



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**



**“MODERNIZACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS MÓVIL  
HIDRÁULICO MHTB-102(E) PARA EL AVIÓN SUPERSÓNICO  
CHEETAH C DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA”**

**Examen Complexivo, Componente Práctico**

**Informe Profesional**

**Previa la obtención del título de:**

**MAGÍSTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL  
INDUSTRIAL**

**Autor: Ing. Miguel Angel Merino Pilay**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**AÑO – 2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Mi creador y Salvador.

A mis padres por inculcarme la superación, y dar cuanto tenían a su alcance para que yo pueda lograr esta meta.

A mis profesores, familiares y amigos que de una u otra forma me ayudaron para conseguir culminar esta maestría.

Miguel Angel Merino Pilay

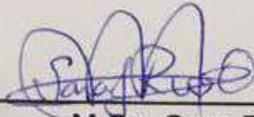
## **DEDICATORIA**

Al único y sabio Dios, por su eterno amor así como sus múltiples bendiciones dadas para lograr esta conquista académica.

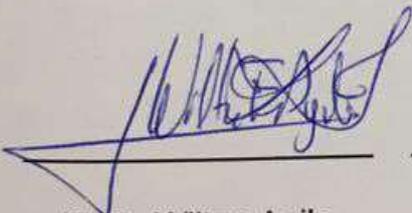
A mi esposa e hijas por ser la fuerza adicional para lograr completar este trabajo.

Miguel Angel Merino Pilay

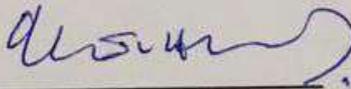
# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



M.Sc. Sara Ríos  
Presidente



Ph.D. Wilton Agila  
Vocal



M.Sc. Holger Cevallos  
Vocal

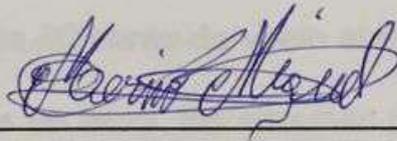


M.Sc. Efrén Herrera  
Vocal

## DECLARACIÓN EXPRESA

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Guayaquil, Abril 26 del 2016



---

**Miguel Angel Merino Pilay**  
C.I. # 0916845456

## RESUMEN

En el año 2012 la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) compra 12 aviones supersónicos de segunda mano a la fabrica DENEL AVIATION de Sudáfrica, quienes construyeron el avión CHEETAH y el banco hidráulico MHTB-102 (E).

Los bancos hidráulicos sirven de apoyo para las operaciones de dichos aviones ya que son utilizados en el mantenimiento preventivo y correctivo, obteniendo de esta manera una alta seguridad en el funcionamiento de las aeronaves. Está establecido en el manual “Technical Manual Mobile Hydraulic Test Bench MHTB-102(E)” que cada 50 horas de vuelo el avión CHEETAH tiene que pasar por pruebas hidráulicas en tierra, los sistemas probados son: tren de aterrizaje, movimiento de alerones, flaps, slat, timón de dirección, timón de profundidad, frenos, filtrado del liquido hidráulico y también es utilizado para purgar el sistema hidráulico, etc. Adicional estos bancos hidráulicos fueron construidos en el año de 1994.

En la Base Aérea de Taura, ALA de combate No. 21, Escuadrón Mantenimiento CHEETAH No.2122 de la FAE, se encontraban cuatro bancos hidráulicos modelos MHTB-102 (E) fuera de servicio.

Debido a estos antecedentes la FAE toma la decisión de modernizar estos bancos hidráulicos. La empresa encargada de realizar la modernización a los bancos hidráulicos es Electrónica Industrial Eleind S.A.

La propuesta de la modernización fue revisada por los representantes de la DENEL AVIATIONS en el Ecuador, la misma que fue aprobada para su ejecución.

A los bancos hidráulicos se les reviso los sistemas: eléctricos, electrónicos, hidráulicos y mecánicos, encontrándose fallas en todos los sistemas mencionados, no obstante se selecciona el sistema electrónico que es el tema tratado y desarrollado en este informe profesional.

En el sistema electrónico del banco hidráulico se encontró el PLC Telemecanique TSX17 en mal estado (quemado), este PLC se encuentra discontinuado debido a la antigüedad del mismo, en esta modernización se utiliza un controlador programable S7-1200 para su reemplazo, el cual utiliza un PID para controlar la presión del circuito hidráulico.

Después de la modernización los bancos hidráulicos quedan operativos, y en la actualidad son utilizados en las pruebas hidráulicas para los aviones CHEETAH.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
1. METODOLOGIA.....	3
1.2 Técnicas de recolección de datos.....	6
1.3 Solución tecnológica.....	7
1.4 Diseño del sistema de control.....	8
1.5 Adquisición de equipos.....	11
1.6 Arquitectura y detalles técnicos del Proyecto .....	11
1.7 Montaje e instalación .....	14
1.8 Documentación.....	16
1.9 Cronograma.....	16
2. RESULTADOS OBTENIDOS.....	17
2.1 Resultados, pruebas de funcionamiento del sistema modernizado .....	17
2.2 Conclusiones y Recomendaciones.....	20
BIBLIOGRAFÍA .....	22
ANEXOS.....	23
ANEXO 1: CONEXIONES DE SALIDAS DIGITALES .....	24
ANEXO 2: CONEXIONES DE ENTRADAS DIGITALES .....	25
ANEXO 3: ARQUITECTURA DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL.....	26
ANEXO 4: HOJA DE DATOS SIMATIC S7-1200, CPU 1212C .....	27
ANEXO 5: HOJA DE DATOS MODULO DE 8 ENTRADAS DIGITALES, SM 1221 .....	28
ANEXO 6: HOJA DE DATOS MODULO DE 8 SALIDAS DIGITALES, SM 1222.....	29
ANEXO 7: LOGICA DE CONTROL CARGADA EN LA CPU 1212C.....	30
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logotipo de la fábrica DENEL AVIATION .....	3
Figura 2. Banco Móvil de Pruebas Hidráulicas MHTB-102 .....	4
Figura 3. Tablero de control con PLC antiguo .....	5
Figura 4. Tablero de fuerza del banco hidráulico .....	5
Figura 5. Avión CHEETAH preparado para pruebas hidráulicas.....	6
Figura 6. PLC Telemecanique TSX17 .....	7
Figura 7. Controlador Programable S7-1200.....	7
Figura 8. Panel de operación del banco hidráulico.....	8
Figura 9. Distribución de señales digitales en el PLC antiguo.....	9
Figura 10. Arquitectura del nuevo sistema de control .....	12
Figura 11. Cableado del controlador programable S7-1200.....	15
Figura 12. Prueba del banco hidráulico con el avión CHEETAH.....	18
Figura 13. Verificación de los sistemas hidráulicos en la cabina del avión .....	19

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de entradas digitales .....	10
Tabla 2. Cantidad de salidas digitales.....	10
Tabla 3. Dimensionamiento del sistema de control .....	11
Tabla 4. Entradas digitales de la CPU 1212C .....	13
Tabla 5. Entradas digitales del modulo SM 1221-1 .....	13
Tabla 6. Entradas digitales del modulo SM 1221-2 .....	13
Tabla 7. Entradas digitales del modulo SM 1221-3 .....	13
Tabla 8. Salidas digitales de la CPU 1212C.....	14
Tabla 9. Salidas digitales del modulo SM 1222.....	14
Tabla 10. Cronograma de ejecución .....	16

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto fue desarrollado en la Base Aérea de Taura, para el Escuadrón de Combate CHEETAH de la FAE.

El tiempo para el desarrollo de esta modernización fue de 90 días laborables, para los cuatro bancos hidráulicos.

El trabajo se realizó por que dichos bancos llegaron de Sudáfrica dañados y no existían bancos hidráulicos que puedan dar soporte técnico en el área hidráulica para dichos aviones.

Con este trabajo se demostró la experiencia obtenida en el área de automatización ya que se tuvo que estudiar todo el sistema de control automático en la parte eléctrica, electrónica, hidráulica y mecánica.

En esta modernización se instalo un protector de fase para monitorear la alimentación eléctrica trifásica de 380 Vac / 50 Hz, el mismo que envía una señal digital al PLC cuando detecta fallas.

El control de la presión hidráulica debe mantenerse en 20,5Mpa (2973,27psi) esto se lo realiza con un lazo de control PID y válvulas con actuadores eléctricos.

En el panel del operador se encuentran instalados voltímetros para visualizar los voltajes en corriente alterna y continua.

Este banco tiene instalado sensores inductivos para el control de limallas y suciedades dentro del líquido hidráulico.

El control de nivel en el depósito del líquido hidráulico lo realiza por medio de sensores de alto medio y bajo nivel.

Este trabajo está dividido en dos capítulos. El primer capítulo describe la metodología utilizada, las etapas del proyecto y la solución tecnológica implementada; el segundo capítulo hace referencia a las pruebas y resultados obtenidos en esta modernización, conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## 1. METODOLOGIA

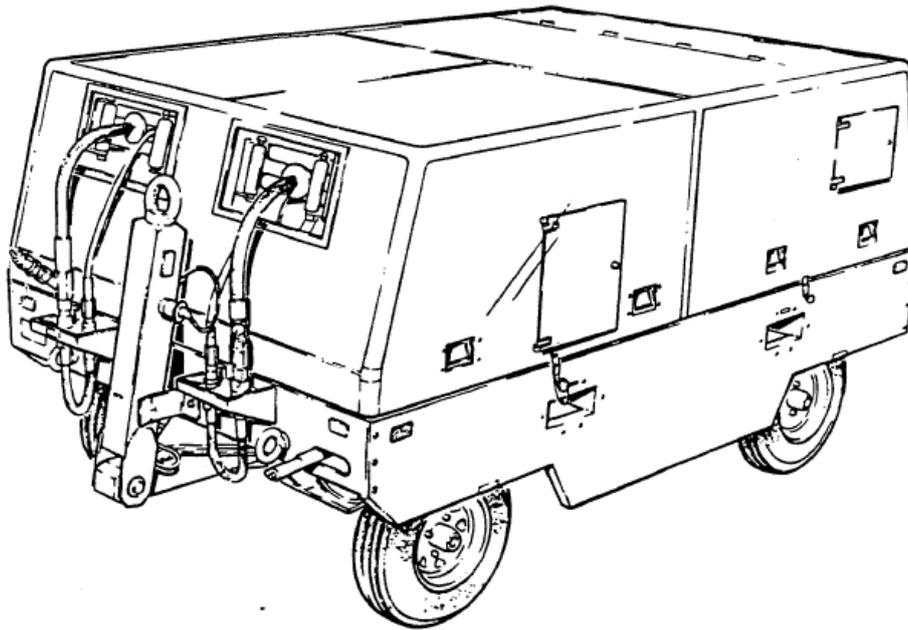
Para la realización de este trabajo se ejecutaron cuatro fases que se detallan a continuación, estas fases tuvieron un tiempo de ejecución de aproximadamente 90 días laborables por los cuatro bancos hidráulicos de acuerdo al contrato firmado entre las empresas Electrónica Industrial Eleind S.A. y Proteco Coasin S.A. que es representante en el Ecuador de la fábrica DENEL AVIATION de Sudáfrica, (**Figura 1**).



**Figura 1. Logotipo de la fábrica DENEL AVIATION**

### **Fase 1:**

Levantamiento de requerimientos del área usuaria del banco hidráulico, alcance del proyecto según contrato, revisión y reconocimiento del funcionamiento del banco hidráulico (**Figura 2**) con el personal técnico del escuadrón de mantenimiento No.2122 de aviones supersónicos CHEETAH pertenecientes a la ALA de combate No. 21 de la FAE.



**Figura 2. Banco Móvil de Pruebas Hidráulicas MHTB-102**

**Fase 2:**

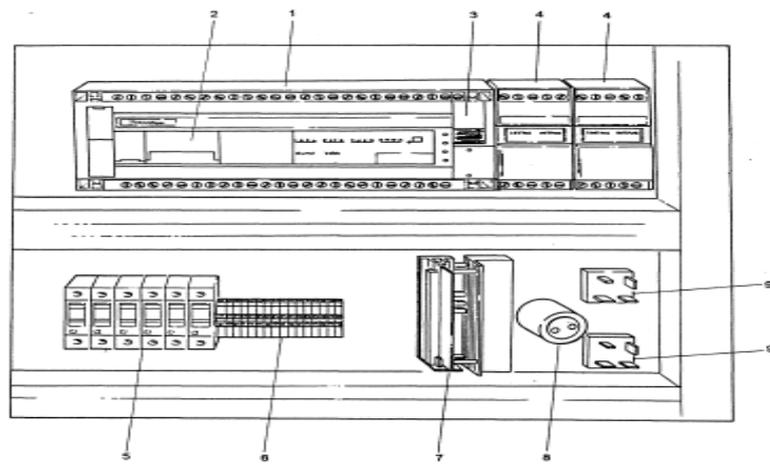
Diseño de las nuevas conexiones para el sistema de control del banco hidráulico, dimensionamiento del hardware y accesorios a implementarse en esta modernización.

**Fase 3:**

Programación y configuración del Controlador Siemens, así como diseños de planos para la nueva parte de control de esta modernización del banco hidráulico. Donde estamos utilizando PID para controlar presión.

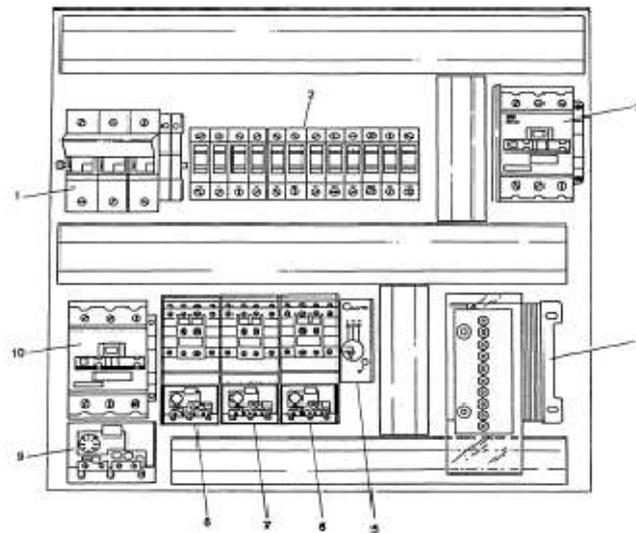
**Fase 4:**

Desmontaje del antiguo PLC Telemecanique TSX17 ver (**Figura 3**), accesorios y cableado obsoleto e Instalación del nuevo controlador mas módulos de entradas y salidas digitales, fuentes de poder, protector de fase ver (**Figura 4**).



- LEGEND**
- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| (1) Programmable Logic Controller (PLC) | (6) Terminals                     |
| (2) Software Cartridge                  | (7) Control Card, Main Pump Servo |
| (3) Battery                             | (8) Capacitor                     |
| (4) PLC Extension                       | (9) Rectifier                     |
| (5) Fuse Holders                        |                                   |

**Figura 3. Tablero de control con PLC antiguo**



- LEGEND**
- |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| (1) 3-phase Switch, Main Pump | (6) O/L Relay, Heat Exchanger |
| (2) Fuse Bank                 | (7) O/L Relay, Filling Pump   |
| (3) Output Supply Isolator    | (8) O/L Relay, Boost Pump     |
| (4) Mains Transformer         | (9) O/L Relay, Main Pump      |
| (5) Phase Fail Relay          | (10) Contactor Main Pump      |

**Figura 4. Tablero de fuerza del banco hidráulico**

## 1.2 Técnicas de recolección de datos

En el desarrollo de esta modernización fue necesario la recolección de datos, para esto se utilizó técnicas cualitativas; debido a que se analizaron cada una de las variables que intervienen en la operación del banco hidráulico de pruebas; con el propósito de determinar una filosofía de operación del banco, lo cual determinara el arranque del banco hidráulico, lógica de funcionamiento, acciones a tomar en el paro del banco hidráulico.

El alcance de esta modernización según el contrato firmado entre las empresas Electrónica Industrial Eleind S.A. y Protec Coasin S.A., es; comisionar, pruebas en sitio, puesta en marcha, entrega de documentación y capacitación (40 horas) para el personal que opera dicho banco hidráulico con estas actualizaciones tecnológicas.

La filosofía de operación fue desarrollada de acuerdo a las normas de fabricación de dicho banco, para cumplimiento de la operación del avión CHEETAH (**Figura 5**).



**Figura 5. Avión CHEETAH preparado para pruebas hidráulicas**

### 1.3 Solución tecnológica

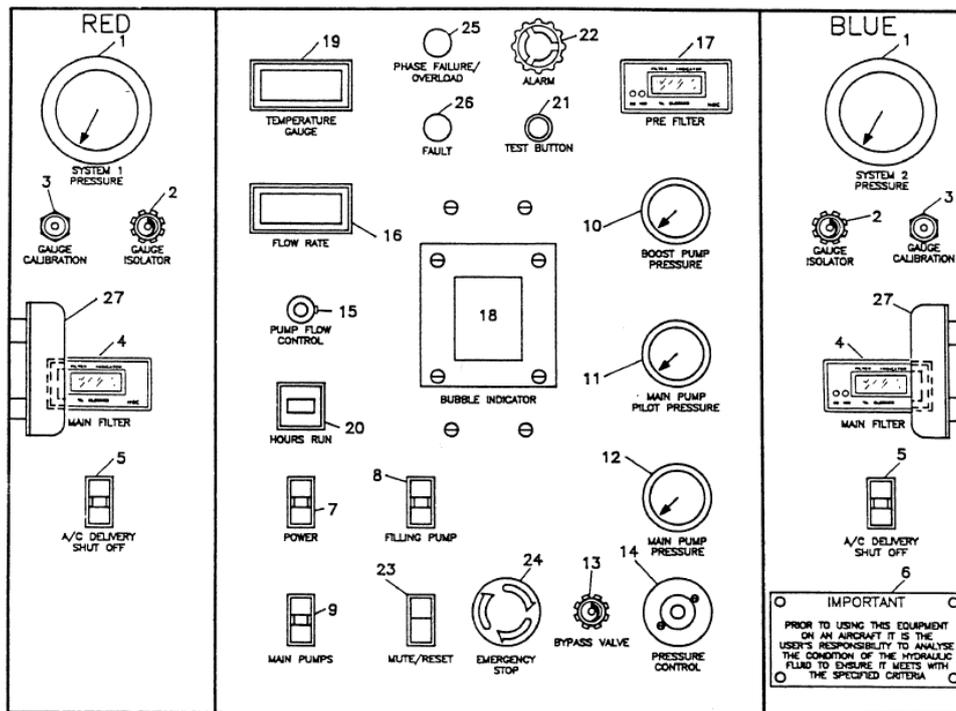
Como solución a los requerimientos de esta modernización del banco hidráulico, se decidió cambiar el PLC Telemecanique TSX17 ver (Figura 6), e instalar en su reemplazo un controlador programable S7-1200 ver (Figura 7). Adicional se instalaron un protector de fase, cambio de puente rectificador, reemplazo de botoneras del panel de operación del banco hidráulico ver (Figura 8).



Figura 6. PLC Telemecanique TSX17



Figura 7. Controlador Programable S7-1200



**LEGEND**

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| (1) System pressure Gauge (RED & BLUE)            | (14) Pressure Control                 |
| (2) Gauge Isolator Valve (RED & BLUE)             | (15) Pump Flow Control                |
| (3) Calibration Connector (RED & BLUE)            | (16) Flow Rate Indicator              |
| (4) Blockage Indicator, Main Filter (RED & BLUE)  | (17) Blockage Indicator, Prefilter    |
| (5) Aircraft Delivery Shut-off Valve (RED & BLUE) | (18) Bubble Indicator                 |
| (6) Important Notice                              | (19) Temperature Gauge                |
| (7) Power ON/OFF Switch                           | (20) Hours Run Meter                  |
| (8) Filling Pump ON/OFF Switch                    | (21) Test button                      |
| (9) Main Pumps ON/OFF Switch                      | (22) Alarm Buzzer                     |
| (10) Pressure Gauge, Boost Pump                   | (23) Mute/Reset Switch                |
| (11) Pressure Gauge, Main Pump Pilot Pressure     | (24) Emergency Stop Button            |
| (12) Pressure Gauge, Main Pump Pressure           | (25) Phase Failure/Overload Indicator |
| (13) By-pass Control                              | (26) Fault Indicator                  |
|   | (27) Panel Lights                     |

**Figura 8. Panel de operación del banco hidráulico**

**1.4 Diseño del sistema de control**

Inicialmente se realizó un levantamiento de la cantidad de señales digitales las cuales fueron tomadas del sistema de control antiguo (**Figura 9**), como se aprecia en esta figura vemos que el módulo de control antiguo constaba de una

CPU con I/O digitales integradas y adicional tenía adosado 2 módulos de expansión de 6 salidas digitales cada uno.



**Figura 9. Distribución de señales digitales en el PLC antiguo**

La modernización del banco hidráulico contara con un sistema de control centralizado, a partir de la información anterior se realiza el levantamiento para dimensionar el nuevo sistema de control, obteniendo las siguientes entradas digitales **Tabla 1** y salidas digitales **Tabla 2**, ver a continuación:

CANTIDAD DE ENTRADAS	NOMBRE DE SEÑALES
1	PHASE FAILURE
2	POWER (ON)
3	POWER (OFF)
4	EMERGENCY STOP
5	FILTRO CENTRAL SUCIO NA
6	FILTRO L1, L2 Y R2 SUCIO NA
7	NIVEL ALTO DE ACEITE (S4) NA
8	SENSOR DE NIVEL (S4) (NC SIEMPRE)
9	INTERRUPTOR DE PRESION (PS2)
10	INTERRUPTOR DE PRESION (PS4)
11	INTERRUPTOR DE PRESION (PS3)
12	SOBRECARGA MOTORES
13	INTERRUPTOR DE TEMPERATURA 1
14	INTERRUPTOR DE PRESION (PS1)
15	TEST BOTTON
16	AC DELIVERY SHUT OFF IZQUIERDO (ON)
17	AC DELIVERY SHUT OFF IZQUIERDO (OFF)
18	AC DELIVERY SHUT OFF DERECHO (ON)
19	AC DELIVERY SHUT OFF DERECHO (OFF)
20	MAIN PUMPS (ON)
21	MAIN PUMPS (OFF)
22	FILLING PUMP (ON)
23	FILLING PUMP (OFF)
24	INTERRUPTOR DE TEMPERATURA 2
25	MUTE RESET (ON)
26	MUTE RESET (OFF)

**Tabla 1. Cantidad de entradas digitales**

CANTIDAD DE SALIDAS	NOMBRE DE SEÑALES
1	COOLER
2	VALVULA DE CONTROL DIRECCIONAL (SV3)
3	LUZ PHASE FAULIRE
4	LUZ FAULT
5	ALARM (BUZZER)
6	LUZ POWER
7	LUZ MAIN PUMPS
8	LUZ FILLING PUMP
9	VALVULA CONTROL DIRECCIONAL (SV2)
10	BOBINA CONTACTOR BOMBA PRINCIPAL 2 (C3)
11	BOBINA CONTACTOR BOMBA PRINCIPAL 1 (C2)
12	BOBINA CONTACTOR FILLING PUMP (C4)
13	BOBINA CONTACTOR VENTILADOR (C5)
14	BOBINA DEL CONTACTOR PODER (C1)

**Tabla 2. Cantidad de salidas digitales**

De las tablas anteriores el nuevo sistema de control centralizado para esta modernización será de; 01 CPU, 26 entradas digitales y 14 salidas digitales.

### 1.5 Adquisición de equipos

Los equipos de control instalados en esta modernización del banco hidráulico son de marca SIEMENS, familia SIMATIC S7 con un controlador de gama media S7-1200, los modelos específicos de la CPU y los módulos I/O de expansión así como las cantidades necesarias se detallan en la **Tabla 3** que se muestra a continuación:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	MODELO	CANTIDAD
1	CONTROLADOR S7-1200	CPU 1212C DC/DC/DC	1
2	MODULO DE 8 ENTRADAS DIGITALES	SM 1221 DI 8x24 V DC	3
3	MODULO DE 8 SALIDAS DIGITALES	SM 1222 DQ 8xRELÉ	1

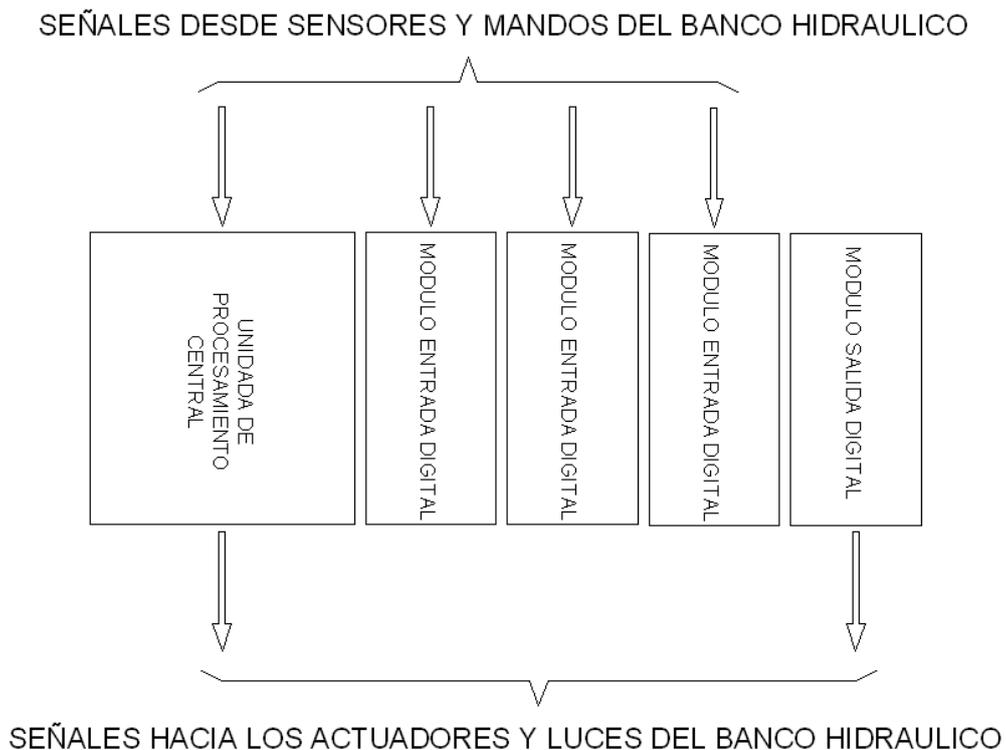
**Tabla 3. Dimensionamiento del sistema de control**

Para revisar detalles técnicos de los módulos en la tabla anterior diríjase a la sección de Anexos:

### 1.6 Arquitectura y detalles técnicos del Proyecto

La arquitectura para la modernización del banco hidráulico es la que se muestra en la (**Figura 10**), esta es una arquitectura centralizada que consta de un CPU, tres módulos de 8 entradas digitales cada uno y un modulo de 8 salidas digitales. Los módulos de entradas digitales recogen las señales booleanas provenientes de los sensores y mandos instalados en el banco hidráulico, como son: interruptor de prueba de luces pilotos del tablero de mando, reconocimiento de alarmas, señal de bombas encendidas, señal de alimentación eléctrica 3Ø de 380Vac para el banco, interruptor de paro de emergencia, falla de fase, sobrecarga en los motores eléctricos, filtros sucios, nivel alto en el depósito de aceite, interruptores de presiones altas en el circuito

hidráulico y temperaturas altas del aceite hidráulico, este resumen esta detallado en las siguientes tablas **Tabla 4** (entradas digitales de la CPU 1212C), la **Tabla 5** (entradas digitales del modulo SM 1221-1), la **Tabla 6** (entradas digitales del modulo SM 1221-2), la **Tabla 7** (entradas digitales del modulo SM 1221-3). Los módulos de salidas digitales envían señales booleanas hacia los actuadores, relés y luces pilotos del banco hidráulico, como son: ventilador de enfriamiento del PLC, válvulas de control direccional, sirena de alarma, luces piloto de falla general, falla de fase, banco energizado con 380 Vac 3Ø, bombas encendidas, falla en bombas, bobinas de contactores para bombas principales, bomba de llenado, ventilador de enfriamiento de aceite, este resumen esta detallado en las siguientes tablas **Tabla 8** (salidas digitales de la CPU 1212C), la **Tabla 9** (salidas digitales del modulo SM 1222).



**Figura 10. Arquitectura del nuevo sistema de control**

TIPO	DESCRIPCION	MODULO
ENTRADA DIGITAL	PHASE FAILURE	0
ENTRADA DIGITAL	POWER (ON)	0
ENTRADA DIGITAL	POWER (OFF)	0
ENTRADA DIGITAL	EMERGENCY STOP	0
ENTRADA DIGITAL	FILTRO CENTRAL SUCIO NA	0
ENTRADA DIGITAL	FILTRO L1, L2 Y R2 SUCIO NA	0
ENTRADA DIGITAL	NIVEL ALTO DE ACEITE (S4) NA	0
ENTRADA DIGITAL	SENSOR DE NIVEL (S4) (NC SIEMPRE)	0

**Tabla 4. Entradas digitales de la CPU 1212C**

TIPO	DESCRIPCION	MODULO
ENTRADA DIGITAL	INTERRUPTOR DE PRESION (PS2)	1
ENTRADA DIGITAL	INTERRUPTOR DE PRESION (PS4)	1
ENTRADA DIGITAL	INTERRUPTOR DE PRESION (PS3)	1
ENTRADA DIGITAL	SOBRECARGA MOTORES	1
ENTRADA DIGITAL	INTERRUPTOR DE TEMPERATURA 1	1
ENTRADA DIGITAL	INTERRUPTOR DE PRESION (PS1)	1
ENTRADA DIGITAL	TEST BOTTON	1
ENTRADA DIGITAL	AC DELIVERY SHUT OFF IZQUIERDO (ON)	1

**Tabla 5. Entradas digitales del modulo SM 1221-1**

TIPO	DESCRIPCION	MODULO
ENTRADA DIGITAL	AC DELIVERY SHUT OFF IZQUIERDO (OFF)	2
ENTRADA DIGITAL	AC DELIVERY SHUT OFF DERECHO (ON)	2
ENTRADA DIGITAL	AC DELIVERY SHUT OFF DERECHO (OFF)	2
ENTRADA DIGITAL	MAIN PUMPS (ON)	2
ENTRADA DIGITAL	MAIN PUMPS (OFF)	2
ENTRADA DIGITAL	FILLING PUMP (ON)	2
ENTRADA DIGITAL	FILLING PUMP (OFF)	2
ENTRADA DIGITAL	INTERRUPTOR DE TEMPERATURA 2	2

**Tabla 6. Entradas digitales del modulo SM 1221-2**

TIPO	DESCRIPCION	MODULO
ENTRADA DIGITAL	MUTE RESET (ON)	3
ENTRADA DIGITAL	MUTE RESET (OFF)	3
ENTRADA DIGITAL	RESERVA	3

**Tabla 7. Entradas digitales del modulo SM 1221-3**

TIPO	DESCRIPCION	MODULO
SALIDA DIGITAL	COOLER	0
SALIDA DIGITAL	VALVULA CONTROL DIRECCIONAL (SV3)	0
SALIDA DIGITAL	LUZ PHASE FAULIRE	0
SALIDA DIGITAL	LUZ FAULT	0
SALIDA DIGITAL	ALARM (BUZZER)	0
SALIDA DIGITAL	LUZ POWER	0

**Tabla 8. Salidas digitales de la CPU 1212C**

TIPO	DESCRIPCION	MODULO
SALIDA DIGITAL	LUZ MAIN PUMPS	4
SALIDA DIGITAL	LUZ FILLING PUMP	4
SALIDA DIGITAL	VALVULA CONTROL DIRECCIONAL (SV2)	4
SALIDA DIGITAL	BOBINA CONTACTOR BOMBA PRINCIPAL 2 (C3)	4
SALIDA DIGITAL	BOBINA CONTACTOR BOMBA PRINCIPAL 1 (C2)	4
SALIDA DIGITAL	BOBINA CONTACTOR FILLING PUMP (C4)	4
SALIDA DIGITAL	BOBINA CONTACTOR VENTILADOR (C5)	4
SALIDA DIGITAL	BOBINA DEL CONTACTOR PODER (C1)	4

**Tabla 9. Salidas digitales del modulo SM 1222**

### 1.7 Montaje e instalación

Primero se procedió a desmontar el PLC Telemecanique TSX17, módulos de expansión, cableado en mal estado y borneras deterioradas.

A continuación se comenzó con la instalación del nuevo controlador programable S7-1200 junto con los módulos de entrada y salidas ya escogidos con anterioridad. Para la instalación de este PLC se anclo al tablero del banco hidráulico un riel DIN para el montaje del PLC, borneras nuevas, se identificaron los cables y se procedió a realizar las conexiones del PLC y módulos de acuerdo a los planos de conexiones de entradas digitales y salidas digitales, para ver estos planos diríjase a la sección de anexos.

Una vez conectados todos los cables al PLC, tal como se muestra en la **(Figura 11)**, se comenzó con la programación del controlador S7-1200, para lo cual se utilizó el software “Step 7 Basic v10.5” del mismo fabricante SIEMENS.



**Figura 11. Cableado del controlador programable S7-1200**

Primeramente debe configurarse el computador de programación con una dirección IP estática de 192.168.22.3 (para el presente caso, pero pueden utilizarse otras IP's) mientras que el controlador programable fue asignado con la dirección IP de 192.168.22.7, a continuación se utiliza un cable UTP cat5e para conectar el computador con el controlador. El lenguaje de programación con que fue desarrollada la lógica de control de esta modernización fue el KOP (esquema de contactos).

Una vez desarrollada la lógica de control (para ver la lógica de control diríjase a los anexos) y descargada en el controlador programable S7-1200, se procede a

realizar el comisionamiento de los sensores y actuadores del banco hidráulico, de esta manera se comprueba su estado operativo.

### 1.8 Documentación

La documentación de los planos de conexión de señales digitales, arquitectura de control, programación KOP descargada en el controlador programable, manuales de los equipos instalados se encuentra detallada en la sección de los anexos.

### 1.9 Cronograma

El cronograma de esta modernización se muestra en la **Tabla 10** a continuación:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	TIEMPO
1	Levantamiento de información	5	Días
2	Diseño de la modernización	5	Días
3	Adquisición de equipos	7	Días
4	Programación de PLC`s	5	Días
5	Pruebas del sistema en laboratorio	4	Días
6	Desmontaje del PLC dañado	8	Días
7	Montaje del nuevo PLC	4	Días
8	Cableado del nuevo PLC	8	Días
9	Pruebas en sitio	8	Días
10	Pruebas del sistema con los aviones	12	Días
11	Entrega de documentación	7	Días
12	Capacitación	5	Días

**Tabla 10. Cronograma de ejecución**

## CAPITULO II

### 2. RESULTADOS OBTENIDOS

#### 2.1 Resultados, pruebas de funcionamiento del sistema modernizado

Después de proceder con la modernización del banco hidráulico se tuvo que coordinar con el escuadrón CHEETAH de la FAE para realizar las pruebas de funcionamiento con el avión y técnicos operarios de este banco, trabajo que fue un poco laborioso ya que el cronograma de vuelos de estos aviones es bastante estricto y restringido. Una vez coordinada la logística anterior, el procedimiento de pruebas banco hidráulico y avión se resumen en los siguientes pasos:

1. Conexión de mangueras hidráulicas de alta presión desde el banco hidráulico hasta las tomas de pruebas del avión CHEETAH.
2. Alimentación del banco hidráulico con una toma eléctrica trifásica de 380Vac / 50Hz.
3. Encendido del banco hidráulico con el pulsador de "Power", esto hará que los sistemas eléctricos y electrónicos queden energizados.
4. Arranque de bombas con el pulsador "Main Pump", esto encenderá la bomba Booster primeramente durante 3 segundos y a continuación arranca la bomba principal.
5. Presionar el pulsador "A/C Delivery Shut Off", esta acción abre la válvula de paso del banco hidráulico para alimentar de energía hidráulica al avión.

6. Ajustar la presión hidráulica del banco a un valor aproximado de 21.5MPa, para esto utilice el mando “Pressure Control”, vaya verificando el ajuste en el manómetro del panel de control
7. Verificar que el indicador de flujo del panel de control marque un valor aproximado de 42 l/min.
8. Observar la “Bubble Indicator” para comprobar que el aceite hidráulico esté libre de limaduras de hierro así como de burbujas de aire.
9. Alimentar al avión CHEETAH con una toma eléctrica de 28Vdc y también con alimentación alterna trifásica de 115Vac / 400Hz.
10. Proceder a realizar la simulación del funcionamiento de los sistemas hidráulicos del avión como son: tren de aterrizaje, movimiento de alerones, flaps, slat, timón de dirección, timón de profundidad, frenos y demás.

A continuación se muestra la **(Figura 12)** y **(Figura 13)** donde se evidencia las pruebas realizadas en conjunto Banco Hidráulico con el Avión CHEETAH.



**Figura 12. Prueba del banco hidráulico con el avión CHEETAH**



**Figura 13. Verificación de los sistemas hidráulicos en la cabina del avión**

## **2.2 Conclusiones y Recomendaciones**

### **Conclusiones**

- Se pudo poner a operar estos bancos hidráulicos junto con los aviones CHEETAH, de esta manera se cumplió con lo exigido por el fabricante de realizar pruebas hidráulicas a las 50 horas de vuelo.
- Con este proyecto se demostró que es posible realizar modernizaciones a sistemas antiguos, cuyos sistemas de control ya no tienen soporte por parte de fábrica, dejando como evidencia cuán rápido son los cambios en el área de automatización y controles industriales.
- Las pruebas realizadas fueron exitosas, quedando los cuatro bancos hidráulicos operativos, razón por la cual el cliente queda enteramente satisfecho puesto que estos equipos vinieron dañados desde su compra a la fábrica sudafricana.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda en un futuro utilizar un variador de velocidad para operar los motores de las bombas booster y principales a 50Hz, puesto que fueron construidos para trabajar a esa frecuencia, ya que actualmente operan con una frecuencia de 60Hz, lo cual evidentemente hace que este motor gire a mayores RPM de lo que indica su placa característica. Aunque también otra opción podría ser cambiar los motores eléctricos por otros equivalentes en potencia y voltaje pero a una frecuencia de 60Hz, todo dependerá del peso que tenga el análisis técnico-económico.

- Por seguridad del sistema de control sería una buena opción implementar una fuente de 24Vdc para los circuitos de corriente continua, ya que en la actualizada se hace uso de una fuente solamente pasando por un puente rectificador.
- Otra mejora a esta modernización sería la de instalar un HMI local, puesto que estos sistemas permiten almacenar las variables del proceso, lo cual permitiría realizar graficas de tendencias de estas variables, como por ejemplo presión vs flujo, dando de esta manera la opción de realizar análisis del proceso e identificando posibles fallas.

## BIBLIOGRAFÍA

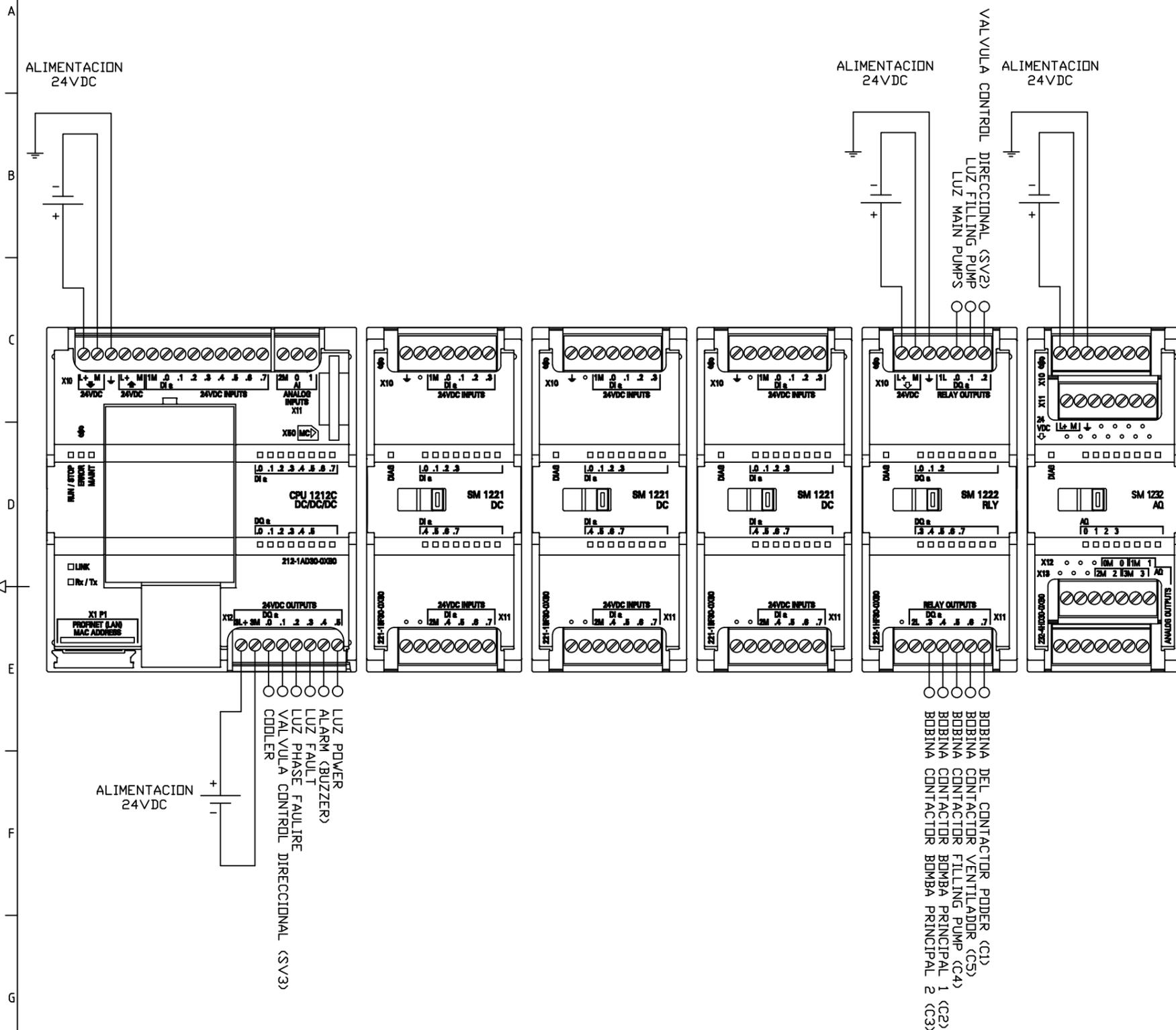
- [1] Xcel Engineering and Management, Technical Manual MHTB-102(E) Mobile Hydraulic Test Bench (For CHEETAH C Aircraft), 1994
- [2] Siemens, Controlador programable S7-1200 manual de sistema, 2012
- [3] Siemens, Paso a Paso S7-1200 – Step 7 Basic v10.5, 2009
- [4] Siemens <https://support.automation.siemens.com>, 2013

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1: CONEXIONES DE SALIDAS DIGITALES**

# CONEXIONES DE SALIDAS DIGITALES

RevNo	Descripcion	Fecha	Revisado	Firma



CPU 1212C /DC/DC/DC/ 8 DI / 6 DQ / 2 AI / (6ES7212-1AD30-0XB0)				
TIPO	TAG CABLE	DESCRIPCION	MODULO	DIRECCION
SALIDA DIGITAL	S/T (ROJO)	COOLER	0	Q0.0
SALIDA DIGITAL	32	VALVULA CONTROL DIRECCIONAL (SV3)	0	Q0.1
SALIDA DIGITAL	12	LUZ PHASE FAULIRE	0	Q0.2
SALIDA DIGITAL	21	LUZ FAULT	0	Q0.3
SALIDA DIGITAL	22	ALARM (BUZZER)	0	Q0.4
SALIDA DIGITAL	23, 9	LUZ POWER	0	Q0.5

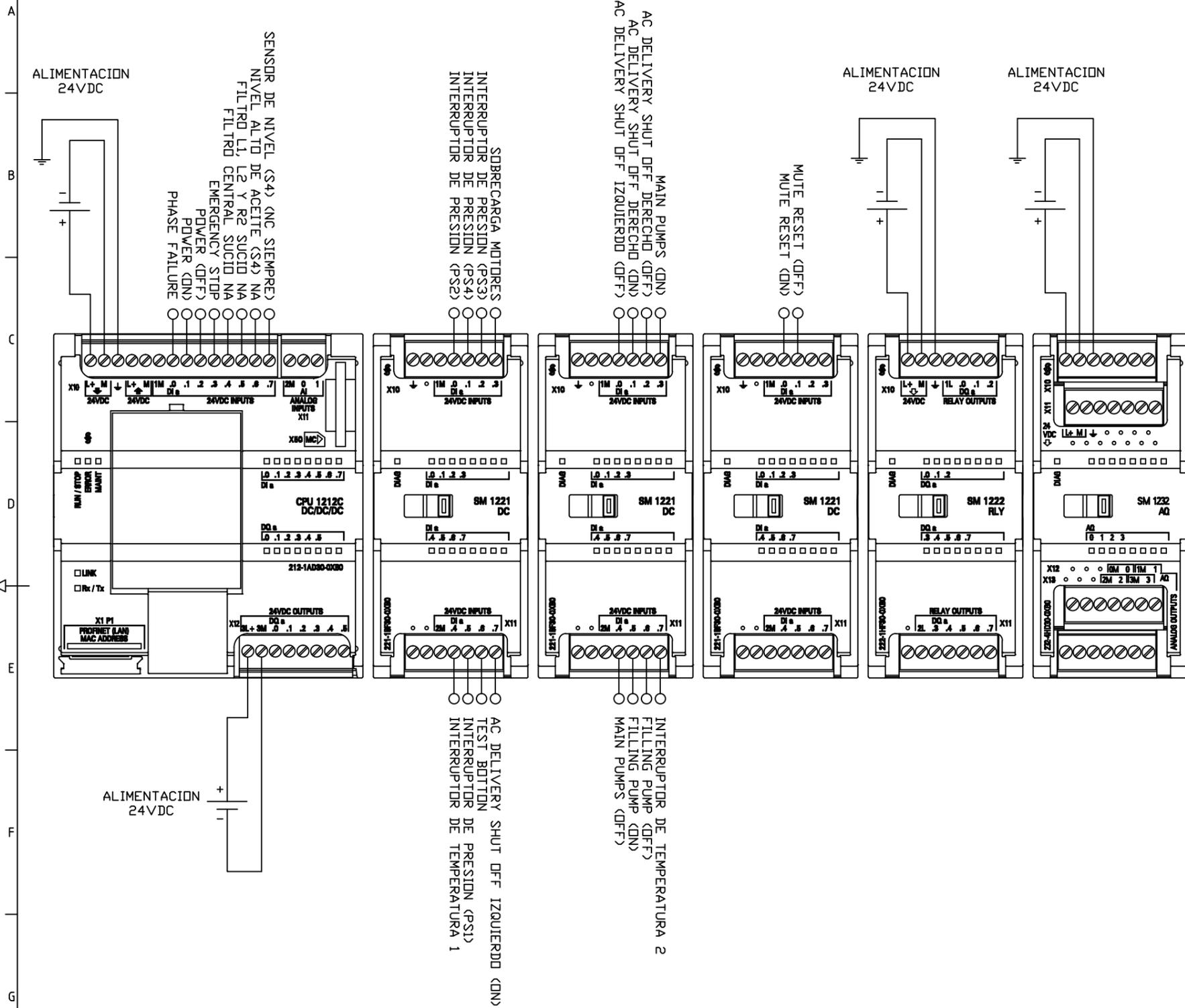
SM 1222 / 8 DO / (6ES7222-1HF30-0XB0)				
TIPO	TAG CABLE	DESCRIPCION	MODULO	DIRECCION
SALIDA DIGITAL	24, 9	LUZ MAIN PUMPS	4	Q1.0
SALIDA DIGITAL	25, 9	LUZ FILLING PUMP	4	Q1.1
SALIDA DIGITAL	29	VALVULA CONTROL DIRECCIONAL (SV2)	4	Q1.2
SALIDA DIGITAL	61	BOBINA CONTACTOR BOMBA PRINCIPAL 2 (C3)	4	Q1.3
SALIDA DIGITAL	63	BOBINA CONTACTOR BOMBA PRINCIPAL 1 (C2)	4	Q1.4
SALIDA DIGITAL	64	BOBINA CONTACTOR FILLING PUMP (C4)	4	Q1.5
SALIDA DIGITAL	65	BOBINA CONTACTOR VENTILADOR (C5)	4	Q1.6
SALIDA DIGITAL	66, 0	BOBINA DEL CONTACTOR PODER (C1)	4	Q1.7

Nombre de Archivo Plano_Banco_Hidraulico_SD-1200.dwg 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	CONTRATISTA:  <b>ELEINDSA</b> ELECTRONICA INDUSTRIAL ELEIND S.A.	CLIENTE:  <b>FUERZA AREA ECUATORIANA</b>	PROYECTO: <b>MODERNIZACION DEL BANCO HIDRAULICO</b>	Contiene: CONEXIONES DE SALIDAS DIGITALES BANCO HIDRAULICO
	Fecha: 04/02/2013			
	Escala: S/E			
	Dibujado por: G.L.M.	Revisado por: M.M.P.	Responsabilidad Técnica: Ing. Henry Fuentes	
	Numero de Plano: 2013-BH-1-1			
Codigo	Revision: 02	Hoja: 1/1		

## **ANEXO 2: CONEXIONES DE ENTRADAS DIGITALES**

# CONEXIONES DE ENTRADAS DIGITALES

RevNo	Descripcion	Fecha	Revisado	Firma



CPU 1212C /DC/DC/DC/ 8 DI / 6 DQ / 2 AI / (6ES7212-1AD30-0XB0)				
TIPO	TAG CABLE	DESCRIPCION	MODULO	DIRECCION
ENTRADA DIGITAL	33, 10	PHASE FAILURE	0	I0.0
ENTRADA DIGITAL	34, 10	POWER (ON)	0	I0.1
ENTRADA DIGITAL	35, 10	POWER (OFF)	0	I0.2
ENTRADA DIGITAL	36, 10	EMERGENCY STOP	0	I0.3
ENTRADA DIGITAL	37, 10	FILTRO CENTRAL SUCIO NA	0	I0.4
ENTRADA DIGITAL	38, 10	FILTRO L1, L2 Y R2 SUCIO NA	0	I0.5
ENTRADA DIGITAL	39, 10	NIVEL ALTO DE ACEITE (S4) NA	0	I0.6
ENTRADA DIGITAL	40, 10	SENSOR DE NIVEL (S4) (NC SIEMPRE)	0	I0.7

SM 1221 - 1 / 8 DI / (6ES7221-1BF30-0XB0)				
TIPO	TAG CABLE	DESCRIPCION	MODULO	DIRECCION
ENTRADA DIGITAL	41, 10	INTERRUPTOR DE PRESION (PS2)	1	I1.0
ENTRADA DIGITAL	42, 10	INTERRUPTOR DE PRESION (PS4)	1	I1.1
ENTRADA DIGITAL	43, 10	INTERRUPTOR DE PRESION (PS3)	1	I1.2
ENTRADA DIGITAL	44, 10	SOBRECARGA MOTORES	1	I1.3
ENTRADA DIGITAL	45, 10	INTERRUPTOR DE TEMPERATURA 1	1	I1.4
ENTRADA DIGITAL	46, 10	INTERRUPTOR DE PRESION (PS1)	1	I1.5
ENTRADA DIGITAL	47, 10	TEST BOTTON	1	I1.6
ENTRADA DIGITAL	48, 10	AC DELIVERY SHUT OFF IZQUIERDO (ON)	1	I1.7

SM 1221 - 2 / 8 DI / (6ES7221-1BF30-0XB0)				
TIPO	TAG CABLE	DESCRIPCION	MODULO	DIRECCION
ENTRADA DIGITAL	49, 10	AC DELIVERY SHUT OFF IZQUIERDO (OFF)	2	I2.0
ENTRADA DIGITAL	50, 10	AC DELIVERY SHUT OFF DERECHO (ON)	2	I2.1
ENTRADA DIGITAL	51, 10	AC DELIVERY SHUT OFF DERECHO (OFF)	2	I2.2
ENTRADA DIGITAL	52, 10	MAIN PUMPS (ON)	2	I2.3
ENTRADA DIGITAL	53, 10	MAIN PUMPS (OFF)	2	I2.4
ENTRADA DIGITAL	54, 10	FILLING PUMP (ON)	2	I2.5
ENTRADA DIGITAL	55, 10	FILLING PUMP (OFF)	2	I2.6
ENTRADA DIGITAL	56, 10	INTERRUPTOR DE TEMPERATURA 2	2	I2.7

SM 1221 - 3 / 8 DI / (6ES7221-1BF30-0XB0)				
TIPO	TAG CABLE	DESCRIPCION	MODULO	DIRECCION
ENTRADA DIGITAL	70, 10	MUTE RESET (ON)	3	I3.0
ENTRADA DIGITAL	71, 10	MUTE RESET (OFF)	3	I3.1
ENTRADA DIGITAL	-	RESERVA	3	I3.2
ENTRADA DIGITAL	-	RESERVA	3	I3.3
ENTRADA DIGITAL	-	RESERVA	3	I3.4
ENTRADA DIGITAL	-	RESERVA	3	I3.5
ENTRADA DIGITAL	-	RESERVA	3	I3.6
ENTRADA DIGITAL	-	RESERVA	3	I3.7

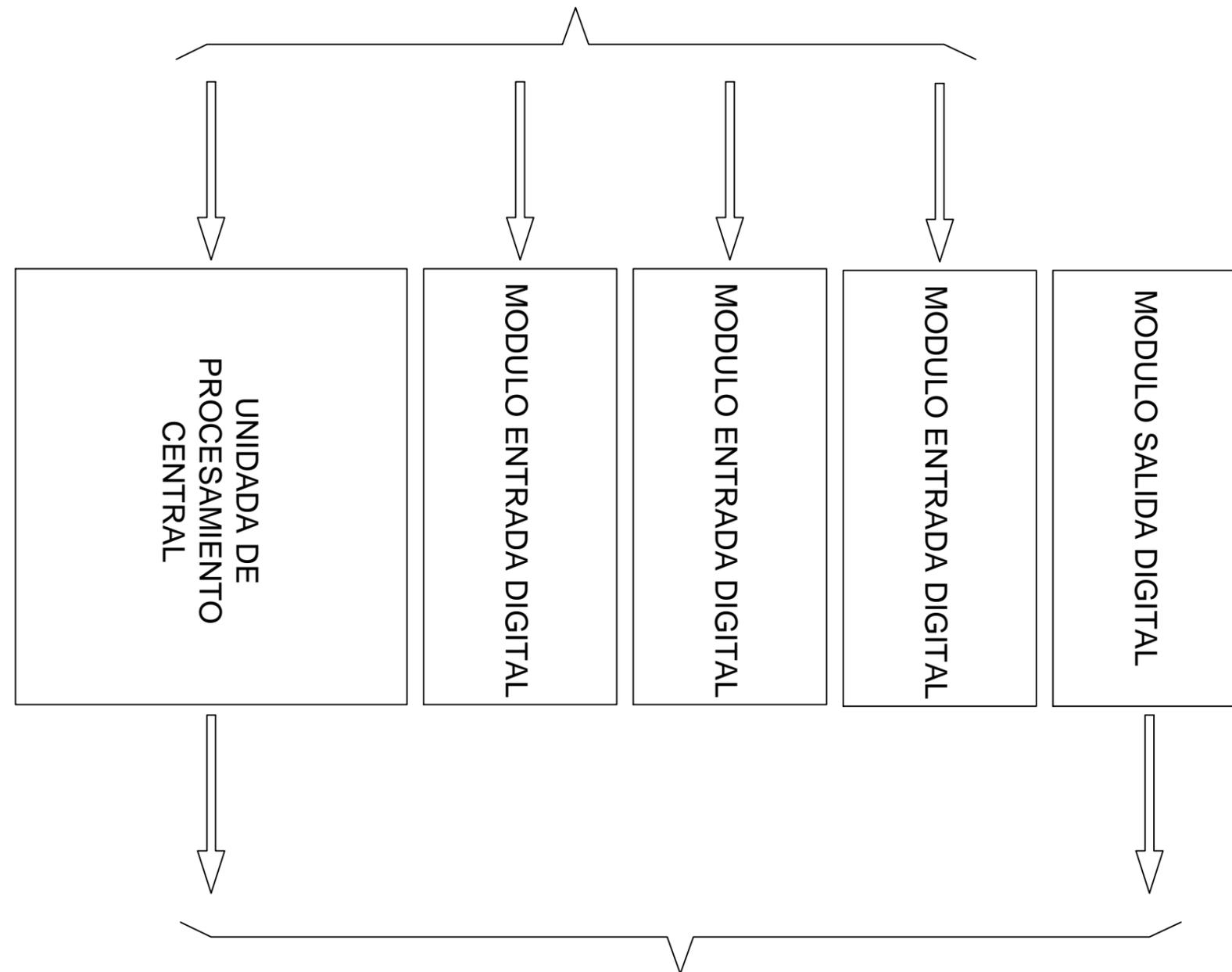
Nombre de Archivo Plano_Banco_Hidraulico_ED-1200.dwg	CONTRATISTA:  <b>ELEINDSA</b> <b>ELECTRONICA INDUSTRIAL ELEIND S.A.</b>	CLIENTE:  <b>FUERZA AREA ECUATORIANA</b>	PROYECTO: <b>MODERNIZACION DEL BANCO HIDRAULICO</b>	Contiene: <b>CONEXIONES DE ENTRADAS DIGITALES BANCO HIDRAULICO</b>
	Fecha: 04/02/2013 Escala: S/E Dibujado por: G.L.M.    Revisado por: M.M.P.    Responsabilidad Técnica: Ing. Henry Fuentes Numero de Plano: 2013-BH-1-2 Hoja: 1/1			

## **ANEXO 3: ARQUITECTURA DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL**

RevNo	Descripcion	Fecha	Revisado	Firma

# ARQUITECTURA DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL

SEÑALES DESDE SENSORES Y MANDOS DEL BANCO HIDRAULICO



SEÑALES HACIA LOS ACTUADORES Y LUCES DEL BANCO HIDRAULICO

CONTRATISTA:



**ELECTRONICA INDUSTRIAL  
ELEIND S.A.**

CLIENTE:



**FUERZA AREA ECUATORIANA**

PROYECTO:

**MODERNIZACION DEL  
BANCO HIDRAULICO**

Contiene:

ARQUITECTURA DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL

Fecha: 04/02/2013

Escala: S/E

Dibujado por:  
G.L.M.

Revisado por:  
M.M.P.

Responsabilidad Técnica:  
Ing. Henry Fuentes

Numero de Plano: 2013-BH-1-3

Codigo

Revision: 02

Hoja: 1/1

**ANEXO 4: HOJA DE DATOS SIMATIC S7-1200,  
CPU 1212C**

# SIEMENS

## Product data sheet

**6ES7212-1AD30-0XB0**


SIMATIC S7-1200, CPU 1212C,  
 COMPACT CPU, DC/DC/DC,  
 ONBOARD I/O: 8 DI 24V DC;  
 6 DO 24 V DC;  
 2 AI 0 - 10V DC,  
 POWER SUPPLY: DC 20.4 - 28.8 V DC,  
 PROGRAM/DATA MEMORY: 25 KB

General information	
Engineering with	
Programming package	STEP 7 V10.5 or higher
Display	
integrated	No
Supply voltage	
24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Load voltage L+	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption, max.	1.2 A ; 24 V DC

Inrush current, max.	12 A ; at 28.8 V DC
<b>Encoder supply</b>	
<b>24 V encoder supply</b>	
24 V	Permissible range: 20.4 to 28.8 V
<b>Output current</b>	
Current output to backplane bus (DC 5 V), max.	1000 mA ; Max. 5 V DC for SM and CM
<b>Power losses</b>	
Power loss, typ.	9 W
<b>Memory</b>	
Usable memory for user data	25 kbyte
<b>Work memory</b>	
integrated	25 kbyte
expandable	No
<b>Load memory</b>	
integrated	1 Mbyte
expandable, max.	24 Mbyte ; with SIMATIC memory card
<b>Backup</b>	
present	Yes ; Entire project maintenance-free in the integral EEPROM
without battery	Yes
<b>CPU processing times</b>	
for bit operations, min.	0.1 $\mu$ s ; / Operation
for word operations, min.	12 $\mu$ s ; / Operation
for floating point arithmetic, min.	18 $\mu$ s ; / Operation
<b>CPU-blocks</b>	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used
<b>OB</b>	
Number, max.	Limited only by RAM for code
<b>Data areas and their retentivity</b>	
retentive data area in total (incl. times, counters, flags), max.	2048 byte
<b>Flag</b>	

Number, max.	4 kbyte ; Size of bit memory address area
<b>Address area</b>	
<b>I/O address area</b>	
I/O address area, overall	1024 bytes for inputs / 1024 bytes for outputs
Inputs	1024 byte
Outputs	1024 byte
<b>Process image</b>	
Inputs, adjustable	1 kbyte
Outputs, adjustable	1 kbyte
<b>Hardware configuration</b>	
Number of modules per system, max.	3 comm. modules, 1 signal board, 2 signal modules
<b>Time of day</b>	
<b>Clock</b>	
Hardware clock (real-time clock)	Yes
Deviation per day, max.	+/- 60 s/month at 25 °C
Backup time	240 h ; Typical
<b>Digital inputs</b>	
Number/binary inputs	8 ; integrated
of which, inputs usable for technological functions	4 ; HSC (High Speed Counting)
integrated channels (DI)	8
m/p-reading	Yes
<b>Input voltage</b>	
Rated value, DC	24 V
for signal "0"	5 V DC at 1 mA.
for signal "1"	15 VDC at 2.5 mA.
<b>Input current</b>	
for signal "1", typ.	1 mA
<b>Input delay (for rated value of input voltage)</b>	
<b>for standard inputs</b>	
Parameterizable	0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.4, and 12.8 ms, selectable in groups of four
at "0" to "1", min.	0.2 ms
at "0" to "1", max.	12.8 ms
<b>for interrupt inputs</b>	

Parameterizable	Yes
for counter/technological functions	
Parameterizable	Single phase: 3 at 100 kHz & 1 at 30 kHz, differential: 3 at 80 kHz & 1 at 30 kHz
Cable length	
Cable length, shielded, max.	500 m ; 50 m for technological functions
Cable length unshielded, max.	300 m ; For technological functions: No
Digital outputs	
Number/binary outputs	6
of which high-speed outputs	2 ; 100 kHz Pulse Train Output
integrated channels (DO)	6
Functionality/short-circuit strength	No ; to be provided externally
Limitation of inductive shutdown voltage to	L+ (-48 V)
Switching capacity of the outputs	
with resistive load, max.	0.5 A
on lamp load, max.	5 W
Output voltage	
for signal "0", max.	0.1 V ; with 10 kOhm load
for signal "1", min.	20 V
Output current	
for signal "1" rated value	0.5 A
for signal "0" residual current, max.	0.1 mA
Output delay with resistive load	
"0" to "1", max.	1 $\mu$ s
"1" to "0", max.	5 $\mu$ s
Switching frequency	
of the pulse outputs, with resistive load, max.	100 kHz
Cable length	
Cable length, shielded, max.	500 m
Cable length unshielded, max.	150 m
Analog inputs	
Integrated channels (AI)	2 ; 0 to 10 V
Number of analog inputs	2
Input ranges	

Voltage	Yes
Input ranges (rated values), voltages	
0 to +10 V	Yes
Input resistance (0 to 10 V)	≥100k ohms
Cable length	
Cable length, shielded, max.	100 m ; twisted and shielded
Analog outputs	
Cable length	
Cable length, shielded, max.	100 m ; Shielded, twisted wire pair
Analog value creation	
Integrations and conversion time/ resolution per channel	
Resolution with overrange (bit including sign), max.	10 bit
Integration time, parameterizable	Yes
Conversion time (per channel)	625 μs
Encoder	
Connectable encoders	
2-wire sensor	Yes
1st interface	
Type of interface	PROFINET
Physics	Ethernet
Isolated	Yes
Automatic detection of transmission speed	Yes
Autonegotiation	Yes
Autocrossing	Yes
Functionality	
PROFINET IO Controller	Yes
Communication functions	
S7 communication	
supported	Yes
as server	Yes
Open IE communication	
TCP/IP	Yes
ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes

<b>Web server</b>	
supported	Yes
User-defined websites	Yes
<b>Number of connections</b>	
overall	15 ; dynamically
<b>Test commissioning functions</b>	
<b>Status/control</b>	
Status/control variable	Yes
Variables	Inputs/outputs, memory bits, DBs, distributed I/Os, timers, counters
<b>Forcing</b>	
Forcing	Yes
<b>Integrated Functions</b>	
Number of counters	4
Counter frequency (counter) max.	100 kHz
Frequency meter	Yes
controlled positioning	Yes
PID controller	Yes
Number of alarm inputs	4
Number of pulse outputs	2
Limit frequency (pulse)	100 kHz
<b>Galvanic isolation</b>	
<b>Galvanic isolation digital inputs</b>	
Galvanic isolation digital inputs	No
between the channels, in groups of	1
<b>Galvanic isolation digital outputs</b>	
Galvanic isolation digital outputs	Yes
between the channels	No
between the channels, in groups of	2
<b>Permissible potential difference</b>	
between different circuits	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC
<b>EMC</b>	
Interference immunity against discharge of static electricity	

Interference immunity against discharge of static electricity acc. to IEC 61000-4-2	Yes
Test voltage at air discharge	8 kV
Test voltage at contact discharge	6 kV
<b>Interference immunity to cable-borne interference</b>	
on the supply lines acc. to IEC 61000-4-4	Yes
Interference immunity on signal lines acc. to IEC 61000-4-4	Yes
<b>Surge immunity</b>	
on the supply lines acc. to IEC 61000-4-5	Yes
<b>Immunity against conducted interference induced by high-frequency fields</b>	
Interference immunity against high-frequency radiation acc. to IEC 61000-4-6	Yes
<b>Emission of radio interference acc. to EN 55 011</b>	
Emission of radio interferences acc. to EN 55 011 (limit class A)	Yes ; Group 1
Emission of radio interference acc. to EN 55 011 (limit class B)	Yes ; When appropriate measures are used to ensure compliance with the limits for Class B according to EN 55011
<b>Degree and class of protection</b>	
IP20	Yes
<b>Standards, approvals, certificates</b>	
CE mark	Yes
cULus	Yes
C-TICK	Yes
FM approval	Yes
<b>Ambient conditions</b>	
<b>Operating temperature</b>	
Min.	0 °C
max.	55 °C
vertical installation, min.	0 °C
vertical installation, max.	45 °C
horizontal installation, min.	0 °C
horizontal installation, max.	55 °C
<b>Storage/transport temperature</b>	

Min.	-40 °C
max.	70 °C
<b>Air pressure</b>	
Operation, min.	795 hPa
Operation, max.	1080 hPa
Storage/transport, min.	660 hPa
Storage/transport, max.	1080 hPa
<b>Relative humidity</b>	
Operation, max.	95 % ; no condensation
<b>Vibrations</b>	
Vibrations	2G wall mounting, 1G DIN rail
Operation, checked according to IEC 60068-2-6	Yes
<b>Shock test</b>	
checked according to IEC 60068-2-27	Yes ; IEC 68, Part 2-27 half-sine: strength of the shock 15 g (peak value), duration 11 ms
<b>Climatic and mechanical conditions for storage and transport</b>	
<b>Climatic conditions for storage and transport</b>	
<b>Free fall</b>	
Drop height, max. (in packaging)	0.3 m ; five times, in dispatch package
<b>Temperature</b>	
Permissible temperature range	-40 °C to +70 °C
<b>Mechanical and climatic conditions during operation</b>	
<b>Climatic conditions in operation</b>	
<b>Temperature</b>	
Permissible temperature range	0 °C to 55 °C horizontal installation 0 °C to 45 °C vertical installation
Permissible temperature change	5°C to 55°C, 3°C / minute
<b>Air pressure acc. to IEC 60068-2-13</b>	
Permissible air pressure	1080 to 795 hPa
Permissible operating height	-1000 to 2000 m
<b>Pollutant concentrations</b>	
SO <sub>2</sub> at RH < 60% without condensation	SO <sub>2</sub> : < 0.5 ppm; H <sub>2</sub> S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
<b>Configuration</b>	

programming	
Programming language	
LAD	Yes
FBD	Yes
SCL	Yes
Cycle time monitoring	
adjustable	Yes
Dimensions	
Width	90 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weight	
Weight, approx.	370 g
Status	Jul 17, 2012

**ANEXO 5: HOJA DE DATOS MODULO DE 8  
ENTRADAS DIGITALES, SM 1221**

\*\*\*PIEZA DE REPUESTO\*\*\* SIMATIC S7-1200, ENTRADA DIGIT.  
SM 1221, 8 DI, 24V DC, SINK/SOURCE,



Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 V DC</li> </ul>	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
de bus de fondo 5 V DC, máx.	105 mA
Entradas digitales	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• de la tensión de carga L+ (sin carga), máx.</li> </ul>	4 mA; por canal
Tensión de salida	
Alimentación de transmisores	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• existente</li> </ul>	Sí
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	1,5 W
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En grupos de</li> </ul>	2

Característica de entrada según IEC 61131, tipo 1	Sí
<b>Número de entradas atacables simultáneamente</b>	
Todas las posiciones de montaje	
— hasta 40 °C, máx.	8
<b>Posición de montaje horizontal</b>	
— hasta 40 °C, máx.	8
— hasta 50 °C, máx.	8
<b>Posición de montaje vertical</b>	
— hasta 40 °C, máx.	8
<b>Tensión de entrada</b>	
• Tipo de tensión de entrada	DC
• Valor nominal (DC)	24 V
• para señal "0"	5 V DC, con 1 mA
• para señal "1"	15 V DC at 2,5 mA
<b>Intensidad de entrada</b>	
• para señal "0", máx. (intensidad de reposo admisible)	1 mA
• para señal "1", mín.	2,5 mA
• para señal "1", típ.	4 mA
<b>Retardo a la entrada (a tensión nominal de entrada)</b>	
para entradas estándar	
— parametrizable	Sí; 0,2 ms, 0,4 ms, 0,8 ms, 1,6 ms, 3,2 ms, 6,4 ms y 12,8 ms, elegible en grupos de 4
para entradas de alarmas	
— parametrizable	Sí
<b>Longitud del cable</b>	
• apantallado, máx.	500 m
• no apantallado, máx.	300 m
<b>Alarmas/diagnósticos/información de estado</b>	
Alarmas	Sí
Funciones de diagnóstico	Sí
<b>Alarmas</b>	
• Alarma de diagnóstico	Sí
<b>LED señalizador de diagnóstico</b>	
• para el estado de las entradas	Sí
• para mantenimiento	Sí
• Señalizador de estado entrada digital (verde)	Sí
<b>Aislamiento galvánico</b>	
Aislamiento galvánico módulos de E digitales	
• entre los canales, en grupos de	2
<b>Grado de protección y clase de protección</b>	

<b>Grado de protección según EN 60529</b>	
• IP20	Sí
<b>Normas, homologaciones, certificados</b>	
Marcado CE	Sí
Homologación FM	Sí
RCM (anterior C-TICK)	Sí
<b>Condiciones ambientales</b>	
<b>Caída libre</b>	
• Altura de caída, máx.	0,3 m; Cinco veces, en embalaje de envío
<b>Temperatura ambiente en servicio</b>	
• Rango de temperatura permitido	0 °C a 55 °C montaje horizontal, 0 °C a 45 °C montaje vertical
• Cambio permitido de temperatura	5°C a 55°C, 3°C/minuto
<b>Temperatura ambiente en almacenaje/transporte</b>	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
<b>Presión atmosférica según IEC 60068-2-13</b>	
• Almacenamiento/transporte, mín.	660 hPa
• Almacenamiento/transporte, máx.	1 080 hPa
<b>Humedad relativa del aire</b>	
• Rango admisible (sin condensación) a 25 °C	95 %
<b>Sistema de conexión</b>	
Conector frontal requerido	Sí
<b>Elementos mecánicos/material</b>	
<b>Material de la caja (en el frente)</b>	
• Plástico	Sí
<b>Dimensiones</b>	
Ancho	45 mm
Alto	100 mm
Profundidad	75 mm
<b>Pesos</b>	
Peso, aprox.	170 g
<b>Última modificación:</b>	24.03.2016

**ANEXO 6: HOJA DE DATOS MODULO DE 8  
SALIDAS DIGITALES, SM 1222**

\*\*\*PIEZA DE REPUESTO\*\*\* SIMATIC S7-1200, SALIDA DIGITAL  
SM 1222, 8 DO, RELE 2A



Tensión de alimentación	
Rango admisible, límite inferior (DC)	5 V
Rango admisible, límite superior (DC)	30 V
Intensidad de entrada	
de bus de fondo 5 V DC, máx.	120 mA
Salidas digitales	
<ul style="list-style-type: none"> <li>de la tensión de carga L+, máx.</li> </ul>	11 mA/bobina de relé
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	4,5 W
Salidas digitales	
Número de salidas	8
<ul style="list-style-type: none"> <li>En grupos de</li> </ul>	2
Protección contra cortocircuitos	No; a prever externamente
Poder de corte de las salidas	
<ul style="list-style-type: none"> <li>con carga resistiva, máx.</li> </ul>	2 A
<ul style="list-style-type: none"> <li>con carga tipo lámpara, máx.</li> </ul>	30 W con DC, 200 W con AC
Tensión de salida	

• Valor nominal (DC)	5 V DC a 30 V DC
• Valor nominal (AC)	5 a 250 V AC
<b>Intensidad de salida</b>	
• para señal "1" rango admisible, máx.	2 A
<b>Retardo a la salida con carga resistiva</b>	
• "0" a "1", máx.	10 ms
• "1" a "0", máx.	10 ms
<b>Corriente total de salidas (por grupo)</b>	
<b>Posición de montaje horizontal</b>	
— hasta 50 °C, máx.	10 A; Corriente por común
<b>Salidas de relé</b>	
• Nº de salidas relé	8
• Tensión nominal de alimentación de bobina de relé L+ (DC)	24 V
• Número de ciclos de maniobra, máx.	mecánicos: 10 millones, con tensión nominal de carga: 100 000
<b>Poder de corte de los contactos</b>	
— con carga inductiva, máx.	2 A
— con carga tipo lámpara, máx.	30 W con DC, 200 W con AC
— con carga resistiva, máx.	2 A
<b>Longitud del cable</b>	
• apantallado, máx.	500 m
• no apantallado, máx.	150 m
<b>Alarmas/diagnósticos/información de estado</b>	
Alarmas	Sí
Funciones de diagnóstico	Sí
<b>Alarmas</b>	
• Alarma de diagnóstico	Sí
<b>LED señalizador de diagnóstico</b>	
• para el estado de las salidas	Sí
• para mantenimiento	Sí
• Señalizador de estado salida digital (verde)	Sí
<b>Aislamiento galvánico</b>	
<b>Aislamiento galvánico módulos de S digitales</b>	
• entre los canales	Relé
• entre los canales, en grupos de	2
• entre los canales y bus de fondo	1500 V AC durante 1 minuto
<b>Diferencia de potencial admisible</b>	
entre diferentes circuitos	750 V AC durante 1 minuto
<b>Grado de protección y clase de protección</b>	
Grado de protección según EN 60529	

• IP20	Sí
<b>Normas, homologaciones, certificados</b>	
Marcado CE	Sí
Homologación FM	Sí
RCM (anterior C-TICK)	Sí
<b>Condiciones ambientales</b>	
<b>Caída libre</b>	
• Altura de caída, máx.	0,3 m; Cinco veces, en embalaje de envío
<b>Temperatura ambiente en servicio</b>	
• Rango de temperatura permitido	0 °C a 55 °C montaje horizontal, 0 °C a 45 °C montaje vertical
• Cambio permitido de temperatura	5°C a 55°C, 3°C/minuto
<b>Temperatura ambiente en almacenaje/transporte</b>	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
<b>Presión atmosférica según IEC 60068-2-13</b>	
• Almacenamiento/transporte, mín.	660 hPa
• Almacenamiento/transporte, máx.	1 080 hPa
<b>Humedad relativa del aire</b>	
• Rango admisible (sin condensación) a 25 °C	95 %
<b>Sistema de conexión</b>	
Conector frontal requerido	Sí
<b>Elementos mecánicos/material</b>	
<b>Material de la caja (en el frente)</b>	
• Plástico	Sí
<b>Dimensiones</b>	
Ancho	45 mm
Alto	100 mm
Profundidad	75 mm
<b>Pesos</b>	
Peso, aprox.	190 g
<b>Última modificación:</b>	22.03.2016

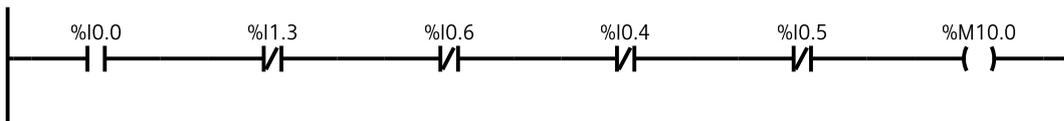
## **ANEXO 7: LOGICA DE CONTROL CARGADA EN LA CPU 1212C**

## Main (OB1)

General			
Versión:	0.1	Autor:	
Familia:		ID personalizado:	
Fecha de creación del bloque:			
Fecha de la última modificación:		Longitud del bloque:	6297
Última modificación de la interfaz:		Longitud de la interfaz:	0000
Última modificación del código		Longitud del código:	0399

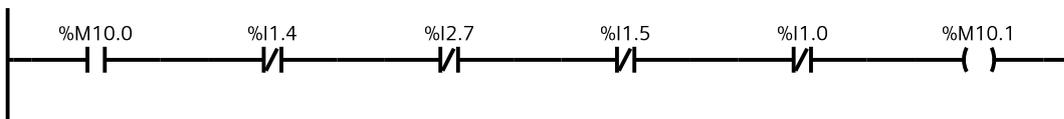
### Título del bloque:

#### Segmento 1:



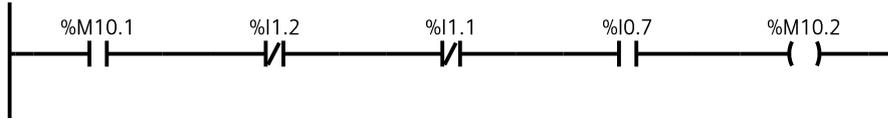
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
FILTRO CENTRAL SUCIO NA	%I0.4	Bool	
FILTRO L1, L2 Y R2 SUCIO NA	%I0.5	Bool	
NIVEL ALTO DE ACEITE (S4) NA	%I0.6	Bool	
PHASE FAILURE	%I0.0	Bool	
SOBRECARGA MOTORES	%I1.3	Bool	
Tag_0	%M10.0	Bool	

#### Segmento 2:



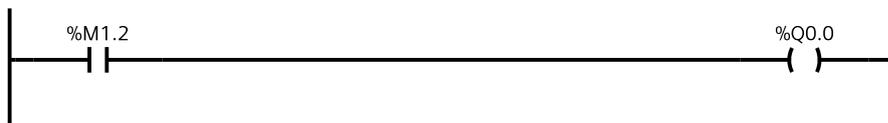
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
INTERRUPTOR DE PRESION (PS1)	%I1.5	Bool	
INTERRUPTOR DE PRESION (PS2)	%I1.0	Bool	
INTERRUPTOR DE TEMPERATURA 1	%I1.4	Bool	
INTERRUPTOR DE TEMPERATURA 2	%I2.7	Bool	
Tag_0	%M10.0	Bool	
Tag_1	%M10.1	Bool	

#### Segmento 3:



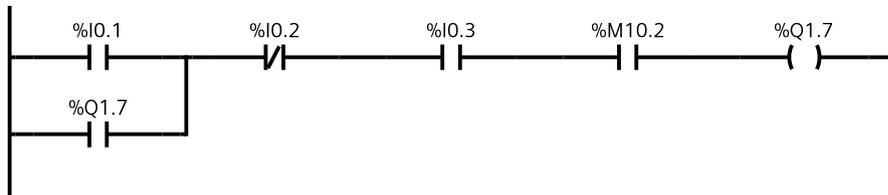
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
INTERRUPTOR DE PRESION (PS3)	%I1.2	Bool	
INTERRUPTOR DE PRESION (PS4)	%I1.1	Bool	
SENSOR DE NIVEL (S4) (NC SIEMPRE)	%I0.7	Bool	
Tag_1	%M10.1	Bool	
Tag_2	%M10.2	Bool	

Segmento 4:



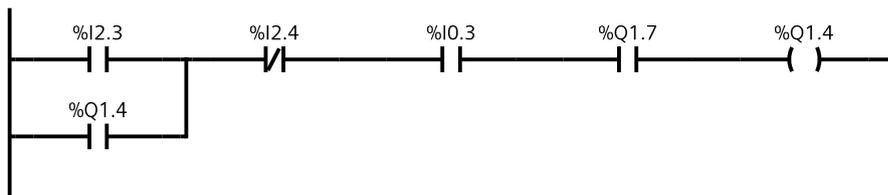
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
COOLER	%Q0.0	Bool	
Tag_Lectura	%M1.2	Bool	

Segmento 5:



Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
BOBINA DEL CONTACTOR PODER (C1)	%Q1.7	Bool	
EMERGENCY STOP	%I0.3	Bool	
POWER (OFF)	%I0.2	Bool	
POWER (ON)	%I0.1	Bool	
Tag_2	%M10.2	Bool	

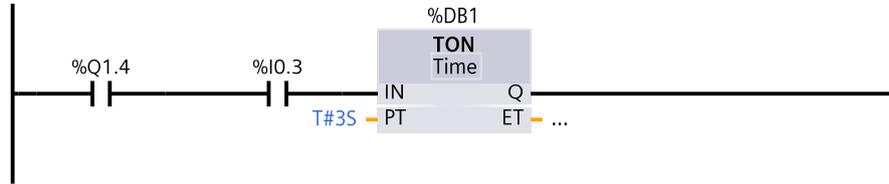
Segmento 6:



Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
--------	-----------	---------------	------------

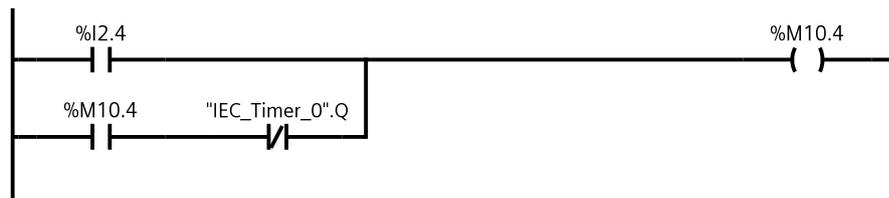
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
BOBINA DEL CONTACTOR PODER (C1)	%Q1.7	Bool	
EMERGENCY STOP	%I0.3	Bool	
MAIN PUMPS (OFF)	%I2.4	Bool	
MAIN PUMPS (ON)	%I2.3	Bool	

Segmento 7:



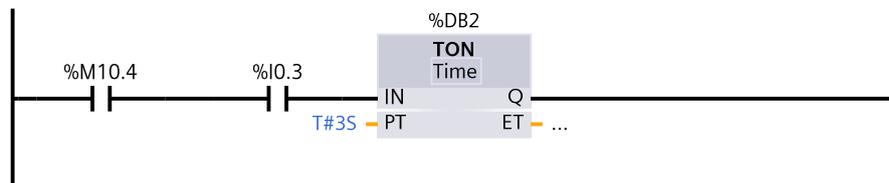
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
BOBINA CONTACTOR BOMBA PRINCIPAL 1 (C2)	%Q1.4	Bool	
EMERGENCY STOP	%I0.3	Bool	
IEC_Timer_0		Block_DB	

Segmento 8:



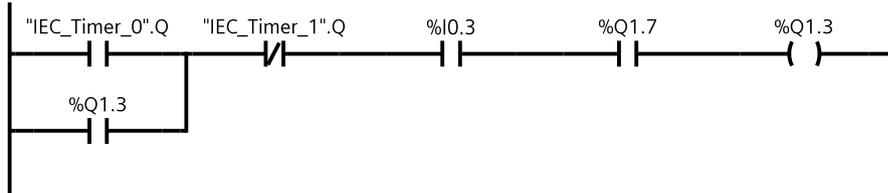
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
IEC_Timer_0		Block_DB	
MAIN PUMPS (OFF)	%I2.4	Bool	
Tag_4	%M10.4	Bool	

Segmento 9:



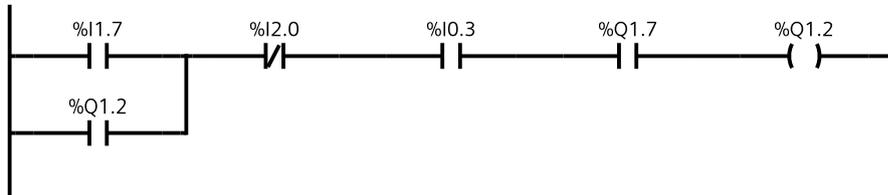
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
EMERGENCY STOP	%I0.3	Bool	
IEC_Timer_1		Block_DB	
Tag_4	%M10.4	Bool	

Segmento 10:



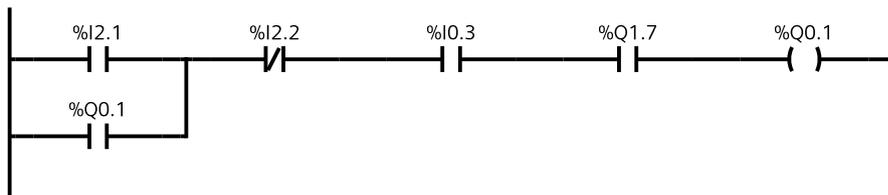
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
BOBINA CONTACTOR BOMBA PRINCIPAL 2 (C3)	%Q1.3	Bool	
BOBINA DEL CONTACTOR PODER (C1)	%Q1.7	Bool	
EMERGENCY STOP	%I0.3	Bool	
IEC_Timer_0		Block_DB	
IEC_Timer_1		Block_DB	

Segmento 11:



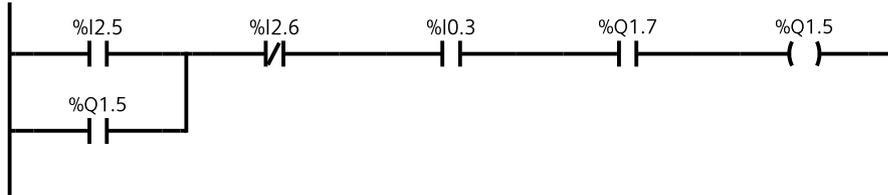
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
AC DELIVERY SHUT OFF IZQUIERDO (OFF)	%I2.0	Bool	
AC DELIVERY SHUT OFF IZQUIERDO (ON)	%I1.7	Bool	
BOBINA DEL CONTACTOR PODER (C1)	%Q1.7	Bool	
EMERGENCY STOP	%I0.3	Bool	
VALVULA CONTROL DIRECCIONAL (SV2)	%Q1.2	Bool	

Segmento 12:



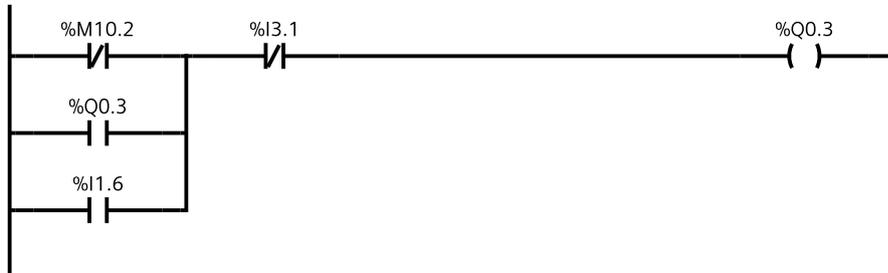
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
AC DELIVERY SHUT OFF DERECHO (OFF)	%I2.2	Bool	
AC DELIVERY SHUT OFF DERECHO (ON)	%I2.1	Bool	
BOBINA DEL CONTACTOR PODER (C1)	%Q1.7	Bool	
EMERGENCY STOP	%I0.3	Bool	
VALVULA CONTROL DIRECCIONAL (SV3)	%Q0.1	Bool	

Segmento 13:



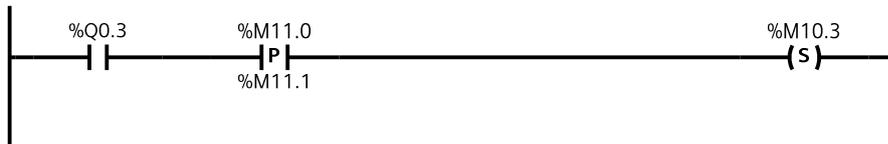
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
BOBINA CONTACTOR FILLING PUMP (C4)	%Q1.5	Bool	
BOBINA DEL CONTACTOR PODER (C1)	%Q1.7	Bool	
EMERGENCY STOP	%I0.3	Bool	
FILLING PUMP (OFF)	%I2.6	Bool	
FILLING PUMP (ON)	%I2.5	Bool	

Segmento 14:



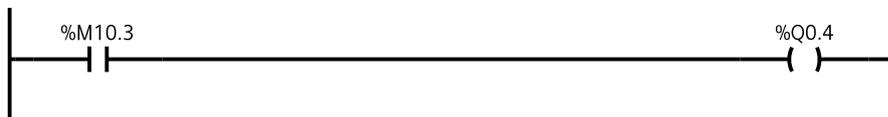
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
LUZ FAULT	%Q0.3	Bool	
MUTE RESET (OFF)	%I3.1	Bool	
Tag_2	%M10.2	Bool	
TEST BOTTON	%I1.6	Bool	

Segmento 15:



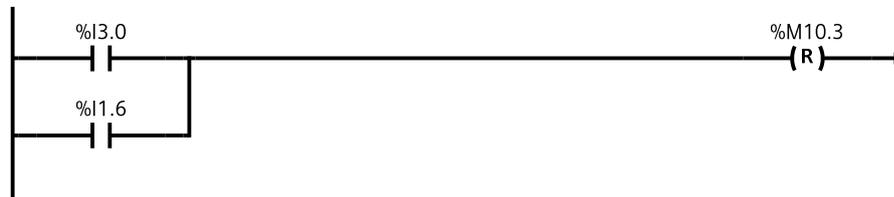
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
LUZ FAULT	%Q0.3	Bool	
Tag_3	%M10.3	Bool	
Tag_5	%M11.0	Bool	
Tag_6	%M11.1	Bool	

Segmento 16:



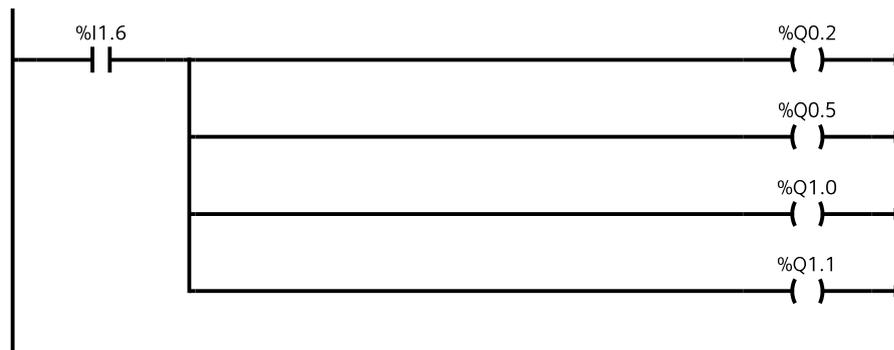
Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
ALARM (BUZZER)	%Q0.4	Bool	
Tag_3	%M10.3	Bool	

Segmento 17:



Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
MUTE RESET (ON)	%I3.0	Bool	
Tag_3	%M10.3	Bool	
TEST BOTTON	%I1.6	Bool	

Segmento 18:



Nombre	Dirección	Tipo de datos	Comentario
LUZ FILLING PUMP	%Q1.1	Bool	
LUZ MAIN PUMPS	%Q1.0	Bool	
LUZ PHASE FAULIRE	%Q0.2	Bool	
LUZ POWER	%Q0.5	Bool	
TEST BOTTON	%I1.6	Bool	

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

FAE	Fuerza Aerea Ecuatoriana
CHEETAH	Avión Supersonico de la FAE
MHTB-102 (E)	Banco Movil de Prueba Hidraulica versión Eléctrico
ELEINDSA	Electrónica Industrial Eleind S.A.
Step 7 Basic v10.5	Software para programar controladores S7-1200
S7-1200	Controlador programable SIEMENS de gama media
CPU	Unidad de Procesamiento Central
PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Interfase Hombre Maquina
Ethernet	Red Industrial
I/O	Entradas / Salidas de señales digitales y/o analogicas
UTP	Par Trensado sin Apantallamiento
IP	Protocolo de Internet