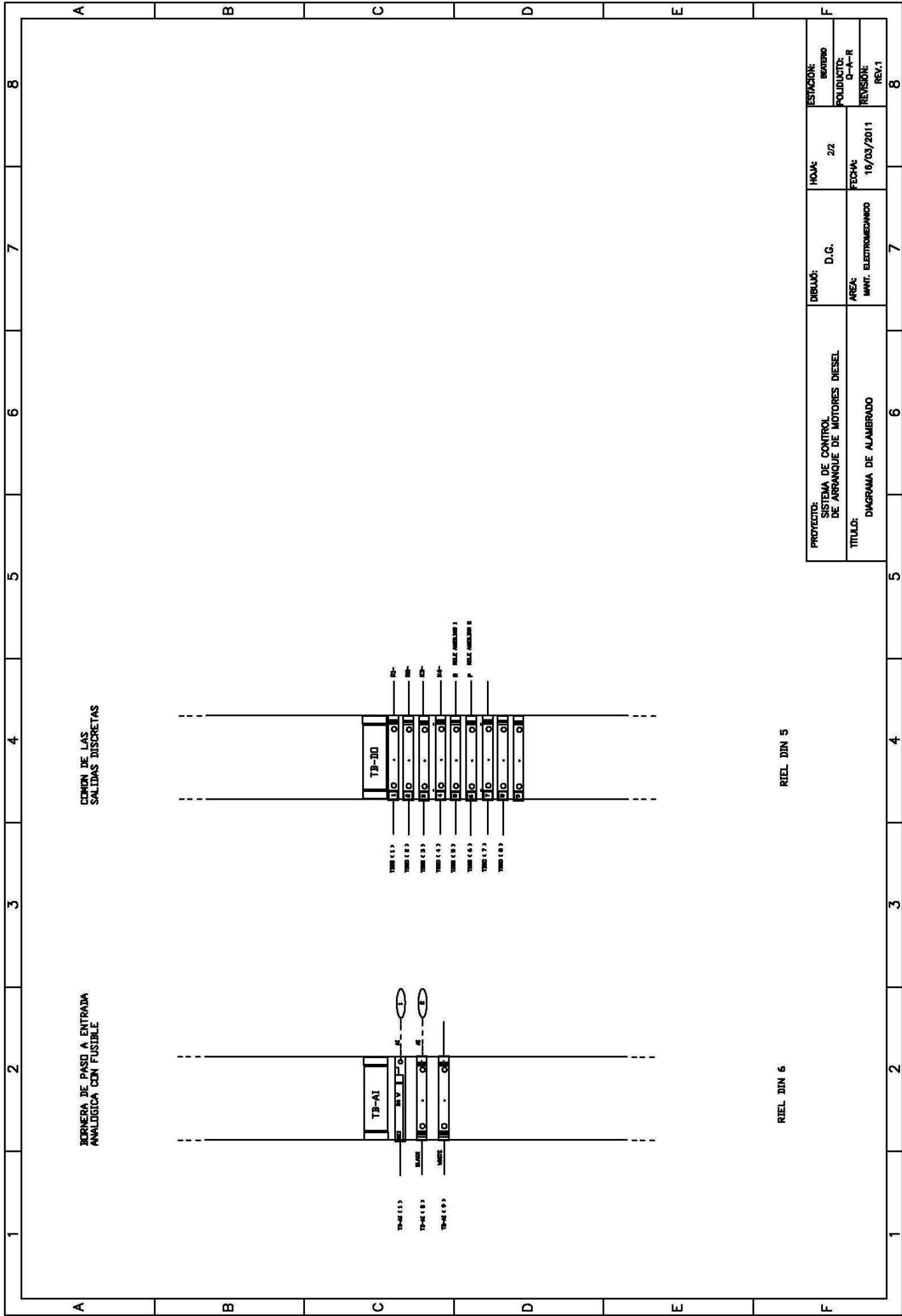
INDI Y SOLENOIDES

RIEL DIN 3

RIEL DIN 2

RIEL DIN 1

PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DIESEL		DIBUJO: D.G.		HOJA: 1/2		ESTACION: BARRIO	
TITULO: DIAGRAMA DE ALAMBRADO		AREA: MANT. ELECTROMECANICO		FECHA: 18/03/2011		FOLIOCTO: 0-A-R	
						REVISION: REV.1	



RIEL DIN 6

RIEL DIN 5

PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DIESEL		DIBUJÓ: D.G.	HOJA: 2/2	ESTACION: BEATERO
TÍTULO: DIAGRAMA DE ALAMBRADO		AREA: MANT. ELECTROMECANICO	FECHA: 16/03/2011	FOLIADO: Q-A-R
				REVISION: REV.1