

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN
BASADO EN PLC S7-1200, VARIADORES DE FRECUENCIA Y
ANALIZADOR DE RED, INTEGRADOS AL SCADA WINCC, MEDIANTE
PROTOCOLOS PROFINET IO Y MODBUS TCP, PARA OPTIMIZAR EL
PROCESO DE DESPACHO DE ACEITE EN LA EMPRESA BARCINO S.A.
EN EL PUERTO DEL CALLAO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

RODRIGUEZ LAYANGO, LUIS ANTONIO

**Villa El Salvador
2016**

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres Pablo y Esther, por ser un gran apoyo durante toda mi vida y que gracias a su motivación, me hicieron crecer profesionalmente.

También se lo dedico a mi hermano David, que me inspiró a estudiar la carrera de electrónica.

Por último se lo dedico a mi novia Karen, ya que su fe en mí, me dio la confianza para ser mejor profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por iluminar mi camino y darme la fortaleza para poder realizar un buen trabajo.

Agradezco también a mis padres, por su apoyo incondicional.

También agradezco el apoyo de mis compañeros ingenieros y técnicos, que colaboraron conmigo brindándome la información necesaria del proyecto “Barcino S.A.” y confiaron en mis capacidades para realizar la ingeniería de automatización.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	2
1.2. Justificación del Proyecto	3
1.3. Delimitación del Proyecto	4
1.3.1 Espacial	4
1.3.2 Temporal	4
1.3.3 Teórico.....	4
1.4. Formulación del Problema.....	5
1.4.1 Problema General.....	5
1.4.2 Problemas Específicos	5
1.5. Objetivos	6
1.5.1 Objetivo General.....	6
1.5.2 Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la Investigación	7
2.1.1 Ámbito Nacional.....	7
2.2. Bases Teóricas.....	10
2.2.1 Analizador de red.....	10
2.2.2 Bus de campo	10
2.2.3 Entorno de ingeniería TIA portal.....	11
2.2.4 Ethernet TCP	12
2.2.5 Golpe de ariete	13
2.2.6 Lazo de corriente 4-20mA	14
2.2.7 Modbus	15
2.2.8 Modelo OSI.....	17
2.2.9 Panel HMI	18
2.2.10 PLC S7-1200	19
2.2.11 Proceso de despacho de aceite	20
2.2.12 Profinet IO.....	23

2.2.13	Protocolo S7	25
2.2.14	SCADA	25
2.2.15	Variador de frecuencia	26
2.3.	Marco Conceptual	28
2.3.1	Actuador	28
2.3.2	Autómata	28
2.3.3	BACKPLANE	28
2.3.4	Bus de campo	28
2.3.5	Control lógico	28
2.3.6	Optimización	28
2.3.7	PLC.....	28
2.3.8	Robustez	29
2.3.9	Simulación	29
2.3.10	SCADA	29
2.3.11	Sistema de control	29

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1.	Análisis del Proyecto	30
3.1.1	Descripción del Proyecto.....	30
3.1.2	Requerimientos del Sistema de Automatización.....	31
3.1.3	Equipos utilizados	37
3.2.	Diseño del Sistema de Automatización.....	45
3.2.1	Diseño de la arquitectura de la red de control	45
3.2.2	Diseño del algoritmo de control.....	51
3.2.3	Diseño del funcionamiento de los variadores de Frecuencia.....	63
3.2.4	Diseño de funciones del panel HMI.....	66
3.2.5	Diseño de funciones del sistema SCADA.	67
3.3.	Implementación del Sistema de Automatización.....	68
3.3.1	Implementación de la arquitectura de la red	68
3.3.2	Implementación del algoritmo de control.....	82
3.3.3	Implementación del funcionamiento de los variadores de frecuencia	88
3.3.4	Implementación de las funciones del panel HMI	106

3.3.5	Implementación de las funciones del sistema SCADA	118
3.3.6	Integración del analizador de red en el Sistema de Control	125
3.3.7	Integración de los controladores de pesaje en la red del PLC..	130
3.3.8	Integración de los instrumentos de campo en lazo 4-20 mA hacia el PLC	133
3.4.	Análisis de resultados.....	139
3.4.1	Pruebas de Simulación	139
3.4.2	Funcionamiento del SCADA.....	152
3.4.3	Tiempo de llenado de Tanques y Cisternas	153
3.4.4	Registro de los datos medidos por el analizador de red.....	154
	CONCLUSIONES	156
	RECOMENDACIONES	157
	BIBLIOGRAFÍA	158
	ANEXOS.....	160

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	Medidor de energía Easy Logic – Schneider Electric	10
FIGURA 2.2	Logo de TIA Portal V12	11
FIGURA 2.3	Productos TIA Portal.....	12
FIGURA 2.4	TCP en el modelo OSI	13
FIGURA 2.5	Efecto del golpe de ariete en tuberías.....	14
FIGURA 2.6	Esquema de un lazo 4-20 mA.....	14
FIGURA 2.7	Arquitectura Modbus.....	16
FIGURA 2.8	Tabla de mapeo Modbus	16
FIGURA 2.9	Capas del modelo OSI.....	17
FIGURA 2.10	Panel HMI Siemens	18
FIGURA 2.11	Controlador Lógico Programable S7-1200	19
FIGURA 2.12	Tanques y cisternas del proceso.....	20
FIGURA 2.13	Válvulas de suministro a los tanques	21
FIGURA 2.14	Válvulas de despacho a cisternas.....	22
FIGURA 2.15	Arquitectura PROFINET	23
FIGURA 2.16	Elementos de red PROFINET	24
FIGURA 2.17	Detalle de la red PROFINET	24
FIGURA 2.18	Componentes de un sistema SCADA	26
FIGURA 2.19	Ecuación de velocidad de un variador de frecuencia	27
FIGURA 2.20	Esquema de un variador de frecuencia.....	27
FIGURA 3.1	Vista superior de la Planta Barcino S.A.....	34
FIGURA 3.2	Diagrama de Procesos e Instrumentos – P&ID.....	36
FIGURA 3.3	Sensor de nivel SITRANS Echomax	37
FIGURA 3.4	Controlador de nivel SITRAN LUT400	38
FIGURA 3.5	Electroválvula motorizada RTK	39
FIGURA 3.6	Analizador de red PAC 4200.....	39
FIGURA 3.7	Power Module PM240.....	40
FIGURA 3.8	Panel de operador BOP	41
FIGURA 3.9	Control Unit CU240E-2	42
FIGURA 3.10	Controlador de Pesaje DD1050	42

FIGURA 3.11	PLC S7-1200	43
FIGURA 3.12	HMI KTP 1000 PN	44
FIGURA 3.13	Arquitectura de red Propuesta	48
FIGURA 3.14	Diagrama de Arquitectura de Red de Control.....	49
FIGURA 3.15	Topología de red propuesta	50
FIGURA 3.16	Grafica inicial de cierre Válvula-Balanza	52
FIGURA 3.17	Ajuste de gráfica de cierre Válvula-Balanza.....	53
FIGURA 3.18	Grafica final de cierre Válvula-Balanza	54
FIGURA 3.19	Ecuación de pendiente Válvula-Balanza	54
FIGURA 3.20	Ecuación de apertura Válvula-Balanza	54
FIGURA 3.21	Ecuación final Válvula-Balanza	55
FIGURA 3.22	Diagrama de flujo del Algoritmo Válvula-Balanza.....	56
FIGURA 3.23	Grafica inicial de cierre Válvula-Tanque.....	58
FIGURA 3.24	Ajuste de gráfica de cierre Válvula-Tanque.....	59
FIGURA 3.25	Gráfica final de cierre Válvula-Tanque	60
FIGURA 3.26	Ecuación de pendiente Válvula-Tanque.....	60
FIGURA 3.27	Ecuación de apertura Válvula-Tanque	60
FIGURA 3.28	Ecuación final Válvula-Tanque.....	61
FIGURA 3.29	Diagrama de flujo del Algoritmo Válvula-Tanque	62
FIGURA 3.30	Algoritmo de funcionamiento del variador de frecuencia	64
FIGURA 3.31	Algoritmo de funcionamiento automático del variador	65
FIGURA 3.32	Selección de archivos GSDML	69
FIGURA 3.33	Asignación de dirección IP al variador de frecuencia	70
FIGURA 3.34	Opción de asignación de nombre de dispositivo	71
FIGURA 3.35	Asignación de nombres de dispositivo	71
FIGURA 3.36	Configuración del tiempo de actualización PROFINET	72
FIGURA 3.37	Dispositivo PROFINET sin maestro asignado	73
FIGURA 3.38	Asignación del maestro PROFINET	73
FIGURA 3.39	Establecimiento de la red con el PLC	74
FIGURA 3.40	Telegramas del variador 1	75
FIGURA 3.41	Telegramas del variador 2	75
FIGURA 3.42	Declaración de las variables PLC-Variador	76

FIGURA 3.43	Lectura de datos del variador.....	76
FIGURA 3.44	Escritura de datos al variador	76
FIGURA 3.45	Red HMI-PLC sin conexión lógica.....	77
FIGURA 3.46	Selección de la conexión HMI	78
FIGURA 3.47	Establecimiento de la red PLC-HMI	78
FIGURA 3.48	Configuración de red PLC-HMI	79
FIGURA 3.49	Conexión lógica PLC-SCADA	80
FIGURA 3.50	Configuración de la red PLC-SCADA.....	80
FIGURA 3.51	Arquitectura lógica de la red de control.....	81
FIGURA 3.52	Bloque FB1 “Valvula_Balanza”	82
FIGURA 3.53	Bloque FB2 “Valvula_Tanque”	84
FIGURA 3.54	Bloque FB “Variador”	86
FIGURA 3.55	Escaneo de la red Ethernet.....	88
FIGURA 3.56	Configuración de la característica de la carga.....	89
FIGURA 3.57	Configuración de la macro de funcionamiento	90
FIGURA 3.58	Macro 7 – Conmutación de juego de datos	91
FIGURA 3.59	Configuración del estándar del motor	92
FIGURA 3.60	Configuración del tipo del motor.....	92
FIGURA 3.61	Datos del placa del motor	93
FIGURA 3.62	Configuración de los datos del motor	94
FIGURA 3.63	Configuración de la identificación del motor	94
FIGURA 3.64	Configuración de los valores límites del motor	95
FIGURA 3.65	Configuración de los cálculos del motor	95
FIGURA 3.66	Vista del resumen de la configuración del motor.....	96
FIGURA 3.67	Configuración del telegrama de datos del variador	96
FIGURA 3.68	Esquema eléctrico del modo “manual” de variador	98
FIGURA 3.69	Conexión de bornes del variador de frecuencia	99
FIGURA 3.70	Configuración de las entradas/salidas del variador	100
FIGURA 3.71	Configuración de la entrada analógica del variador	101
FIGURA 3.72	Vista frontal del tablero eléctrico de las bombas	101
FIGURA 3.73	Telegrama de transmisión 1.....	102
FIGURA 3.74	Palabra de control del variador de frecuencia	103

FIGURA 3.75	Palabra de estado del variador de frecuencia	104
FIGURA 3.76	Establecimiento de la palabra de control a enviar	105
FIGURA 3.77	Escritura de los datos en el variador de frecuencia	105
FIGURA 3.78	Botones de navegación del panel HMI.....	106
FIGURA 3.79	Vista de pantalla HMI – Principa	107
FIGURA 3.80	Vista de pantalla HMI – Tanques	108
FIGURA 3.81	Vista de pantalla HMI - Despacho.....	109
FIGURA 3.82	Vista de pantalla HMI - Motores	110
FIGURA 3.83	Electrobomba en estado: Listo.....	111
FIGURA 3.84	Electrobomba en estado: Run.....	111
FIGURA 3.85	Electrobomba en estado: Falla	111
FIGURA 3.86	Vista de pantalla HMI - Equipos	112
FIGURA 3.87	Vista de pantalla HMI - Configuración.....	113
FIGURA 3.88	Vista de pantalla: Válvula 1-Balanza 1	114
FIGURA 3.89	Vista de pantalla: Válvula 2-Balanza 2.....	115
FIGURA 3.90	Vista de pantalla: Válvula 3-Tanque 3.....	116
FIGURA 3.91	Vista de pantalla: Válvula 4-Tanque 4.....	117
FIGURA 3.92	Pantalla SCADA – Vista General	118
FIGURA 3.93	Pantalla SCADA – Tanques.....	119
FIGURA 3.94	Pantalla SCADA – Despacho.....	120
FIGURA 3.95	Pantalla SCADA – Parámetros Eléctricos	121
FIGURA 3.96	Pantalla SCADA – Mantenimiento	122
FIGURA 3.97	Pantalla SCADA – Tendencias	123
FIGURA 3.98	Pantalla SCADA – Alarmas.....	124
FIGURA 3.99	Conexiones PAC4200.....	125
FIGURA 3.100	Diagrama del Tablero de Distribución General.....	126
FIGURA 3.101	Conexión 3P4W	127
FIGURA 3.102	Configuración PAC4200 – Inicial.....	127
FIGURA 3.103	Configuración PAC4200 – Interfaz Ethernet	128
FIGURA 3.104	Direcciones Modbus – PAC4200	128
FIGURA 3.105	Programación PLC – Modbus PAC4200	129
FIGURA 3.106	Lectura de datos del PLC hacia el PAC4200	129

FIGURA 3.107	Controlador de pesaje de las Balanzas.....	130
FIGURA 3.108	Lectura del PLC hacia las Balanzas.....	131
FIGURA 3.109	Configuración de la red PLC-Balanzas	132
FIGURA 3.110	Vista de dispositivos-PLC S7-1200	133
FIGURA 3.111	Configuración del tipo de señal de entrada analógica	134
FIGURA 3.112	Configuración del tipo de señal de salida analógica.....	135
FIGURA 3.113	Definición de las variables de entradas y salidas analógicas	136
FIGURA 3.114	Función de escalamiento de valores analógicos	137
FIGURA 3.115	Bloque de adquisición de niveles de los tanques	137
FIGURA 3.116	Desescalamiento de valores analógicos	138
FIGURA 3.117	Escritura de valores analógicos	138
FIGURA 3.118	Vista de red del PLC Simulación.....	139
FIGURA 3.119	Inicio de simulación.....	139
FIGURA 3.120	Carga del PLC de simulación.....	140
FIGURA 3.121	VARIABLES de simulación	140
FIGURA 3.122	Forzado de variables de simulación	141
FIGURA 3.123	Verificación de los niveles por simulación	141
FIGURA 3.124	Simulación de válvulas en modo manual	142
FIGURA 3.125	Simulación de bombas en modo manual	143
FIGURA 3.126	Funcionamiento de las bombas en simulación.....	143
FIGURA 3.127	1° simulación de válvulas.....	144
FIGURA 3.128	2° simulación de válvulas.....	145
FIGURA 3.129	3° simulación de válvulas.....	145
FIGURA 3.130	Configuración de parámetros de válvulas 1 y 2.....	146
FIGURA 3.131	Set Point de peso	147
FIGURA 3.132	1° simulación de despacho de aceite.....	147
FIGURA 3.133	2° simulación de despacho de aceite	148
FIGURA 3.134	3° simulación de despacho de aceite.....	149
FIGURA 3.135	4° simulación de despacho de aceite.....	149
FIGURA 3.136	Simulación de llenado y despacho 1	150
FIGURA 3.137	Simulación de llenado y despacho 2.....	150

FIGURA 3.138	Simulación de llenado y despacho 3.....	151
FIGURA 3.139	Simulación de los contadores de horas.....	152
FIGURA 3.140	Simulación de las alarmas del SCADA	152
FIGURA 3.141	Creación de la carpeta Datalog.....	154
FIGURA 3.142	Creación de los archivos *.csv	154
FIGURA 3.143	Valores adquiridos por el PAC4200	155

LISTA DE TABLAS

TABLA 3.1	Cuadro de datos de los Tanques	31
TABLA 3.2	Asignación de direcciones IP	45
TABLA 3.3	Elección de interfaces de dispositivos.....	46
TABLA 3.4	Asignación de protocolos de dispositivos	47
TABLA 3.5	Telegrama de entrada de datos	74
TABLA 3.6	Telegrama de salida de datos	75
TABLA 3.7	Parámetros del Bloque FB1 Valvula_Balanza	83
TABLA 3.8	Parámetros del Bloque FB2 Valvula_Tanque.....	85
TABLA 3.9	Parámetros del Bloque FB3 Variador	87
TABLA 3.10	Descripción de la configuración de entradas analógicas.	134
TABLA 3.11	Descripción de la configuración de salidas analógicas.....	135
TABLA 3.12	Resultados de los tiempos de llenado de aceite	153

INTRODUCCIÓN

Actualmente la industrias, ya sea de manufactura, petroleras, petroquímicas, mineras, etc., requieren que sus sistemas sean automatizados, con el fin de optimizar sus procesos y reducir costos de producción.

Los sistemas de control industrial, basados en PLC, ofrecen una solución que incorpora muchas características, como la versatilidad, flexibilidad y confiabilidad debido al tiempo de vida del controlador. Estos sistemas, en conjunto con los de supervisión y control como los SCADA, son los más utilizados actualmente, ya que es flexible frente a cualquier expansión de la planta.

El presente trabajo muestra una solución al control y supervisión automatizado del proceso de despacho de aceite de soya, en la empresa BARCINO SA. Que incorpora la integración de sistemas, como la unidad central (PLC), variadores de velocidad, medidor de energía e instrumentos de campo cuyas variables de proceso serán centralizadas en una estación de control y otra de supervisión (HMI y SCADA) para recopilar y gestionar de una manera eficiente el proceso del despacho.

La estructura que se ha seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo de la ingeniería del proyecto.

El autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El proceso de despacho de aceite de soya, proveniente de Europa, hacia el puerto del Callao, y que es almacenada en la empresa Barcino SA; requiere optimizar su sistema de almacenaje y despacho, por lo cual necesita un sistema automatizado que le permita el correcto almacenaje del mismo en sus tanques, así como también le permita despachar el aceite en camiones cisternas propiedad de sus clientes como Alicorp, etc.; esto se logra mediante un sistema basado en PLC y una interfaz Hombre Máquina (HMI), que a través de sus interfaces de entrada/salida intercambiaran información con los instrumentos (sensores y actuadores), de este modo poder tener un control del proceso. El sistema de bombeo de aceite se realizará mediante electrobombas que serán controladas por variadores de velocidad, y el consumo total será registrado por el medidor multifunción, que enviara los datos al SCADA para su monitoreo mensual y así poder regular el gasto por costos eléctrico.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La implementación de un sistema de control, basado en PLC, ofrece una óptima solución, gracias a la robustez, flexibilidad y escalabilidad que proporciona la interfaz de programación.

El control y supervisión del proceso, será llevado a cabo por el panel HMI, ubicado en la sala de control y le permitirá recopilar datos de los sensores, y activar los actuadores, mediante lazos de control 4-20 mA.

El bombeo de aceite estará conformado por electrobombas que serán controlados por variadores de frecuencia, cuya principal ventaja es la eficiencia energética que será detallada en el desarrollo del proyecto.

El SCADA, ubicado en una PC en sala de supervisión general de la planta, permitirá, además de recibir información del proceso, hacer un reporte de las variables del sistema y alarmas, en una base de datos como Excel, Así como también recibir los datos del analizador de red, localizado en la sala de bombas, que le permitirá saber cómo se distribuye la tensión y corriente eléctrica en su tablero de distribución general.

El intercambio de datos entre el sistema de control PLC, los variadores de velocidad, y el analizador de red se llevará a cabo mediante buses de campo, que brindarán ventajas como velocidad, facilidad de diagnóstico, escalabilidad, flexibilidad y confiabilidad al sistema

El correcto funcionamiento del proceso de despacho de aceite y monitoreo de los parámetros eléctricos del sistema para su análisis justifica el desarrollo del proyecto.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 Espacial: El proyecto se realizó en la Planta de abastecimientos de la empresa Barcino SA. ubicada en la Av. Contralmirante Mora N° 491, distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao y Región Callao.

1.3.2 Temporal: El proyecto se realizó en el periodo Enero 2014 – Agosto 2014.

1.3.3 Teórico: Este trabajo se basa en las siguientes teorías; Sistema de control basado en PLC Siemens S7-1200, Sistemas de supervisión y control HMI-SCADA, Control de motores mediante Variadores de frecuencia Siemens SINAMICS G120, Integración de sistema de analizador de red PAC4200, integración de redes industriales: Profinet IO, Modbus TCP, Industrial Ethernet.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 Problema General

¿De qué manera se puede diseñar e implementar un sistema de automatización basado en PLC S7-1200, Variadores de Frecuencia y Analizador de red integrados a sistema SCADA mediante protocolos PROFINET IO y MODBUS TCP para optimizar el proceso de despacho de aceite en la empresa Barcino SA en el puerto del Callao?

1.4.2 Problemas Específicos

- a. ¿Cómo diseñar e implementar la arquitectura de la red de control basado en PLC S7-1200 para optimizar el proceso de despacho de aceite en la empresa Barcino SA en el puerto del Callao?
- b. ¿Cómo integrar los variadores de frecuencia SINAMICS G120 en la red del PLC para optimizar el despacho de aceite a través de electrobombas de 25 HP?
- c. ¿Cómo integrar el analizador de red PAC4200 para monitorear el consumo eléctrico de la red, al software SCADA localizada en la sala de gestión de la planta?
- d. ¿Cómo diseñar e implementar el algoritmo de control a través del PLC S7-1200 para optimizar el proceso de despacho de aceite?
- e. ¿Cómo diseñar e implementar las funciones de los sistemas HMI y SCADA, para monitorear las variables del proceso de despacho de aceite?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de automatización basado en PLC S7-1200, Variadores de Frecuencia y Analizador de red integrados a sistema SCADA mediante protocolos PROFINET IO y MODBUS TCP para optimizar el proceso de despacho de aceite en la empresa Barcino SA en el puerto del Callao.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a. Diseñar e implementar la arquitectura de la red de control basado en PLC S7-1200 para optimizar el proceso de despacho de aceite en la empresa Barcino SA en el puerto del Callao.
- b. Integrar los variadores de frecuencia SINAMICS G120 en la red del PLC para optimizar el despacho de aceite a través de electrobombas de 25 HP.
- c. Integrar el analizador de red PAC4200 para monitorear el consumo eléctrico de la red, al software SCADA localizada en la sala de gestión de la planta.
- d. Diseñar e implementar el algoritmo de control a través del PLC S7-1200 para optimizar el proceso de despacho de aceite.
- e. Diseñar e implementar las funciones de los sistemas HMI y SCADA, para monitorear las variables del proceso de despacho de aceite.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Ámbito Nacional

Puma J. (2015), *Diseño de automatización de un sistema de almacenaje y despacho de aceite crudo a granel mediante el módulo PID del PLC Siemens S7-300*. Proyecto de actualidad. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Concluyó lo siguiente: [1] “En este proyecto se diseñó la automatización de un sistema de almacenaje y despacho de aceite crudo a granel con el PLC S7-300 y en el desarrollo del mismo se obtuvo 3 formas de automatizar el sistema: mediante un control ON/OFF, mediante un control proporcional y el más efectivo un control PID que era la finalidad de este proyecto”.

Tasayco B. (2014). *Integración de analizadores de red de los tableros de distribución eléctrica de la empresa OPP FILM SA al sistema SCADA POWER MONITORING EXPERT para el monitoreo de consumo eléctrico*. Tema de Investigación. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Concluyó lo siguiente: [2]

“Los analizadores de red miden parámetros eléctricos y transmiten por comunicaciones todas las magnitudes eléctricas medidas y/o calculadas, incorporan la función contador, siendo capaces de mantener en su memoria el valor de energía consumida y generada. La comunicación de los analizadores de red es mediante una red MODBUS RTU hacia el Gateway, la comunicación del Gateway hacia el sistema SCADA es mediante protocolo Ethernet TCP/IP, El sistema SCADA nos permite tener un control y monitoreo de los parámetros eléctricos que influyen en la calidad de energía suministrada a la maquinaria industrial”.

Ramos W. (2013). *Diseño de un control semiautomatizado usando PLC S7 – 200 con interfaz SCADA de una planta de tratamiento de aguas residuales biológico de lodos activados basado en la modalidad de aireación extendida*. Tesis. Universidad Nacional del Antiplano. Concluyó lo siguiente: [3]

“El diseño existente en el mercado de estas plantas es electromecánico, lo que obliga a tener varias personas operando la planta. El diseño propuesto permite que este exceso de personal sea superado bastando con dos personas para operar la planta.

Se ha diseñado una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con una visión de Automatización mejorando la eficiencia de producción de la planta procurando mantener los costos al mínimo.

Se ha usado diferentes marcas de equipos y coordinado su funcionamiento en una filosofía SCADA usando un software genérico como lo es LabVIEW”.

2.1.2 Ámbito Internacional

Erazo P. (2013). *Diseño e implementación del SCADA y tablero de control de comando Manual/Automático para la elaboración de concentrado SKF para NEFROCONTROL S.A.* Proyecto de Investigación. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. Concluyó lo siguiente: [4]

“La solución presentada es bastante completa en la producción del concentrado acido se basa en plataformas tecnológicas que ayudaran a NEFROCONTROL a cumplir y exceder las necesidades actuales y las expectativas futuras tanto en la industria como en negociaciones.

Se da cumplimiento al objetivo general del presente proyecto, que consiste en sustituir el sistema de control primitivo por un sistema de control de características más habituales a nivel industrial, que adicionalmente, incrementa, la funcionalidad, principalmente respecto a las acciones de supervisión del sistema”.

Calderón J. (2009). *Control y monitoreo SCADA de un proceso experimental, utilizando PLC SIEMENS S7-300 y software LABVIEW.* Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Concluyó lo siguiente: [5]

“El uso de PLC Siemens S7-300 CPU 313C como parte de una automatización, reduce el número de componentes en cableado y hace más amplia una gama de opciones para el desarrollo de diseño. Con el PLC se consigue un tablero de control más ordenado que hace la conexión accesible al tablero que comunica a los elementos del proceso, en este caso una planta piloto hidráulica de uso industrial; como válvulas, transmisores y transductores, así como electro niveles y bombas. Utilizando su software de programación STEP7 Lite permite realizar diagramas (escalera) de manejo sencillo que al declarar variables analógicas como digitales, de entrada y salida, hace la interacción más factible para la comunicación con el software de visualización y adquirente de datos en tiempo real LabVIEW, gracias al protocolo de comunicación OPC”.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 ANALIZADOR DE RED

El analizador de red, medidor de energía o medidor multifunción es un instrumento compacto indicado para la medición y visualización de diferentes parámetros de red con toma de corriente que puede conectarse en redes monofásicas o trifásicas como lo muestra la figura 2.1. Este medidor detecta los valores energéticos de consumidores individuales o de derivaciones eléctricas. Además de tensión y corriente, permite medir la potencia activa, reactiva y aparente e indicar estos valores en una pantalla gráfica. [6]



FIGURA 2.1: Medidor de energía Easy Logic – Schneider Electric

FUENTE: Página Web www.schneider-electric.com.pe, consultada en Julio del 2014

2.2.2 BUS DE CAMPO

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20 mA.

Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs/PACs, transductores, actuadores y sensores. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de

proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus. [7]

2.2.3 ENTORNO DE INGENIERÍA TIA PORTAL

TIA Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Conviene por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento.

El TIA Portal incorpora las últimas versiones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas de visualización y accionamientos SINAMICS de última generación. [8]



FIGURA 2.2: Logo de TIA Portal V12

FUENTE: Página Web <http://www.siemens.com>, consultada en Julio del 2014

En esta plataforma, cuyo logo se muestra en la figura 2.2, se integran los desarrollos para soluciones de automatización basadas en:

- Controladores Logics – STEP 7
- Paneles HMI - WinCC
- SCADA - WinCC
- Accionamientos – StarDrive

Tal como es graficado en la figura 2.3.

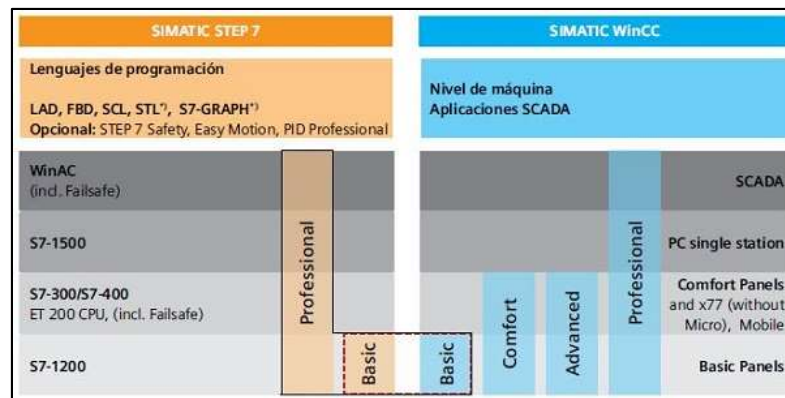


FIGURA 2.3: Productos TIA Portal

FUENTE: Página Web <http://www.siemens.com>, consultada en Julio del 2014

2.2.4 ETHERNET TCP

TCP (que significa *Protocolo de Control de Transmisión*) es uno de los principales protocolos de la capa de transporte del modelo TCP/IP. En el nivel de aplicación, posibilita la administración de datos que vienen del nivel más bajo del modelo, o van hacia él, (es decir, el protocolo IP). Cuando se proporcionan los datos al protocolo IP, los agrupa en datagramas IP, fijando el campo del protocolo en 6 (para que sepa con anticipación que el protocolo es TCP). TCP es un protocolo orientado a conexión, es decir, que permite que dos máquinas que están comunicadas controlen el estado de la transmisión. [9]

En el modelo OSI, tal como se muestra en la figura 2.4, el protocolo TCP se ubica en la capa 4 (Transporte), por lo que su direccionamiento, se realiza a través de puertos lógicos.

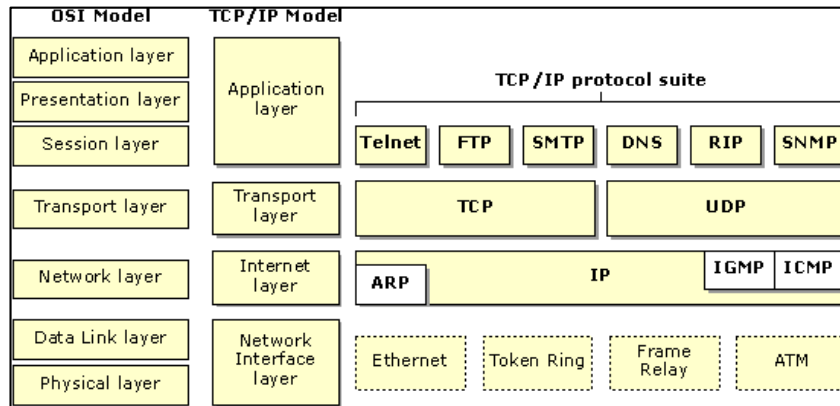


FIGURA 2.4: TCP en el modelo OSI

FUENTE: Página Web <http://actiweb2010.blogspot.pe>, Consultada en Julio del 2014

2.2.5 GOLPE DE ARIETE

El golpe de ariete o pulso de Zhukowski (llamado así por el ingeniero ruso Nikolái Zhukovski) es, junto a la cavitación, el principal causante de averías en tuberías e instalaciones hidráulicas.

El golpe de ariete se origina debido a que el fluido es ligeramente elástico (aunque en diversas situaciones se puede considerar como un fluido no compresible). En consecuencia, cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. [10]

Esto origina la compresión del fluido y la dilatación de la tubería, lo cual ocasiona su deterioro, tal como es posible ver en la figura 2.5.



FIGURA 2.5: Efecto del golpe de ariete en tuberías

FUENTE: Página Web <http://www.tlv.com>, consultada en Julio del 2014

2.2.6 LAZO DE CORRIENTE 4-20mA

El lazo de corriente de 4-20 mA se utiliza para las comunicaciones entre equipos industriales (la conexión de este lazo se visualiza en la figura 2.6), siendo una alternativa más entre la gran cantidad de protocolos existentes, pero su sencillez la ha mantenido vigente. [11]

Componentes del Lazo 4-20mA

- Sensor / Transductor
- Transmisor o acondicionador de señal
- Fuente de alimentación
- Receptor

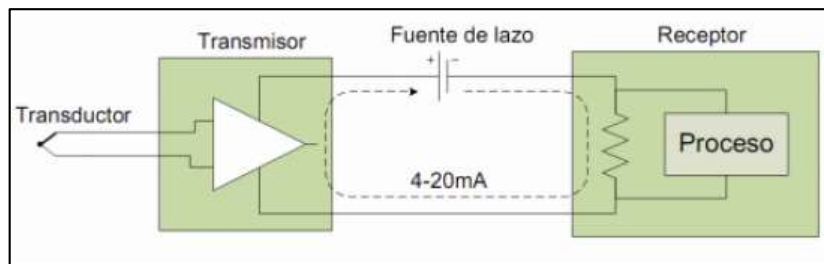


FIGURA 2.6: Esquema de un lazo 4-20 mA

FUENTE: Página Web <http://documents.mx/documents>, consultada en Julio del

2014

Características:

- Es útil cuando la información tiene que enviarse a grandes distancias (300m o más).
- 4mA represente el nivel “cero” del sensor y 20mA representa la salida a plena escala del sensor.
- El valor de la corriente no se ve afectada por las caídas de tensión.

2.2.7 MODBUS

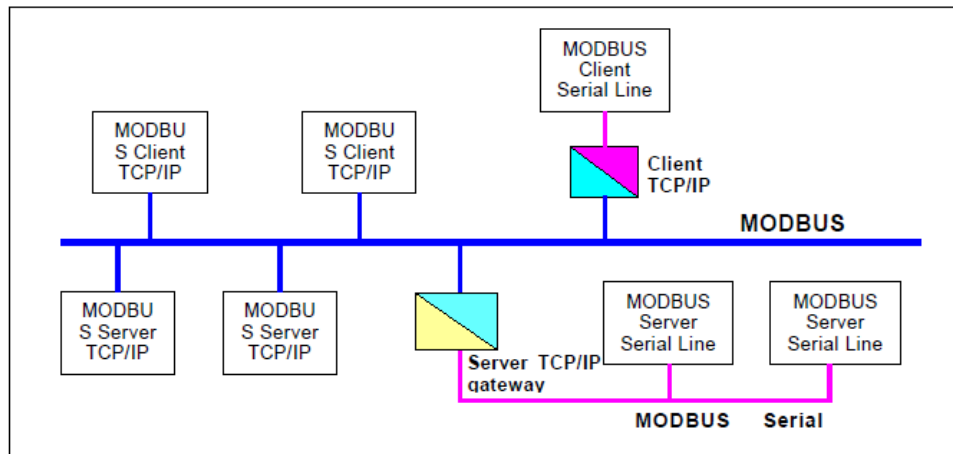
Modbus un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo (RTU) o cliente/servidor (TCP/IP), diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria, es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones es:

- Es público
- Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo
- Maneja bloques de datos sin suponer restricciones

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador, como ejemplo se muestra la arquitectura de la red en la figura 2.7.

Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA).

[12]



MODBUS TCP/IP communication architecture

FIGURA 2.7: Arquitectura Modbus

FUENTE: Página Web <http://www.modbus.org/>, consultada en Julio del 2014

El protocolo MODBUS usa el concepto de tablas de datos para almacenar la información en un esclavo, una tabla de datos no es más que un bloque de memoria usado para almacenar datos en el esclavo, las tablas de datos que usa en MODBUS son cuatro y se muestran en la figura 2.8.

Dirección MODBUS	Dirección Usada en el protocolo	Nombre de la Tabla de Datos
1 - 9999	0000 - 9998	Output Coils (Lectura/escritura)
10001 - 19999	0000 - 9998	Inputs Contact (Lectura)
30000 - 39999	0000 - 9998	Inputs Registers (Lectura)
40001 - 49999	0000 - 9998	Holding Registers (Lectura/Escritura)

FIGURA 2.8: Tabla de mapeo Modbus

FUENTE: Página Web <http://www.modbus.org/>, consultada en Julio del 2014

De acuerdo al estándar físico utilizado, Modbus puede dividirse en 2 tipos:

- Modbus RTU: Comunicación serie - RS232/RS485
- Modbus TCP: Comunicación Ethernet

2.2.8 MODELO OSI

El modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (ISO/IEC 7498-1), más conocido como “modelo **OSI**”, (en inglés, *Open System Interconnection*) es un modelo de referencia para los protocolos de la red de arquitectura en capas, creado en el año 1980 por la Organización Internacional de Normalización (**ISO**, *International Organization for Standardization*). [13]

Este modelo se conforma por siete niveles o capas, las cuales son las que se muestran en la figura 2.9.



FIGURA 2.9: Capas del modelo OSI

FUENTE: Página Web <https://redestelecomunicacion.wikispaces.com>, consultada en Julio del 2014

En las comunicaciones industriales, sin embargo, solo son utilizadas tres de los siete niveles:

- Nivel Físico
- Nivel de Enlace
- Nivel de Aplicación.

Conocer estos niveles es importante para realizar el diseño de una red, pues permite saber cómo se transmite la información en el proceso.

2.2.9 PANEL HMI

Los paneles de Interfaz Hombre Maquina (HMI), como se muestra en la figura 2.10, permiten obtener todo tipo de información sobre las condiciones de trabajo de la máquina, elementos discretos (pulsadores, pilotos), valores de temperatura, velocidad, presión, gráficas, mensajes de texto, alarmas, etc. además, en función de dicha información, permitirán al usuario (si su nivel de acceso se lo permite), dar órdenes a la máquina, realizando modificaciones en los parámetros manejados por el PLC tales como, modificación de los valores de temporizadores y contadores, cambios de niveles de prensado, puestas en marcha y parada de motores y electroválvulas, etc. [14]



FIGURA 2.10: Panel HMI Siemens

FUENTE: Página Web <http://www.siemens.com>, consultada en Julio del 2014

2.2.10 PLC S7-1200

El controlador S7-1200 de Siemens, ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones, sus características se muestran en la figura 2.11.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas. [15]

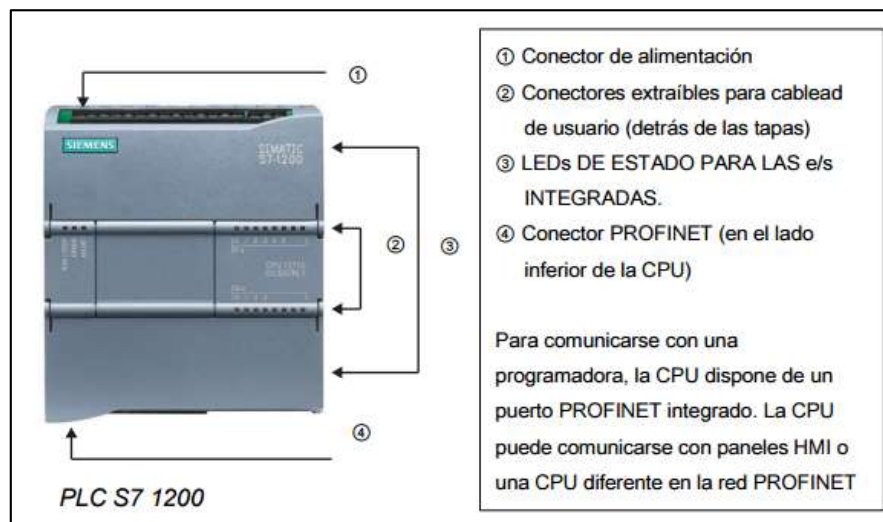


FIGURA 2.11: Controlador Lógico Programable S7-1200

FUENTE: Página Web <http://www.siemens.com>, consultada en Julio del 2014

2.2.11. PROCESO DE DESPACHO DE ACEITE

El proceso para despachar aceite a los camiones cisternas, a través de los tanques o el buque de suministro, se realiza de la siguiente manera.

a. Llenado de tanques a través del buque de suministro

Esto se debe a que el despacho de aceite a los camiones se realiza por medio de los tanques, como se muestra en la figura 2.12, por lo que previamente deben estar en un nivel aceptable.

Este llenado es a través de un buque que procedente de Europa, que contiene el aceite, y al estacionarse en el puerto del callao, suministra (por medio de bombas que se encuentran dentro del buque).



FIGURA 2.12: Tanques y cisternas del proceso

FUENTE: Elaboración Propia

Este llenado es secuencial:

- Se llena el primer tanque, a través de una electroválvula (como se muestra en la figura 2.13), que permite el ingreso de aceite desde el buque.
- Al verificar que alcanzó el nivel requerido, se cierra la primera electroválvula. Se abre la segunda electroválvula, para permitir llenar el segundo tanque.
- Al verificar que alcanzó el nivel requerido, se cierra la segunda válvula, con lo cual termina el proceso de llenado de tanques.



FIGURA 2.13: Válvulas de suministro a los tanques

FUENTE: Elaboración Propia

b. Despacho a cisternas

El despacho se realiza a través de electroválvulas motorizadas, como lo muestra la figura 2.14, que son controladas por el PLC, mediante señal 4-20mA.



FIGURA 2.14: Válvulas de despacho a cisternas

FUENTE: Elaboración propia

El proceso de despacho se realiza de acuerdo a los siguientes pasos:

- Se define previamente cuanto aceite se va a despachar (en Kg).
- El camión de estaciona sobre la plataforma de pesaje.
- Mediante el HMI ubicado en la cabina del operador, se ingresa la cantidad requerida de aceite, y presiona el botón que abre la valvula y enciende la electrobomba correspondiente para iniciar el despacho.
- La válvula y electrobomba regulan automáticamente el llenado, de modo que cuando está a punto de llegar al peso solicitado, se cierran automáticamente, esto de modo gradual para evitar el golpe de ariete.
- Luego se repite el proceso para los siguientes despachos.

Es importante observar, la situación en que el llenado de tanques y despacho de cisternas ocurran simultáneamente. Cuando se da este caso, las válvulas que alimentan a los tanques se estrangulan parcialmente (a través del PLC), esto con la finalidad que haya más presión hacia el despacho de cisternas, lo cual le permitirá realizar este proceso más rápido.

2.2.12 PROFINET IO

En el marco de Totally Integrated Automation (TIA), PROFINET IO es la evolución consecuente de:

- PROFIBUS DP
- Industrial Ethernet

Combina las propiedades de uso habituales con la integración simultánea de conceptos innovadores de la tecnología Ethernet. Con ello se garantiza la integración de PROFIBUS DP en el entorno PROFINET.

Así pues, PROFINET IO, entendido como un estándar de automatización basado en Ethernet de PROFIBUS/PROFINET International, define un modelo de comunicación, automatización e ingeniería no propietario. [16].

La arquitectura de la red PROFINET lo muestra la figura 2.15.

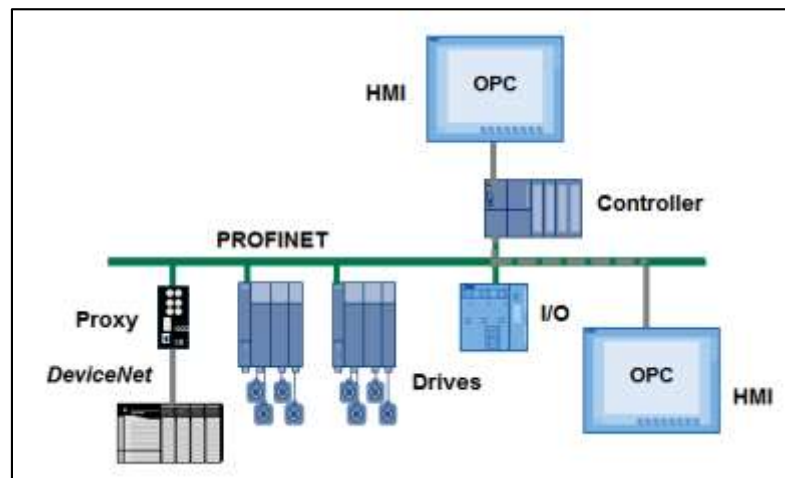


FIGURA 2.15: Arquitectura PROFINET

FUENTE: Página Web <http://www.profibus.com>, consultada en Julio del 2014

Elementos de la red PROFINET IO

La figura 2.16 muestra las designaciones generales de los principales dispositivos en PROFINET. En la figura 2.17 se encuentran los nombres de los distintos componentes en el contexto PROFINET IO.

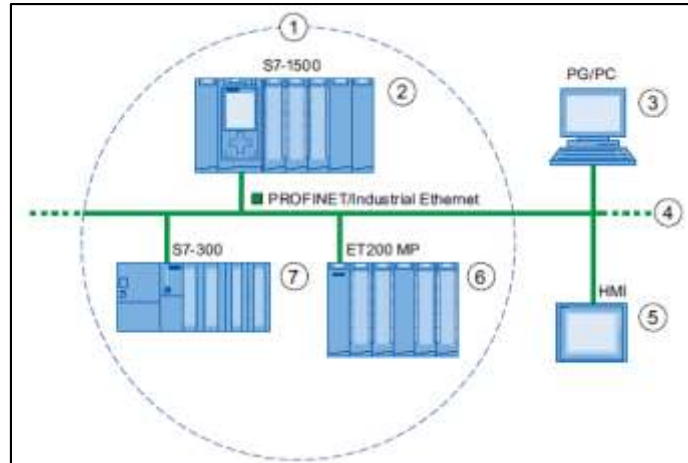


FIGURA 2.16: Elementos de red PROFINET

FUENTE: Página Web <http://www.siemens.com>, consultada en Julio del 2014

CIFRA	PROFINET	EXPLICACIÓN
1	Sistema PROFINET IO	
2	IO Controller	Dispositivo a través del cual se direccionan los IO Device para intercambiar señales.
3	IO Supervisor	Dispositivo para la puesta en marcha y diagnóstico.
4	Industrial Ethernet	Infraestructura de la red.
5	HMI	Interface Hombre Maquina.
6	IO Device	Aparato de campo descentralizado asignado a un IO Controller para intercambiar señales.
7	I Device	Es un IO Device inteligente

FIGURA 2.17: Detalle de la red PROFINET

FUENTE: Página Web <http://www.siemens.com>, consultada en Julio del 2014

2.2.13 PROTOCOLO S7

El protocolo S7, es un protocolo propiedad de Siemens, su aplicación se basa en la norma ISO Ethernet TCP (RFC1006), que, por diseño, es orientada a bloques. [17]

S7 es orientado a la conexión, es decir, cada transmisión contiene un comando o una respuesta a la misma.

S7 es un protocolo destinado a la comunicación entre controladores, paneles HMI, sistemas SCADA de la marca Siemens y su arquitectura se basa en los siguientes componentes:

Cliente: Que es el encargado de iniciar la comunicación, lee y escribe información en el dispositivo servidor.

Servidor: Que espera las ordenes que le envía el cliente S7.

Ventajas del protocolo S7:

- Independiente de la red (PROFIBUS, Industrial Ethernet (ISO o. TCP), MPI)
- Se puede utilizar en todas las zonas de datos S7
- Transferencia de hasta 64 KBytes por servicio
- Pequeña carga del procesador y de la red para transferir grandes cantidades de datos, ya que está optimizado para la comunicación SIMATIC

2.2.14 SCADA

Acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en el proceso

productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención. [18]

Componentes del sistema SCADA

Los tres componentes de un sistema SCADA (como se puede ver en la figura 2.18) son:

1. Múltiples Unidades de Terminal Remota (también conocida como, RTU).
2. Estación Maestra y Computador con HMI.
3. Infraestructura de Comunicación.

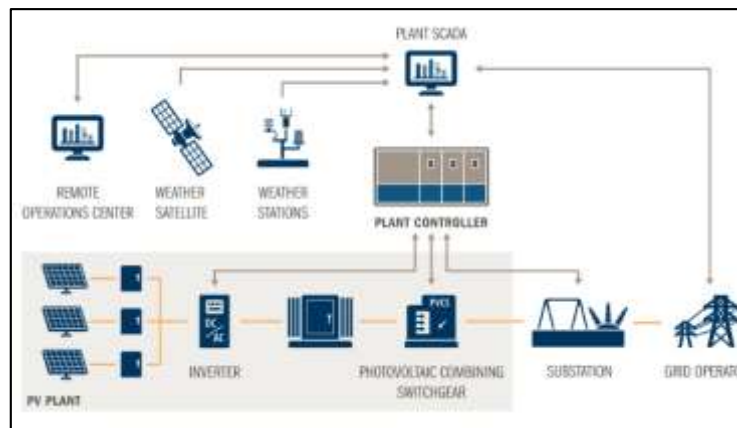


FIGURA 2.18: Componentes de un sistema SCADA

FUENTE: Página Web <http://www.siemens.com>, consultada en Abril del 2015

2.2.15 VARIADOR DE FRECUENCIA

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. [19]

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de AC suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación que muestra la figura 2.19.

$$RPM = \frac{60 \times f}{p}$$

FIGURA 2.19: Ecuación de velocidad de un variador de frecuencia

FUENTE: Página Web <http://electronicaymedicionesceal.blogspot.pe>, consultada en Junio del 2014

Donde:

RPM = Revoluciones por minuto (Velocidad del estator)

f = frecuencia (Hertz)

p = Número de pares de polos del motor

Los variadores de frecuencia están formado un puente rectificador, un bus DC y un circuito inversor, tal como se muestra en la figura 2.20.

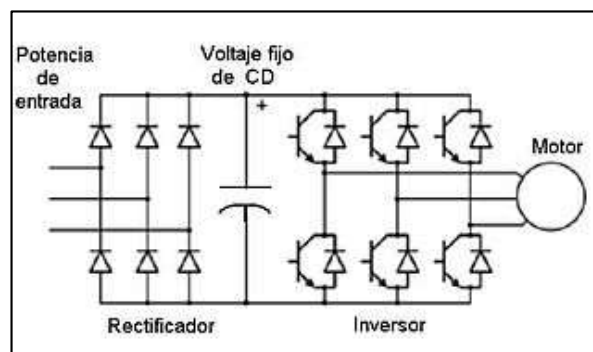


FIGURA 2.20: Esquema de un variador de frecuencia

FUENTE: Página Web <http://electronicaymedicionesceal.blogspot.pe>, consultada en Junio del 2014

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Definición de términos básicos:

2.3.1 ACTUADOR: Dispositivo que transforma señales eléctricas en diferente tipo de energía, produciendo un efecto sobre un proceso (normalmente bajo un esquema de control).

2.3.2 AUTÓMATA: Mecanismo artificial que imita comportamientos de la vida real (del griego automatos = actuar por sí mismo).

2.3.3 BACKPLANE: Bus en la parte posterior del chasis de un PLC. Se trata de una placa de circuitos impresa con encajes que aceptan módulos diferentes.

2.3.4 BUS DE CAMPO. Arquitectura de control que usa comunicación digital, serial, multidrop y de doble vía entre dispositivos de campo inteligentes y sistemas de control y monitoreo.

2.3.5 CONTROL LÓGICO. Control en el cual, de acuerdo con unos eventos que se dan en una secuencia determinada, se toma una acción de un número limitado de posibilidades (por lo general, de encendido o apagado: on-off).

2.3.6 OPTIMIZACIÓN: Actividad que intenta la búsqueda de la mejor (óptima) solución a un problema.

2.3.7 PLC: "Programmable Logic Controller". Controlador Lógico Programable. Computador digital apto para ambientes industriales que se utiliza para la automatización de los procesos.

2.3.8 ROBUSTEZ: Calidad de un sistema dinámico que lo hace capaz de soportar cambios, presiones o tensiones en el ambiente o sistemas con los que interactúa con mínimo daño, alteración o pérdida de funcionalidad.

2.3.9 SIMULACIÓN: Modelo (imitación) de un SISTEMA para obtener información del sistema real: Operación o experimentación

2.3.10 SCADA: Acrónimo de **S**upervisory **C**ontrol **A**nd **D**ata **A**cquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.

2.3.11 SISTEMA DE CONTROL: Sistema diseñado para lograr que una o varias variables se comporten de una manera deseada. La variable puede mantenerse constante o cambiar de una manera determinada.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

3.1 ANÁLISIS DEL PROYECTO

3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto consiste en el desarrollo del sistema de automatización basado en la programación del PLC, configuración de panel HMI, configuración del software SCADA, e integración de los instrumentos en la red del sistema maestro (Controladores de nivel, pesaje, válvulas y variadores de frecuencia) en la empresa Barcino SA. El proyecto comprende cuatro etapas desarrolladas de manera consecutiva: el análisis de los requerimientos del sistema de control, el diseño del sistema de control, la implementación del sistema que incluye la configuración de los diversos equipos mencionados, y el análisis de los resultados del sistema.

El proyecto contempla el desarrollo del sistema para almacenaje de aceite en los tanques cuyas características se muestran en la tabla 3.1.

TANQUE NUMERO	TIPO	CAPACIDAD ALMACENAMIENTO	UNIDAD	ALTURA REF. (Metros)	DIAMETRO (metros)
3	Vertical	2,000	TM	13.71	14.55
4	Vertical	2,000	TM	13.71	14.55
TOTAL		4,000	TM		

TABLA 3.1: Cuadro de datos de los Tanques

FUENTE: Elaboración Propia

Barcino SA dispondrá una capacidad de almacenaje de 4000 TM. Sin embargo los lotes de importación del producto que llegarán en los buques serán de 7000 TM, lo que quiere decir que durante la operación de desembarque en simultáneo se deberán despachar 3000 TM a los camiones cisternas.

3.1.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION

El sistema de automatización debe cumplir con las siguientes condiciones de despacho:

- a) Sin buques que desembarquen el aceite:

Para esta operación se emplearán electrobombas centrifugas y la cantidad a despachar se controlará mediante balanzas de pesaje de camiones. La balanza deberá emitir una señal cuando se alcance cierto porcentaje de lo requerido para que una válvula proporcional reguladora de caudal se vaya cerrando y cuando se alcance la carga completa se deberá cerrar la válvula y parar la bomba, se deberá considerar la forma de evitar golpes de ariete.

- b) Durante el desembarque de aceite por los buques:

En este caso se utilizará la bomba de la nave para llenar las cisternas. Como el régimen de descarga de los buques se estima que pueda estar entre 300

y 350 TM/hr, el llenado de las cisternas se haría muy rápido con un riesgo alto de originar un derrame por sobrellenado ya que no se tiene control sobre la bomba del buque. Por este motivo el llenado de las cisternas deberá hacerse en forma paralela al llenado de los tanques de almacenaje. Adicionalmente a las válvulas de control o proporcionales en los 2 tanques de despacho, se deberán de contar con válvulas en el ingreso de cada tanque, de tal forma que mientras se esté llenando una cisterna, la válvula del tanque esté parcialmente estrangulada y cuando se cierre la válvula de control de la cisterna al haber alcanzado el peso que se debe despachar (el cual debe ser ingresado ya que depende de la capacidad de cada cisterna) se abra por completo la del tanque.

En ambos casos se requiere:

- La cantidad a despachar en cada cisterna se pueda ingresar desde el panel HMI, la cual puede variar entre 20 y 30 TM.
- La cantidad despachada finalmente esté dentro del rango de peso seteado con un error de +- 30 kg.
- El panel de control HMI de 10" deberá ser instalado en la Sala de descarga y tendrá control sobre el proceso.

La PC donde se instalara el software SCADA debe cumplir con lo siguiente:

- Supervisar todas las variables de proceso del sistema de despacho de aceite, con una distribución de pantallas similar a la del panel HMI ubicada en la sala de control.
- Adquirir los datos del medidor de energía, localizada en la subestación eléctrica, correspondiente al tablero de distribución general y generar un histórico en archivos Excel para su posterior gestión.

- Presentar un contador de horas de funcionamiento de los variadores de velocidad, con el fin de realizar adecuadamente los mantenimientos predictivos.

El tablero de bombas, localizado en la subestación eléctrica, debe cumplir lo siguiente:

- Poder manipular las bombas, a través de los variadores, localmente desde pulsadores localizados en la parte frontal del tablero.
- Poder manipular las bombas, a través de los variadores, remotamente desde el sistema de automatización, localizada en la sala de control
- Poder conmutar entre los modos descritos anteriormente.

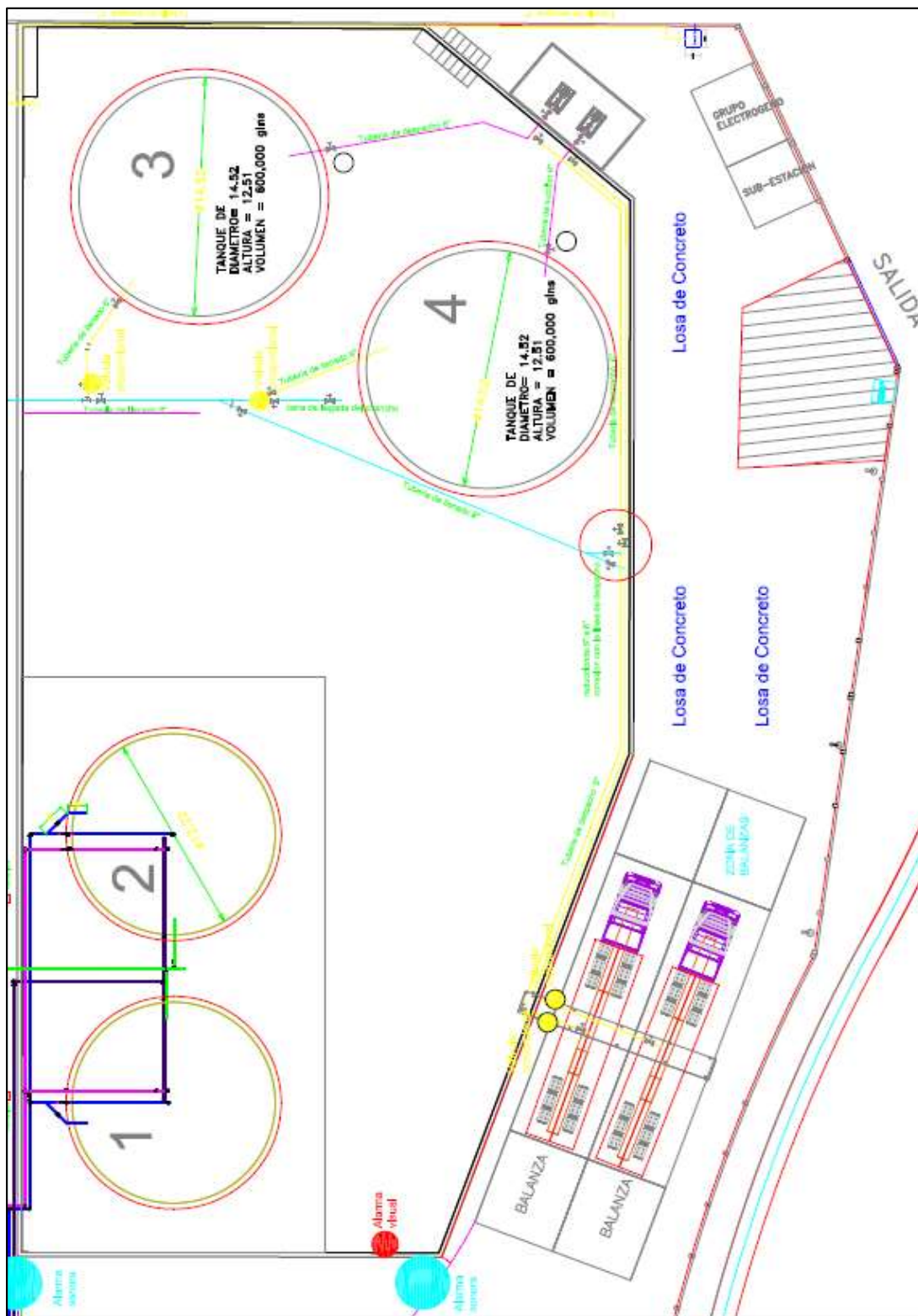


FIGURA 3.1: Vista superior de la Planta Barcino S.A.

FUENTE: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura 3.1 que es la vista superior de planta, se detallan los componentes del proceso:

Zona de Tanques 3 y 4, donde se ubican los tanques que almacenan el aceite proveniente del buque situado en el muelle

En esta zona se ubican también las electroválvulas que, mediante el sistema de control se abrirán o cerraran para llenar el aceite proveniente del buque en el muelle.

Sub Estación eléctrica, donde se ubica el Centro de Control de Motores CCM, que a su vez contiene el tablero eléctrico donde están los variadores de frecuencia, que controlaran a las electrobombas.

En esta zona de la planta también se ubica el tablero de distribución general de 220 VAC, que suministra la energía a todos los tableros, además se ubica también un transformador elevador de tensión de 220 a 440 VAC para la alimentación de los variadores de frecuencia.

Zona de Balanzas, donde están situados las válvulas que, mediante el sistema de control se abrirán o cerraran para despachar el aceite a los camiones cisternas.

También se localizan en esta zona, las celdas de carga, que a través de una sumadora se conectaran al controlador de pesaje (Transmisor).

En la parte superior de esta zona, se localiza la sala de control, donde se ubica el tablero eléctrico que contiene el PLC, para el control respectivo del sistema.

Zona de bombas, donde se sitúan las bombas de 25 HP que direccionaran el flujo de aceite desde los tanques, hacia el sistema de despacho.

Sala de Supervisión, donde se sitúa la PC que contendrá el software SCADA, para monitorear los valores del medidor de energía y todas las variables de proceso.

Todos estos instrumentos y sus conexiones se pueden ver en la figura 3.2.

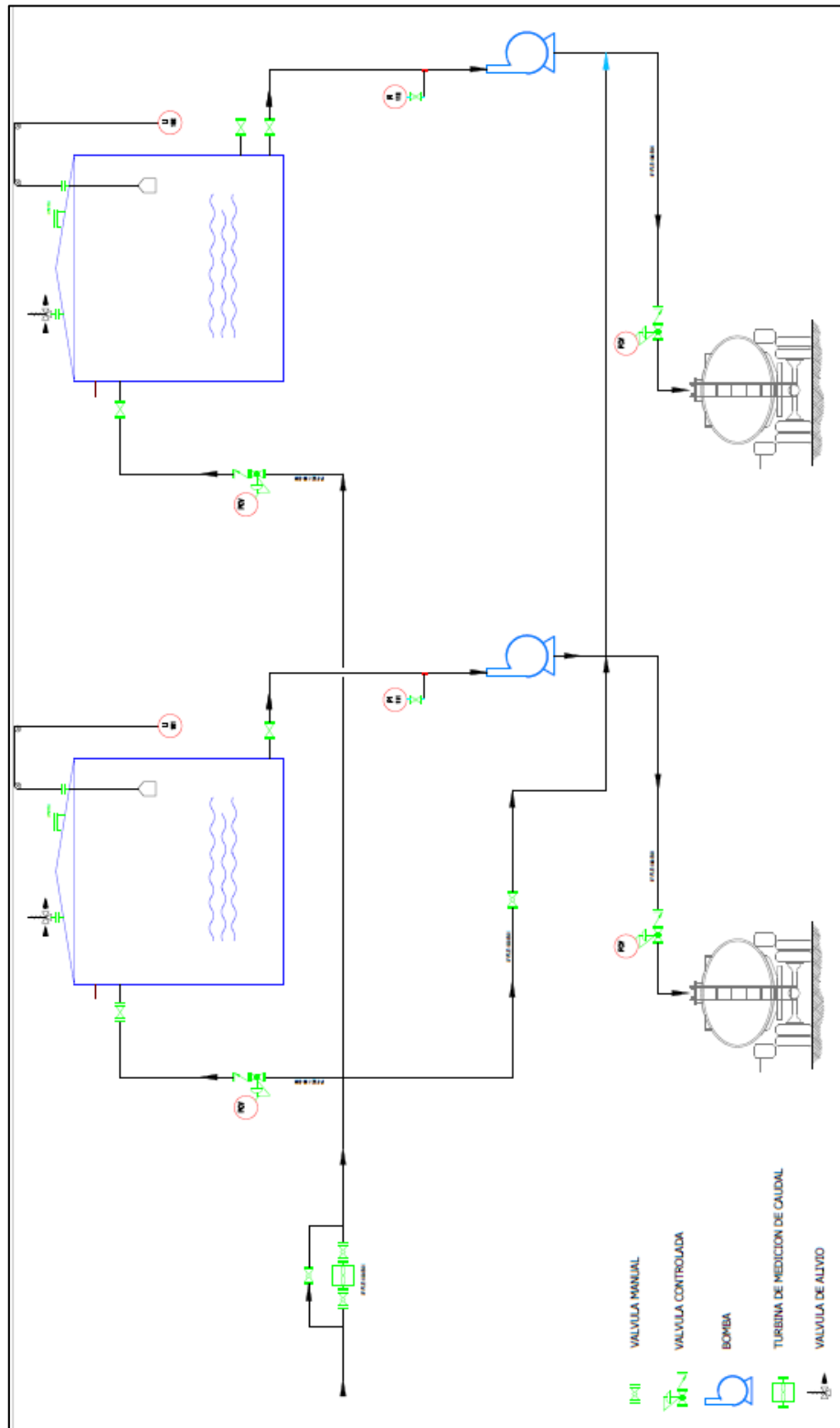


FIGURA 3.2: Diagrama de Procesos e Instrumentos – P&ID

FUENTE: Elaboración Propia

3.1.3 EQUIPOS UTILIZADOS

SENSOR DE NIVEL

Los sensores utilizados en el proyecto son los SITRANS ECHOMAX XPS – 15, que se muestra en la figura 3.3. Que serán ubicados en la parte superior de los tanques, de aproximadamente 14 m de altura.



FIGURA 3.3: Sensor de nivel SITRANS Echomax

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Agosto del 2014

Beneficios:

- Herméticamente cerrados.
- Insensibles a sustancias químicas.
- Insensibles a adherencia y prácticamente exentos de mantenimiento.
- Sensor de baja resonancia con zona muerta limitada.

Cuyas principales características son:

- Rango de medida : 0.3 – 15 m
- Frecuencia de salida : 44 Khz
- Angulo de dispersión de haz : 6°
- Grado de protección : IP66

CONTROLADOR DE NIVEL

Los transmisores / controladores de los sensores de nivel utilizados en el proyecto son los Siemens LUT400, que se muestra en la figura 3.4.

Estos controladores reciben la señal proveniente de los sensores y la acondicionan para que pueda ser transmitida al PLC para su procesamiento vía lazo de corriente 4-20mA.



FIGURA 3.4: Controlador de nivel SITRAN LUT400

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Agosto del 2014

Beneficios:

- Interfaz de usuario con 4 teclas de programación.
- EDDs para Simatic PDM.
- Dos entradas discretas para protección auxiliar.
- Tres relés para funciones de control y alarmas.

Cuyas principales características son:

- Rango de medida : 0.3 – 60 m (según el sensor)
- Frecuencia del sensor : 10 – 52 KHz
- Salida : 4 – 20 mA
- Resolución : 0.1% del rango.
- Grado de protección : IP20 (IP65 con caja)
- Distancia máx. al sensor : 365 m

VÁLVULAS

Las válvulas utilizadas son de tipo motorizadas, marca RTK modelo MV 5, serie ST 6150, cuya imagen se muestra en la figura 3.5.



FIGURA 3.5: Electroválvula motorizada RTK

FUENTE: www.rtk.de, consultada en Agosto del 2014

Características:

- Grado de protección : IP65
- Entradas digitales : 2 hilos (4 – 20 mA)
- Salidas digitales : 2 hilos (4 – 20 mA)
- Comunicación : Profibus DP (Modulo adicional)

ANALIZADOR DE RED

El analizador de red / medidor de energía utilizado es el SENTRON PAC 4200 de Siemens (Figura 3.6).



FIGURA 3.6: Analizador de red PAC 4200

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Agosto del 2014

Beneficios:

- Puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas.
- Pantalla de cristal líquido con retroalimentación ajustable.
- Dispone de cuatro teclas de configuración

VARIADORES DE FRECUENCIA

Los variadores de velocidad utilizados son los SINAMICS G120 de Siemens.
Debido a que estos convertidores son modulares, se dividen en las siguientes partes:

Power Module (Modulo de Potencia) - figura 3.7.

Basic Operator Panel (Panel de Operador) - figura 3.8.

Control Unit (Unidad de Control) - figura 3.9.

Power Module

El módulo de potencia utilizado es el modelo PM240.



FIGURA 3.7: Power Module PM240

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Agosto del 2014

Características:

- Grado de protección : IP20
- Tensión asignada : 400 – 440 VAC
- Rango de frecuencia : 47 – 63 Hz
- Frecuencia de pulsación : 4 – 16 KHz
- Tipos de Frenado : Resistencia de freno
Corriente continúa
Realimentación de energía a la red
- Motores compatibles : Trifásicos síncronos y asíncronos

Operator Panel

El panel utilizado es el modelo BOP estándar.



FIGURA 3.8: Panel de operador BOP

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Agosto del 2014

Características:

- Capacidad de guardar backup de configuración del variador.
- Display de 5 dígitos.
- Permite su montaje en la parte frontal del tablero eléctrico.
- Fácil montaje sobre la unidad de control del variador.

Control Unit

Las unidades de control utilizadas son las CU240E-2 PN y CU230P-2 PN



FIGURA 3.9: Control Unit CU240E-2

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Agosto del 2014

Características:

- Doble interfaz Profinet para la comunicación mediante bus de campo.
- Función de re arranque al vuelo.
- 4 reguladores PID integrados.
- Aplicación de bombas, ventiladores, compresores.

CONTROLADORES DE PESAJE

Los controladores utilizados son de la marca BILANCIAl modelo DD1050i - figura 3.10.



FIGURA 3.10: Controlador de Pesaje DD1050

FUENTE: www.bilancial.com, consultada en Agosto del 2014

Características:

- Celdas conectables : Hasta 12 celdas analógicas de 350 ohmios
- Grado de protección : IP20, Frontal IP65
- Puertos serie : RS232, RS485 (Profibus, Modbus)
- Puerto Ethernet : Protocolos TCP, UDP.
- Entradas digitales : 2
- Salidas digitales : 2
- Memoria : Tarjeta SD, Compact Flash.

CONTROLADOR LOGICO – PLC

El controlador utilizado es el PLC S7-1200 de Siemens - figura 3.11.



FIGURA 3.11: PLC S7-1200

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Agosto del 2014

Características:

- Modelo CPU : 1214C DC/DC/Rly
- Protocolos Ethernet : Profinet IO
Modbus TCP
TCP, UDP, ISO
S7
SNMP

PANEL HMI

El panel utilizado es el modelo KTP 1000 Basic color PN de Siemens - figura 3.12.



FIGURA 3.12: HMI KTP 1000 PN

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Agosto del 2014

Características:

- 8 teclas multifunción
- 256 colores
- Comunicación profinet, modbus, S7.
- Protocolo SNMP
- Conexión hasta con 4 controladores lógicos.

3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

De acuerdo con los requerimientos del proyecto, se separará el diseño en los siguientes puntos:

- Diseño de la arquitectura de la red de control.
- Diseño del algoritmo de control.
- Diseño del funcionamiento de los variadores de frecuencia.
- Diseño de funciones del panel HMI.
- Diseño de funciones del sistema SCADA.

3.2.1 DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE LA RED DE CONTROL

Para realizar la arquitectura de la red, se establece las direcciones IP:

- ✓ Clase de la red : C
- ✓ Subred utilizada : 1
- ✓ Rango de direcciones de control : 10 – 20
- ✓ Rango de direcciones de Accionamientos : 21 – 29
- ✓ Rango de direcciones de Balanzas : 30 – 40

Por lo que se tendrán las direcciones IP asignadas según la tabla 3.2:

EQUIPO	DIRECCION IP	FABRICANTE	MODELO
SCADA	192.168.1.10	Siemens	WinCC Advanced
HMI	192.168.1.11	Siemens	KTP 1000 PN
PLC	192.168.1.12	Siemens	S7-1200
Medidor de Energia	192.168.1.14	Siemens	PAC 4200
VARIADOR 1	192.168.1.21	Siemens	Sinamics G120
VARIADOR 2	192.168.1.22	Siemens	Sinamics G120
CONTROLADOR BAL. 1	192.168.1.31	Bilanciai	DD1050
CONTROLADOR BAL. 2	192.168.1.30	Bilanciai	DD1050

TABLA 3.2: Asignación de direcciones IP

FUENTE: Elaboración Propia

La arquitectura de la red comprenderá las topologías, medios físicos y protocolos utilizados para la comunicación entre el PLC y los instrumentos de campo.

Elección de interfaces de los dispositivos

De acuerdo a la descripción de equipos utilizados anteriormente se resaltan las opciones de comunicación de acuerdo a los medios físicos de las interfaces de los dispositivos de la red, de acuerdo a la tabla 3.3, con el fin de elegir la mejor alternativa para la comunicación con los mismos.

Equipo Medio F.	PLC S7-1200	Variadores SINAMICS G120	Balanzas	Medidor PAC4200	HMI KTP1000 PN	SCADA	Instrumentos
Entrada Analógica 4-20mA	x	x	-	-	-	-	-
Salida Analógica 4-20mA	x	x	x	-	-	-	x
PROFINET IO	x	x	-	-	-	-	-
MODBUS TCP	x	-	-	x	x	x	-
Ethernet TCP	x	-	x	-	-	-	-
S7	x	-	-	-	x	x	-

TABLA 3.3: Elección de interfaces de dispositivos

FUENTE: Elaboración Propia

Elección de Estándares lógicos utilizados

Para la elección de los estándares de comunicación debe tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Escalabilidad del sistema.
- Flexibilidad de comunicación.
- Interoperabilidad entre dispositivos.
- Facilidad de diagnóstico.

- Distancia entre instrumentos.
- Velocidad de transmisión de datos.

Realizando el estudio de las características antes mencionadas a los equipos e instrumentos utilizados en el proyecto, se muestran las interfaces seleccionadas en la tabla 3.4.

EQUIPOS INTERFAZ	PLC Variadores	PLC Balanzas	PLC Medidor PAC4200	PLC HMI	PLC SCADA	PLC Instrumentos
Estandar Fisico	Industrial Ethernet	Industrial Ethernet	Industrial Ethernet	Industrial Ethernet	Industrial Ethernet	Lazo 4-20mA
Protocolo	PROFINET IO	Ethernet TCP	MODBUS TCP	S7	S7	-

TABLA 3.4: Asignación de protocolos de dispositivos

FUENTE: Elaboración Propia

Elección de las Topologías utilizadas

Comúnmente en las redes Ethernet, la topología usada es la “Estrella”, a través de Switch’s que interconectan los diversos dispositivos de la red.

Sin embargo, como se menciona en la descripción de equipos, hay dispositivos con doble puerto Ethernet (Con switch interno) que debido a la cercanía de los mismos, facilitara la conexión física y ahorrara el cableado.

Se utilizaran para el diseño las siguientes topologías:

- ✓ Estrella, para la comunicación a través de los Switch industriales
- ✓ Bus, entre los Variadores de frecuencia (Debido a la cercanía entre los 2 equipos)

Para el lazo de control 4 – 20 mA, se utilizara cable apantallado para contrarrestar el ruido eléctrico.

Para las redes de control se utiliza Industrial Ethernet, cable categoría 6, conectores metálicos IP20.

La ventaja de la arquitectura de red propuesta, es que es escalable, lo que permite poder adaptar cualquier ampliación de la planta a través de nuevos dispositivos conectados a la red.

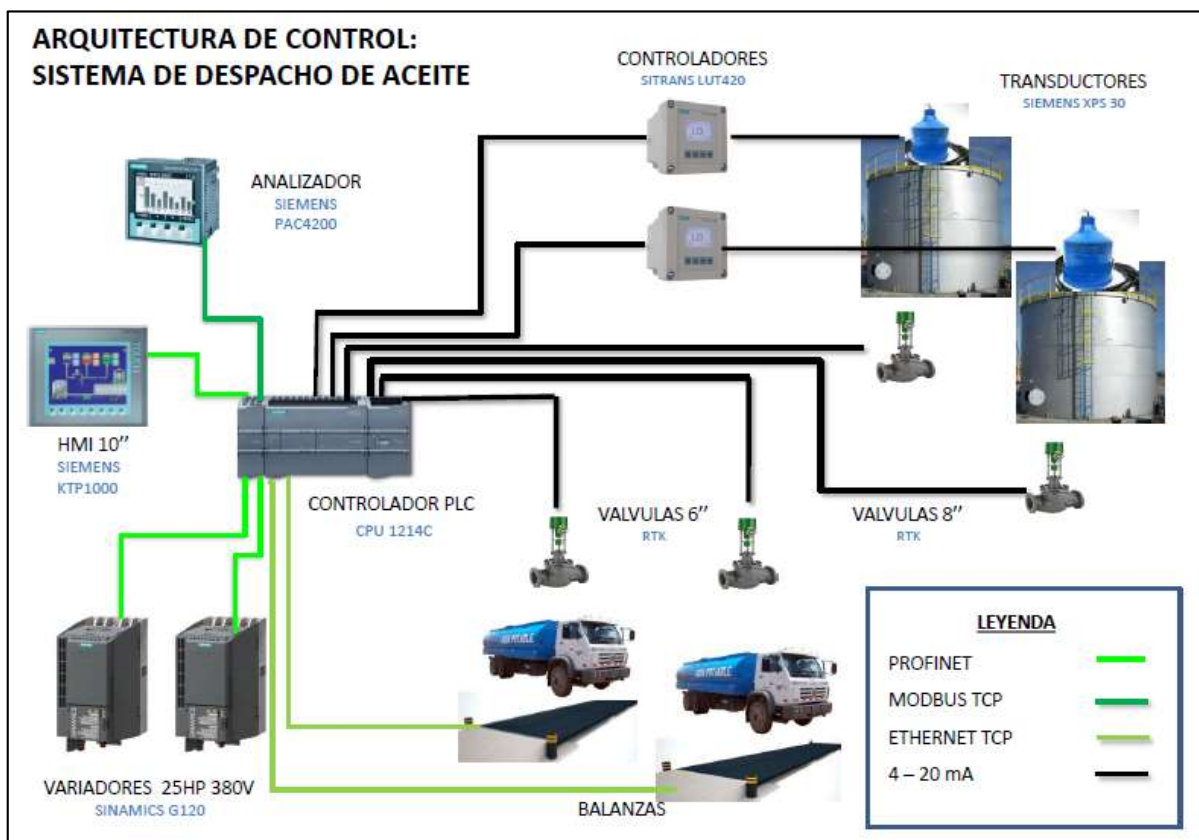


FIGURA 3.13: Arquitectura de red Propuesta

FUENTE: Elaboración Propia

Con la arquitectura propuesta definida, mostrada en la figura 3.13 se procede a realizar el diagrama correspondiente a la ingeniería de detalle implementada, que se muestra en la figura 3.14.

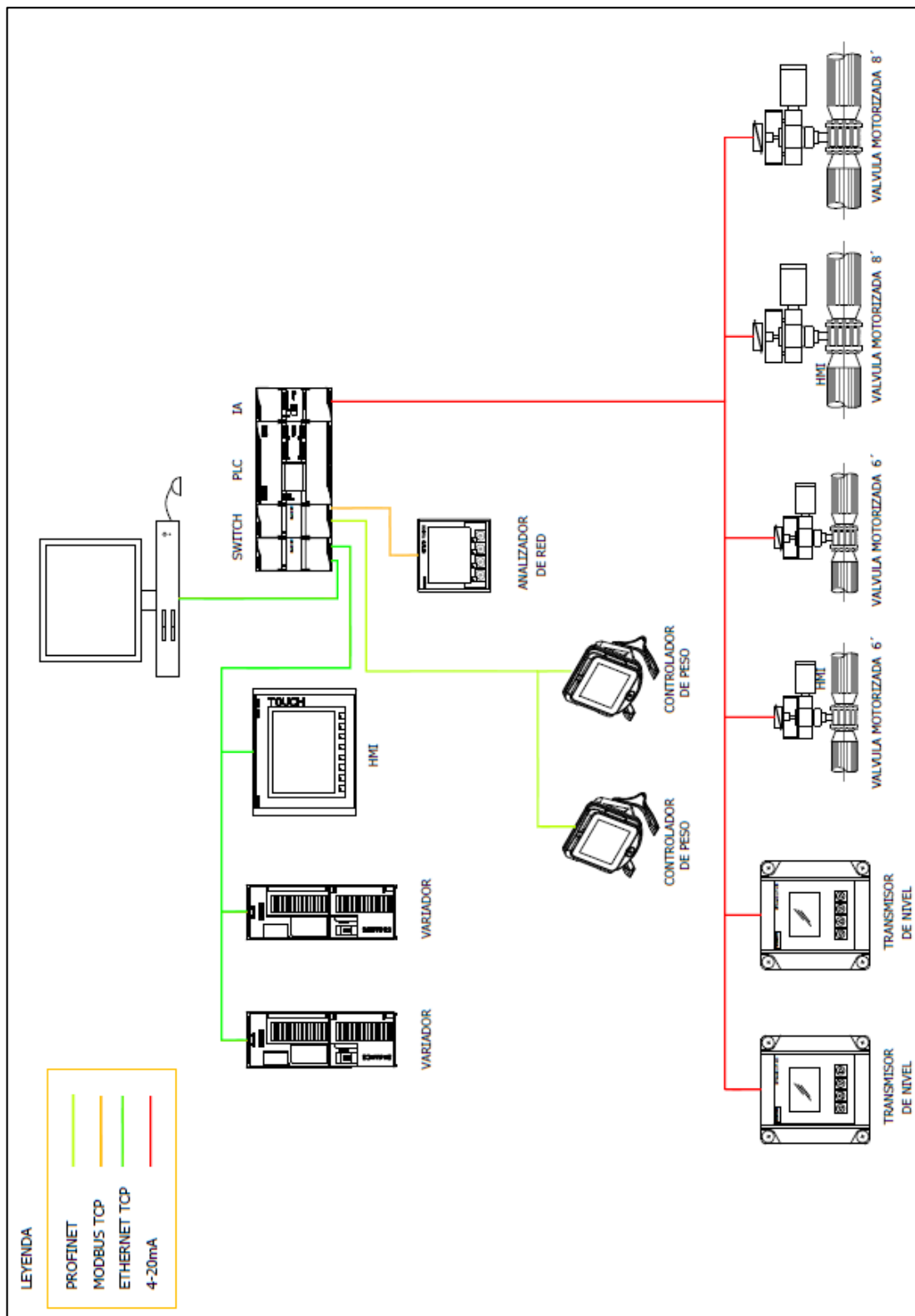


FIGURA 3.14: Diagrama de Arquitectura de Red de Control

FUENTE: Elaboración Propia

Para la topología propuesta (Figura 3.15) se tuvo en consideración lo siguiente:

- Se utilizan dos Switch de red Ethernet industrial (CSM1277) de cuatro puertos cada uno.
- Se aprovecha que en algunos dispositivos de la red, se dispone de puertos doble RJ45 (Switch interno), para evitar tener que adquirir más conmutadores y conectarlos en topología Bus.

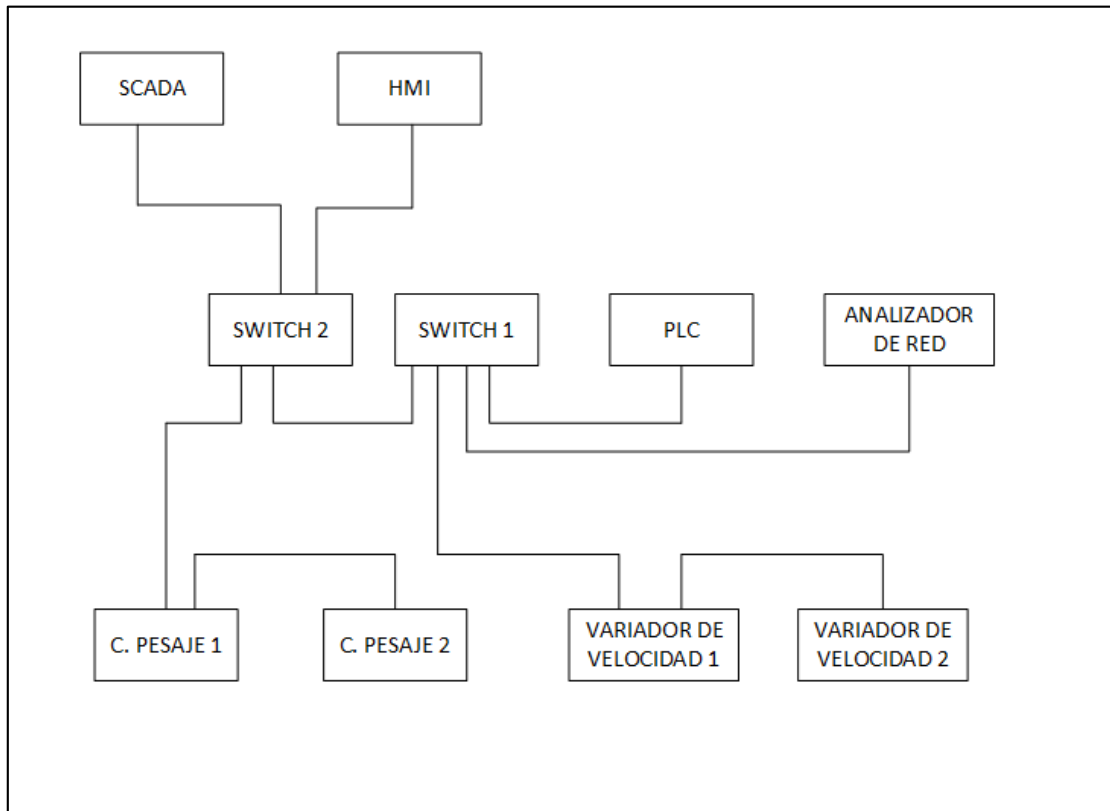


FIGURA 3.15: Topología de red propuesta

FUENTE: Elaboración Propia

3.2.2 DISEÑO DEL ALGORITMO DE CONTROL

De acuerdo con los requerimientos del proyecto detallados anteriormente, se detallan los algoritmos formulados para los diversos instrumentos del proceso mediante ecuaciones y diagramas de flujo:

Algoritmo del objeto “VALVULA BALANZA”

Para el diseño del algoritmo se tendrá en cuenta lo siguiente:

- En modo manual, las válvulas se abrirán completamente (100%) o se cerrarán (0%), desde los botones del panel HMI, debiendo haber sido previamente seleccionado el modo “Manual”, para el actuador.
- En modo automático, las válvulas se abrirán completamente (100%) cuando se ejecute la orden de despacho a los camiones cisternas, luego se cerrará proporcionalmente al peso a medida que llegue al Set Point (Peso de despacho), luego del cual se cerrará completamente. El sistema contará con un botón de parada de emergencia para cerrar la válvula en cualquier momento mientras se efectúa el despacho.
- Función de cierre proporcional (para evitar el golpe de ariete).

El cierre proporcional dependerá de las siguientes variables:

Peso actual medido por la balanza, que representa el peso actual en el rango de 0 a 80000 Kg.

Peso Set Point, que representa la cantidad que se desea despachar (en Kg)

Peso de Inicio de Cierre de Válvula, que representa el porcentaje respecto al Peso Set Point a partir del cual la válvula comenzará a cerrarse, se configura este valor a 80% del Set Point de peso.

Apertura de la Válvula, que representa la apertura en porcentaje (%) actual desde que se abre hasta que se cierra completamente la válvula.

Con los parámetros mencionados se construye el gráfico de la figura 3.16:

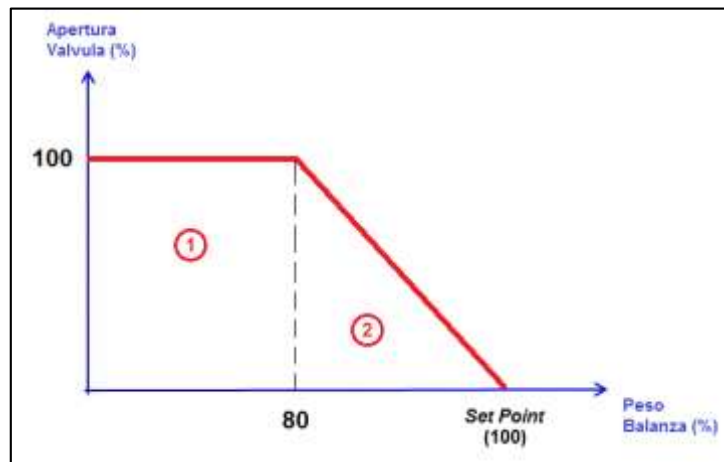


FIGURA 3.16: Grafica inicial de cierre Válvula-Balanza

FUENTE: Elaboración Propia

Las regiones 1 y 2 describen el proceso de apertura/cierre de la válvula:

Región 1: La válvula se apertura al 100% para que todo el flujo de aceite, impulsado por la bomba respectiva descargue al camión de despacho.

Región 2: La válvula comienza a cerrarse proporcionalmente al peso medido cuando éste alcance el 80% del peso Set Point, de esta manera controlar el despacho y evitar el golpe de ariete.

Sin embargo realizada la puesta en marcha, alrededor del punto de cierre de la válvula surgen dos problemas con el diseño anterior:

Al ser tener la velocidad de la bomba un valor bajo, disminuye el flujo por lo que el tiempo de despacho tiende a disminuir.

Al estar la válvula abierta solo un pequeño porcentaje, disminuye la presión, por tanto el flujo, haciendo que el tiempo de despacho disminuya aún más.

Además el 80% del peso de Set Point no responde de manera óptima al tiempo de despacho requerido, por lo cual deberá ser un parámetro para la curva de cierre proporcional.

Con estas observaciones se realiza un ajuste de la recta de cierre, que se muestra en la figura 3.17:

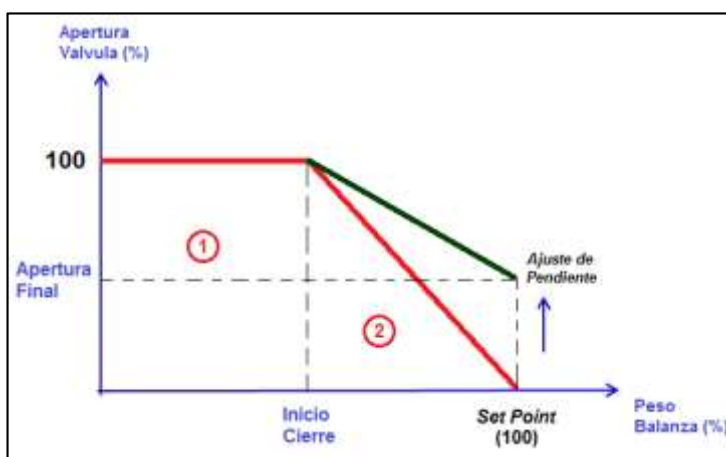


FIGURA 3.17: Ajuste de gráfica de cierre Válvula-Balanza

FUENTE: Elaboración Propia

El valor de *Apertura Final*, asegurará que haya un flujo considerable para despachar en el menor tiempo posible al camión cisterna.

La grafica final es la que se muestra en la figura 3.18.

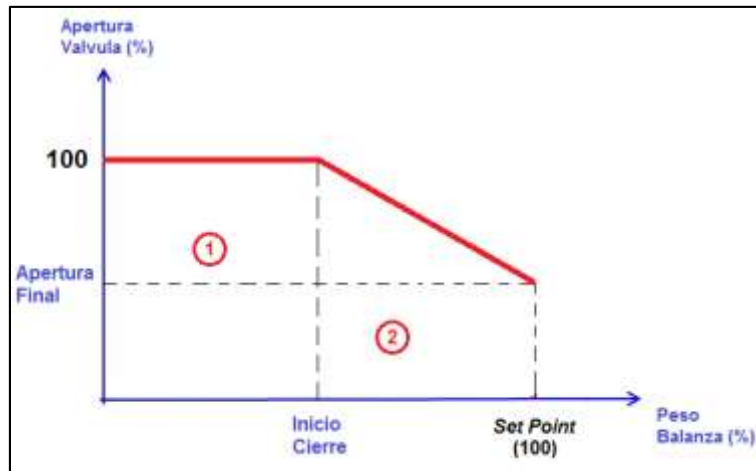


FIGURA 3.18: Grafica final de cierre Válvula-Balanza

FUENTE: Elaboración Propia

Definida la gráfica, se procede a determinar la ecuación de la recta de cierre:

Se procede a calcular la pendiente de la recta

Considerando “m” la pendiente, se calcula como muestra la figura 3.19:

$$m = -(100.0 - \text{Apertura Final Valvula}) / (\text{Set Point Peso} - \text{Peso Inicio Cierre})$$

FIGURA 3.19: Ecuación de pendiente Válvula-Balanza

FUENTE: Elaboración Propia

Por lo tanto, el porcentaje de salida de apertura de la Válvula se determina según la ecuación de la figura 3.20:

$$\text{Apertura de Valvula} = m * (\text{Peso Actual} - \text{Peso Inicio Cierre}) + 100.0$$

FIGURA 3.20: Ecuación de apertura Válvula-Balanza

FUENTE: Elaboración Propia

De acuerdo a las condiciones de apertura en modo automático, se generaliza la ecuación de apertura en porcentaje de las Válvulas, según la figura 3.21:

$$\begin{array}{l}
 \textit{Apertura de Valvula} \\
 = \begin{cases} 100,0 & ; \textit{Peso Balanza} < \textit{Peso Inicio Cierre} \\ m * (\textit{Peso Actual} - \textit{Peso Inicio Cierre}) + 100,0 & ; \textit{Peso Inicio Cierre} \leq \textit{Peso Balanza} \leq \textit{Peso Set Point} \\ 0 & ; \textit{Peso Balanza} > \textit{Peso Set Point} \end{cases}
 \end{array}$$

FIGURA 3.21: Ecuación final Válvula-Balanza

FUENTE: Elaboración Propia

Los parámetros de cierre ayudaran a controlar el tramo final de cierre, considerando que la presión del buque alimentador sea variable.

Definida la ecuación de cierre proporcional, se procede a diseñar el algoritmo de funcionamiento de la válvula, que de acuerdo a las consideraciones de funcionamiento, corresponde con el diagrama de flujo mostrado en la figura 3.22:

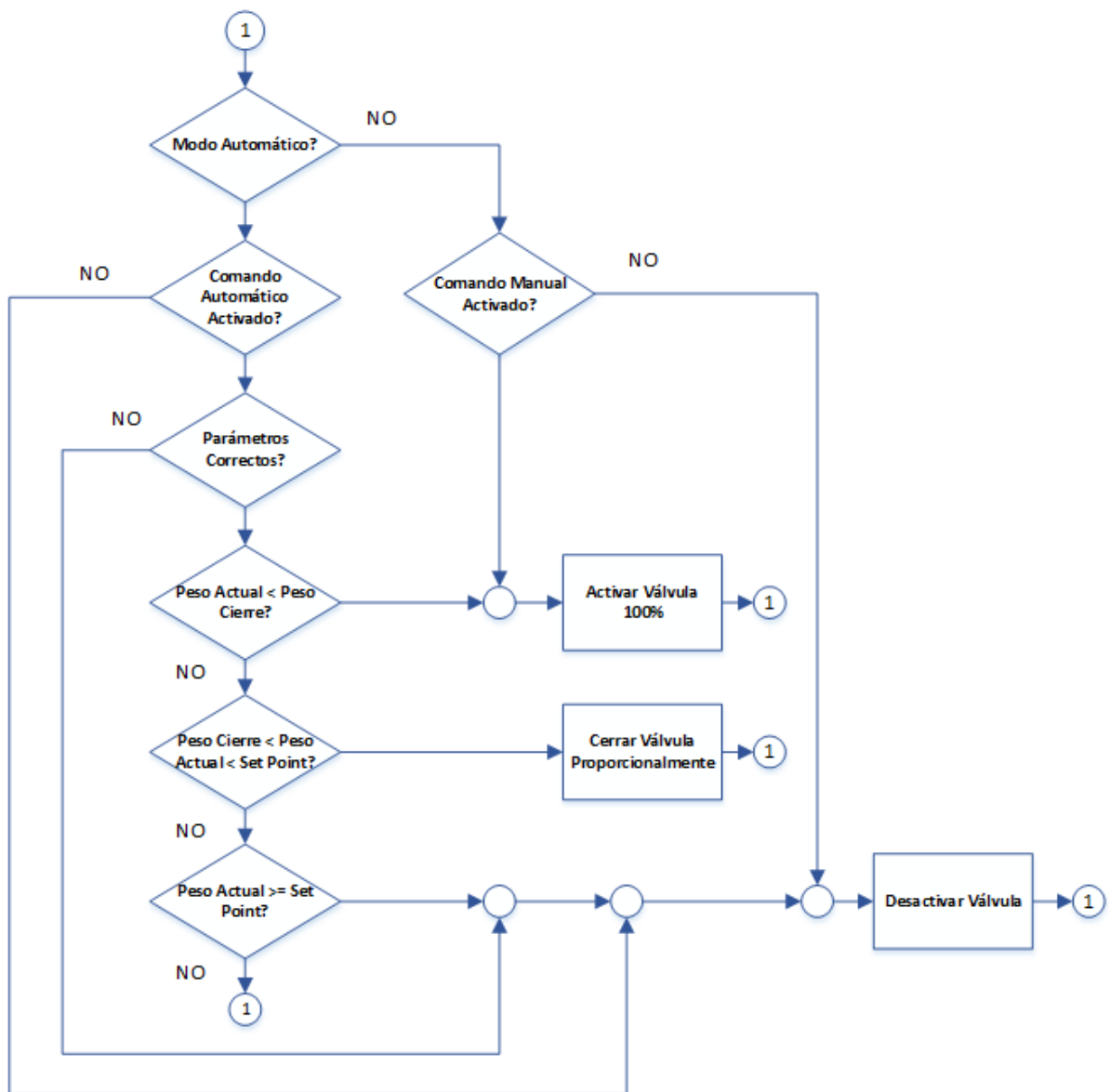


FIGURA 3.22: Diagrama de flujo del Algoritmo Válvula-Balanza

FUENTE: Elaboración Propia

Algoritmo del objeto “VALVULA TANQUE”

Para el diseño del algoritmo se tendrá en cuenta lo siguiente:

- En modo manual, las válvulas se abrirán completamente (100%) o se cerrarán (0%), desde los botones del panel HMI, debiendo haber sido previamente seleccionado el modo “Manual”, para el actuador.
- En modo automático, la válvula se abrirá completamente (100%) cuando se ejecute la orden de llenado de tanques y cuando el nivel se encuentre por debajo del mínimo permitido, luego cuando el nivel alcance un valor seteado desde el panel HMI (Que será un porcentaje del nivel máximo permitido) empezara a cerrarse proporcionalmente al nivel para evitar el golpe de ariete, finalmente se cerrará cuando el nivel supere el máximo permitido. El sistema contará con un botón de parada de emergencia para cerrar la válvula en cualquier momento mientras se efectúa el despacho.
- Función de cierre proporcional (para evitar el golpe de ariete).

El cierre proporcional dependerá de las siguientes variables:

Nivel actual, medido por el sensor de nivel, que representa el nivel actual del tanque en el rango de 0 a 14 metros.

Nivel Máximo, que representa el nivel máximo al cual el tanque debe ser llenado (en metros).

Nivel de Inicio de Cierre de Válvula, que representa el porcentaje respecto al nivel máximo a partir del cual la válvula comenzará a cerrarse, se configura este valor a 80% del nivel máximo.

Apertura de la Válvula, que representa la apertura en porcentaje (%) actual desde que se abre hasta que se cierra completamente la válvula.

Con los parámetros mencionados se construye el gráfico de la figura 2.23:

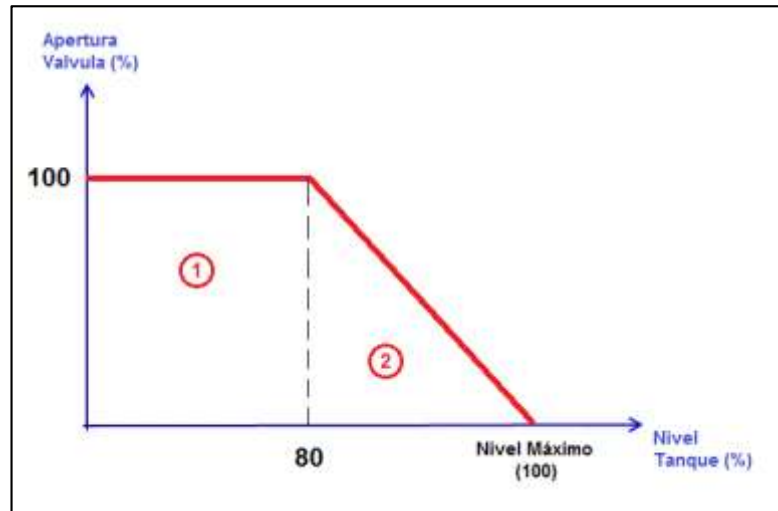


FIGURA 3.23: Grafica inicial de cierre Válvula-Tanque

FUENTE: Elaboración Propia

Las regiones 1 y 2 describen el proceso de apertura/cierre de la válvula:

Región 1: La válvula se apertura al 100% para que todo el flujo de aceite, impulsado por la bomba respectiva llene el tanque respectivo.

Región 2: La válvula comienza a cerrarse proporcionalmente al Nivel Actual medido, cuando éste alcance el 80% del Nivel máximo de llenado, de esta manera controlar el desbordamiento de aceite en el tanque y evitar el golpe de ariete.

Sin embargo realizada la puesta en marcha, alrededor del punto de cierre de la válvula surge un problema con el diseño anterior:

Al estar la válvula abierta solo un pequeño porcentaje, disminuye la presión, por tanto el flujo, haciendo que el tiempo de llenado del tanque aumente.

Además el 80% del peso del nivel máximo del tanque no responde de manera óptima al tiempo de llenado requerido, por lo cual deberá ser un parámetro para la curva de cierre proporcional.

Con estas observaciones se realiza un ajuste de la recta de cierre, según la figura 3.24.

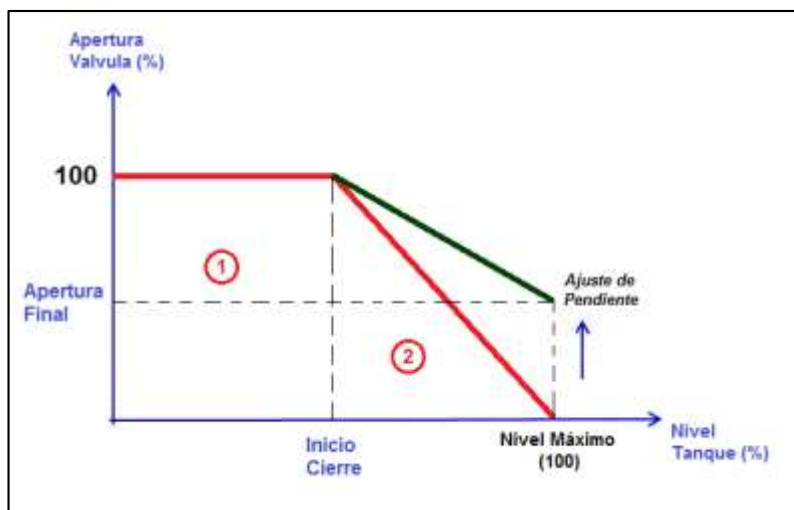


FIGURA 3.24: Ajuste de gráfica de cierre Válvula-Tanque

FUENTE: Elaboración Propia

El valor de *Apertura Final*, asegurará que haya un flujo considerable para despachar en el menor tiempo posible al camión cisterna.

Por lo que la grafica final es la que se muestra en la figura 3.25.

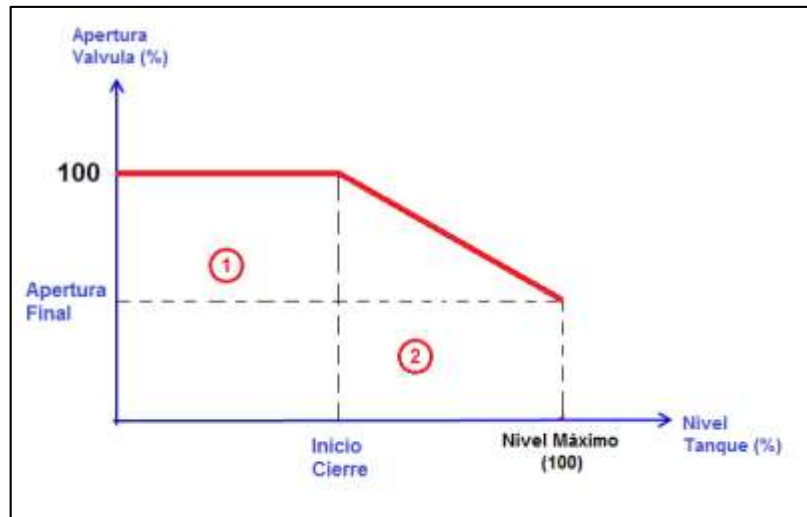


FIGURA 3.25: Gráfica final de cierre Válvula-Tanque

FUENTE: Elaboración Propia

Definida la gráfica, se procede a determinar la ecuación de la recta de cierre:

Se procede a calcular la pendiente de la recta

Considerando “m” la pendiente, se calcula como muestra la figura 3.26:

$$m = -(100.0 - \text{Apertura Final Valvula}) / (\text{Nivel Maximo} - \text{Nivel Inicio Cierre})$$

FIGURA 3.26: Ecuación de pendiente Válvula-Tanque

FUENTE: Elaboración Propia

Por lo tanto, el porcentaje de salida de apertura de la Válvula según la ecuación de la figura 3.27:

$$\text{Apertura de Valvula} = m * (\text{Nivel Actual} - \text{Nivel Inicio Cierre}) + 100.0$$

FIGURA 3.27: Ecuación de apertura Válvula-Tanque

FUENTE: Elaboración Propia

De acuerdo a las condiciones de apertura en modo automático, se generaliza la ecuación de apertura en porcentaje de las Válvulas, como muestra la figura 3.28:

$$\begin{array}{l}
 \text{Apertura de Valvula} \\
 = \left\{ \begin{array}{ll}
 \frac{100.0}{0} & ; \text{Nivel Actual} < \text{Nivel Inicio Cierre} \\
 m + (\text{Nivel Actual} - \text{Nivel Inicio Cierre}) + 100.0 & ; \text{Nivel Inicio Cierre} \leq \text{Nivel Actual} \leq \text{Nivel Maximo} \\
 0 & ; \text{Nivel Actual} > \text{Nivel Maximo}
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

FIGURA 3.28: Ecuación final Válvula-Tanque

FUENTE: Elaboración Propia

Los parámetros de cierre ayudaran a controlar el tramo final de cierre, considerando que la presión del buque alimentador sea variable.

Definida la ecuación de cierre proporcional, se procede a diseñar el algoritmo de funcionamiento de la válvula, que de acuerdo a las consideraciones de funcionamiento, corresponde con el diagrama de flujo mostrado en la figura 3.29.

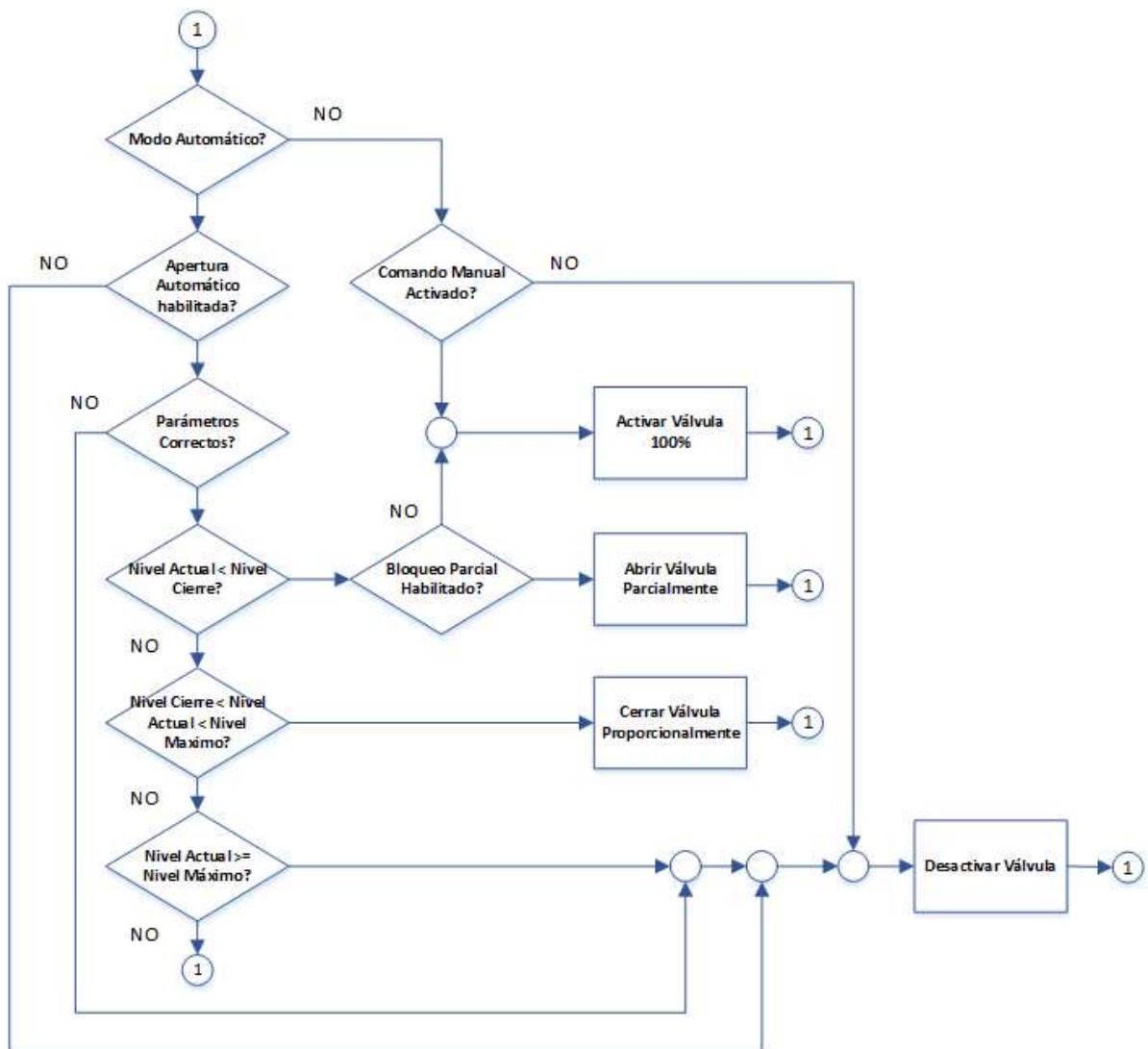


FIGURA 3.29: Diagrama de flujo del Algoritmo Válvula-Tanque

FUENTE: Elaboración Propia

3.2.3 DISEÑO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA

Algoritmo del objeto “VARIADOR”

Para el diseño del algoritmo se tendrá en cuenta que la fuente de mando de los Variadores, dependerá del selector de 3 posiciones (M-0-A) localizado en la parte frontal del tablero de bombas, definiendo los siguientes modos:

- Manual local (M), donde los variadores arrancaran o detendrán las electrobombas a través de los pulsadores *Start / Stop* localizados en la parte frontal del tablero de bombas, a una consigna de velocidad que dependerá de la posición del potenciómetro localizado también en la parte frontal del tablero.
- Manual Remoto (A), donde los variadores arrancaran o detendrán las electrobombas a través de los botones *Start / Stop* accesibles gráficamente desde el panel HMI de la sala de control, a una consigna de velocidad que dependerá del valor ingresado numéricamente también desde el panel HMI.
- Automático (A), donde los variadores arrancarán o detendrán las electrobombas, dependiendo de la lógica programada en el PLC, que sincronizara el arranque/parada y consigna de velocidad, con el despacho de aceite a través de las electroválvulas.

Además de los puntos anteriores, el sistema debe ser capaz de resetar una falla en los variadores, siendo los posibles casos del mismo:

- ✓ Pérdida de comunicación con el sistema maestro de la red (PLC).
- ✓ Sobrecarga en corriente del motor.
- ✓ Exceso de temperatura en la resistencia de freno, etc.

Para resetear la falla se contará con lo siguiente:

- Pulsador *Reset* ubicado en la parte frontal del tablero de bombas.
- Pulsador *Reset* accesible desde el panel HMI en la sala de control.

De acuerdo a los puntos anteriores, se procede a realizar el diseño del algoritmo de funcionamiento mediante el diagrama de flujo de la figura 3.30.

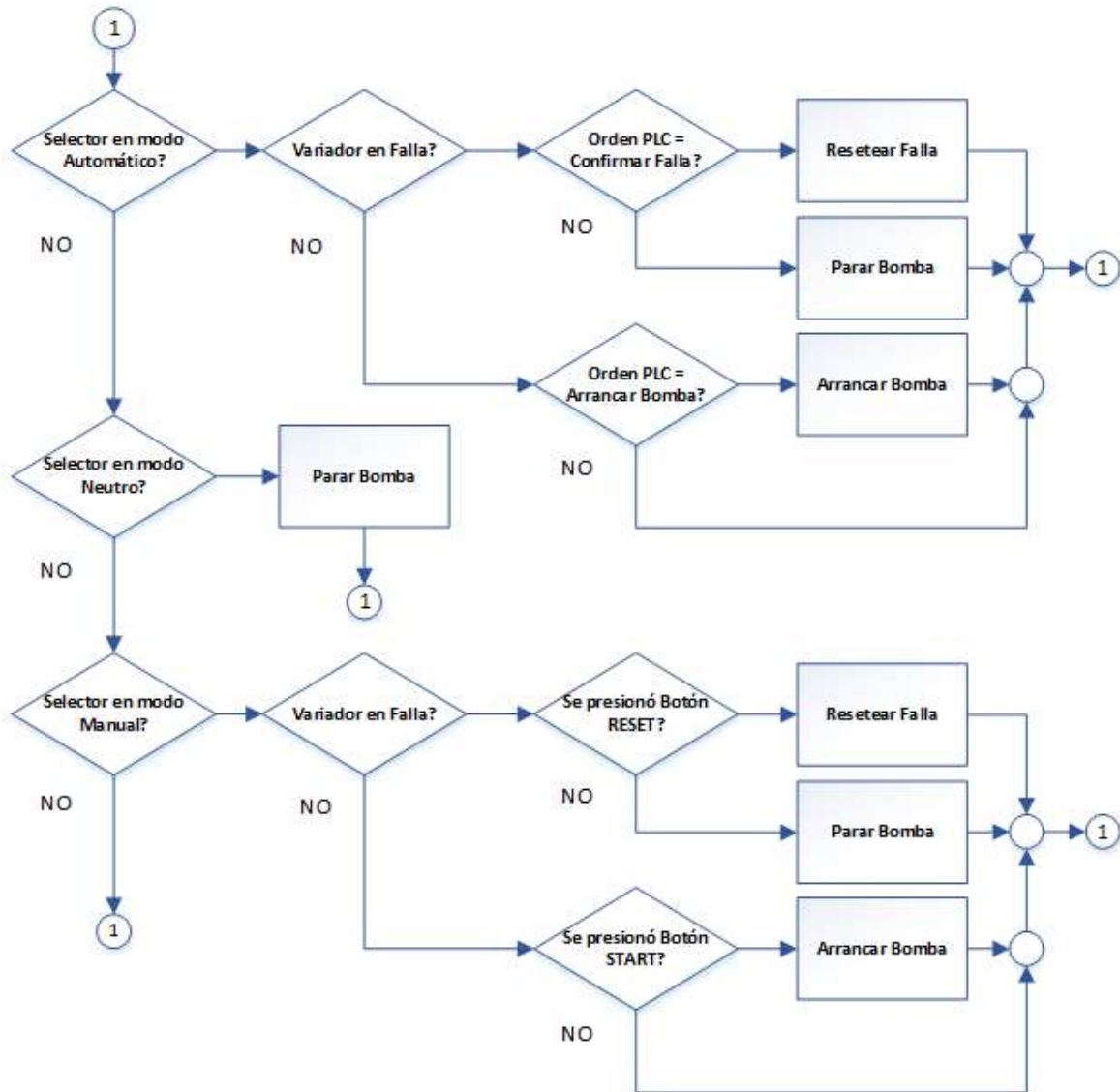


FIGURA 3.30: Algoritmo de funcionamiento del variador de frecuencia

FUENTE: Elaboración Propia

En modo automático, el diseño del algoritmo de control, solo dependerá del modo en que se encuentren en funcionamiento las electroválvulas, según se indica en la figura 3.31:

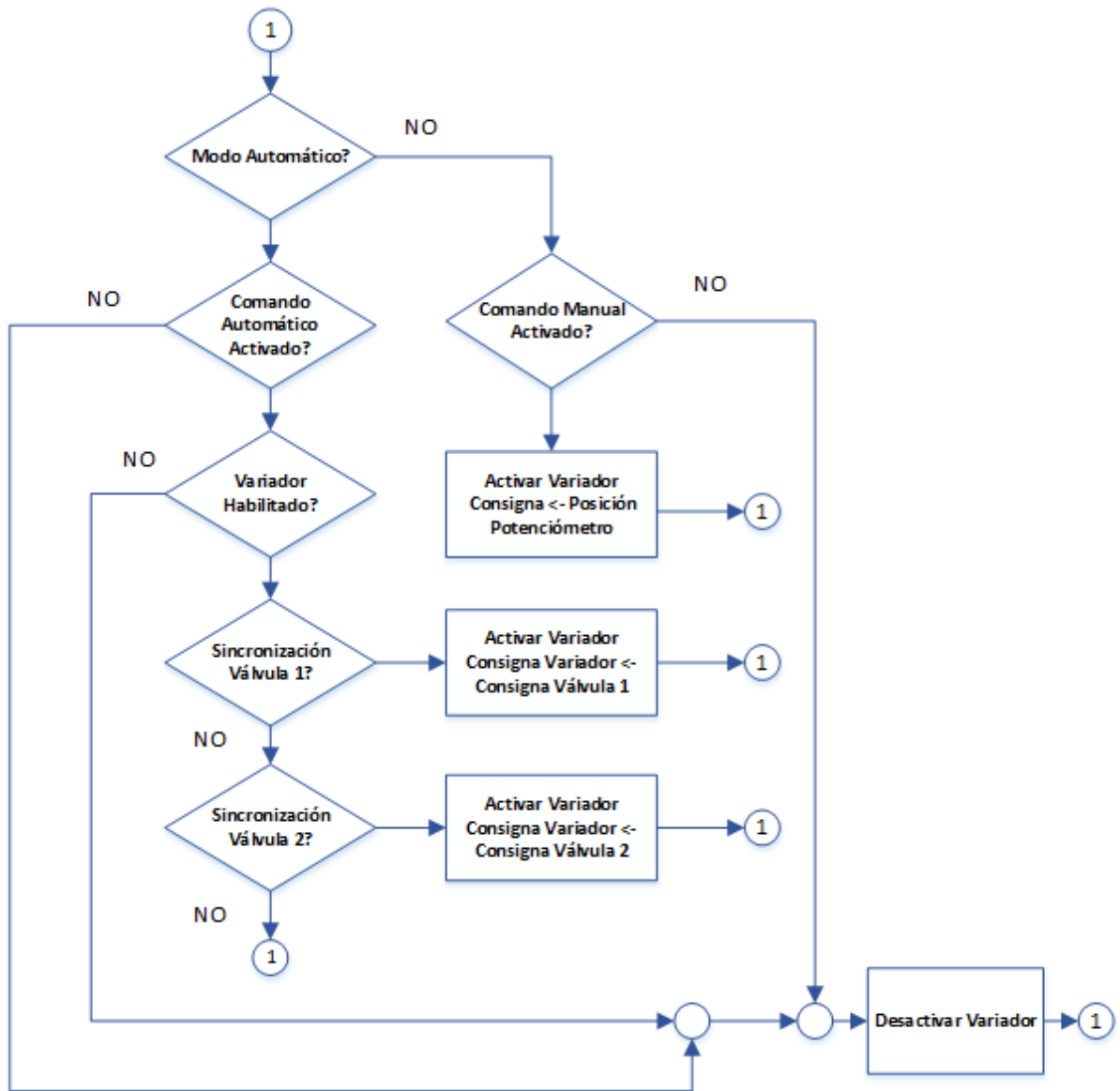


FIGURA 3.31: Algoritmo de funcionamiento automático del variador

FUENTE: Elaboración Propia

3.2.4 DISEÑO DE FUNCIONES DEL PANEL HMI

De acuerdo a los requerimientos del sistema, y teniendo en cuenta que el panel HMI tendrá el control del 90% del proceso, se propone implantar las siguientes funciones:

- a. Conexión a través de Ethernet con el PLC a través del protocolo S7 para adquirir y controlar las variables de proceso.
- b. Pantalla PRINCIPAL, que graficará todo el proceso con animaciones y botones de navegación.
- c. Pantalla TANQUES, que mostrará detalladamente los valores de los niveles actuales, y permitirá mediante botones la apertura automática de las válvulas, y cierre de emergencia; así como también podrá configurar los valores mínimos y máximos para el llenado de aceite.
- d. Pantalla DESPACHO, que mostrara gráficamente el despacho de aceite hacia los camiones cisternas, así como botones para iniciar el despacho y parar ante emergencia.
- e. Pantalla BOMBAS, que mostrará el estado de los variadores, además permitirá habilitar las bombas en modo automático y elegir con cuál de las válvulas se sincronizara para el despacho de aceite hacia los camiones cisternas.
- f. Pantalla EQUIPOS, que mostrara gráficamente el estado de los actuadores, válvulas y bombas, así como botones para el funcionamiento únicamente en modo Manual.
- g. Pantalla CONFIGURACION, que permitirá definir el modo de trabajo de cada instrumento (manual/automático), también podrá configurar los parámetros para el cierre de las válvulas según el diseño realizado.

3.2.5 DISEÑO DE FUNCIONES DEL SISTEMA SCADA

De acuerdo a los requerimientos del sistema, y teniendo en cuenta que el sistema SCADA solo monitoreara las variables de proceso, se propone implantar las siguientes funciones:

- a. Conexión a través de Ethernet con el PLC a través del protocolo S7 para adquirir las variables de proceso.
- b. Pantalla de vista general, que será una réplica del panel HMI, mostrando además la arquitectura de la red de control.
- c. Adquirir y mostrar las siguientes variables tomadas del analizador de red:
 - Corrientes de línea
 - Tensión entre líneas
 - Tensión entre líneas y neutro
 - Potencia activa de líneas
 - Potencia reactiva de líneas
 - Potencia aparente de líneas
 - Factor de potencia de líneas y total
 - Distorsión armónica total THD en tensión
- d. Función de exportar las variables anteriores en tablas Excel, formato *.csv mostrando valores tomados, y fecha/hora de muestra
- e. Pantalla para mostrar las horas de funcionamiento acumuladas de las bombas con posibilidad de reseteo.
- f. Pantalla para mostrar las alarmas del proceso, como alcance de nivel máximo de tanque, etc.
- g. Pantalla para mostrar las gráficas en el tiempo (Tendencias), del funcionamiento de los variadores.

3.3 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

De acuerdo con los requerimientos del proyecto y el diseño realizado anteriormente, se dividirá la implementación en los siguientes puntos:

- Implementación de la arquitectura de la red.
- Implementación del algoritmo de control.
- Configuración de los variadores de frecuencia.
- Implementación de las funciones del panel HMI
- Implementación de las funciones del sistema SCADA

Además de estos puntos concernientes al diseño, se realizará la implementación de los siguientes sistemas:

- Integración del analizador de red hacia el PLC
- Integración de los controladores de pesaje en la red del PLC.
- Integración de los instrumentos de campo en lazo 4-20 mA hacia el PLC.

3.3.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE LA RED

Red PROFINET IO

Esta red corresponde a la comunicación que se establecerá entre el sistema de control (PLC S7-1200) y los variadores de frecuencia (Sinamics G120).

En la arquitectura PROFINET IO, se establece lo siguiente:

IO Controller, en este caso es el PLC S7-1200, que iniciará y solicitará información del dispositivo esclavo.

IO Device, en este caso son las Control Unit correspondiente a los variadores de frecuencia Sinamics G120, que esperará las órdenes del dispositivo maestro.

Para agregar un dispositivo esclavo en Profinet, llamado *IO Device*, es necesario disponer de su archivo de descripción GSDML, la cual es proporcionada por el fabricante del equipo.

Para el caso de los variadores, debido a que son del mismo fabricante que el software de ingeniería, los archivos GSDML correspondientes, se encontrarán en el catálogo del hardware, como muestra la figura 3.32.

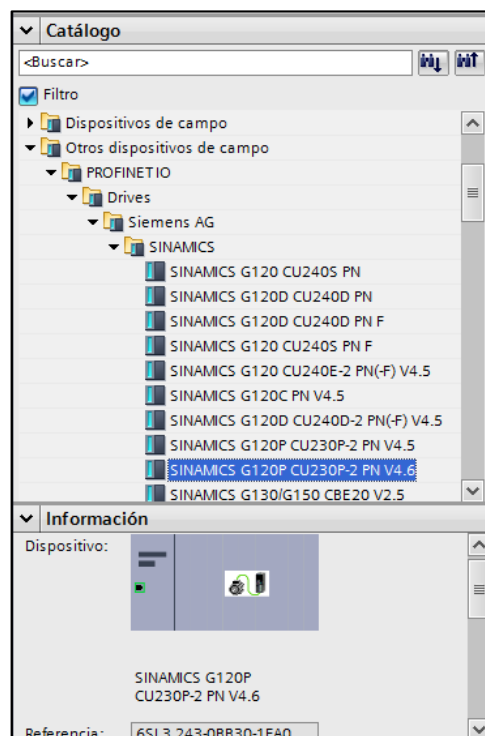


FIGURA 3.32: Selección de archivos GSDML

FUENTE: Elaboración Propia

Al arrastrar el dispositivo, se procede a configurar los siguientes parámetros para la red PROFINET:

Debido a que el procedimiento es igual para ambos variadores, solo se muestra el procedimiento para uno de ellos.

Dirección IP

La dirección IP se establecerá según el diseño planteado, como muestra la figura 3.33:

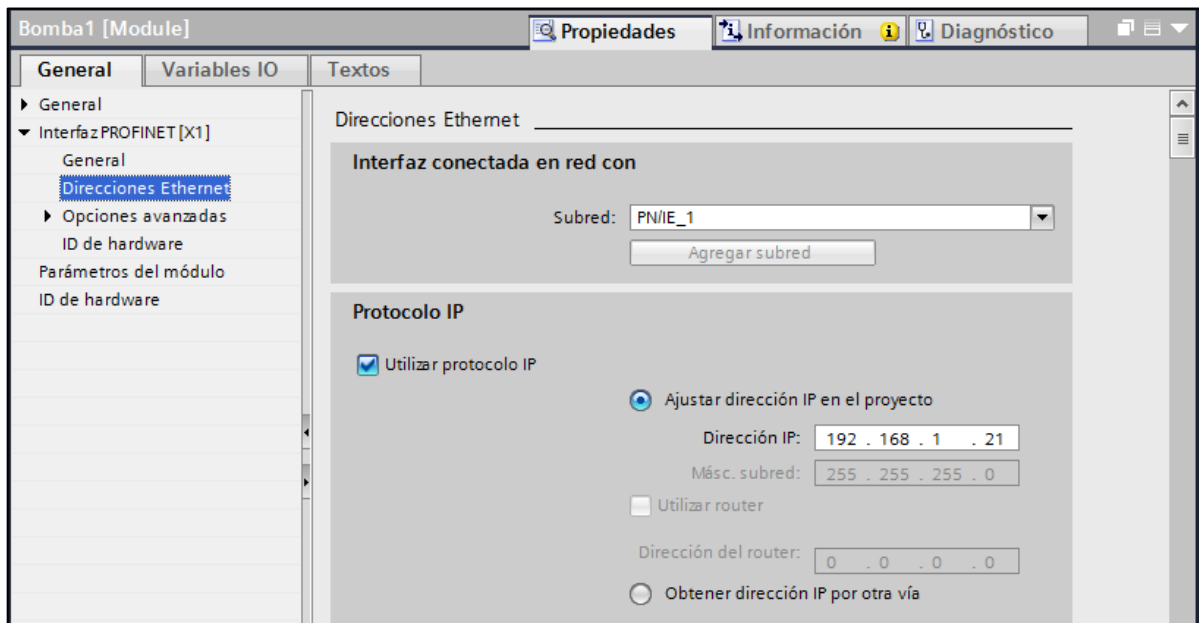


FIGURA 3.33: Asignación de dirección IP al variador de frecuencia

FUENTE: Elaboración Propia

Nombre de Dispositivo

Para que un dispositivo IO pueda ser direccionado por un controlador IO, es necesario que posea un nombre de dispositivo.

En estado de suministro, el dispositivo IO no posee ningún nombre. Solo después de asignarle un nombre de dispositivo con la programadora o el PC, el dispositivo IO podrá ser direccionado por el controlador IO.

En la vista de redes (figura 3.34) de la PC de ingeniería al dar click derecho en el dispositivo, y seleccionar la opción *“Asignar nombre de dispositivo”*.

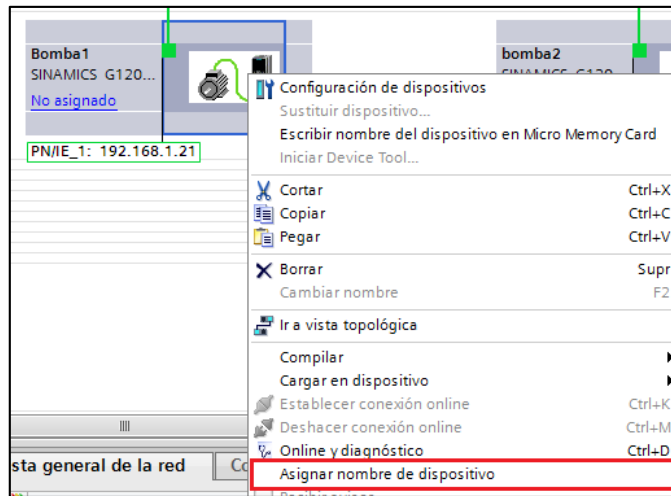


FIGURA 3.34: Opción de asignación de nombre de dispositivo

FUENTE: Elaboración Propia

Se escanea la red, como se muestra en la figura 3.35, y se presenta la lista de los dispositivos compatibles para asignarles un nombre de dispositivo.

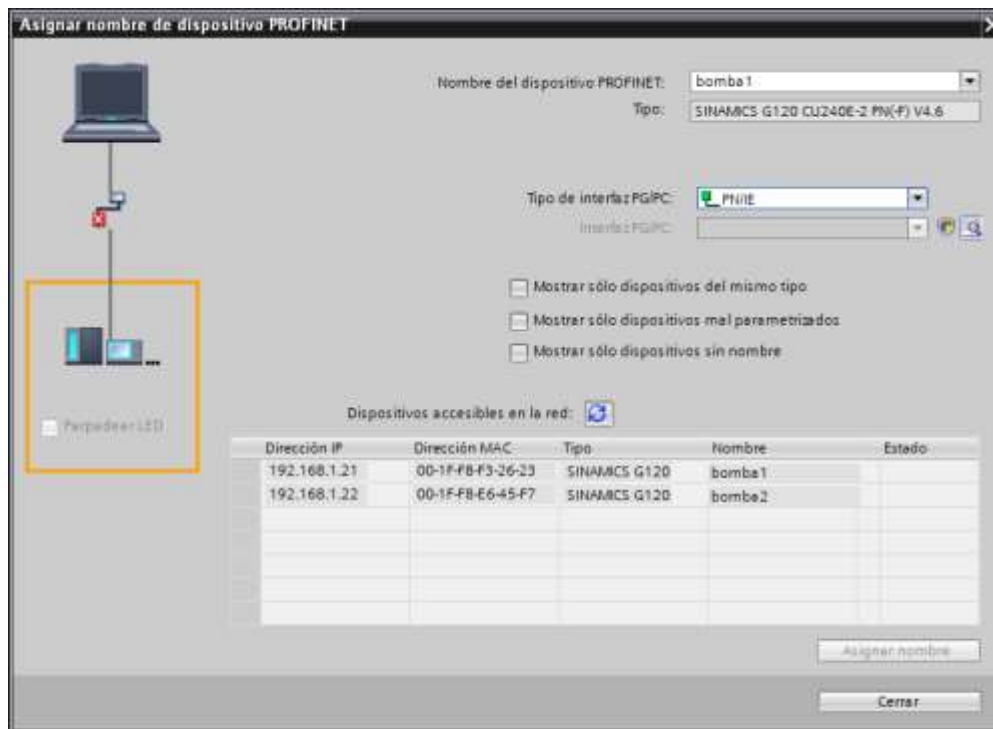


FIGURA 3.35: Asignación de nombres de dispositivo

FUENTE: Elaboración Propia

Tiempo de actualización

Dentro de este intervalo de tiempo, el IO Controller/IO Device suministra datos nuevos a un IO Controller/IO Device en el sistema PROFINET IO. El tiempo de actualización se puede configurar por separado para cada dispositivo IO; dicho tiempo determina el intervalo con que se envían los datos del controlador IO al dispositivo IO (salidas), así como del dispositivo IO al controlador IO (entradas).

En el ajuste predeterminado, el software de programación calcula el tiempo de actualización automáticamente para cada dispositivo IO del sistema PROFINET IO, teniendo en cuenta el volumen de datos que deben intercambiarse y el tiempo de ciclo de emisión ajustado.

La figura 3.36 muestra la configuración del tiempo de actualización de los datos.

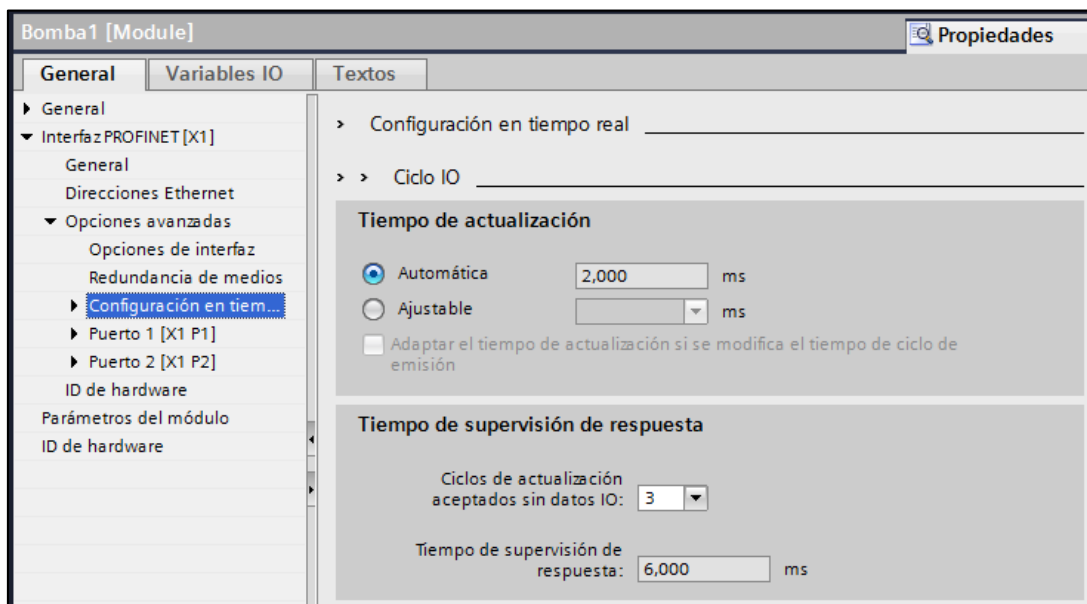


FIGURA 3.36: Configuración del tiempo de actualización PROFINET

FUENTE: Elaboración Propia

Cabe recordar que PROFINET IO, es un protocolo determinista, por lo cual este tiempo de actualización de datos es independiente de la congestión de la red Ethernet.

Definir el maestro IO Controller

Como las Control Unit correspondientes a los variadores, son IO Devices de la red, deben ser asociados a un maestro, es decir IO Controller.

Al agregar el dispositivo a la red por defecto, tiene la opción IO Controller “No asignado”, como se ve en la figura 3.37.

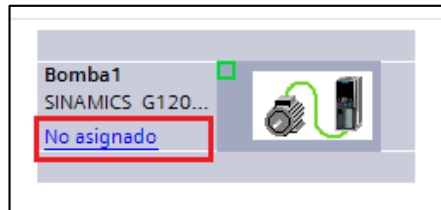


FIGURA 3.37: Dispositivo PROFINET sin maestro asignado

FUENTE: Elaboración Propia

Al dar click sobre la opción “No asignado” se seleccionará al IO Controller correspondiente, como muestra la figura 3.38.

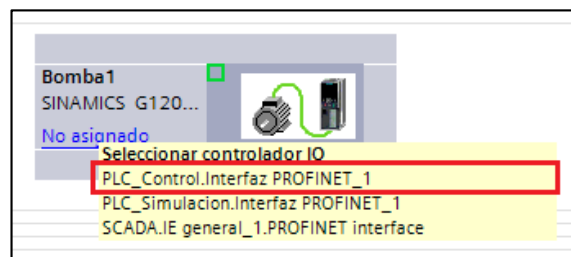


FIGURA 3.38: Asignación del maestro PROFINET

FUENTE: Elaboración Propia

Luego la red quedará como muestra la figura 3.39:

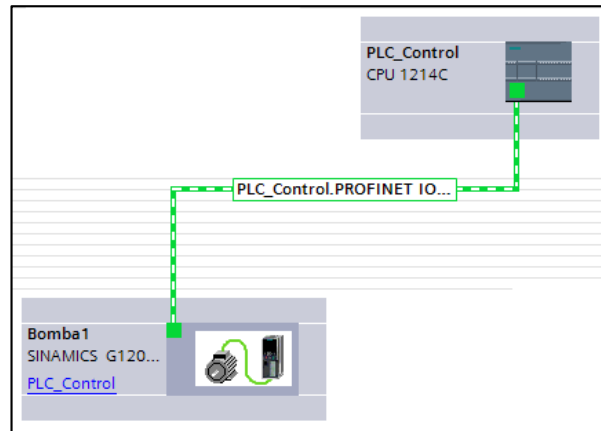


FIGURA 3.39: Establecimiento de la red con el PLC

FUENTE: Elaboración Propia

Telegrama de transferencia de datos

Los telegramas representan las áreas de memoria de los dispositivos que van a intercambiar información, por lo que debe establecer el rango de direcciones para la transferencia.

Se establecen las direcciones de entrada de datos según la tabla 3.5:

DISPOSITIVO	TIPO TELEGRAMA	DATO	DIRECCION	TAMAÑO DATO
Variador 1	Estandar PZD - 1	Palabra de Estado	IW256	2 Bytes
		Velocidad Actual	IW258	2 Bytes
Variador 2	Estandar PZD - 1	Palabra de Estado	IW260	2 Bytes
		Velocidad Actual	IW262	2 Bytes

TABLA 3.5: Telegrama de entrada de datos

FUENTE: Elaboración Propia

Similarmente a la configuración de entradas, se establecen las direcciones de salida de datos como muestra la tabla 3.6:

DISPOSITIVO	TIPO TELEGRAMA	DATO	DIRECCION	TAMAÑO DATO
Variador 1	Estandar PZD - 1	Palabra de Control	QW256	2 Bytes
		Consigna de Velocidad	QW258	2 Bytes
Variador 2	Estandar PZD - 1	Palabra de Control	QW260	2 Bytes
		Consigna de Velocidad	QW262	2 Bytes

TABLA 3.6: Telegrama de salida de datos

FUENTE: Elaboración Propia

La figura 3.40 muestra el Telegrama establecido para el Variador 1.

Vista general de dispositivos						
Módulo	Rack	Slot	Direcció..	Direcció..	Tipo	
▼ Bomba1	0	0			SINAMICS G120 CU...	
▶ PN-IO	0	0 X150			SINAMICS-G120-CU...	
▼ Accionamiento_1	0	1			Accionamiento	
Punto de acceso a módulo	0	11			Punto de acceso a ...	
		12				
Telegrama estándar 1, PZD-2/2	0	13	256...259	256...259	Telegrama estándar..	
		14				

FIGURA 3.40: Telegramas del variador 1

FUENTE: Elaboración Propia

La figura 3.41 muestra el Telegrama establecido para el Variador 2

Vista general de dispositivos						
Módulo	Rack	Slot	Direcció..	Direcció..	Tipo	
▼ bomba2	0	0			SINAMICS G120 CU...	
▶ PN-IO	0	0 X150			SINAMICS-G120-CU...	
▼ Accionamiento_1	0	1			Accionamiento	
Punto de acceso a módulo	0	11			Punto de acceso a ...	
		12				
Telegrama estándar 1, PZD-2/2	0	13	260...263	260...263	Telegrama estándar..	
		14				

FIGURA 3.41: Telegramas del variador 2

FUENTE: Elaboración Propia

Una vez definido los telegramas en el hardware se procede a declarar los nombres para utilizarlos en el programa del PLC, como se ve en la figura 3.42

Tabla de variables estándar [56]				
Variables PLC				
Variables PLC				
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia
☐	Set_Point_Bomba1	Word	%QW258	False
☐	Set_Point_Bomba2	Word	%QW262	False
☐	Status_Word2	Word	%IW260	False
☐	Status_Word1	Word	%IW256	False

FIGURA 3.42: Declaración de las variables PLC-Variador

FUENTE: Elaboración Propia

Luego se procede a realizar la lectura y escritura de los datos correspondientes a los telegramas, como muestran las figuras 3.43 y 3.44.

```

0009 "DATOS_IW".IW_ESTADO_VARIADOR_1 := "Status_Word1"; // "Reemplazar "0.0"
      por el Tag respectivo"
0010 "DATOS_IW".IW_ESTADO_VARIADOR_2 := "Status_Word2"; // "Reemplazar "0.0"
      por el Tag respectivo"

```

FIGURA 3.43: Lectura de datos del variador

FUENTE: Elaboración Propia

```

0009 "Comando_Bomba1" := "DATOS_QW".CW_Variador_Bomba_1; // Reemplazar "Da-
      ta_Temp_x" por el Tag respectivo.
0010 "Comando_Bomba2" := "DATOS_QW".QW_Consigna_Variador_1; // Reemplazar "Da-
      ta_Temp_x" por el Tag respectivo.
0011 "Set_Point_Bomba1" := "DATOS_QW".CW_Variador_Bomba_2; // Reemplazar "Da-
      ta_Temp_x" por el Tag respectivo.
0012 "Set_Point_Bomba2" := "DATOS_QW".QW_Consigna_Variador_2; // Reemplazar "Da-
      ta_Temp_x" por el Tag respectivo.

```

FIGURA 3.44: Escritura de datos al variador

FUENTE: Elaboración Propia

Red S7

Esta red corresponde a la comunicación que se establecerá entre el sistema de control (PLC S7-1200) y los sistemas HMI – SCADA.

Debido a que el protocolo S7 es orientado a la conexión, debe definirse en la arquitectura al cliente y servidor de la red.

Cliente S7, que es el HMI ya que solicitará y escribirá datos en el PLC.

Servidor S7, que es el PLC ya que esperará las solicitudes del HMI.

Conexión HMI

Inicialmente en la vista de redes (figura 3.45), los dispositivos se encuentran sin conexión lógica.

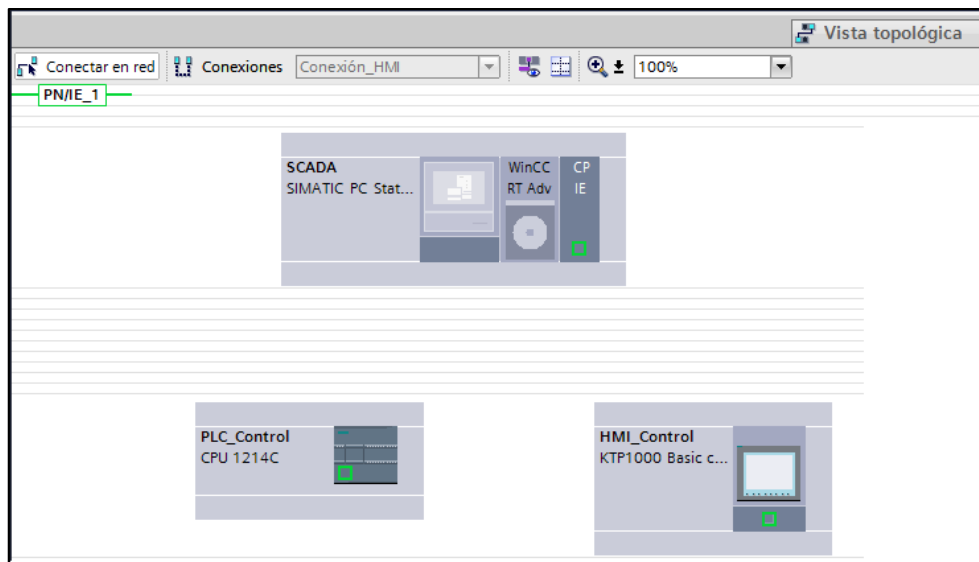


FIGURA 3.45: Red HMI-PLC sin conexión lógica

FUENTE: Elaboración Propia

Para realizar la conexión lógica entre el panel HMI y el PLC a través de Ethernet, se selecciona “Conexión HMI” en la pestaña “Conexiones”, como muestra la figura 3.46:

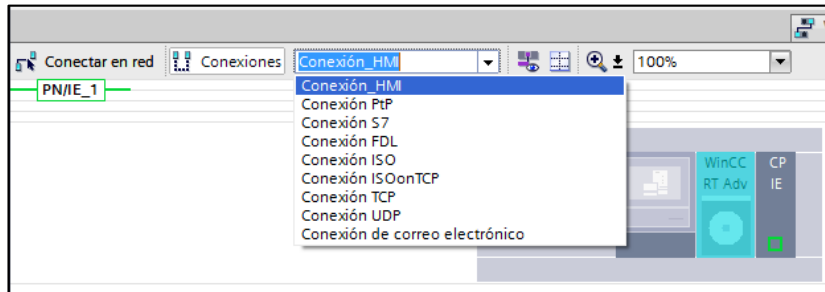


FIGURA 3.46: Selección de la conexión HMI

FUENTE: Elaboración Propia

Se establece una conexión a través de Ethernet entre el PLC y el panel HMI (como se ve en la figura 3.47) mediante el protocolo S7, esto permitirá la interconexión de variables, que podrán ser exportados desde el PLC hacia el HMI.

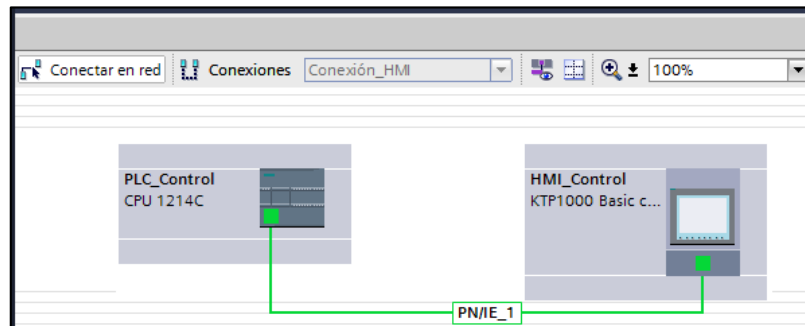


FIGURA 3.47: Establecimiento de la red PLC-HMI

FUENTE: Elaboración Propia

De acuerdo al diseño, se establecen las direcciones IP, para la comunicación Ethernet, el nombre de la conexión, definición de interlocutores (cliente y servidor S7).

La figura 3.48 muestra la conexión lógica entre el PLC y el HMI.

General

Conexión

Nombre: Conexión_HMI_1200

Vía de conexión

Local Interlocutor

Punto final: HMI_Control PLC_Control

Interfaz: HMI_Control.IE_CP_1, PROFINET_Interfaz_ PLC_Control, InterfazPROFINET_1[X1 : PN]

Tipo de interfaz: Ethernet Ethernet

Subred: PN/IE_1 PN/IE_1

Dirección: 192.168.1.11 192.168.1.12

Buscar vía de conexión

FIGURA 3.48: Configuración de red PLC-HMI

FUENTE: Elaboración Propia

Conexión SCADA

La conexión lógica se realiza de manera similar a la realizada con el panel HMI, como muestra la figura 3.49.



FIGURA 3.49: Conexión lógica PLC-SCADA

FUENTE: Elaboración Propia

De acuerdo al diseño, se establecen las direcciones IP, para la comunicación Ethernet, el nombre de la conexión, definición de interlocutores (cliente y servidor S7), tal como se ve en la figura 3.50:

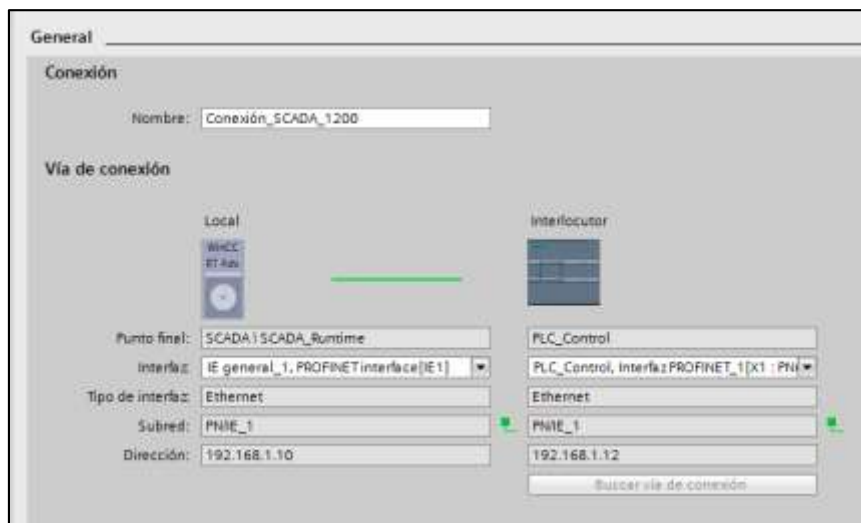


FIGURA 3.50: Configuración de la red PLC-SCADA

FUENTE: Elaboración Propia

En el software del sistema De ingeniería TIA PORTAL, se desarrolla la arquitectura de la red, distribuyéndolo según la jerarquía (incluyendo las redes S7 y PROFINET IO).

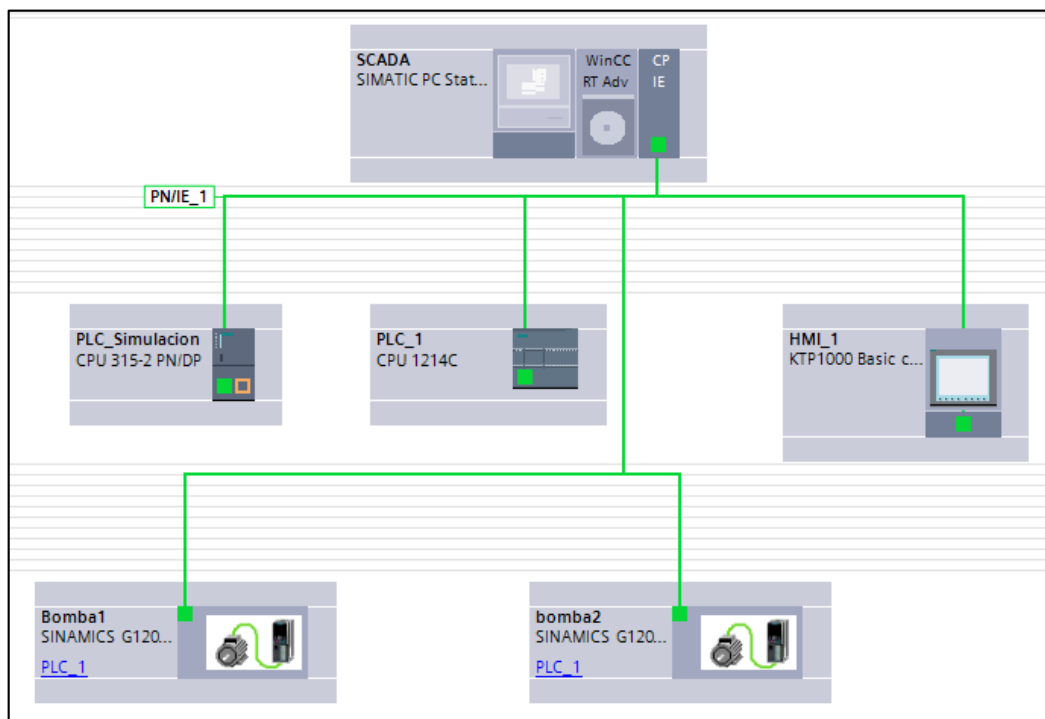


FIGURA 3.51: Arquitectura lógica de la red de control

FUENTE: Elaboración Propia

En la figura 3.51 no se aprecia el medidor de energía y los controladores de pesaje, debido a que los protocolos utilizados para integrarlos en la red, son de tecnología abierta y transparente, ya que pueden ser integrados a sistemas de diferente fabricante.

3.3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE CONTROL

Para la implementación del algoritmo, se basa en los diagramas de flujo realizados en el diseño detallado anteriormente.

Esta implementación se basará en bloques modulares, con el objetivo de brindar escalabilidad al sistema, en caso quiera ampliarse el proceso, además que estructura mejor el proyecto.

Objeto “Válvula Balanza”

Se crea un bloque de función (FB1), como se ve en la figura 3.52, que será llamado según el número de válvulas correspondientes, que para este caso son 2.

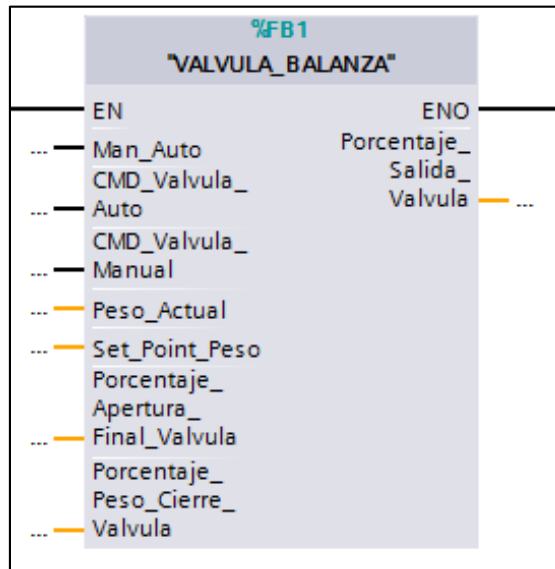


FIGURA 3.52: Bloque FB1 “Valvula_Balanza”

FUENTE: Elaboración Propia

Las variables de entrada y salida del bloque y sus funciones se describen en la tabla 3.7:

PARAMETRO	NOMBRE	TIPO DE DATO	COMENTARIO
Entrada	Man_Auto	BOOL	Entrada de modo Manual - Automatico
	CMD_Valvula_Auto	BOOL	Comando de Apertura en Automatico
	CMD_Valvula_Manual	BOOL	Comando de Apertura en Manual
	Peso_Actual	REAL	Entrada del Peso de la Balanza
	Set_Point_Peso	REAL	Entrada de Set Point de Peso desde el HMI
	Porcentaje_Apertura_Final_Valvula	REAL	Parametro de Apertura final de la Valvula
	Porcentaje_Peso_Cierre_Valvula	REAL	Parametro de Cierre de la Valvula
Salida	Porcentaje_Salida_Valvula	REAL	Salida en Porcentaje de la Valvula

TABLA 3.7: Parámetros del Bloque FB1 Valvula_Balanza

FUENTE: Elaboración Propia

Según la tabla 3.7 se tiene que:

- ✓ **“Man_Auto”**: Señal desde el HMI para seleccionar el modo de trabajo.
- ✓ **“CMD_Valvula_Auto”**: Señal desde el HMI para abrir la válvula en modo automático.
- ✓ **“CMD_Valvula_Manual”**: Señal desde el HMI para abrir la válvula en modo manual.
- ✓ **“Porcentaje_Apertura_Final_Valvula”**: Parámetro ingresado desde el HMI para controlar la apertura final de la válvula y regular el llenado de las cisternas.
- ✓ **“Porcentaje_Peso_Cierre_Valvula”**: Parámetro ingresado desde el HMI para controlar el inicio de cierre de la válvula y regular el llenado de las cisternas.

El contenido del bloque FB: “Valvula_Balanza” se encuentra en el anexo.

Objeto “Válvula Tanque”

Se crea un bloque de función (FB2), como se ve en la figura 3.53, que será llamado según el número de válvulas correspondientes, que para este caso son 2.

Vista del Bloque “Valvula_Tanque”

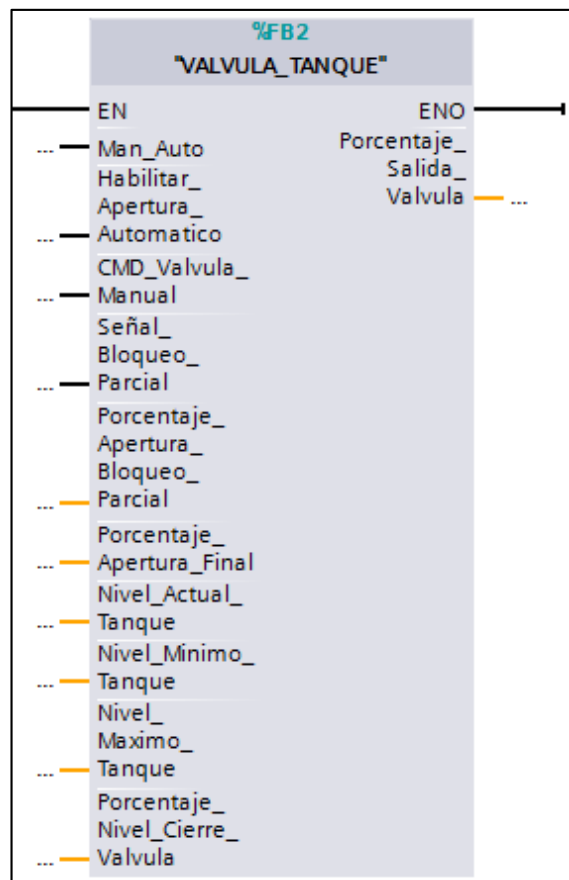


FIGURA 3.53: Bloque FB2 “Valvula_Tanque”

FUENTE: Elaboración Propia

Las variables de entrada y salida del bloque se describen en la tabla 3.8:

PARAMETRO	NOMBRE	TIPO DE DATO	COMENTARIO
Entrada	Man_Auto	BOOL	Entrada de modo Manual - Automatico
	Habilitar_Apertura_Automatico	BOOL	Habilitacion para la apertura Automatica
	CMD_Valvula_Manual	BOOL	Comando de Apertura en Manual
	Señal_Bloqueo_Parcial	BOOL	Bloqueo durante el despacho de aceite
	Porcentaje_Apertura_Bloqueo_Parcial	REAL	Apertura durante el despacho de aceite
	Porcentaje_Apertura_Final	REAL	Parametro de Apertura final de la Valvula
	Nivel_Tanque_Actual	REAL	Nivel actual del Tanque.
	Nivel_Minimo_Tanque	REAL	Parametro de nivel minimo del Tanque
	Nivel_Maximo_Tanque	REAL	Parametro de nivel maximo del Tanque
	Porcentaje_Nivel_Cierre_Valvula	REAL	Parametro de Cierre de la Valvula
Salida	Porcentaje_Salida_Valvula	REAL	Salida en Porcentaje de la Valvula

TABLA 3.8: Parámetros del Bloque FB2 Valvula_Tanque

FUENTE: Elaboración Propia

Según la tabla 3.8 se tiene que:

- ✓ **“Man_Auto”**: Señal desde el HMI para seleccionar el modo de trabajo.
- ✓ **“CMD_Valvula_Auto”**: Señal desde el HMI para abrir la válvula en modo automático.
- ✓ **“CMD_Valvula_Manual”**: Señal desde el HMI para abrir la válvula en modo manual.
- ✓ **“Porcentaje_Apertura_Final_Valvula”**: Parámetro ingresado desde el HMI para controlar la apertura final de la válvula y regular el llenado de los tanques.
- ✓ **“Porcentaje_Peso_Cierre_Valvula”**: Parámetro ingresado desde el HMI para controlar el inicio de cierre de la válvula y regular el llenado de los tanques.

El contenido del bloque FB: “Valvula_Tanque” se encuentra en el anexo.

Objeto “Variador”

Se crea un bloque de función (FB3), como se ve en la figura 3.54, que será llamado según el número de variadores correspondientes, que para este caso son 2.

Vista del Bloque “Variador”

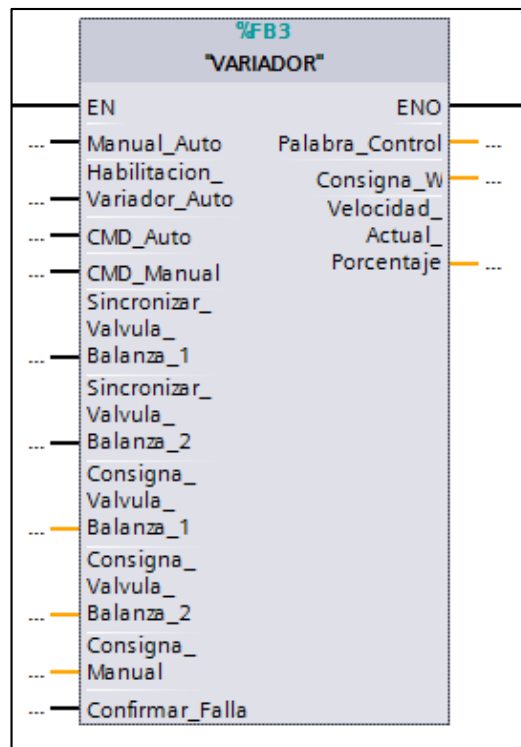


FIGURA 3.54: Bloque FB “Variador”

FUENTE: Elaboración Propia

Las variables de entrada y salida del bloque se describen en la tabla 3.9:

PARAMETRO	NOMBRE	TIPO DE DATO	COMENTARIO
Entrada	Man_Auto	BOOL	Entrada de modo Manual - Automatico
	Habilitacion_Variador_Auto	BOOL	Entrada de habilitacion de Bomba
	CMD_Auto	BOOL	Comando de Apertura en Manual
	CMD_Manual	BOOL	Comando de Apertura en Automatico
	Sincronizar_Valvula_Balanza_1	BOOL	Entrada para sincronizar con Balanza 1
	Sincronizar_Valvula_Balanza_2	BOOL	Entrada para sincronizar con Balanza 2
	Consigna_Valvula_Balanza_1	REAL	Consigna en porcentaje de Balanza 1
	Consigna_Valvula_Balanza_2	REAL	Consigna en porcentaje de Balanza 2
	Consigna_Manual	REAL	Entrada de consigna de velocidad Manual
	Confirmar_Falla	BOOL	Entrada de confirmacion de falla
Salida	Palabra_Control	WORD	Palabra de mando hacia el variador
	Consigna_W	WORD	Palabra de consigna hacia el variador
	Velocidad_Actual_Porcentaje	REAL	Salida en Porcentaje de la Valvula

TABLA 3.9: Parámetros del Bloque FB3 Variador

FUENTE: Elaboración Propia

Según la tabla 3.9 se tiene que:

- ✓ **“Man_Auto”**: Señal desde el HMI para seleccionar el modo de trabajo.
- ✓ **“Habilitacion_Variador_Auto”**: Habilita el funcionamiento de los variadores en modo automático.
- ✓ **“CMD_Auto”**: Señal desde el HMI para activar las bombas en modo automático.
- ✓ **“CMD_Valvula_Manual”**: Señal desde el HMI para activar las bombas en modo manual.
- ✓ **“Sincronizar_Valvula_Balanza_1”**: Función para sincronizar la velocidad de la bomba con la apertura de la válvula 1.
- ✓ **“Sincronizar_Valvula_Balanza_2”**: Función para sincronizar la velocidad de la bomba con la apertura de la válvula 2.

El contenido del bloque FB: “Variador” se encuentra en el anexo.

3.3.3 CONFIGURACIÓN DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA

Para configurar los variadores de frecuencia, es necesario acceder a los juegos de parámetros del mismo, esto se puede realizar mediante el panel BOP, o por el software de configuración STARTER, siendo esta última opción la que se elegirá por la facilidad de la interfaz del software.

Detección de la *Control Unit* en la red Ethernet

Al realizar el escaneo de la red, como muestra la figura 3.55, se observa que se puede reconocer a los elementos de la red por el Nombre de Dispositivo y su dirección IP.

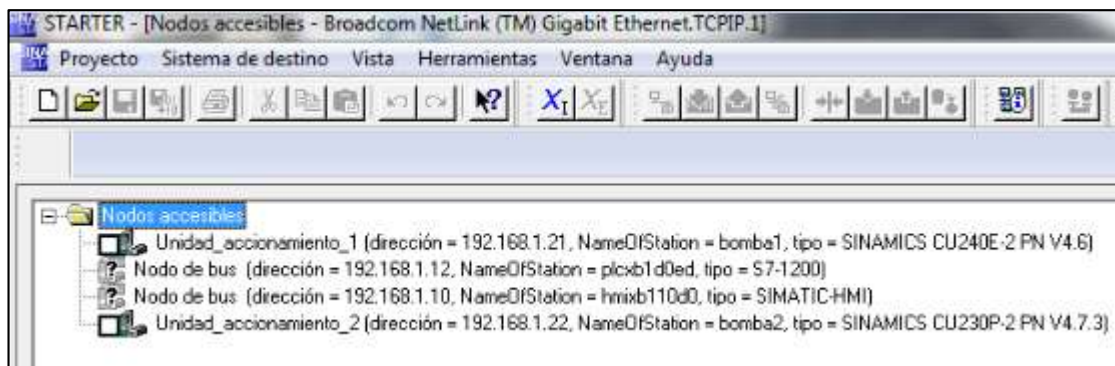


FIGURA 3.55: Escaneo de la red Ethernet

FUENTE: Elaboración Propia

Comisionamiento básico

Esto comprende la configuración de parámetros básicos correspondientes a los datos propios del motor, mostrados anteriormente.

Tipo de regulación

Hace referencia a la curva de funcionamiento, esto depende del modo en que opera la carga, al ser esta aplicación una bomba, se elige la característica parabólica, según muestra la figura 3.56.

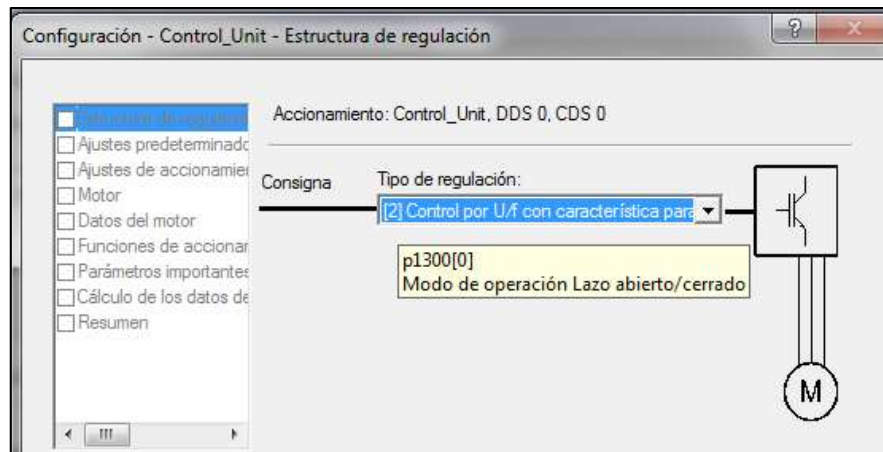


FIGURA 3.56: Configuración de la característica de la carga

FUENTE: Elaboración Propia

Macro de Funcionamiento

La macro (P0015) indica al variador el modo de funcionamiento al que responderá el variador, para este caso, según los requerimientos del proyecto, se le asigna el valor de 7, que permitirá conmutar la orden entre el sistema de control mediante el bus de campo (PROFINET IO) y las entradas digitales, tal como muestra la figura 3.57:

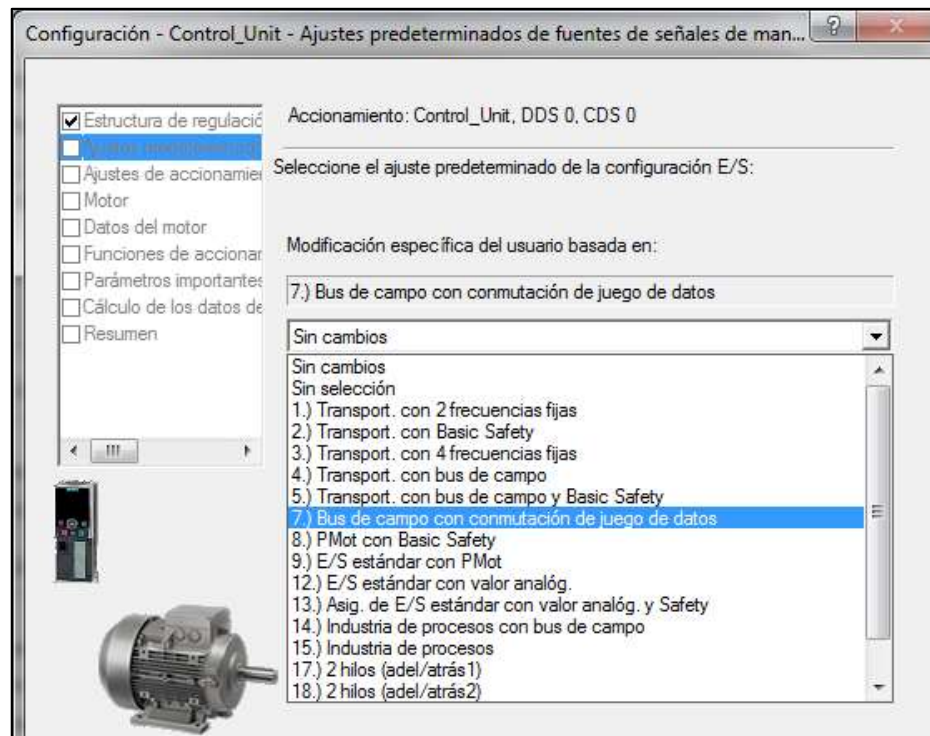


FIGURA 3.57: Configuración de la macro de funcionamiento

FUENTE: Elaboración Propia

En las Control Unit con interfaz PROFINET, el ajuste de macro de funcionamiento, está preestablecido de fábrica al valor 7, y dispone la posibilidad de conmutar la fuente de orden, siendo las opciones:

- ✓ Mando por PLC (Vía bus de campo).
- ✓ Mando por bornes de entradas digitales.

La figura 3.58 muestra el modo de conmutación entre mandos para el variador.

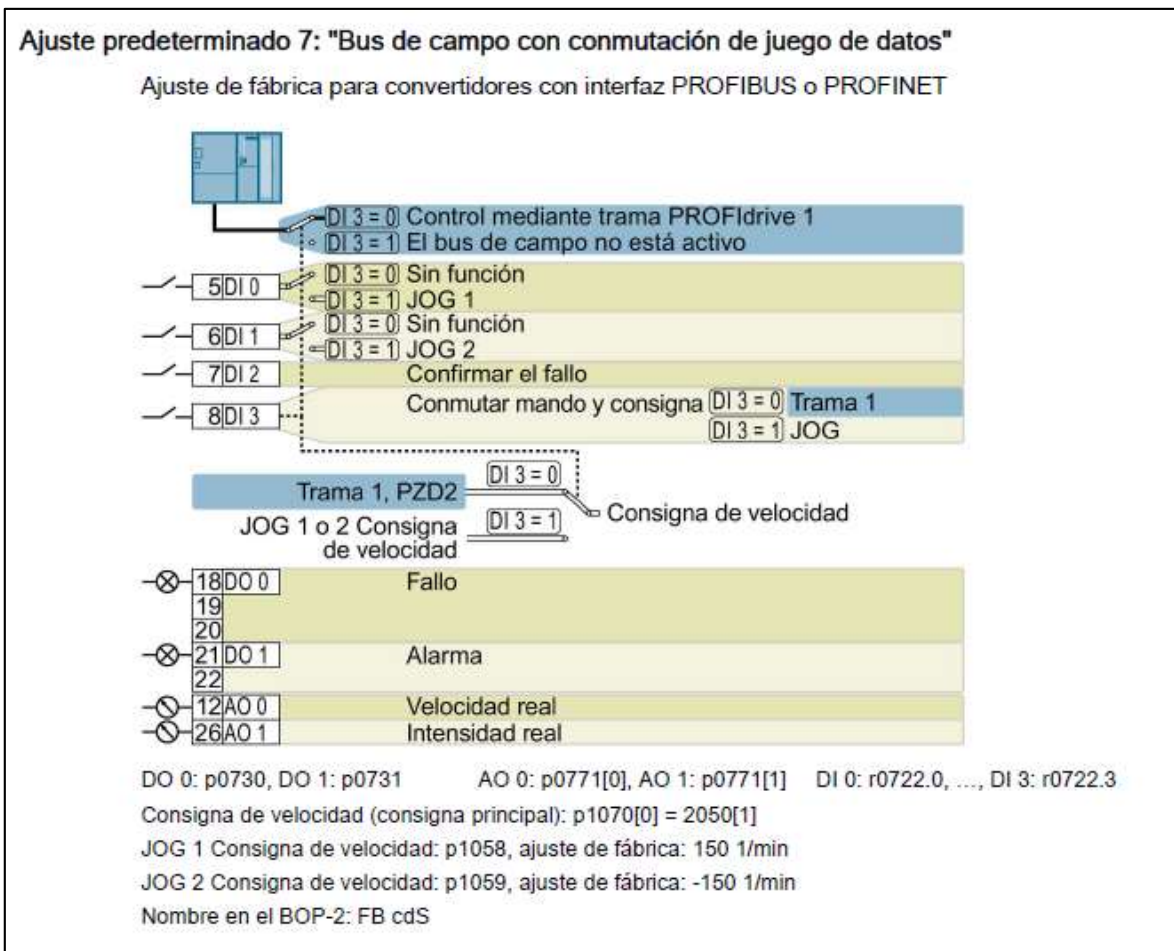


FIGURA 3.58: Macro 7 – Conmutación de juego de datos
FUENTE: www.siemens.com, consultada en Setiembre del 2014

Se observa que por defecto se tiene la siguiente configuración:

- ✓ DI3: Fuente de mando (CDS) - r722.3
- ✓ DI0: Función JOG1 - r722.0
- ✓ DI1: Función JOG2 - r722.1

Propiedades del accionamiento

Esto corresponde con el estándar internacional, que dependiendo la ubicación geográfica, puede ser NEMA, o IEC, se elige el estándar NEMA a 60 Hz (figura 3.59).

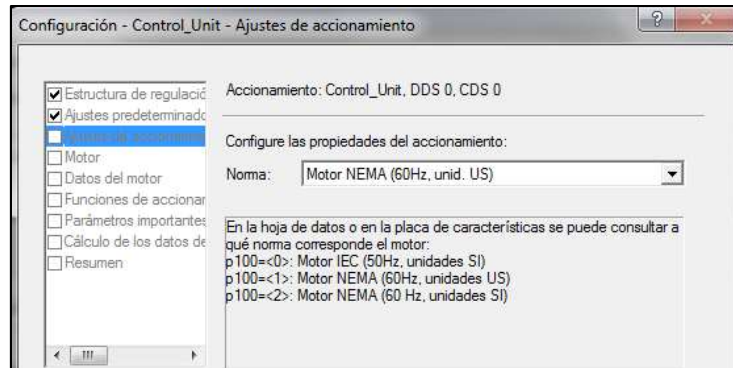


FIGURA 3.59: Configuración del estándar del motor

FUENTE: Elaboración Propia

Tipo de Motor

En esta opción se define las características del motor, como muestra la figura 3.60, y se selecciona motor asíncrono.

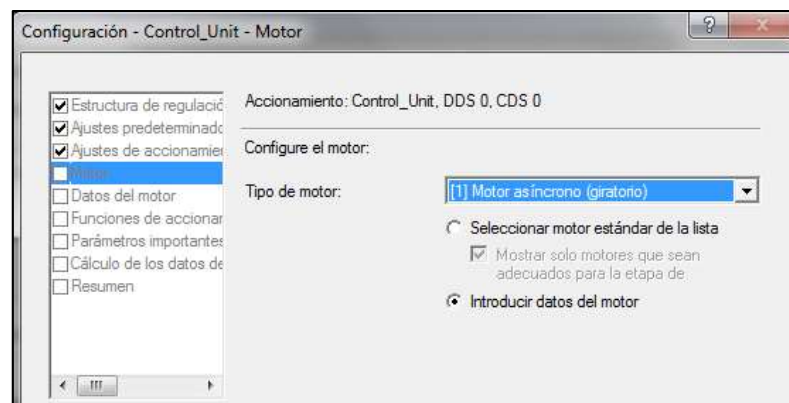


FIGURA 3.60: Configuración del tipo del motor

FUENTE: Elaboración Propia

Datos del Motor

Se definen las características de funcionamiento, según los datos de placa del motor, según la figura 3.61.

Estos datos de placa son importantes, pues son la referencia para determinar los parámetros a asignar en el variador.

Debido a que ambos motores son de iguales características, los datos de placa son los mismos.



FIGURA 3.61: Datos del placa del motor

FUENTE: Elaboración Propia

De la placa se tienen los siguientes datos:

- Potencia Nominal : 25 HP
- Tensión Nominal : 440 V
- Corriente Nominal : 31.8 A
- Velocidad Nominal : 1765 RPM
- Factor de Potencia : 0.84
- Frecuencia : 60 Hz

La figura 3.62 muestra la configuración de los datos de placa del motor en el software.

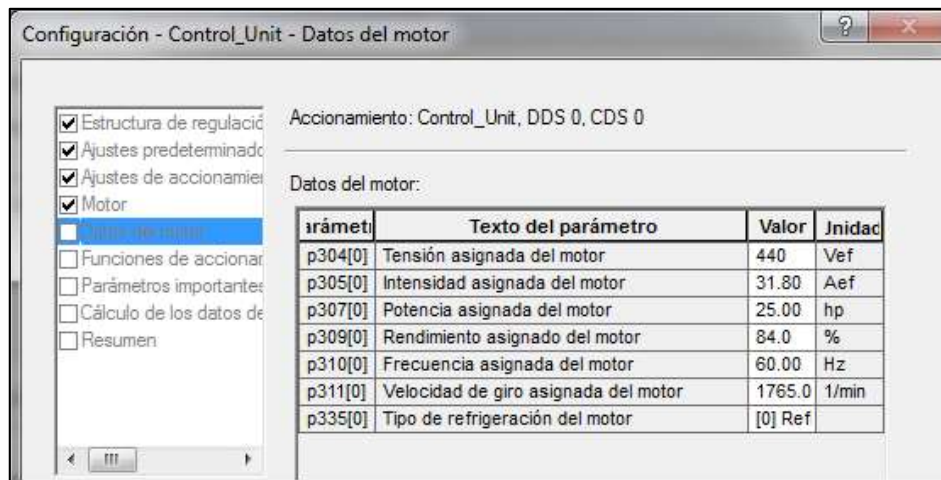


FIGURA 3.62: Configuración de los datos del motor

FUENTE: Elaboración Propia

Identificación del Motor

En la identificación del motor, como se configura según la figura 3.63, el variador inyecta corriente al motor en el primer arranque para determinar y regular el control U/F, haciendo girar un cuarto de vuelta y determinar si los parámetros establecidos son correctos, se selecciona identificación en parada, ya que es la primera configuración

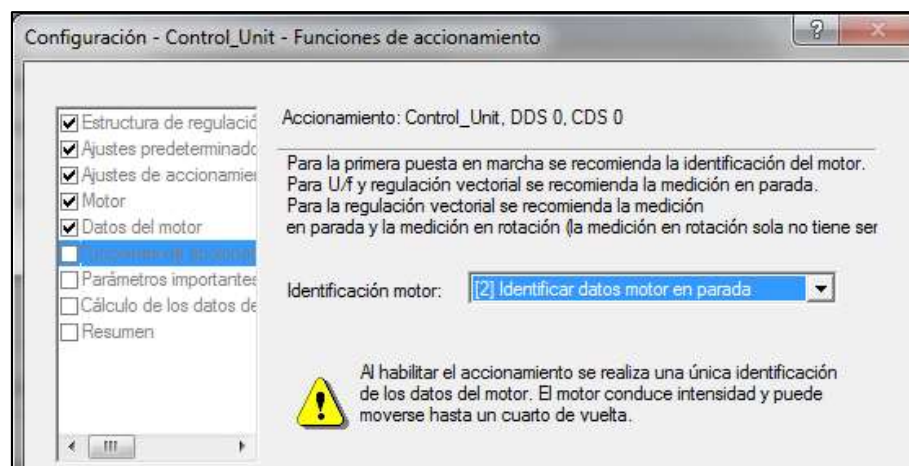


FIGURA 3.63: Configuración de la identificación del motor

FUENTE: Elaboración Propia

Parámetros Principales

Estos parámetros determinan los límites de intensidad en corriente, velocidades máxima / mínima y los tiempos de aceleración / desaceleración del motor, como muestra la figura 3.64.

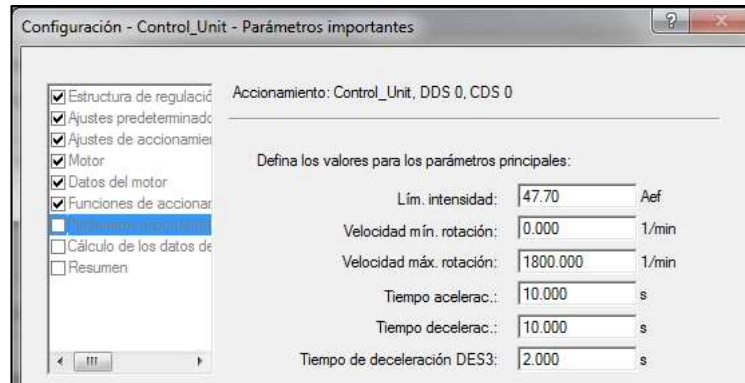


FIGURA 3.64: Configuración de los valores límites del motor

FUENTE: Elaboración Propia

Calculo de los parámetros del Motor

Esta opción determina los cálculos que el variador realiza para el control vectorial, aunque esta aplicación no la requiere, como muestra la figura 3.65.

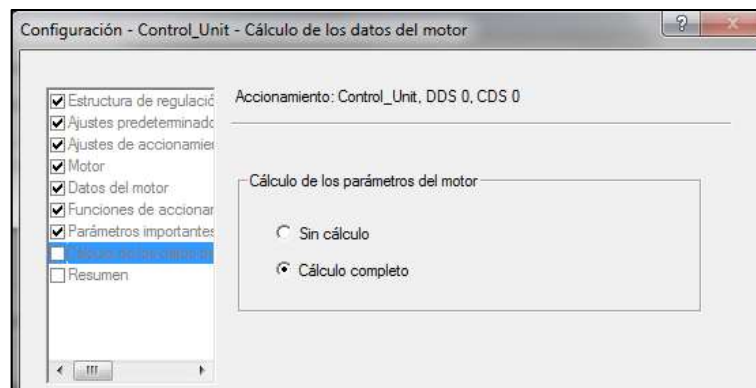


FIGURA 3.65: Configuración de los cálculos del motor

FUENTE: Elaboración Propia

Una vez terminada la configuración básica, se muestra en la figura 3.66 el resumen de las características del motor establecidas en el variador.



FIGURA 3.66: Vista del resumen de la configuración del motor

FUENTE: Elaboración Propia

Para configurar el telegrama de transmisión de datos través de PROFINET, es necesario que el tipo de telegrama coincida con el establecido en la configuración de la red del PLC, que según se implementó antes (figuras 3.40 y 41), es el telegrama Estándar 1 – PZD 2/2, como muestra la figura 3.67

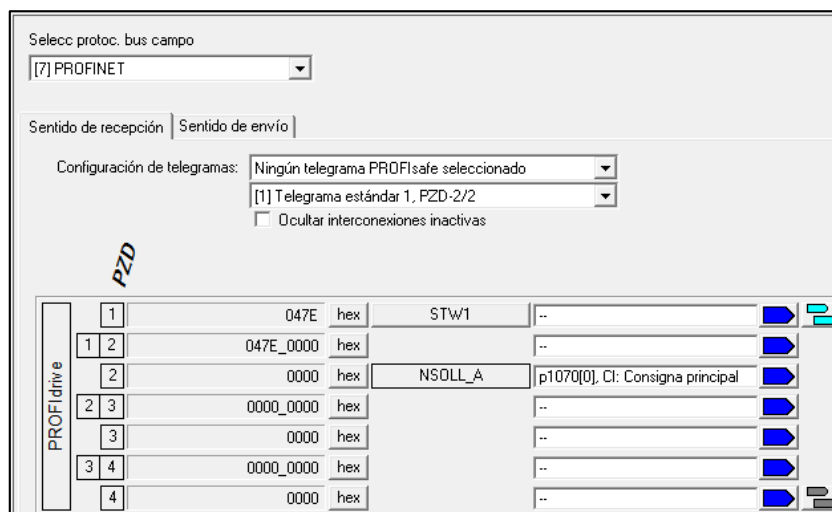


FIGURA 3.67: Configuración del telegrama de datos del variador

FUENTE: Elaboración Propia

Configuración de las entradas digitales de los Variadores

Para definir las funciones de las entradas digitales según el requerimiento, se configuran los siguientes parámetros:

P810 : *Selección de juego de datos de mando (CDS)*

Este parámetro CDS (Comand Data Set) será interconectada con la función de la entrada digital 1 (DI 1), y estará a cargo del selector para conmutar el mando entre el PLC y los pulsadores en el tablero de bombas.

P840 : Binector CON/DES 1

Este parámetro será interconectado con la función de la entrada digital 0 (DI 0), y estará a cargo de arrancar o parar el motor.

P2103: Binector 1, Confirmar fallos

Este parámetro será interconectado con la función de la entrada digital 2 (DI 2), y estará a cargo de confirmar las fallas que presente el variador.

Para determinar las funciones de las entradas digitales se plantea el esquema correspondiente al diagrama eléctrico del variador de frecuencia, como se ve en la figura 3.68.

.

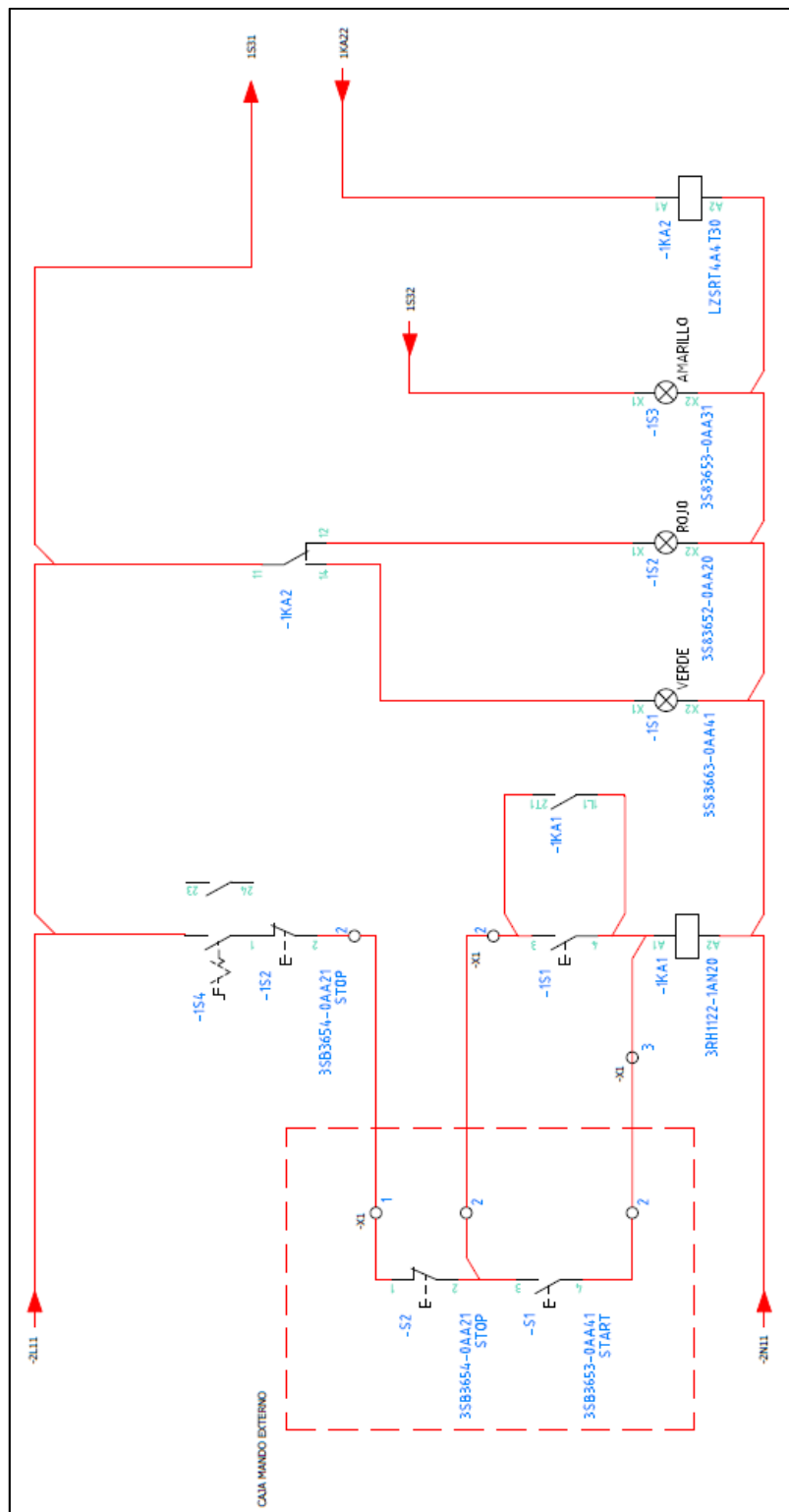


FIGURA 3.68: Esquema eléctrico del modo “manual” de variador

FUENTE: Elaboración Propia

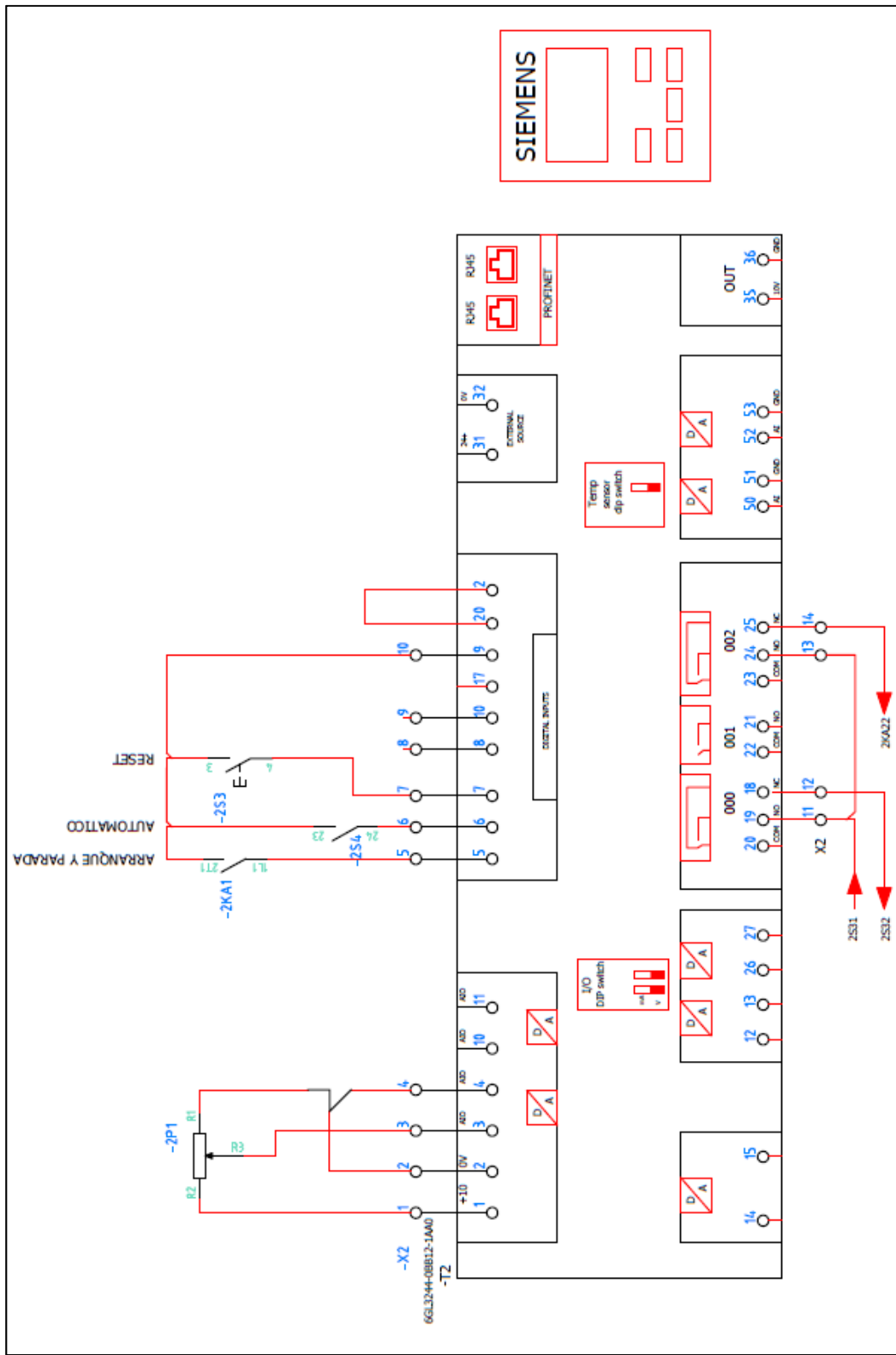


FIGURA 3.69: Conexión de bornes del variador de frecuencia

FUENTE: Elaboración Propia

De acuerdo al diagrama mostrado en la figura 3.69 se tiene que:

DI0: Determina el arranque/parada del motor de acuerdo al estado del pulsador (Start/Stop) en modo manual local interconectado con el parámetro P840 CON/DES1 Bit 1.

DI1: Determina la fuente de mando del variador, correspondiente al estado del selector M-0-A, interconectado con el parámetro P810 CDS Bit 0.

DI2: Determina el reseteo de los fallos existentes en el variador, correspondiente al estado del pulsador Reset en modo manual local interconectado con el parámetro P2103 Bit 1.

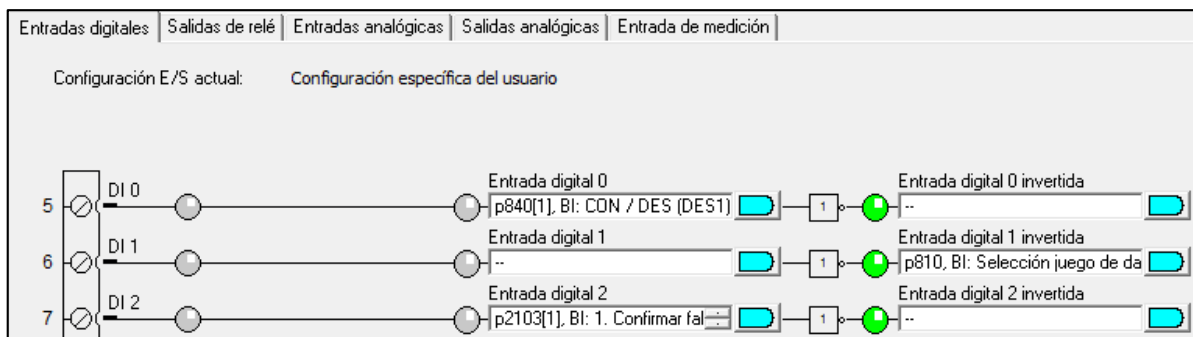


FIGURA 3.70: Configuración de las entradas/salidas del variador

FUENTE: Elaboración Propia

La entrada analógica (Potenciómetro) determina la consigna de velocidad en modo manual local, y estará interconectado con el parámetro P1070 Bit 1 Consigna Principal.

La figura 3.70 muestra la configuración de las funciones de las entradas digitales en el software.

La figura 3.71 muestra la configuración de las entradas analógicas en el software STARTER.

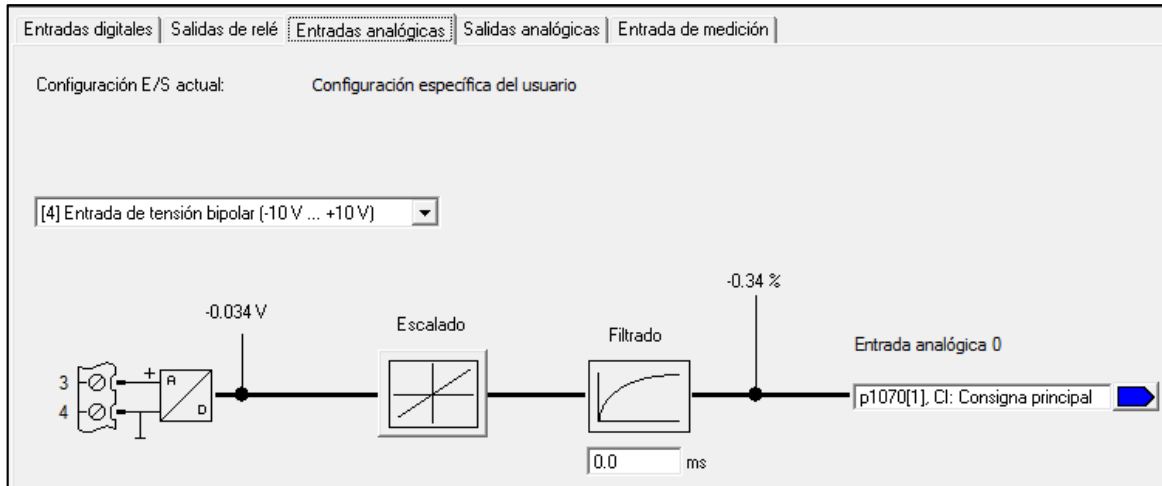


FIGURA 3.71: Configuración de la entrada analógica del variador

FUENTE: Elaboración Propia

El tablero eléctrico se arma según lo configurado anteriormente, como se ve en la figura 3.72.



FIGURA 3.72: Vista frontal del tablero eléctrico de las bombas

FUENTE: Elaboración Propia

Una vez realizada la configuración y cargada en la Control Unit, es necesario saber los datos que se enviarán a través del PLC, por lo cual se determinan la palabra de mando (STW1), palabra de estado (ZSW1), Consigna de velocidad (NSOLL_A) y la velocidad real (NIST_a_GLATT), como indica la figura 3.73.

Telegrama 1, regulación de velocidad	
STW1	NSOLL_A
ZSW1	NIST_A_GLATT
Abreviatura	Explicación
STW1	Palabra de mando 1
ZSW1	Palabra de estado 1
NSOLL_A	Consigna de velocidad
NIST_A_GLATT	Velocidad real filtrada

FIGURA 3.73: Telegrama de transmisión 1

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Setiembre del 2014

La palabra de control, se determina por el conjunto de 16 bits que se envían al variador de velocidad, estos bits definen el funcionamiento de arranque, parada, bloqueo, etc.

Para la consigna de velocidad, según el manual de la Control Unit, la velocidad esta escalada entre los valores de 0 a 16384 (0 a 4000 Hex), correspondiente a las velocidades máximas y mínimas configuradas previamente.

Palabra de Control (STW1)

Es el dato de 16 Bits, que el controlador superior (PLC), deberá escribir en el convertidor de frecuencia para tener el mando, según la figura 3.74

Bit	Significado		Explicación	Interconexión de señales en el convertidor
	Telegrama 20	Resto de telegramas		
0	0 = DES1		El motor frena con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa. El convertidor desconecta el motor durante la parada.	p0840[0] = r2090.0
	0 → 1 = CON		El convertidor pasa al estado "Listo para el servicio". Si además el bit 3 = 1, el convertidor conecta el motor.	
1	0 = DES2		Desconectar inmediatamente el motor; a continuación se produce parada natural.	p0844[0] = r2090.1
	1 = Sin DES2		Se puede conectar el motor (orden CON).	
2	0 = Parada rápida (DES3)		Parada rápida: el motor frena hasta la parada con el tiempo de deceleración DES3 p1135.	p0848[0] = r2090.2
	1 = Sin parada rápida (DES3)		Se puede conectar el motor (orden CON).	
3	0 = Bloquear servicio		Desconectar inmediatamente el motor (suprimir impulsos).	p0852[0] = r2090.3
	1 = Habilitar servicio		Conectar el motor (habilitación de impulsos posible).	
4	0 = Bloquear GdR		El convertidor ajusta inmediatamente a 0 su salida del generador de rampa.	p1140[0] = r2090.4
	1 = No bloquear GdR		Es posible la habilitación del generador de rampa.	
5	0 = Detener GdR		La salida del generador de rampa permanece en el valor actual.	p1141[0] = r2090.5
	1 = Habilitar GdR		La salida del generador de rampa sigue a la consigna.	
6	0 = Bloquear consigna		El convertidor frena el motor con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa.	p1142[0] = r2090.6
	1 = Habilitar consigna		El motor acelera con el tiempo de aceleración p1120 hasta alcanzar la consigna.	
7	0 → 1 = Confirmar fallos		Confirmar el fallo. Si todavía está presente la orden ON, el convertidor conmuta al estado "Bloqueo conexión".	p2103[0] = r2090.7
8,9	Reservado			
10	0 = Ningún mando por PLC		El convertidor ignora los datos de proceso del bus de campo.	p0854[0] = r2090.10
	1 = Mando por PLC		Mando a través del bus de campo; el convertidor adopta los datos de proceso desde el bus de campo.	
11	— ¹⁾	0 = Inversión de sentido	Invertir la consigna en el convertidor.	p1113[0] = r2090.11
12	No utilizado			
13	— ¹⁾	1 = Subir PMot	Aumentar la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	p1035[0] = r2090.13
14	— ¹⁾	1 = Bajar PMot	Reducir la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	p1036[0] = r2090.14
15	CDS bit 0	Reservado	Conmutación entre ajustes para distintas interfaces de manejo (juegos de datos de mando).	p0810 = r2090.15

FIGURA 3.74: Palabra de control del variador de frecuencia

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Setiembre del 2014

Palabra de Estado (ZSW1)

Es el dato de 16 Bits, que el convertidor de frecuencia escribe en el controlador superior (PLC) para saber el estado, según la figura 3.75.

Bit	Significado		Observaciones	Interconexión de señales en el convertidor
	Telegrama 20	Resto de telegramas		
0	1 = Listo para conexión		La alimentación está conectada, la electrónica inicializada y los impulsos bloqueados.	p2080[0] = r0899.0
1	1 = Listo para servicio		El motor está conectado (CON/DES1 = 1); ningún fallo está activo. Con la orden "Habilitar servicio" (STW1.3), el convertidor conecta el motor.	p2080[1] = r0899.1
2	1 = Servicio habilitado		El motor sigue la consigna. Ver la palabra de mando 1, bit 3.	p2080[2] = r0899.2
3	1 = Fallo activo		Existe un fallo en el convertidor. Confirmar fallo mediante STW1.7.	p2080[3] = r2139.3
4	1 = DES2 inactiva		La parada natural no está activada.	p2080[4] = r0899.4
5	1 = DES3 inactiva		La parada rápida no está activada.	p2080[5] = r0899.5
6	1 = Bloqueo de conexión activo		La conexión del motor es posible tras DES1 y CON.	p2080[6] = r0899.6
7	1 = Alarma activa		El motor permanece conectado; no se requiere confirmación.	p2080[7] = r2139.7
8	1 = Divergencia de la velocidad en el margen de tolerancia		Divergencia consigna-valor real en el margen de tolerancia.	p2080[8] = r2197.7
9	1 = Mando solicitado		Se solicita al sistema de automatización que asuma el mando del convertidor.	p2080[9] = r0899.9
10	1 = Velocidad de referencia alcanzada o superada		La velocidad es mayor o igual a la velocidad máxima correspondiente.	p2080[10] = r2199.1
11	0 = Límite de I, M o P alcanzado		Se ha alcanzado o superado el valor de comparación para la intensidad, el par o la potencia.	p2080[11] = r1407.7
12	-- ¹⁾	1 = Freno de mantenimiento abierto	Señal para la apertura o cierre de un freno de mantenimiento del motor.	p2080[12] = r0899.12
13	0 = Alarma Exceso de temperatura Motor		--	p2080[13] = r2135.14
14	1 = Motor gira a derecha		Valor real interno del convertidor > 0.	p2080[14] = r2197.3
	0 = Motor gira a izquierda		Valor real interno del convertidor < 0.	
15	1 = Indicación CDS	0 = Alarma Sobrecarga térmica Convertidor		p2080[15] = r0836.0/r2135.15

FIGURA 3.75: Palabra de estado del variador de frecuencia

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Setiembre del 2014

De acuerdo al modo de funcionamiento que se requiere, los datos bit a bit a escribir en la palabra de control (STW1) se corresponden como muestra la figura 3.76.

HEX	BIN	Bit en STW1	Significado
E	0	0	CONDES1
	1	1	DES2
	1	2	DES3
	1	3	Habilitación para el servicio
7	1	4	Habil. generador rampa
	1	5	Arranque generador rampa
	1	6	Habilitación consigna
	0	7	Confirmar el fallo
4	0	8	JOG 1
	0	9	JOG 2
	1	10	Control de PLC
	0	11	Inversión de consigna
0	0	12	Sin significado
	0	13	Potenciómetro motorizado ↑
	0	14	Potenciómetro motorizado ↓
	0	15	Conmutación de juegos de datos

FIGURA 3.76: Establecimiento de la palabra de control a enviar

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Setiembre del 2014

Por lo que para encender o apagar la bomba se escribirá en el bit “0” de STW1.

En resumen:

- ✓ Arrancar la bomba en modo remoto : 047E Hex
- ✓ Parar la bomba en modo remoto : 047F Hex

En el código (como se ve en la figura 3.77) se realiza la escritura de los datos en el variador de frecuencia.

```

0047 IF #CMD_Manual = true THEN
0048 // Se envia la consigna en Modo Manual
0049 //
0050 #Consigna := #Consigna_Manual;
0051 // Se envia el comando en Modo Manual
0052 #Palabra_Control_Temp := 16#047F;
0053 #Estado_Variador := true;

```

FIGURA 3.77: Escritura de los datos en el variador de frecuencia

FUENTE: Elaboración Propia

3.3.4 IMPLEMENTACIÓN DE LAS FUNCIONES DEL PANEL HMI

Botones de navegación del panel de operador HMI.

Las pantallas del panel HMI para el sistema de despacho de aceite está compuesto por 5 imágenes, las cuales son accesibles a través de los botones localizados en la parte superior del panel de operador, como se ve en la figura 3.78:



FIGURA 3.78: Botones de navegación del panel HMI

FUENTE: Elaboración Propia

A continuación se detallan las pantallas utilizadas:

Principal: Vista general del proceso y control en modo manual.

Tanques: Configuración de los niveles máximos y mínimos de los tanques.

Despacho: Pantalla de despacho de aceite en cisternas.

Bombas: Pantalla de estado y configuración de las bombas.

Equipos: Pantalla de control de actuadores en modo manual.

Configuración: Pantalla de sistema y configuración de los modos de trabajo.

Pantalla VISTA PRINCIPAL

Muestra la vista general del proceso de llenado de aceite (figura 3.79), donde se aprecia los siguientes elementos:

- Botones Abrir/Cerrar y ON/OFF, que estarán visibles solo cuando el instrumento a utilizar, este configurado previamente en modo MANUAL.
- Indicadores circulares, que en estado activo cambiarán de color a Verde, caso contrario, permanecerán de color Rojo.
- Indicadores numéricos de los niveles de los tanques y pesos de las balanzas, las cuales estarán presente independientemente de los modos Manual/Automático.
- Campos de entrada numérica, para el control de consigna de velocidad manual de las bombas, escaladas de 0 a 100%.
- Botón de cerrar sesión, localizada en la parte inferior derecha (se recomienda no utilizarlo a menos que sea personal especializado y capacitado).

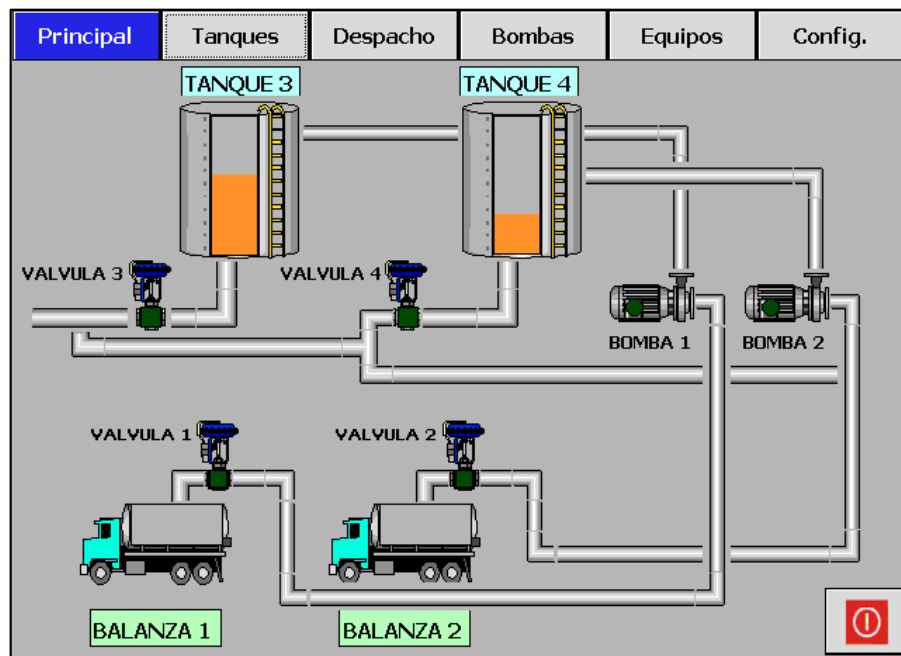


FIGURA 3.79: Vista de pantalla HMI - Principal

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla TANQUES

Muestra la vista de los tanques que almacenan el aceite (figura 3.80), donde se aprecia los siguientes elementos:

- Botón “Llenar Tanques”, la cual deberá ser presionada ante la presencia del buque abastecedor de aceite, para apertura alternadamente las válvulas de los tanques 3 y 4 (En caso que estén configurados en modo Automático).
- Botón “Parar Llenado”, la cual deberá ser presionada cuando se requiera cerrar las válvulas, ya que en condiciones normales, se cerraran automáticamente al alcanzar el valor máximo de nivel.
- Campos de entrada “Nivel Max” y “Nivel Min”, donde se ingresará previamente los niveles máximos y mínimos para el control del proceso.
- Estado de los niveles de los tanques y apertura de las válvulas, que representaran los valores en metros y apertura.

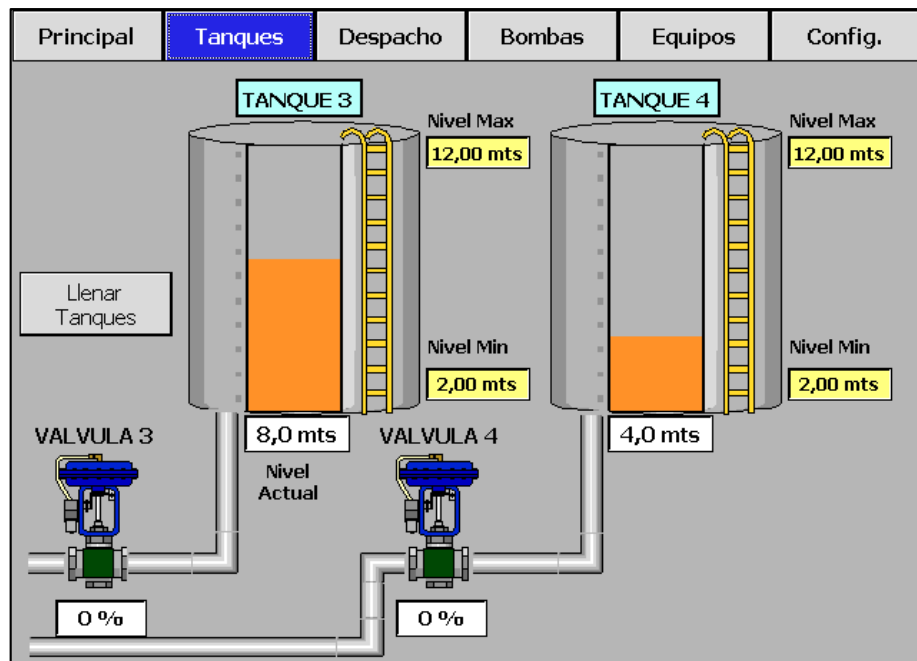


FIGURA 3.80: Vista de pantalla HMI - Tanques

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla DESPACHO

Esta pantalla contiene los elementos para el control del llenado de aceite en las cisternas (figura 3.81) y cuenta con los siguientes elementos:

- Botón “Abrir”: Deberá ser presionado cuando en modo automático, se desea abrir la válvula para despachar aceite, debiendo haber seteado previamente, el Set Point de peso, o cantidad de aceite a despachar (en Kg).
- Botón “Cerrar”: Deberá ser presionado en caso que se requiera cerrar la válvula de despacho ante alguna emergencia, ya que en condiciones normales, el sistema lo cerrara automáticamente al alcanzar el peso de Set Point.
- Indicadores numéricos de los pesos y válvulas, representan los pesos medidos en Kg y aperturas de las válvulas en porcentaje respectivamente.
- Campo de entrada numérica “Set Point”, Donde se ingresará la cantidad de aceite a despachar (en Kg).

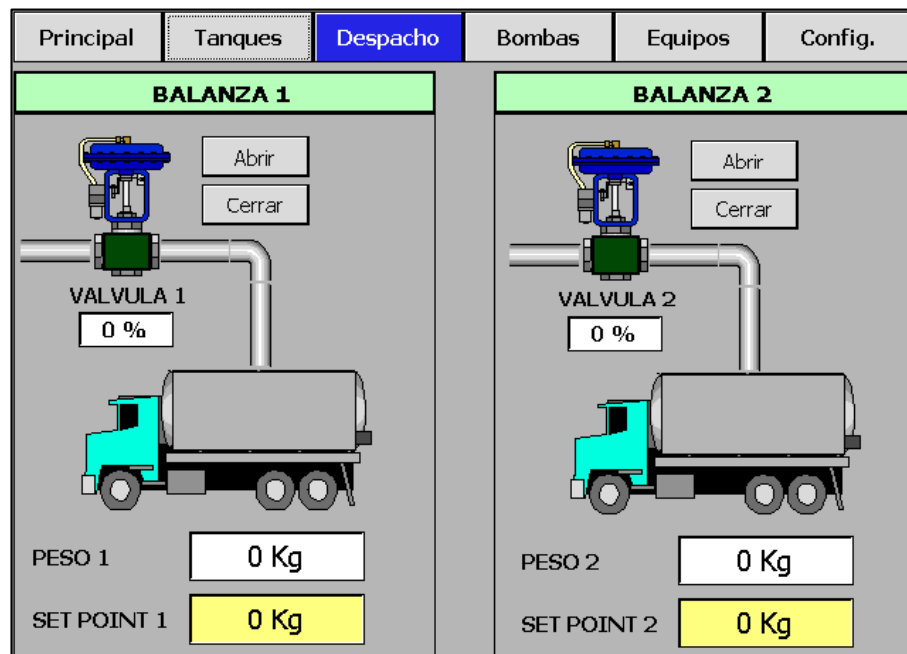


FIGURA 3.81: Vista de pantalla HMI - Despacho

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla BOMBAS

Esta pantalla contiene las funciones para configurar las bombas de despacho (figura 3.82), las cuales de detallan:

- Entrada “Habilitar Bomba”, donde se seleccionará (con un check), la habilitación de la bomba (Debiendo ser configurada previamente en modo Automático).
- Botones “Valvula – Balanza”, donde se presionará para sincronizar la consigna de velocidad de las bombas con la apertura de las válvulas seleccionadas.
- Indicadores de consigna de velocidad, localizada en la parte superior de las figuras de las bombas y que muestran la velocidad actual (en %).

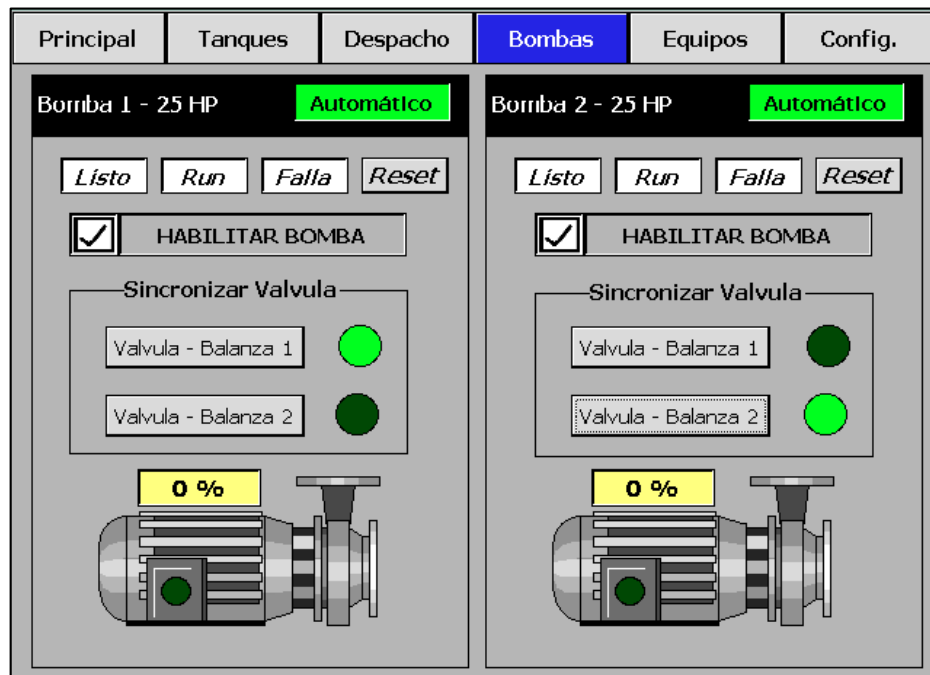


FIGURA 3.82: Vista de pantalla HMI - Motores

FUENTE: Elaboración Propia

Los indicadores de estado de los variadores se muestran en las figuras 3.83, 3.84 y 3.85:

- ✓ Modo “Listo”, el variador espera la orden de arranque de la bomba

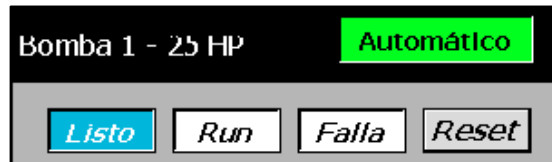


FIGURA 3.83: Electrobomba en estado: Listo

FUENTE: Elaboración Propia

- ✓ Modo “Run”, el variador ha activado la bomba.



FIGURA 3.84: Electrobomba en estado: Run

FUENTE: Elaboración Propia

- ✓ Modo “Falla”, el variador se encuentra el Falla, ante esta situación se sitúa el botón “Reset” que confirmará la falla ante la resolución del problema y pondrá al variador en modo “Listo”, caso contrario, el indicador de Falla permanecerá activo.



FIGURA 3.85: Electrobomba en estado: Falla

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla EQUIPOS

Esta pantalla muestra los estados actuales de los actuadores, como muestra la figura 3.86, en caso que haya sido seleccionado previamente el modo “Manual”, se visualizara los botones para el control en dicho modo.

Para el caso de las válvulas presenta botones “Abrir / Cerrar” lo cual a través del lazo de corriente 4-20 mA se enviara el comando respectivo.

Para el caso de las bombas presenta botones “Prender / Apagar” para los motores, además presenta un campo de entrada para ingresar la consigna de velocidad escalada de 0 a 100%.

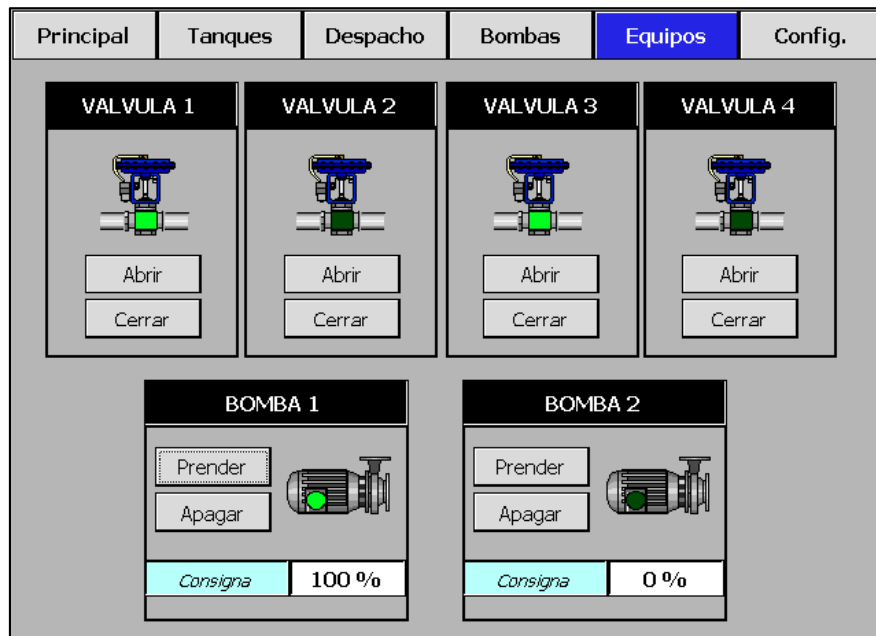


FIGURA 3.86: Vista de pantalla HMI - Equipos

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla CONFIGURACIÓN

Esta pantalla contiene las funciones para setear el modo Manual / Automático de los instrumentos (como se ve en la figura 3.87) y contiene los siguientes elementos:

- Botones “Man / Auto”, que configuran el funcionamiento independiente de los instrumentos en modo Manual o Automático.
- Selector de Stop / Run del PLC, pone al sistema maestro (PLC) en modo Stop o Run (se recomienda no utilizarlo a menos que sea personal especializado y capacitado).

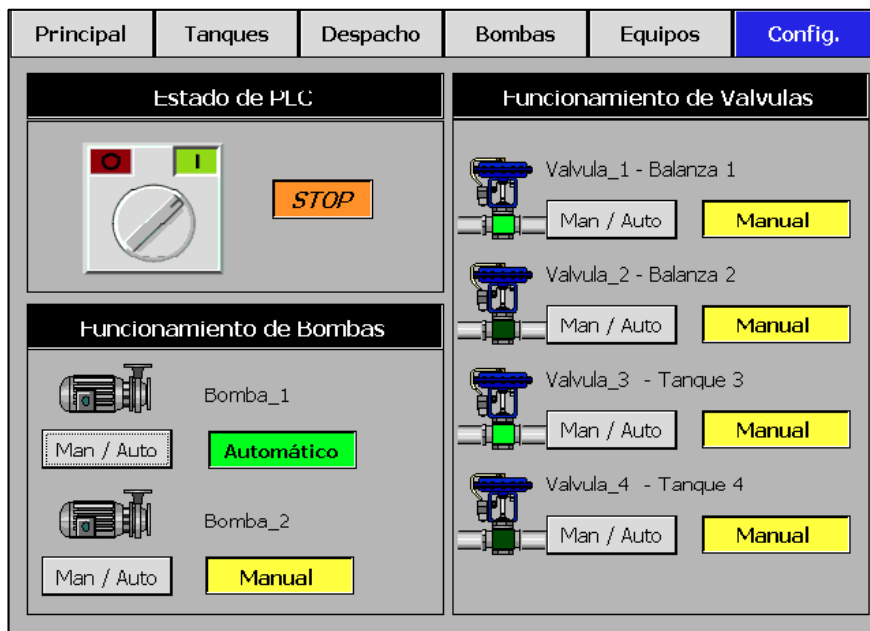


FIGURA 3.87: Vista de pantalla HMI - Configuración

FUENTE: Elaboración Propia

En caso que las válvulas estén configuradas en modo Automático, se disponen de botones invisibles (Presionar sobre las figuras de las válvulas) para setear los parámetros de apertura y cierre.

Pantalla VÁLVULA 1 – BALANZA 1

En esta pantalla se sitúan los parámetros a ingresar para controlar la apertura y cierre de la válvula, como muestra la figura 3.88.

- Campo “Apertura Final” (%), cuando la válvula este en proceso de cierre, dejara abierta el valor seteado para terminar de despachar el aceite a la cisterna.
- Campo “Inicio Cierre” (%), la válvula comenzará a cerrarse a partir de este porcentaje seteado respecto al peso de Set Point.

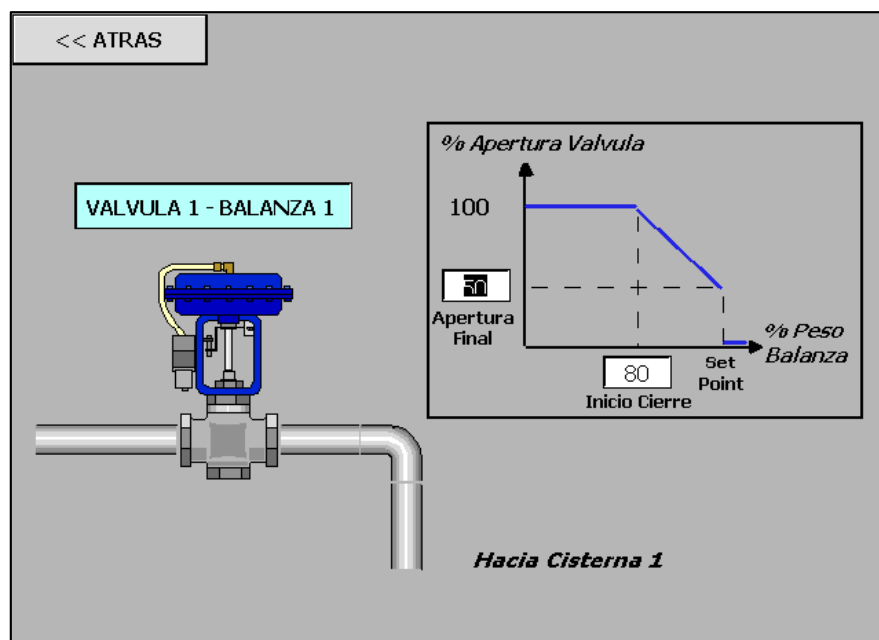


FIGURA 3.88: Vista de pantalla: Válvula 1-Balanza 1

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla VÁLVULA 2 – BALANZA 2

En esta pantalla se sitúan los parámetros a ingresar para controlar la apertura y cierre de la válvula, como muestra la figura 3.89.

- Campo “Apertura Final” (%), cuando la válvula este en proceso de cierre, dejara abierta el valor seteado para terminar de despachar el aceite a la cisterna.
- Campo “Inicio Cierre” (%), la válvula comenzará a cerrarse a partir de este porcentaje seteado respecto al peso de Set Point.

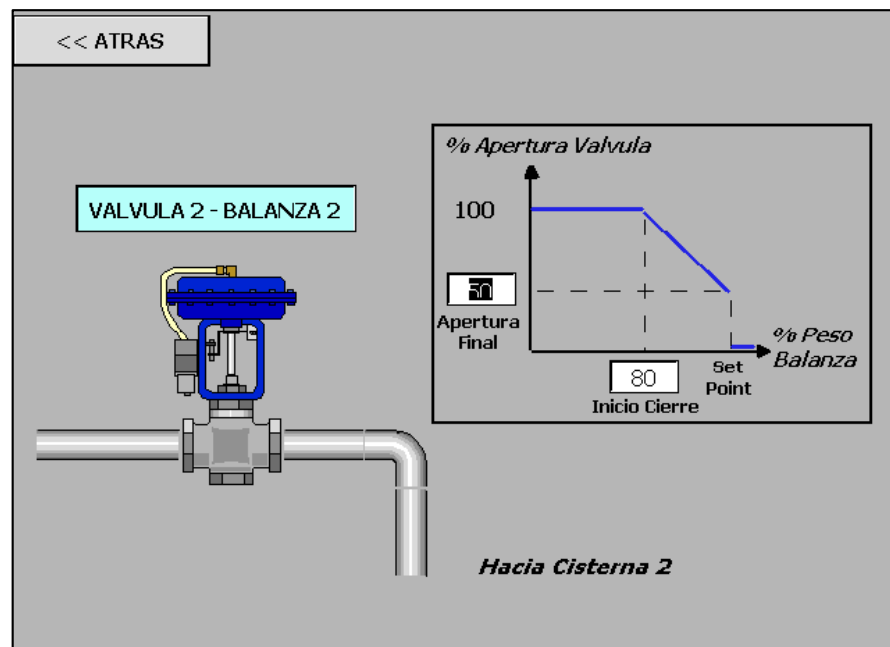


FIGURA 3.89: Vista de pantalla: Válvula 2-Balanza 2

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla VÁLVULA 3 – TANQUE 3

En esta pantalla se sitúan los parámetros a ingresar para controlar la apertura y cierre de la válvula, como muestra la figura 3.90.

- Campo “Apertura Final” (%), cuando la válvula este en proceso de cierre, dejara abierta el valor seteado para terminar de llenar el tanque 3.
- Campo “Inicio Cierre” (%), la válvula comenzará a cerrarse a partir de este porcentaje seteado respecto al nivel máximo establecido previamente.
- Campo “Apertura en Despacho”, La válvula quedara en esta posición de apertura en porcentaje cuando este llenando el tanque, con el fin de que el flujo de aceite sea mayor al despachar a las cisternas.

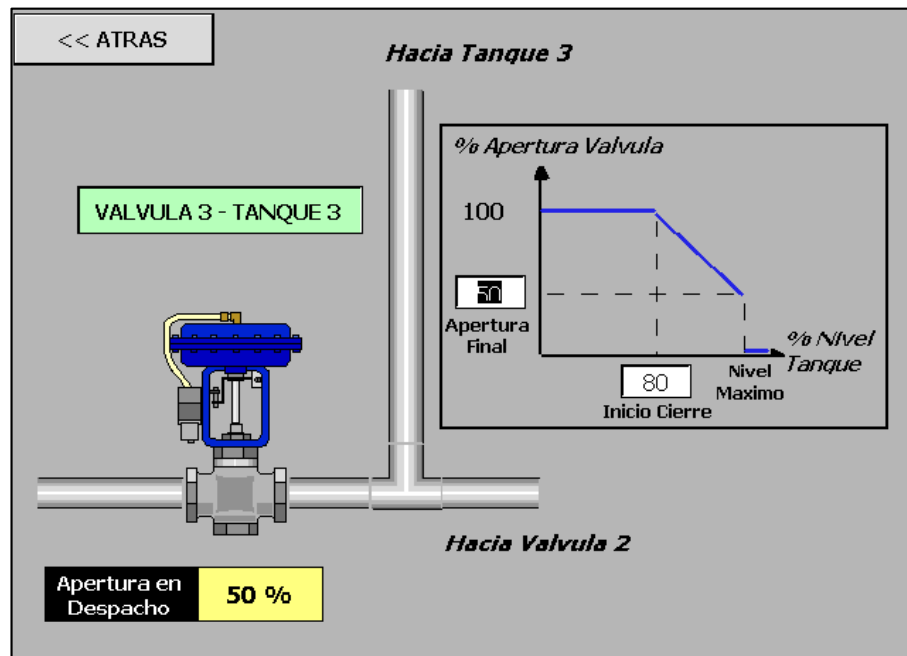


FIGURA 3.90: Vista de pantalla: Válvula 3-Tanque 3

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla VÁLVULA 4 – TANQUE 4

En esta pantalla se sitúan los parámetros a ingresar para controlar la apertura y cierre de la válvula, como muestra la figura 3.91.

- Campo “Apertura Final” (%), cuando la válvula este en proceso de cierre, dejara abierta el valor seteado para terminar de llenar el tanque 4.
- Campo “Inicio Cierre” (%), la válvula comenzará a cerrarse a partir de este porcentaje seteado respecto al nivel máximo establecido previamente.
- Campo “Apertura en Despacho”, La válvula quedara en esta posición de apertura en porcentaje cuando este llenando el tanque, con el fin de que el flujo de aceite sea mayor al despachar a las cisternas.

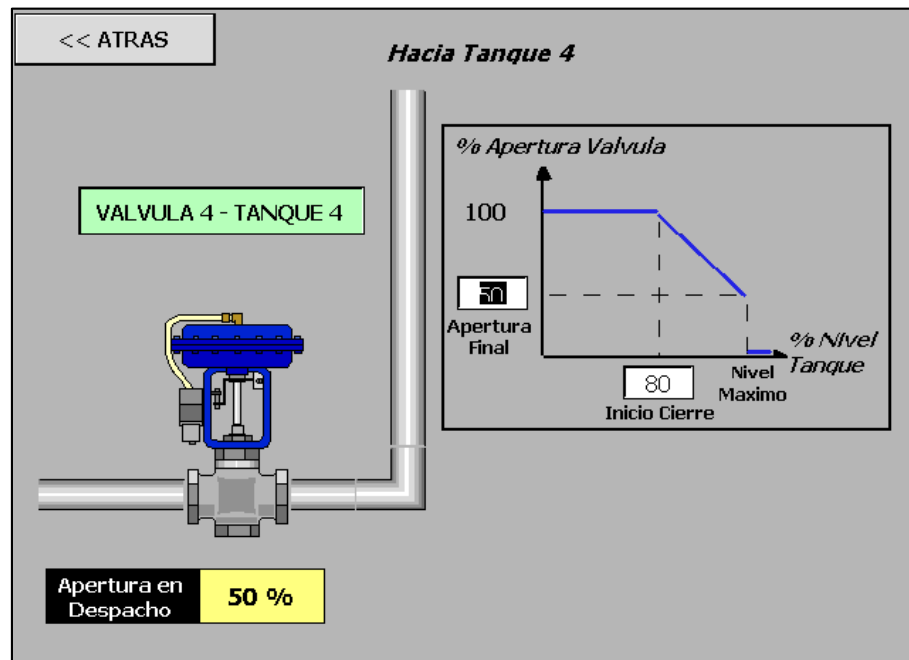


FIGURA 3.91: Vista de pantalla: Válvula 4-Tanque 4

FUENTE: Elaboración Propia

3.3.5 IMPLEMENTACIÓN DE FUNCIONES DEL SISTEMA SCADA

Pantalla VISTA GENERAL

Esta pantalla muestra los valores de las variables de proceso en tiempo real, en este caso:

- Estado de los niveles de los tanques.
- Estado de las medidas de las balanzas.
- Estados de la posición de las válvulas.
- Estado de la condición de las electrobombas (variadores).

Además se muestra una caracterización de la red de control, con los diversos buses de campo utilizados, tal como se ve en la figura 3.92

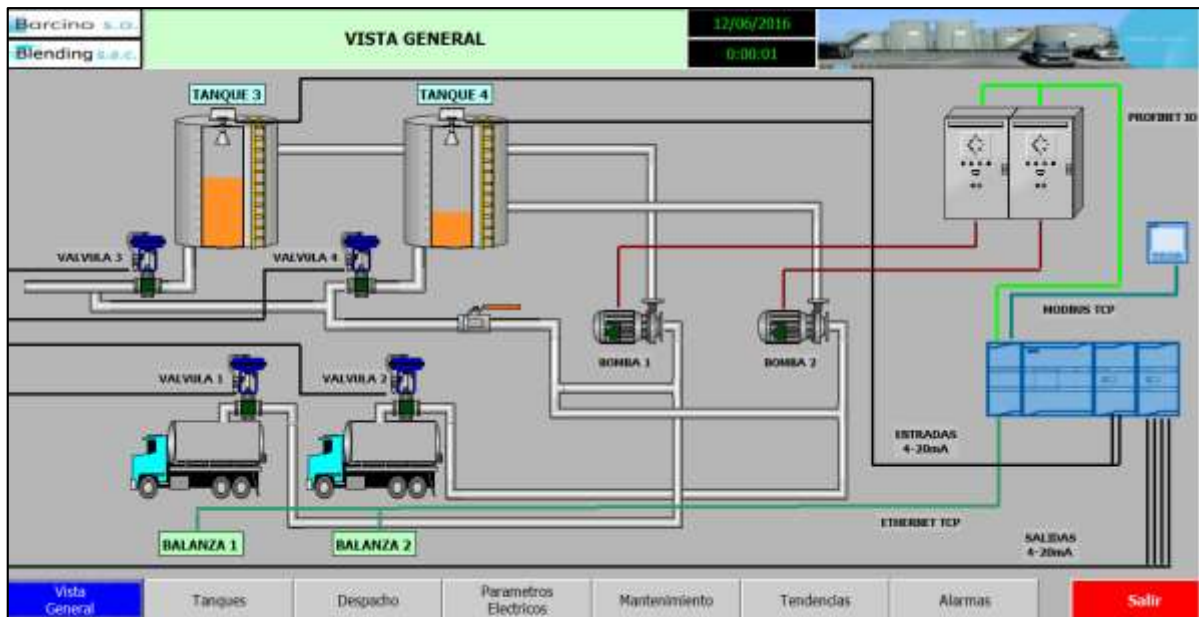


FIGURA 3.92: Pantalla SCADA – Vista General

FUENTE: Elaboración Propia

PANTALLA TANQUES

Esta pantalla muestra el estado de los tanques con los detalles de:

- Estado de los valores mínimos y máximos seteados desde el panel de operador HMI, localizado en la sala de control.
- Estado actual en porcentaje de la posición de las válvulas correspondientes a los tanques de almacenamiento de aceite.
- Estado actuales de los niveles de los tanques de almacenamiento de aceite.

La figura 3.93 muestra los gráficos de la pantalla “Tanques”.

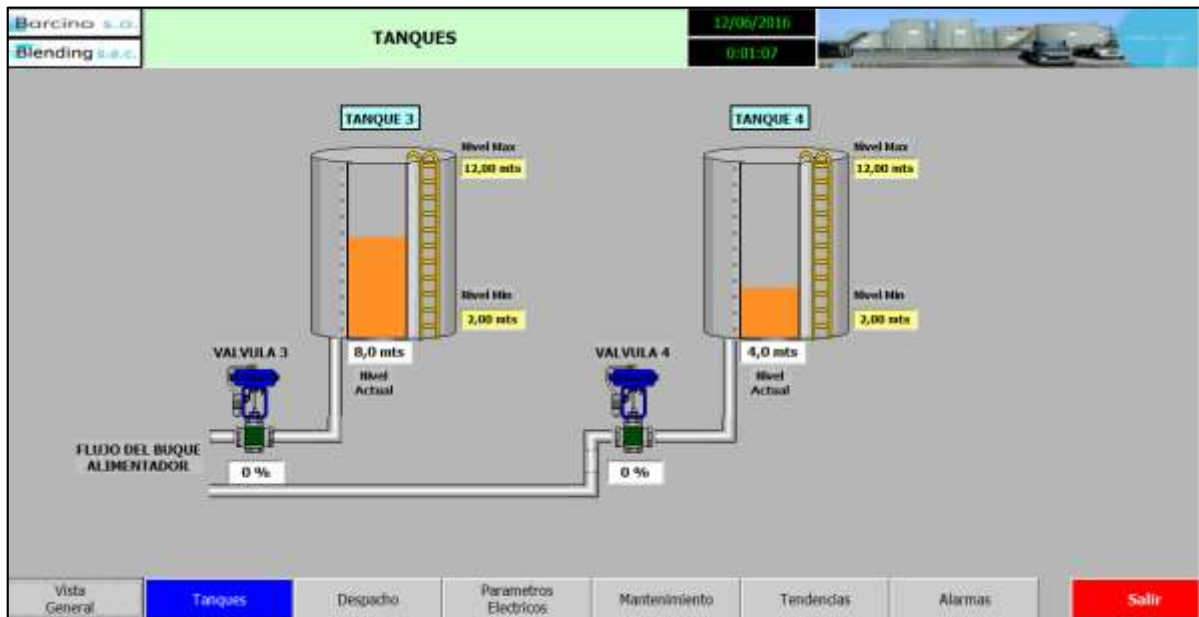


FIGURA 3.93: Pantalla SCADA – Tanques

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla DESPACHO

Esta pantalla muestra el estado actual del sistema de despacho de aceite a los camiones, resaltando:

- Estado de las electrobombas.
- Estado en porcentaje actual de las válvulas de despacho.
- Estado de las mediciones de las balanzas.
- Valor actual del Set Point de peso.

La figura 3.94 muestra los gráficos de la pantalla “Despacho”.

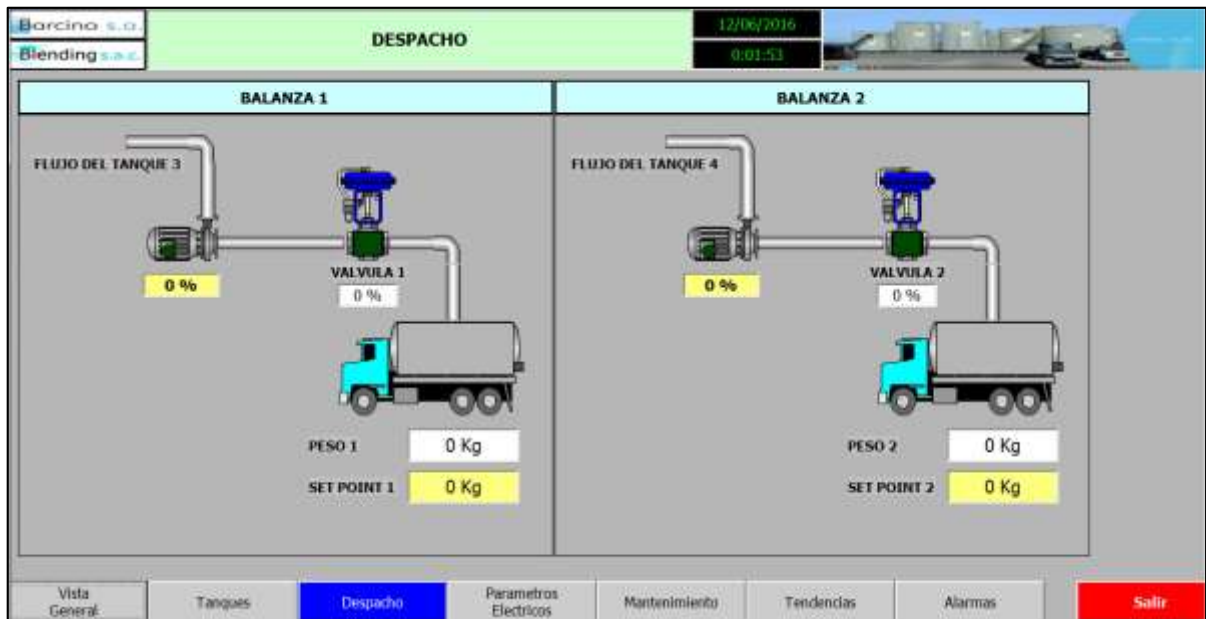


FIGURA 3.94: Pantalla SCADA – Despacho

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Esta pantalla es la más importante, pues representa los valores numéricos de las mediciones de energía del tablero de distribución general 220VAC.

Los valores medidos son:

- Corrientes de línea.
- Tensiones de línea.
- Potencias aparente, activa y reactiva.
- Factor de Potencia.
- Distorsión armónica total en Tensión.

La figura 3.95 muestra la distribución de los parámetros eléctricos en la pantalla.

CORRIENTES		POTENCIA APARENTE		POTENCIA ACTIVA		POTENCIA REACTIVA	
L1	22,00 Amp	L1	0,00 VA	L1	0,00 W	L1	0,00 VAR
L2	26,00 Amp	L2	0,00 VA	L2	0,00 W	L2	0,00 VAR
L3	21,00 Amp	L3	0,00 VA	L3	0,00 W	L3	0,00 VAR
TOTAL		0,00 VA		300,00 W		0,00 VAR	

TENSIONES L-L		TENSIONES L-N		FACTOR DE POTENCIA		THD en TENSION	
L1 - L2	435,00 V	L1 - N	0,00 V	L1	0,75	L1 - L2	5,00 %
L2 - L3	0,00 V	L2 - N	0,00 V	L2	0,00	L2 - L3	0,00 %
L3 - L1	0,00 V	L3 - N	0,00 V	L3	0,00	L3 - L1	0,00 %
TOTAL				0,00			

FIGURA 3.95: Pantalla SCADA – Parámetros Eléctricos

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla MANTENIMIENTO

Esta pantalla representa los siguientes contadores:

- Contadores de horas de funcionamiento de las electrobombas, con la finalidad de poder saber cuándo realizar mantenimiento predictivo o correctivo de los motores.
- Contador de ciclos de funcionamiento de las electroválvulas, con la finalidad de poder saber cuándo realizar mantenimiento predictivo o correctivo de las válvulas.

La figura 3.96 muestra los contadores en el SCADA.



FIGURA 3.96: Pantalla SCADA – Mantenimiento

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla TENDENCIAS

Esta pantalla muestra el funcionamiento de las electrobombas a través del tiempo, diferenciándolos por colores.

Las gráficas permitirán saber en qué proporción varían la velocidades de las bombas, para elegir mejor los parámetros de configuración en el panel HMI.

La figura 3.97 muestra las curvas que representan el estado de las bombas en el SCADA.

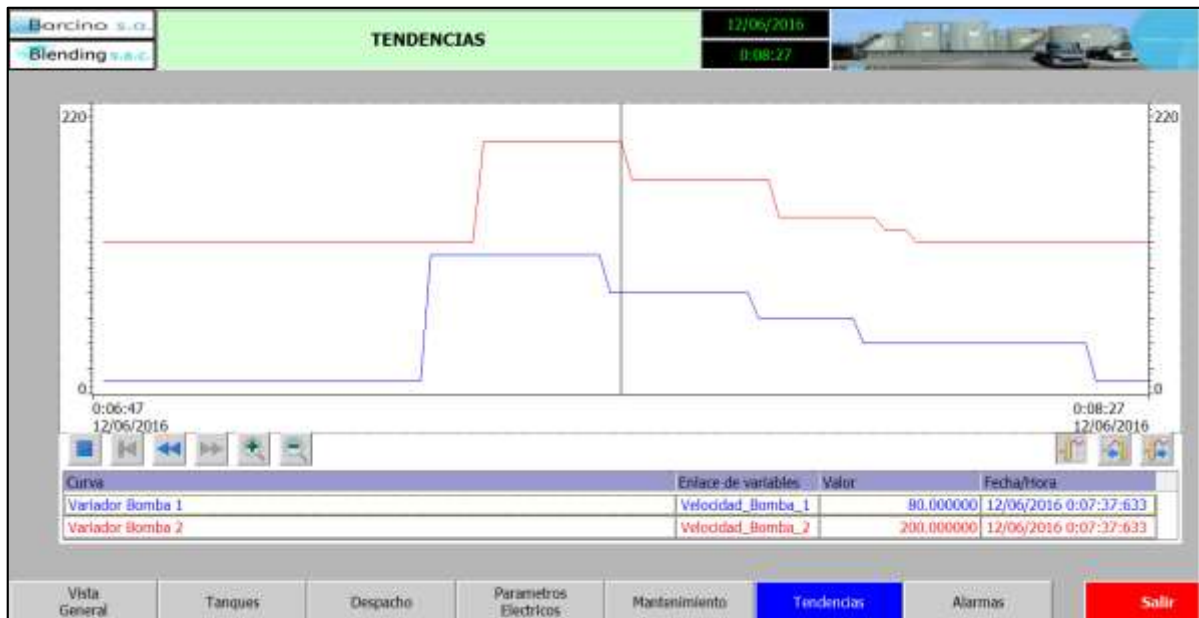


FIGURA 3.97: Pantalla SCADA – Tendencias

FUENTE: Elaboración Propia

Pantalla ALARMAS

Esta pantalla muestra avisos correspondientes a las alarmas del sistema, como niveles máximos alcanzados, fallas de las bombas, etc.

Además se muestra el botón Reset, para confirmar los avisos de falla mencionados.

La figura 3.98 muestra las alarmas que se visualizan en el SCADA.



The screenshot displays the 'ALARMAS' screen in a SCADA system. At the top, there is a header bar with 'Borcino s.a.' and 'Blending s.a.c.' on the left, 'ALARMAS' in the center, and the date '12/06/2016' and time '0:09:22' on the right. Below the header is a table with the following data:

	Nº	Hora	Fecha	Estado	Mensaje	QGR
Despacho	4	0:06:47	12/06/2016	E	Nivel Bajo alcanzado en Tanque 4	0
Despacho	2	0:06:47	12/06/2016	E	Nivel Bajo alcanzado en Tanque 3	0

Below the table is a yellow 'Reset' button. At the bottom, there is a navigation menu with buttons for 'Vista General', 'Tanques', 'Despacho', 'Parámetros Electricos', 'Mantenimiento', 'Tendencias', 'Alarmas' (highlighted in blue), and 'Salir' (highlighted in red).

FIGURA 3.98: Pantalla SCADA – Alarmas

FUENTE: Elaboración Propia

3.3.6 INTEGRACIÓN DEL ANALIZADOR DE RED EN EL SISTEMA DE CONTROL.

El analizador de red PAC 4200, será instalado en el tablero de distribución general de 220 VAC, de tal manera que medirá los parámetros de energía y poder realizar un estudio de calidad y eficiencia de la red.

El tipo de conexión del analizador de red será el 3P4W, correspondiente a tres fases, tres conductores y carga balanceada, según la figura 3.99.

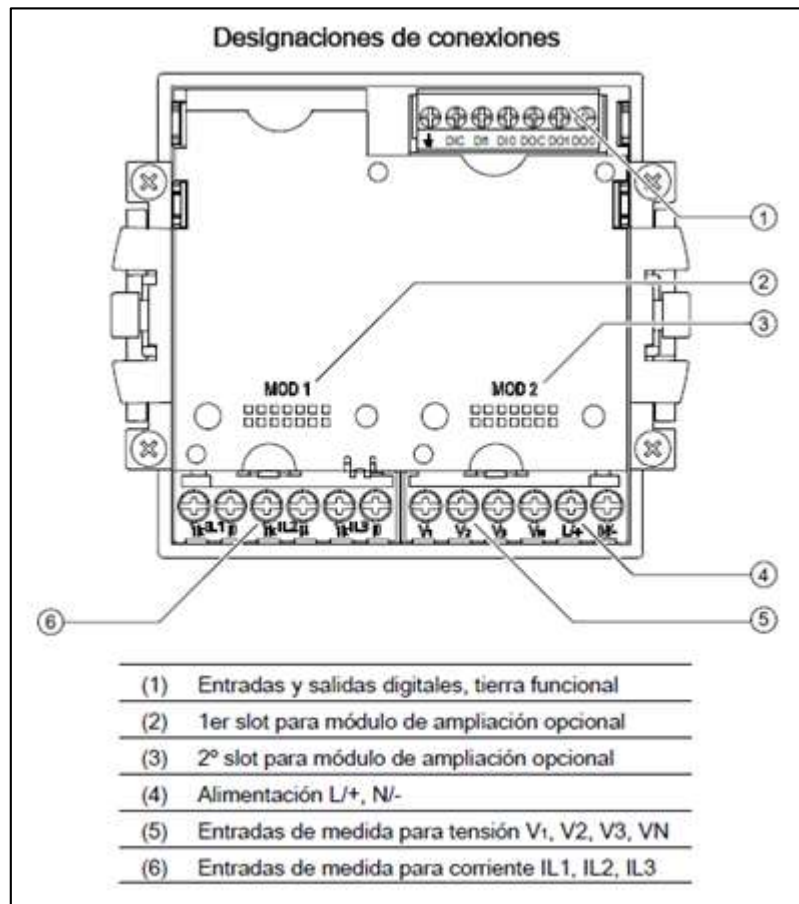


FIGURA 3.99: Conexiones PAC4200

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Setiembre del 2014

Debido a la potencia de los variadores se utilizará en la conexión del analizador de red, transformadores de corriente, según la figura 3.101.

La conexión eléctrica del analizador de red, al tablero de distribución general, como se mencionó antes, a través de tres transformadores de corriente conectados a la salida del interruptor general, como se ve en la figura 3.100.

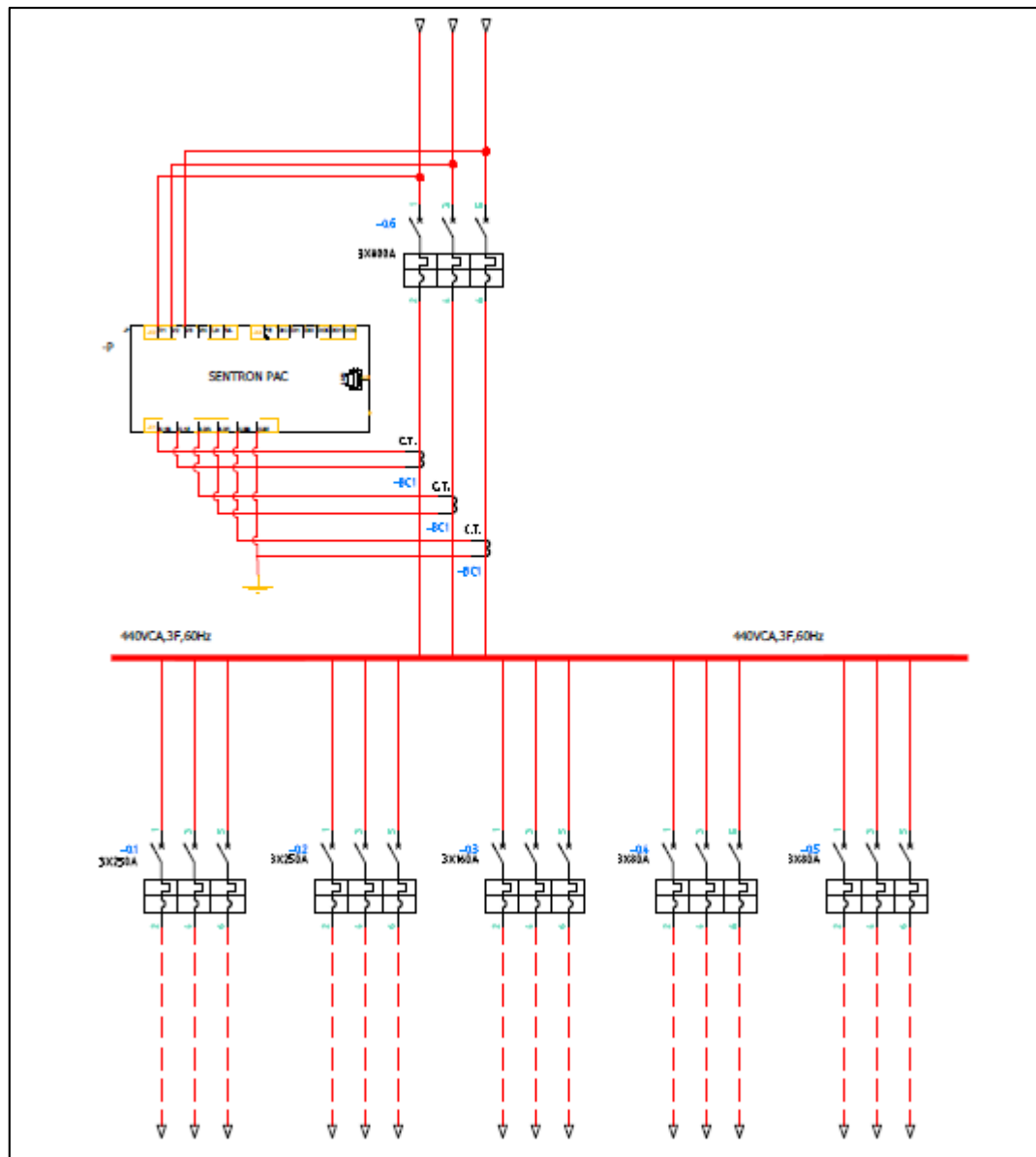


FIGURA 3.100: Diagrama del Tablero de Distribución General

FUENTE: Elaboración Propia

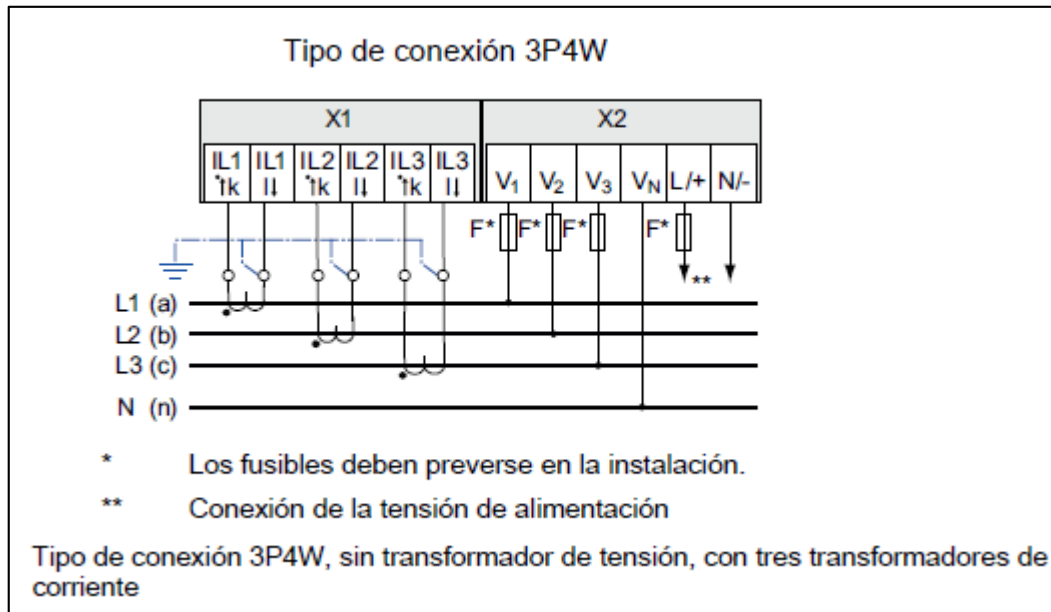


FIGURA 3.101: Conexión 3P4W

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Setiembre del 2014

Se procede a realizar la configuración del PAC 4200 en el software PowerConfig, como se ve en la figura 3.102.

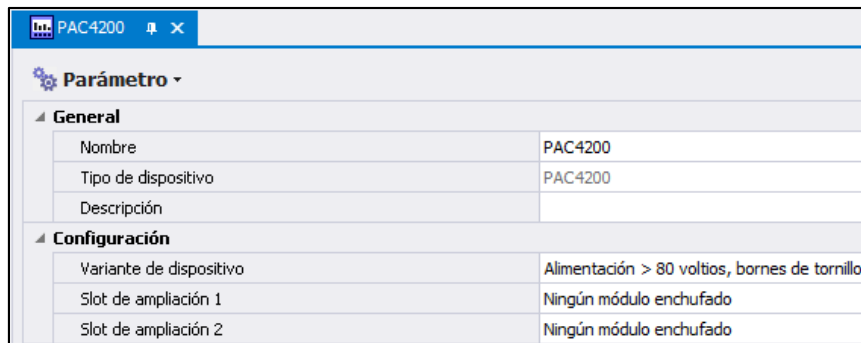


FIGURA 3.102: Configuración PAC4200 – Inicial

FUENTE: Elaboración Propia

Según el diseño, en analizador se conectará a la red del PLC, para que éste solicite los datos medidos del PAC 4200, como se muestra en la figura 3.103.

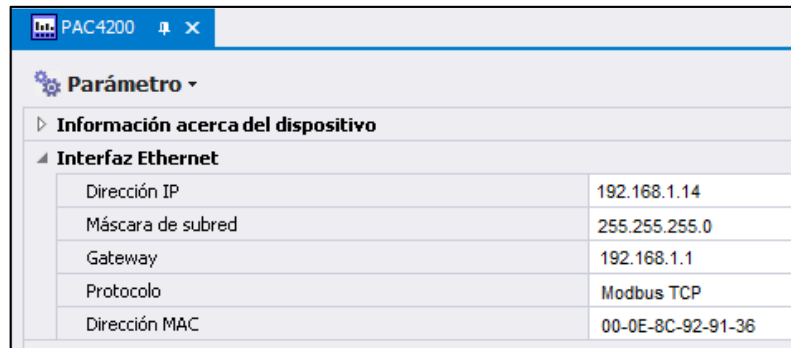


FIGURA 3.103: Configuración PAC4200 – Interfaz Ethernet

FUENTE: Elaboración Propia

Para solicitar los datos por Modbus, es necesario conocer el mapeo de registros, las cuales están disponibles en el manual del analizador de red. Como los registros son casi 500 solo se mostraran los 22 primeros, como muestra la figura 3.104.

Offset	Número de registros	Nombre	Formato	Unidad	Rango admitido	Acceso
1	2	Tensión L1-N	Float	V	-	R
3	2	Tensión L2-N	Float	V	-	R
5	2	Tensión L3-N	Float	V	-	R
7	2	Tensión L1-L2	Float	V	-	R
9	2	Tensión L2-L3	Float	V	-	R
11	2	Tensión L3-L1	Float	V	-	R
13	2	Corriente L1	Float	A	-	R
15	2	Corriente L2	Float	A	-	R
17	2	Corriente L3	Float	A	-	R
19	2	Potencia aparente L1	Float	VA	-	R
21	2	Potencia aparente L2	Float	VA	-	R
23	2	Potencia aparente L3	Float	VA	-	R
25	2	Potencia activa L1	Float	W	-	R
27	2	Potencia activa L2	Float	W	-	R
29	2	Potencia activa L3	Float	W	-	R
31	2	Potencia reactiva L1 (Qn)	Float	var	-	R
33	2	Potencia reactiva L2 (Qn)	Float	var	-	R
35	2	Potencia reactiva L3 (Qn)	Float	var	-	R
37	2	Factor de potencia L1	Float	-	0 ... 1	R
39	2	Factor de potencia L2	Float	-	0 ... 1	R
41	2	Factor de potencia L3	Float	-	0 ... 1	R
43	2	THD en tensión L1-L2	Float	%	0 ... 100	R

FIGURA 3.104: Direcciones Modbus – PAC4200

FUENTE: www.siemens.com, consultada en Setiembre del 2014

Una vez configurado el analizador de red y definido los registros de medición, solo se requiere que se implemente en el PLC el algoritmo MODBUS para la lectura de datos, tal como muestra la figura 3.105.

```

MODBUS_TCP_PAC [FC17]
0001 //Se configura la instruccion Modbus TCP para la comunicacion con el PAC 4200
0002 "MB_CLIENT_DB" (REQ:="MB_CLIENT_DB".REQ,
0003             DISCONNECT:="MB_CLIENT_DB".DISCONNECT,
0004             CONNECT_ID:=1,
0005             IP_OCTET_1:=192,
0006             IP_OCTET_2:=168,
0007             IP_OCTET_3:=1,
0008             IP_OCTET_4:=14,
0009             IP_PORT:=502,
0010             MB_MODE:=0,
0011             MB_DATA_ADDR:="MB_CLIENT_DB".MB_DATA_ADDR,
0012             MB_DATA_LEN:=2,
0013             DONE=>"MB_CLIENT_DB".DONE,
0014             BUSY=>"MB_CLIENT_DB".BUSY,
0015             ERROR=>"MB_CLIENT_DB".ERROR,
0016             STATUS=>"MB_CLIENT_DB".STATUS,
0017             MB_DATA_PTR:="VARIABLES".RxTx);

```

FIGURA 3.105: Programación PLC – Modbus PAC4200

FUENTE: Elaboración Propia

Como se leen alrededor de cincuenta datos, solo se muestra la lectura de una de las variables medidas por el PAC 4200, en este caso la Potencia Activa de L1 (Linea 1 de la red), como se ve en la figura 3.106.

```

0132 step12://En el paso 12 se procede a leer el valor de la Potencia activa L1
0133 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA-
    TA_ADDR := 40026;
0134 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN
0135     "VARIABLES".Potencia_Activa_L1:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON-
    NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=13;
0136     GOTO FIN;
0137 ELSE
0138     GOTO FIN;
0139 END_IF;

```

FIGURA 3.106: Lectura de datos del PLC hacia el PAC4200

FUENTE: Elaboración Propia

La programación completa del código para el PAC4200 se encuentra en el anexo.

3.3.7 INTEGRACIÓN DE LOS CONTROLADORES DE PESAJE EN LA RED DEL PLC

Como se especificó en el diseño, los controladores de pesaje (mostrados en la figura 3.107) se integrarán en la red del PLC, a través del protocolo TCP.



FIGURA 3.107: Controlador de pesaje de las Balanzas

FUENTE: Elaboración Propia

De acuerdo al protocolo TCP, se define Cliente TCP al dispositivo que solicita los datos (PLC) y Servidor TCP al dispositivo que obedece las peticiones del cliente TCP (Controlador de Pesaje).

Para la recepción de datos a través de TCP, se utiliza el bloque TRCV_C, luego se configuran los parámetros de los dispositivos interlocutores.

El bloque de programación del PLC para adquirir los datos de las balanzas se muestra en la figura 3.108.

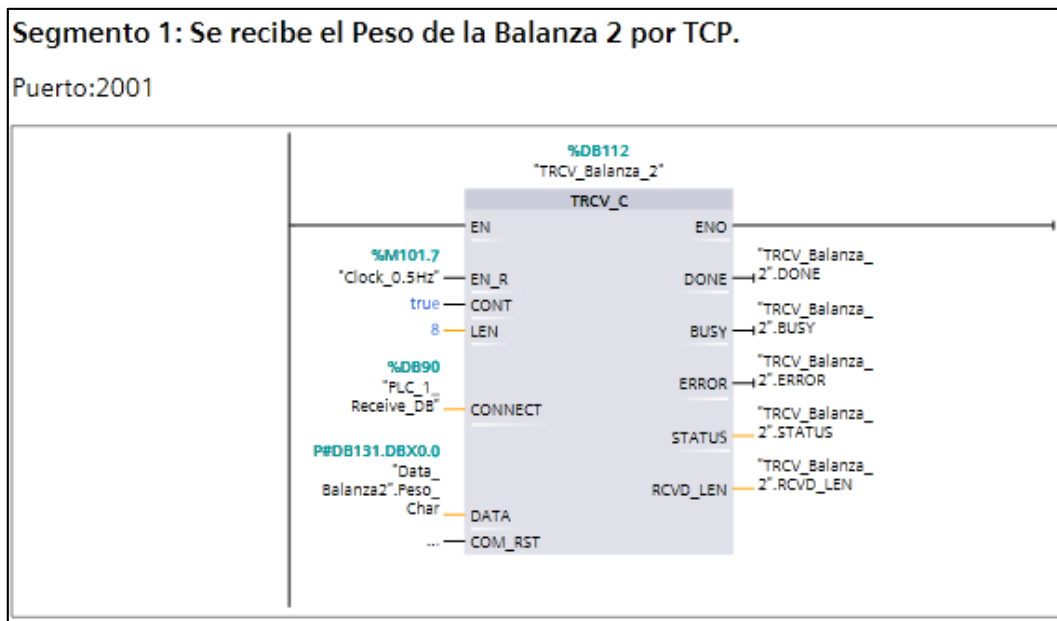


FIGURA 3.108: Lectura del PLC hacia las Balanzas

FUENTE: Elaboración Propia

Del bloque se observa que:

- La adquisición de datos se realizará cada 1 seg.
- Se realizará la lectura de 8 Bytes.
- El dato recibido se almacenará en una cadena de caracteres (char).

Para que el PLC, reciba los datos del Servidor TCP (Controladores de pesaje), debe direccionarlo por:

- Dirección IP, según diseño los controladores tienen dirección 192.168.1.30 y 192.168.1.31.
- Puerto Lógico, según los parámetros de fábrica, los controladores de pesaje escriben sus datos en el puerto 2001.

La figura 3.109 muestra la configuración de los parámetros de la red para los controladores de pesaje.

Parámetros de la conexión

General

	Local	Interlocutor
Punto final:	PLC_Control	Sin especificar
Interfaz:	PLC_Control, InterfazPROFINET_1[X1 : PN]	
Subred:	PN/IE_1	
Dirección:	192.168.1.12	192.168.1.30
Tipo de conexión:	TCP	
ID de conexión (dec):	1	
Datos de conexión:	PLC_1_Receive_DB	
	<input checked="" type="radio"/> Establecimiento activo de la conexión	<input type="radio"/> Establecimiento activo de la conexión

Detalles de dirección

	Puerto local	Puerto del interlocutor
Puerto (decimal):		2001

FIGURA 3.109: Configuración de la red PLC-Balanzas

FUENTE: Elaboración Propia

3.3.8 INTEGRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE CAMPO EN LAZO 4-20 MA HACIA EL PLC.

Para integrar los instrumentos en lazo de corriente, es necesario que el controlador PLC, disponga entradas y salida analógica, debido a que sólo dispone 2 entradas analógicas de 0 a 10 VDC, se utilizarán 2 módulos adicionales:

SM1234 – 4AI / 2AQ

Este módulo posee entradas configurables en tensión 0-10 VDC y corriente 4-20 mA, además de salidas 4-20 mA, se utilizará para los siguientes instrumentos:

- Sensores de Nivel de los Tanques (2)
- Salidas de Válvulas de los Tanques (2)

SM1232 – 2AQ

Este módulo posee salidas en corriente 4-20 mA, se utilizará para los siguientes instrumentos:

- Salidas de las Válvulas de las cisternas (2)

La figura 3.110 muestra vista de los módulos de entrada/salida analógicos conectados al PLC.

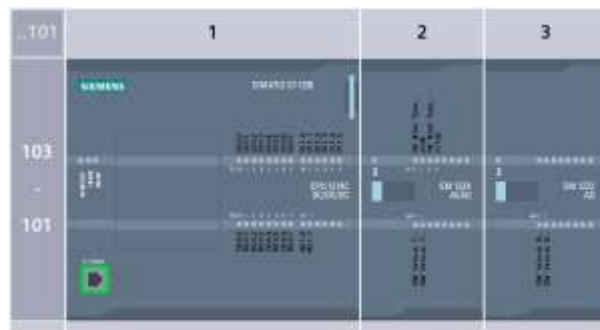


FIGURA 3.110: Vista de dispositivos-PLC S7-1200

FUENTE: Elaboración Propia

La figura 3.111 muestra la configuración de los módulos de entradas analógicas:

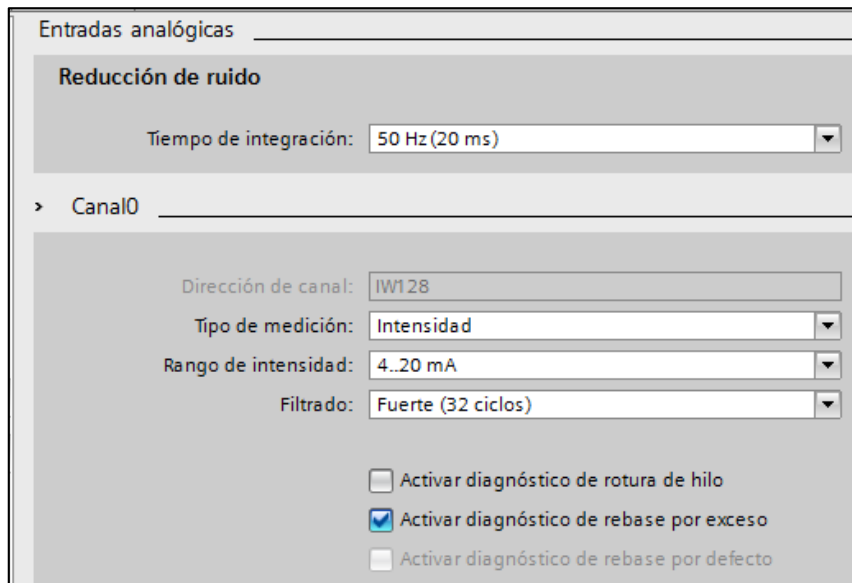


FIGURA 3.111: Configuración del tipo de señal de entrada analógica

FUENTE: Elaboración Propia

Según la configuración se tiene la tabla 3.10:

PARAMETRO	VALOR	COMENTARIO
Tiempo de Integración	50 Hz (20 ms)	Define el periodo de muestreo de la señal analogica.
Tipo de Medición	Corriente	Establece que la señal analogica es lazo de corriente.
Rango de Intensidad	4-20 mA	El lazo de corriente es de 4-20 mA
Filtrado	Fuerte (32 Ciclos)	Establece el filtro (promedio de las ultimas 32 muestras).

TABLA 3.10: Descripción de la configuración de entradas analógicas

FUENTE: Elaboración Propia

El diagnostico de rotura de hilo determina el momento en que la corriente de entrada está por debajo del valor mínimo (4 mA), lo que supone rotura de hilo.

El diagnostico de rebase por exceso determina el momento en que la corriente de entrada supera el valor máximo (20 mA).

La figura 3.112 muestra la configuración de las salidas analógicas:

FIGURA 3.112: Configuración del tipo de señal de salida analógica

FUENTE: Elaboración Propia

Según la configuración se tiene la tabla 3.11:

PARAMETRO	VALOR	COMENTARIO
Reacción a STOP	Aplicar valor Sust.	Establece aplicar a la salida el valor sustituto en corriente.
Tipo de Salida Analog.	Corriente	Establece que la señal analogica es lazo de corriente.
Rango de Intensidad	4-20 mA	El lazo de corriente es de 4-20 mA.
Valor Sustituto	4 mA	Establece que el valor sustituto en STOP es 4 mA.

TABLA 3.11: Descripción de la configuración de salidas analógicas

FUENTE: Elaboración Propia

La reacción de STOP a la CPU, puede originar dos alternativas, que la salida analógica aplique el último valor, o que aplique el valor sustitutivo, se selecciona la segunda opción debido a que el proceso no requiere memorizar los valores de salida analógica.

Declaración de Variables

Realizada la configuración, se procede a crear los nombres de las variables de entrada y salida para poder utilizarlos en el programa, como se ve en la figura 3.113.







Tabla de variables estándar [56]				
Variables PLC				
Variables PLC				
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia
	IW_Nivel_Tanque_3	Word	%IW96	False
	IW_Nivel_Tanque_4	Word	%IW100	False
	QW_Valvula_Tanque_3	Word	%QW96	False
	QW_Valvula_Tanque_4	Word	%QW98	False
	QW_Valvula_Balanza_1	Word	%QW112	False
	QW_Valvula_Balanza_2	Word	%QW114	False

FIGURA 3.113: Definición de las variables de entradas y salidas analógicas

FUENTE: Elaboración Propia

Escalamiento de las señales de entrada

Debido a que el PLC, escala los valores analógicos de entrada de 0 a 27648, es necesario desescalarlos para procesarlos en unidades de ingeniería.

Los bloques a utilizar (que se muestran en las figuras 3.114 y 3.115) son:

NORM_X : Escala la entrada del rango variable a valores de 0.0 – 1.0

SCALE_X : Escala la entrada de 0.0 – 1.0 a valores de rango variable

Se crea la función “Escalamiento” para adquirir los datos de los niveles.

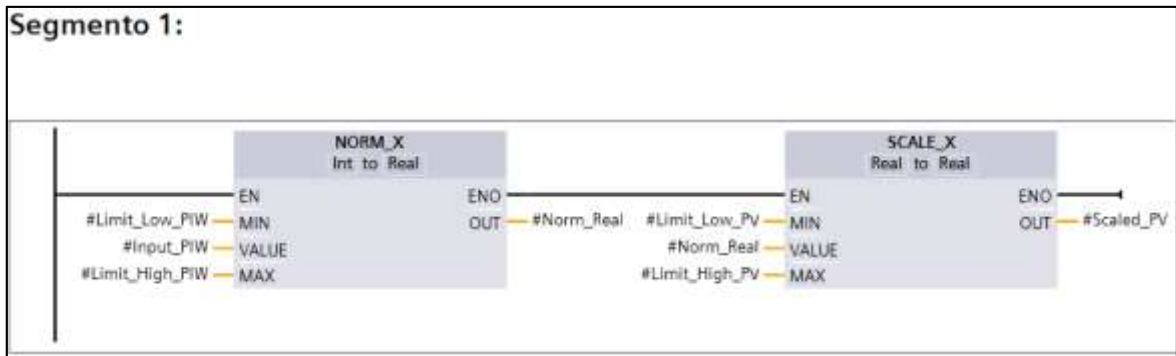


FIGURA 3.114: Función de escalamiento de valores analógicos

FUENTE: Elaboración Propia

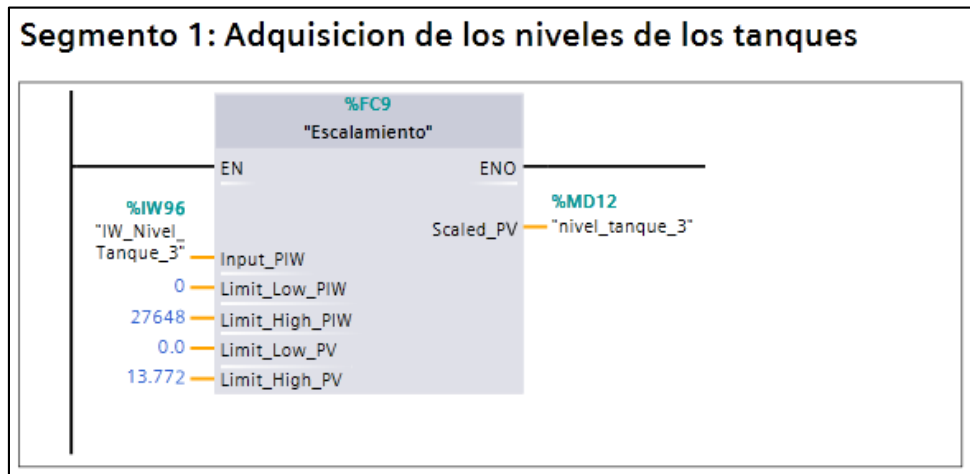


FIGURA 3.115: Bloque de adquisición de niveles de los tanques

FUENTE: Elaboración Propia

Escalamiento de las señales de salida

Similarmente a las entradas, el PLC escribe las salidas analógicas en el rango de 0 a 27648, por lo que se deben desescalar los valores de unidades de ingeniería procesados.

Se crea una función para convertir los valores de porcentaje del proceso, para escalar a los valores de 0 a 27648, como se ve en la figura 3.116 y 3.117.

PORCENTAJE_2_QW [FC10]

Nombre	Tipo de datos	Offset
▼ Input		
Valor_Porcentaje	Real	
▼ Output		
Valor_QW	Word	
InOut		
▼ Temp		
Valor_IW_Real	Real	0.0
▼ Return		
PORCENTAJE_2_QW	Void	

```

0001
0002 // Escala el valor de 0-100% a 0-27648
0003
0004 #Valor_IW_Real := (27648.0 * #Valor_Porcentaje)/100.0;
0005 #Valor_QW := REAL_TO_INT(#Valor_IW_Real);

```

FIGURA 3.116: Desescalamiento de valores analógicos

FUENTE: Elaboración Propia

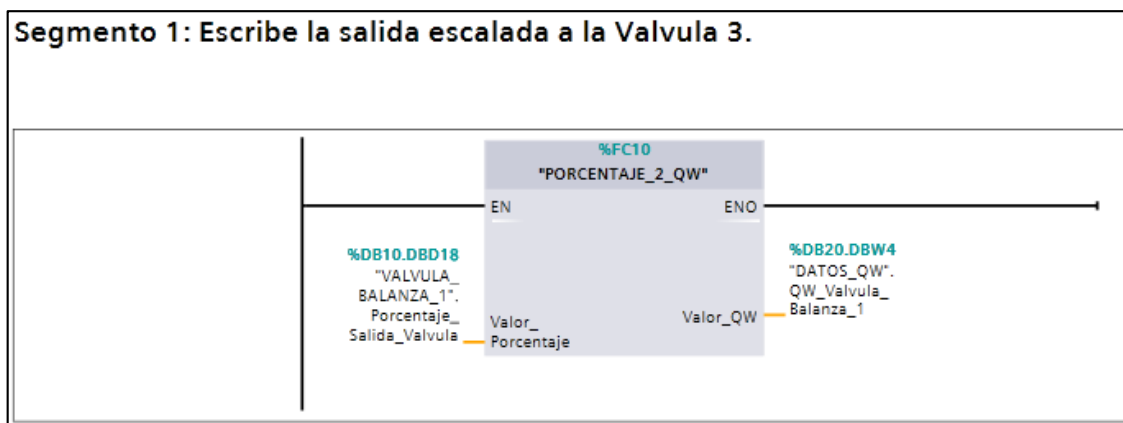


FIGURA 3.117: Escritura de valores analógicos

FUENTE: Elaboración Propia

3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.4.1 Pruebas de Simulación

Para verificar que la lógica de programación elaborada, funciona correctamente, se puede simular el PLC, esto gracias a que en la arquitectura, se consideró un PLC adicional de simulación (S7-300), como se ve en la figura 3.118.

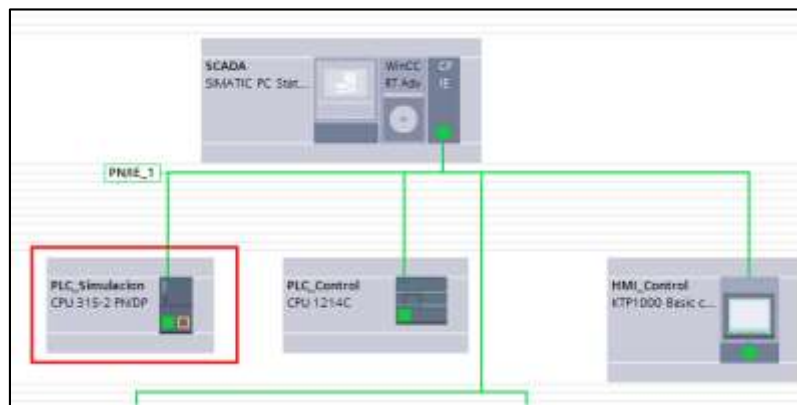


FIGURA 3.118: Vista de red del PLC Simulación

FUENTE: Elaboración Propia

Para iniciar la simulación se selecciona la opción en la barra de herramientas, tal como se ve en la figura 3.119.

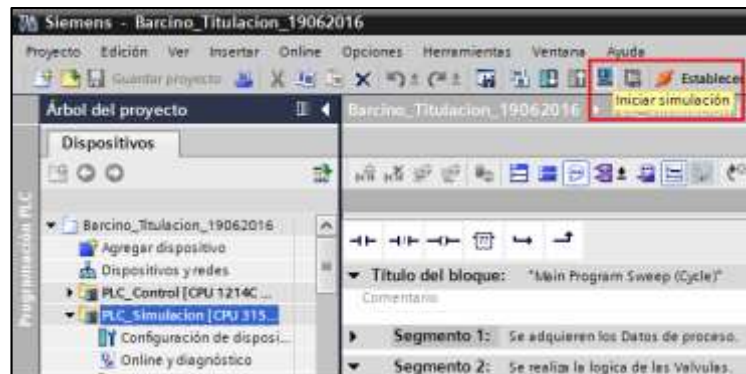


FIGURA 3.119: Inicio de simulación

FUENTE: Elaboración Propia

Por lo que el software realizará toda la carga del programa, en el PLC de Simulación, como se ven en la figura 3.120.

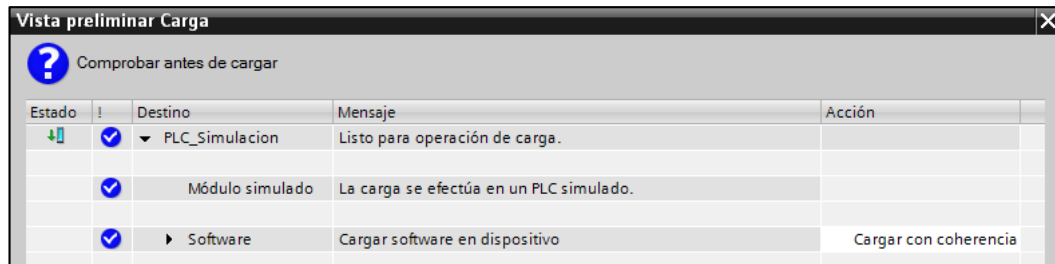


FIGURA 3.120: Carga del PLC de simulación

FUENTE: Elaboración Propia

Para simular los variables de proceso se debe verificar las direcciones como muestra la figura 3.121, que representa a las variables previamente creadas.

	Nombre	Dirección	Formato visualiza..	Valor de observac..	Valor de forzado
1	*VARIABLES_PROCESO*.Nivel_Tanque_3	%DB1.DBD8	Número en c...		8.0
2	*VARIABLES_PROCESO*.Nivel_Tanque_4	%DB1.DBD12	Número en coma...		4.0
3	*VARIABLES_PROCESO*.Peso_Balanza_1	%DB1.DBD0	Número en coma...		9000.0
4	*VARIABLES_PROCESO*.Peso_Balanza_2	%DB1.DBD4	Número en coma...		0.0
5	*VALVULA_TANQUE_3*.Porcentaje_Nivel_Maximo	%DB12.DBD36	Número en coma...		
6	*VALVULA_TANQUE_4*.Porcentaje_Nivel_Maximo	%DB13.DBD36	Número en coma...		

FIGURA 3.121: Variables de simulación

FUENTE: Elaboración Propia

En el PLC simulado se direccionan dichas direcciones y se fuerzan los valores (en este caso niveles de los tanques) para poder visualizarlos en el HMI, tal como se ve en la figura 3.122.

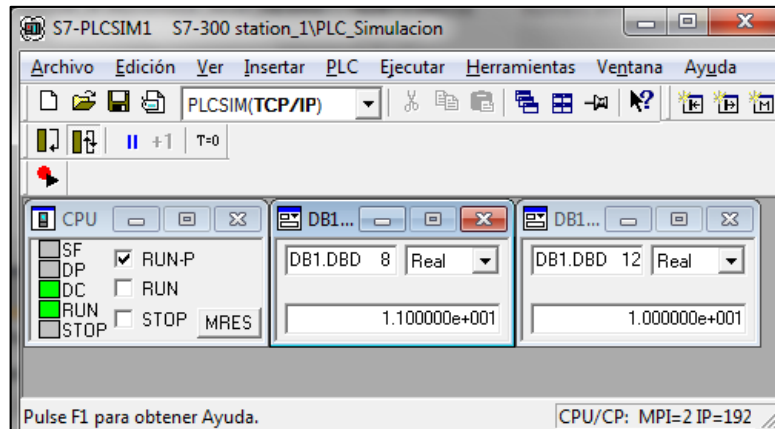


FIGURA 3.122: Forzado de variables de simulación

FUENTE: Elaboración Propia

Para este caso se forzaron los niveles a 11 y 10 metros, lo que se puede verificar al simular el panel HMI en la figura 3.123.

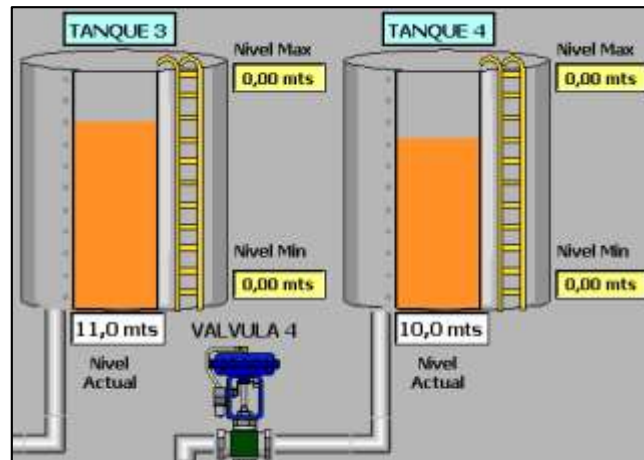


FIGURA 3.123: Verificación de los niveles por simulación

FUENTE: Elaboración Propia

Modo Manual

Para seleccionar este modo de funcionamiento, es necesario cambiar la posición del selector graficado en el panel HMI, correspondiente al instrumento respectivo, por ejemplo la “Válvula 1”, luego en el panel de control se presiona el botón de mando y se verifica en el programa que la válvula se abrió al 100%, tal como se ve en la figura 3.124.

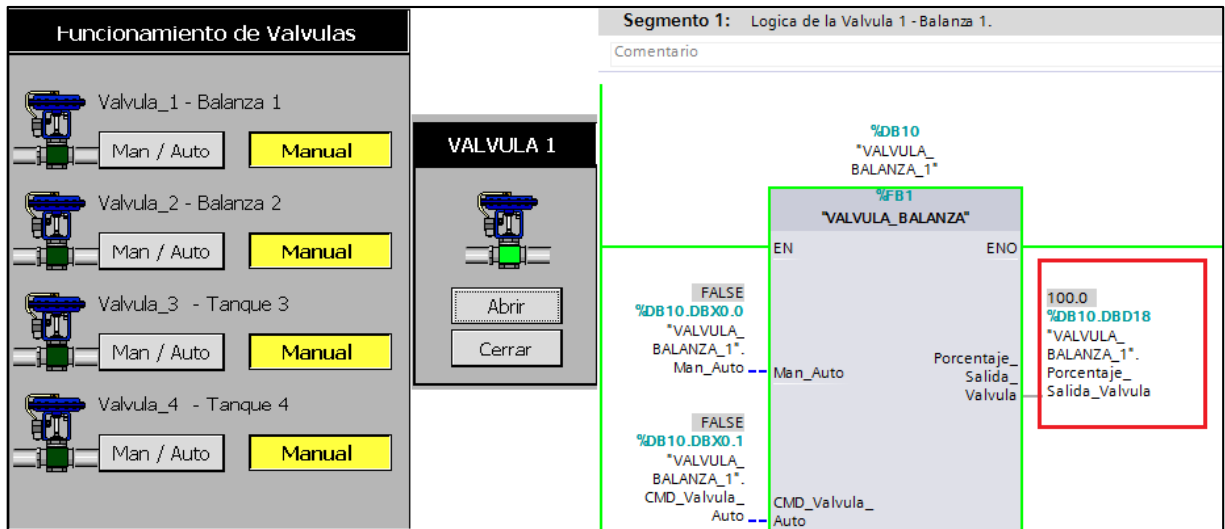


FIGURA 3.124: Simulación de válvulas en modo manual

FUENTE: Elaboración Propia

Para verificar el funcionamiento en manual de las bombas, debe darse la señal de arranque y la consigna de velocidad, escalada de 0 a 100%, todo desde el HMI, como se ve en la figura 3.125 y 3.126.

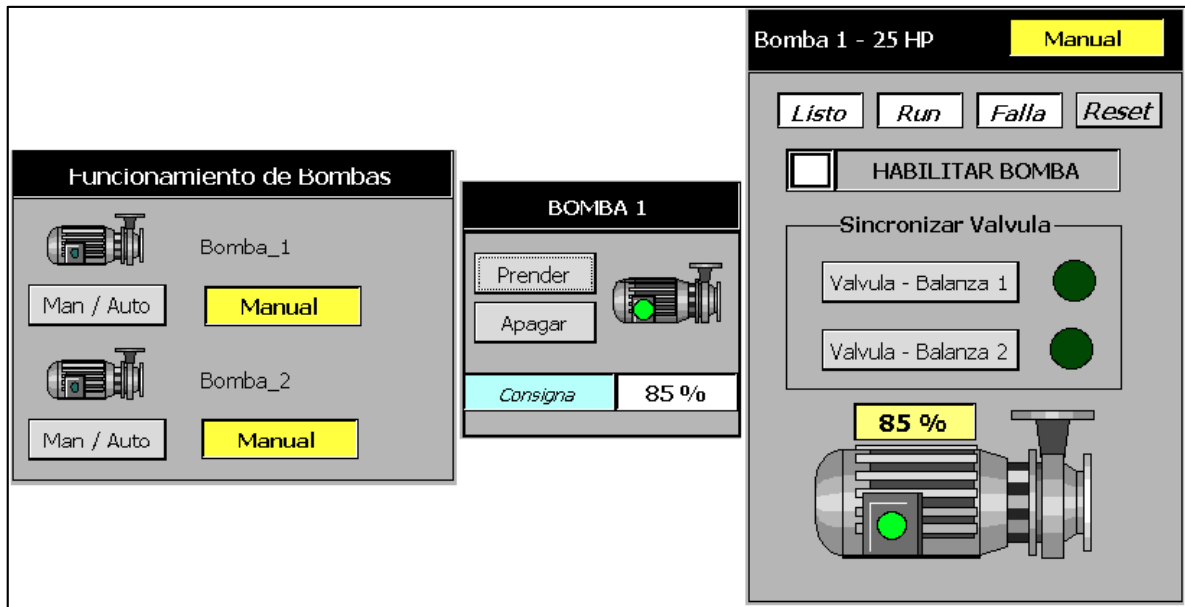


FIGURA 3.125: Simulación de bombas en modo manual

FUENTE: Elaboración Propia

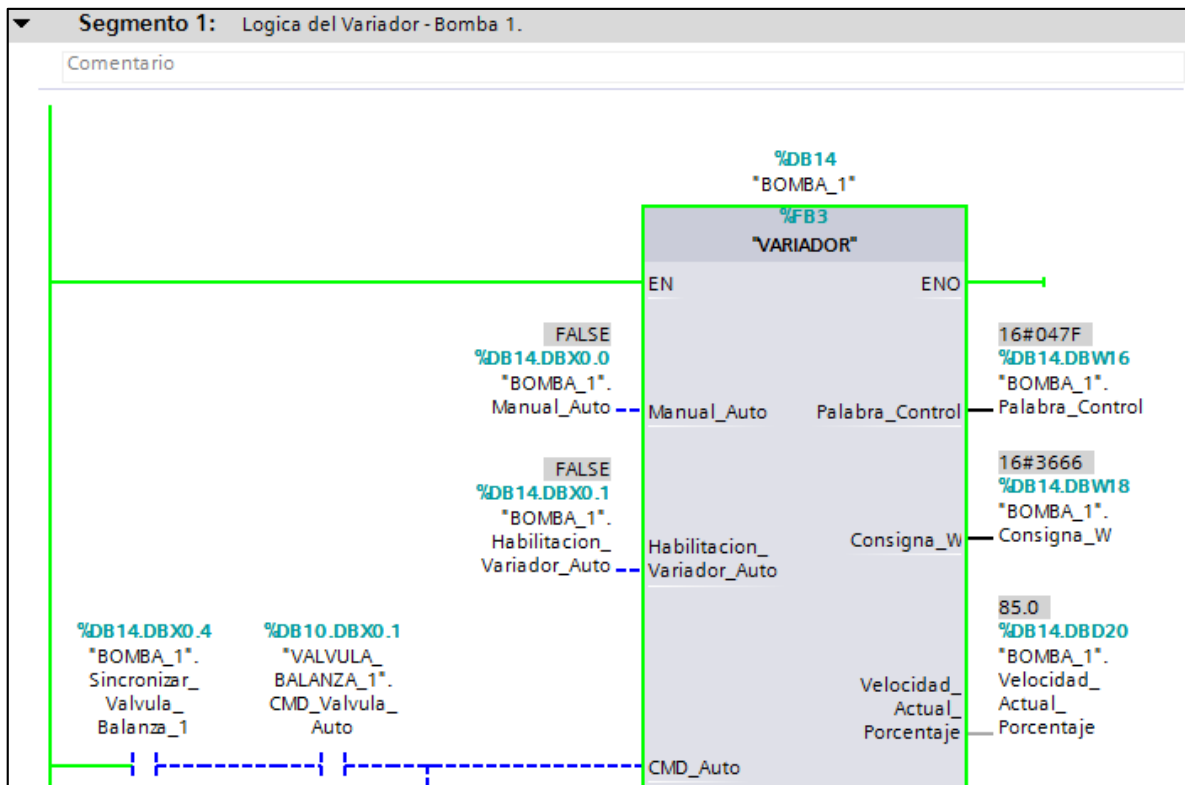


FIGURA 3.126: Funcionamiento de las bombas en simulación

FUENTE: Elaboración Propia

Modo Automático

Este modo se selecciona de la misma manera que en manual; en este caso, se simulará el llenado de los tanques principales, para lo cual previamente se selecciona el modo automático para los todos los instrumentos.

Primero se fuerzan a cero los niveles de ambos tanques en el simulador, luego en la pantalla HMI se presiona el botón “Llenar Tanques”, lo cual activará la Válvula 3, para llenar el primer tanque, como muestra la figura 3.127.

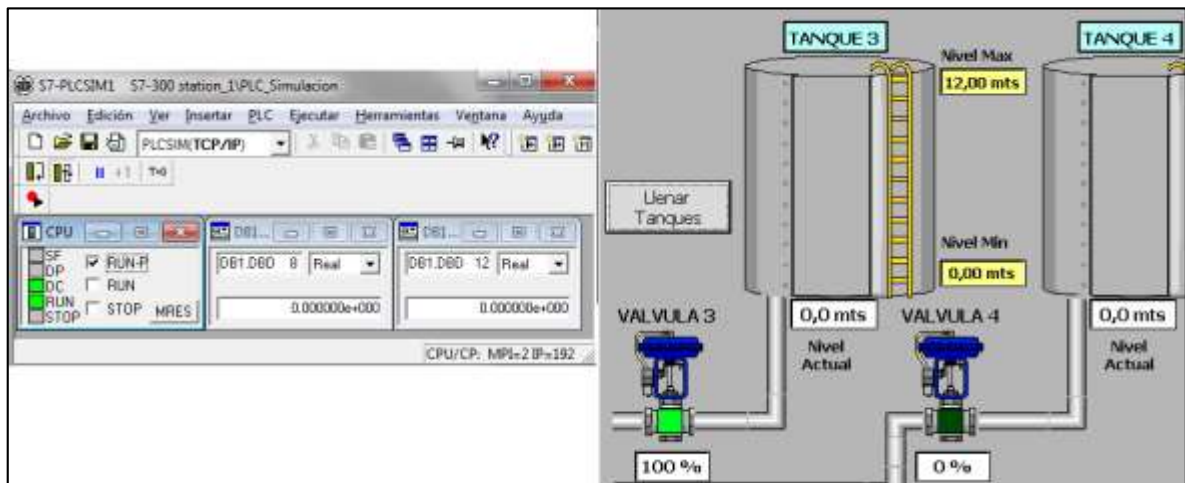


FIGURA 3.127: 1° simulación de válvulas

FUENTE: Elaboración Propia

Forzando el nivel del primer tanque al máximo (12 m), se verifica que la válvula 3 se cerrará y accionará a la válvula 4 para llenar el segundo tanque, tal como muestra la figura 3.128.

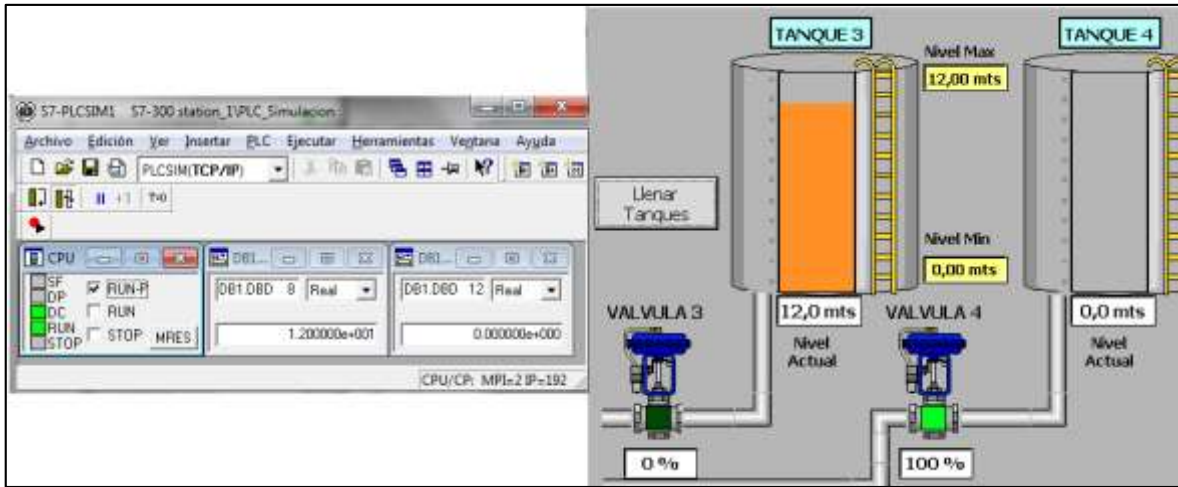


FIGURA 3.128: 2° simulación de válvulas

FUENTE: Elaboración Propia

Finalmente al forzar el nivel del segundo tanque al máximo (12m), se deberá cerrar la válvula 4, como se ve en la figura 3.129.

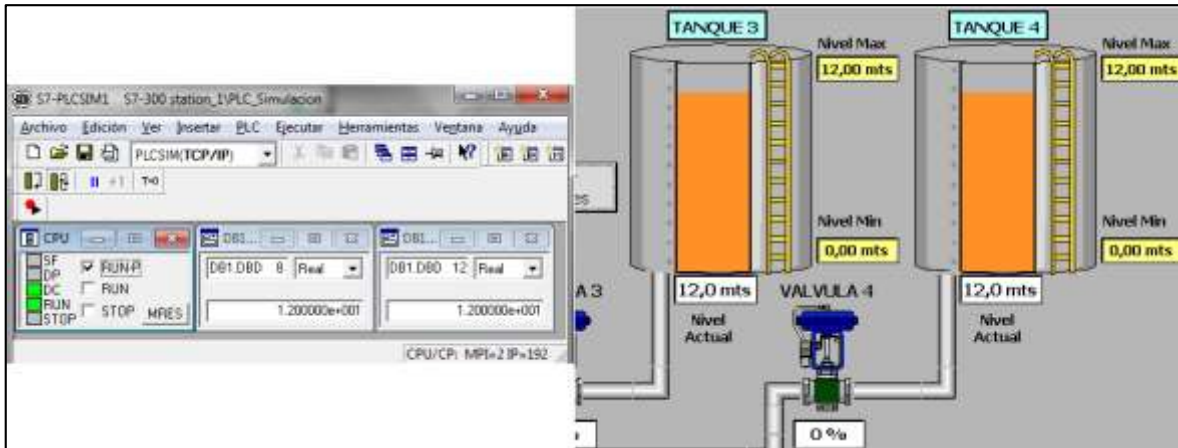


FIGURA 3.129: 3° simulación de válvulas

FUENTE: Elaboración Propia

Lo cual muestra que el programa cumple con lo solicitado.

Ahora se verificará el despacho de aceite a un cisterna, por lo cual, forzando en el simulador el valor del peso medido por la balanza, se activará la válvula y electrobomba respectiva según la lógica.

Primero se configuran los parámetros de llenado en el HMI, según la figura 3.130.

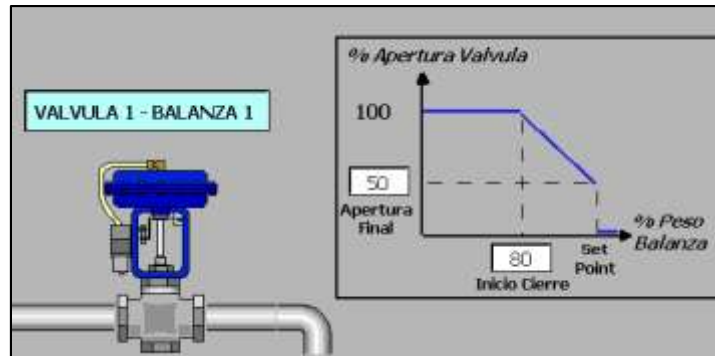


FIGURA 3.130: Configuración de parámetros de válvulas 1 y 2

FUENTE: Elaboración Propia

El *Inicio Cierre* (80), indica el porcentaje a partir del cual, la apertura de la válvula seguirá la curva mostrada en el gráfico, hasta alcanzar el valor seteado en *Apertura Final* (50), también en porcentaje.

En la pantalla de despacho se selecciona el Set Point, lo cual especifica la cantidad de aceite (en Kg) que se deberá cargar al camión cisterna, por ejemplo se setea el valor de 18000 Kg.

Los valores establecidos pueden verse en la figura 3.131.

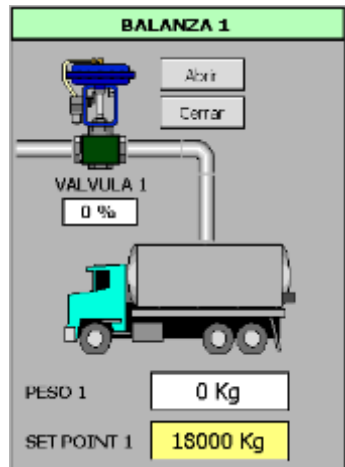


FIGURA 3.131: Set Point de peso

FUENTE: Elaboración Propia

Al presionar el botón Abrir se activarán la Válvula y la bomba 1 al 100% para llenar el cisterna, por lo cual se fuerzan los valores de peso en el simulador, en la dirección DB1.DBDO.

Para el primer valor se fuerza al valor de 500 Kg por lo cual tendrá que estar abierta al 100%, similarmente la bomba deberá estar a su máxima capacidad, tal como muestra la figura 3.132.

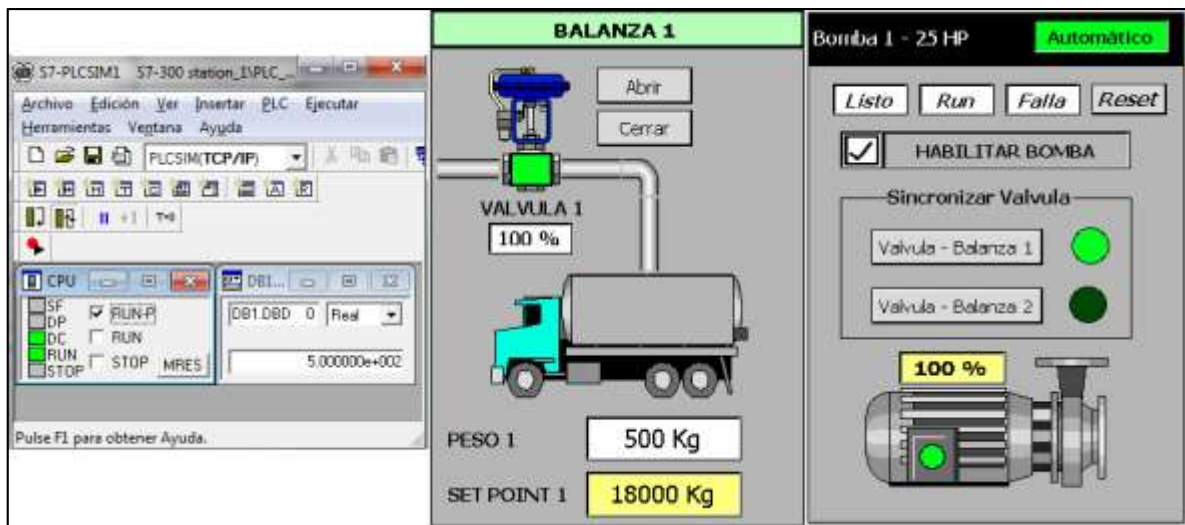


FIGURA 3.132: 1º simulación de despacho de aceite

FUENTE: Elaboración Propia

Según los parámetros configurados previamente, la válvula se empezará a cerrar proporcionalmente al peso a partir del 80% del Set Point, es decir $80\%(18000) = 14400$ Kg, por lo cual a partir de ese valor se empezará a cerrar.

Forzamos el peso a 15000 Kg, por lo cual según la ecuación de la figura 3.21, obtenida de acuerdo al diseño, se obtiene un valor de apertura aproximada del 92%, tal como se ve en la figura 3.133.

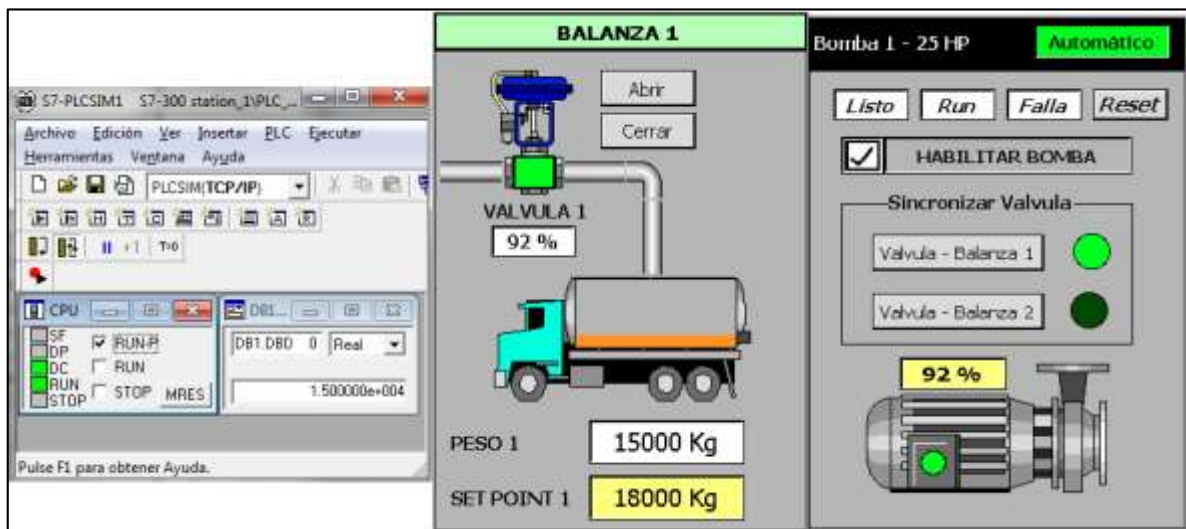


FIGURA 3.133: 2° simulación de despacho de aceite

FUENTE: Elaboración Propia

Forzamos el peso a 17990 Kg (cercano al Set Point), lo cual teóricamente, implicaría que se está alcanzando el peso deseado, por lo cual, la apertura de la válvula y velocidad de la bomba se fijarían al 50% para culminar el despacho, lo cual se puede verificar en la figura 3.134.

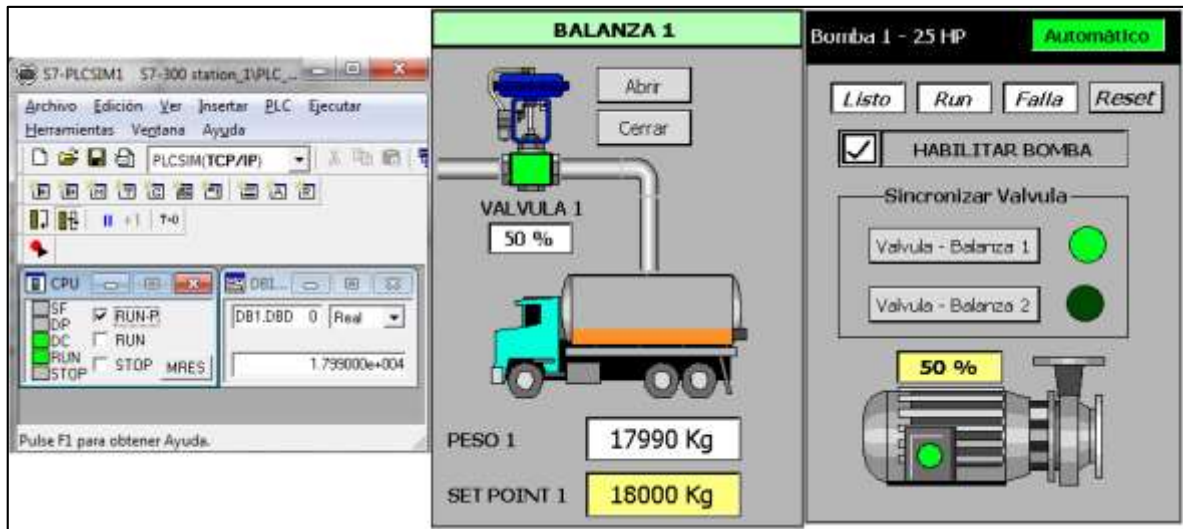


FIGURA 3.134: 3º simulación de despacho de aceite

FUENTE: Elaboración Propia

Finalmente al forzar el peso a 18000 Kg, se cerrará la válvula 1 y se apagará la bomba para culminar el despacho, como se ve en la figura 3.135.

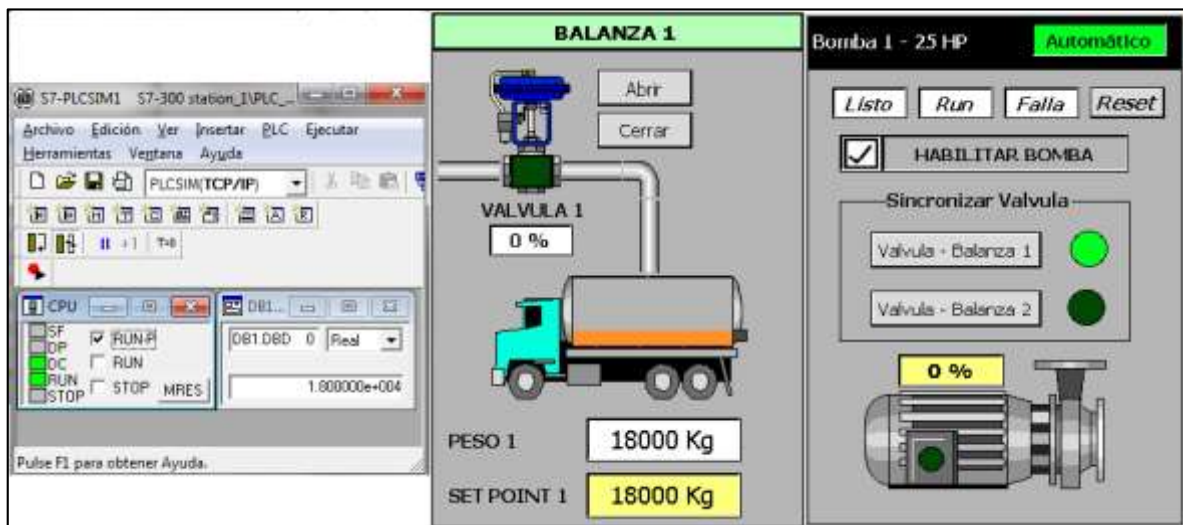


FIGURA 3.135: 4º simulación de despacho de aceite

FUENTE: Elaboración Propia

Lo cual, según los resultados obtenidos, se verifica que la lógica implementada, cumple con lo requerido.

Por último, se verificará el funcionamiento automático, cuando haya despacho de aceite, mientras se llenan los tanques.

Primero se fuerzan los valores de los niveles de los tanques a 0 mts, como se muestra en la figura 3.136.

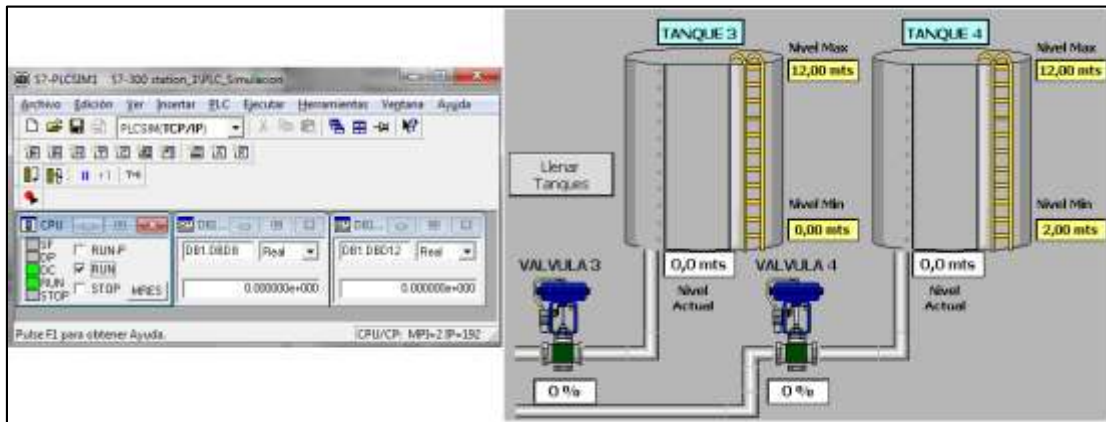


FIGURA 3.136: Simulación de llenado y despacho 1

FUENTE: Elaboración Propia

Al presionar el botón “Llenar Tanques” se abrirá la válvula 3 al 100%, como ya fue probado anteriormente y como se puede ver en la figura 3.137.

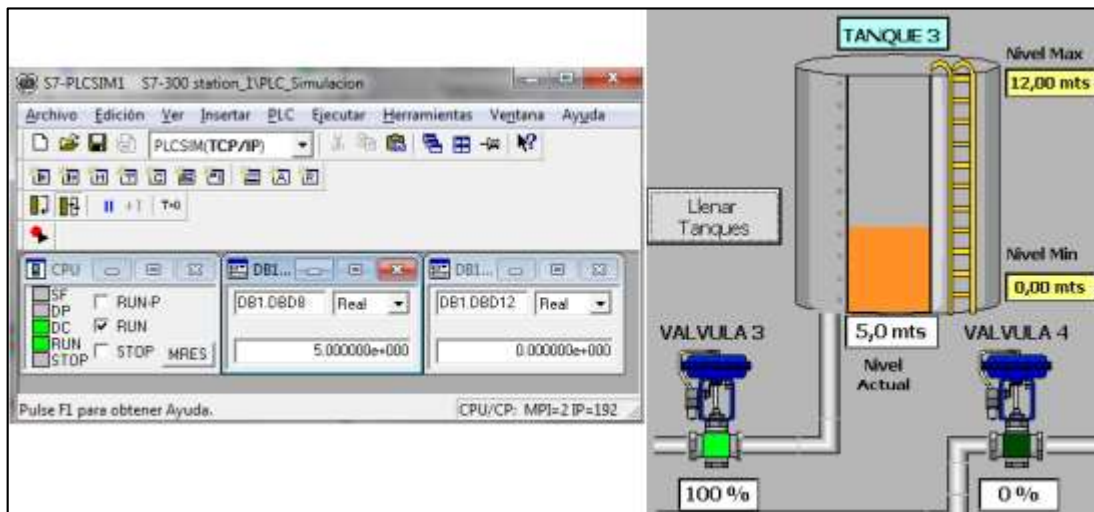


FIGURA 3.137: Simulación de llenado y despacho 2

FUENTE: Elaboración Propia

Sin embargo, al realizar un despacho a un camión cisterna simultáneamente, la válvula de alimentación al tanque se estrangulará al 50%, como se ve en la figura 3.138.

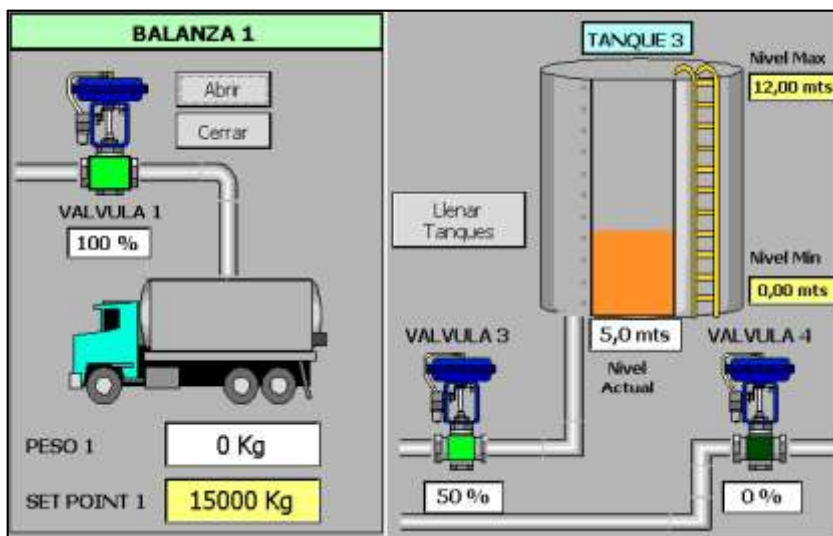


FIGURA 3.138: Simulación de llenado y despacho 3

FUENTE: Elaboración Propia

Esto se debe, a que, como se explicó anteriormente, el despacho a los camiones se realice lo más rápido posible, puesto que al estrangular parcialmente la válvula del tanque, hay más presión de aceite por las tuberías que abastecen a los camiones.

De las pruebas realizadas se comprueba que la lógica implementada cumple con todos los requisitos solicitados.

3.4.2 Funcionamiento del SCADA

De acuerdo a las simulaciones anteriores, se verifica en el SCADA los datos, respecto a los contadores de horas, como muestra la figura 3.139.



FIGURA 3.139: Simulación de los contadores de horas

FUENTE: Elaboración Propia

Además del estado de alarmas obtenidas, de acuerdo a los resultados anteriores, y que se muestra en la figura 3.140.

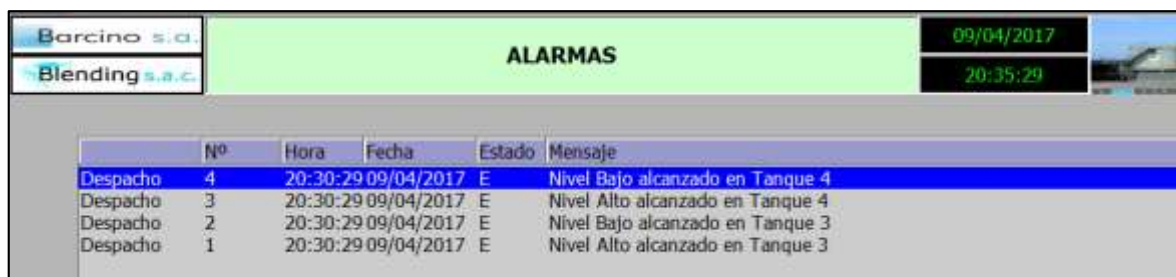


FIGURA 3.140: Simulación de las alarmas del SCADA

FUENTE: Elaboración Propia

Lo cual indica el correcto funcionamiento de las funciones del SCADA.

3.4.3 Tiempo de llenado de Tanques y Cisternas

Para verificar que el sistema responde de manera óptima, se comprueba a través de los tiempos de llenado, que puede ser controlado por los parámetros configurados desde el panel HMI, específicamente en la ecuación de aperturas de válvula que ayudan también a evitar los golpes de ariete.

Luego de realizar varias pruebas tomando los tiempos de llenado se construye la tabla 3.12:

Apertura Final (%)	Inicio Cierre (%)	Tiempo de Llenado (Min.)
0	50	35
5	55	31
10	60	28
15	75	26
20	80	24
25	85	23
30	90	22.2
35	50	19
40	55	16
45	60	16.4
50	75	15.5
55	80	15
60	85	12
65	90	10
70	95	8

TABLA 3.12: Resultados de los tiempos de llenado de aceite

FUENTE: Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla el mejor tiempo de llenado se obtiene con un valor de apertura final de válvula de 60% e inicio de cierre de válvula en 85%

Los valores sombreados en rojo no son considerados debido a que el producto (aceite) rebasa rápidamente el límite máximo antes de que la válvula termine de cerrarse.

3.4.4 Registro de los datos medidos por el analizador de red

Se verifica la carpeta creada con los archivos *.csv que contienen los datos medidos del PAC 4200, como se muestra en la figura 3.141.

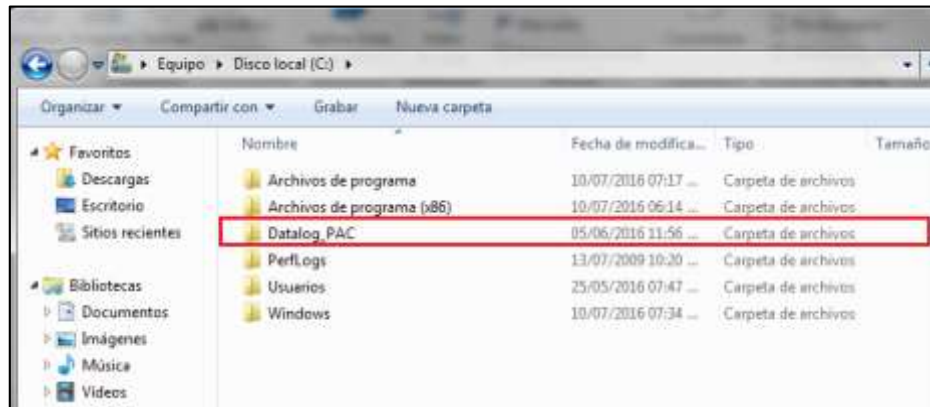


FIGURA 3.141: Creación de la carpeta Datalog

FUENTE: Elaboración Propia

Se verifican los archivos creados con las variables corriente, THD, Factor de potencia, Potencias y Tensiones del PAC 4200.

Según la configuración del SCADA, estos archivos se sobrescribirán al llegar el límite máximo de datos, como se ve en la figura 3.142.

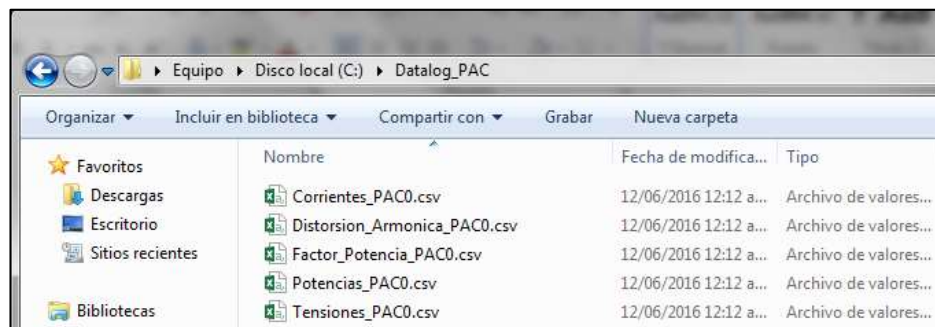
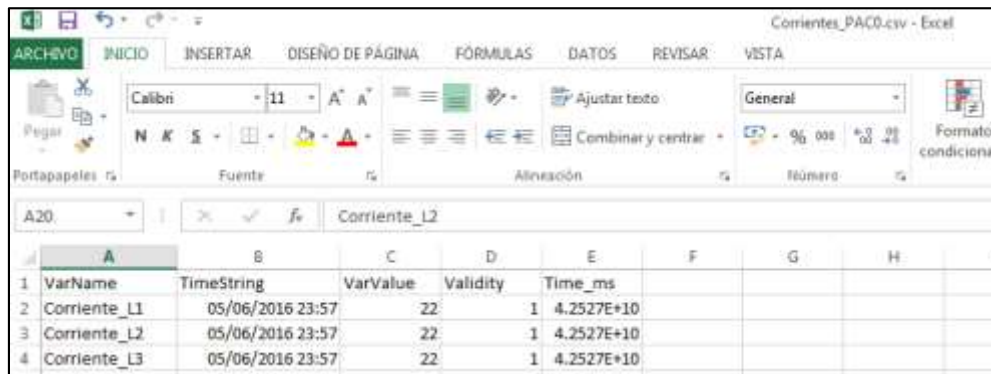


FIGURA 3.142: Creación de los archivos *.csv

FUENTE: Elaboración Propia

La figura 3.143 muestra los datos obtenidos por el datalog del SCADA.



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	VarName	TimeString	VarValue	Validity	Time_ms			
2	Corriente_L1	05/06/2016 23:57	22	1	4.2527E+10			
3	Corriente_L2	05/06/2016 23:57	22	1	4.2527E+10			
4	Corriente_L3	05/06/2016 23:57	22	1	4.2527E+10			

FIGURA 3.143: Valores adquiridos por el PAC4200

FUENTE: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó la arquitectura de red de control, a través del PLC S7-1200, lo cual optimizó el proceso de despacho de aceite en la empresa Barcino S.A., puesto que le ofreció al sistema, escalabilidad y flexibilidad, gracias a la integración de dispositivos a través del estándar “Industrial Ethernet”.
- Se integraron los variadores de frecuencia SINAMICS G120 en la red del PLC, lo cual permitió optimizar el despacho de aceite, ya que le permitió a las electrobombas, poder regular su consumo de corriente, a través de la velocidad, lo cual ofrece eficiencia energética.
- Se integró al analizador de red PAC4200, para monitorear el consumo eléctrico de la red, al software SCADA, lo cual le permitió al operador poder conocer el estado de las variables del proceso, desde una estación remota, lo cual le evita tener que realizar inspecciones manuales.
- Se diseñó e implementó el algoritmo de control a través del PLC S7-1200, con lo cual se optimizó el proceso de despacho de aceite, ya que le permite al operador poder tener el control de su proceso de un modo seguro, que le evite tener que activar o desactivar manualmente sus instrumentos y le brinde la secuencia de trabajo requerido.
- Se diseñó e implementó las funciones de los sistemas HMI y SCADA, para monitorear las variables del proceso de despacho de aceite. Con lo cual los trabajadores de la planta sabrán los eventos sucedidos a lo largo del día a la hora exacta ya que queda registrado en una base de datos, además los contadores de horas, les permite saber en qué momento, realizar un mantenimiento preventivo de los motores de las bombas.

RECOMENDACIONES

- Utilizar Ethernet, como estándar de comunicación en una red de control, conlleva a realizar un correcto diseño previo, ya que se debe tener en cuenta que una gran cantidad de dispositivos conectados en la red, puede ocasionar congestión de datos, haciendo que el sistema pierda estabilidad.
- La modularidad de una lógica programada, permite adaptar fácilmente cambios requeridos por el sistema, por ello es conveniente dividir la lógica de control, en sub funciones, que realicen lógicas para cada tarea específica, de esta manera se lograran hacer diagnósticos de fallas con mayor velocidad.
- Para el ahorro energético en accionamiento de electrobombas, se recomienda la implementación de variadores de velocidad, de lo contrario, el consumo a plena carga seria la misma independientemente que en ciertos momentos no se demande gran cantidad de flujo de líquido.
- Se recomienda utilizar analizadores de red en un sistema eléctrico, puesto que el no saber, como se distribuye la energía eléctrica, puede ocasionar pérdidas económicas innecesarias y fallas en los equipos eléctricos conectados a la red.
- Si bien es cierto, el software SCADA, permite realizar el diagnóstico rápido de fallas, es conveniente realizar periódicamente un mantenimiento de los instrumentos, así como de las conexiones de red implementadas, para evitar fallas en la comunicación entre dispositivos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Puma Tello Julio Cesar. (2015), “Diseño de automatización de un sistema de almacenaje y despacho de aceite crudo a granel mediante el módulo PID del PLC Siemens S7-300”.
- [2] Tasayco Vigo Bruss. (2014). “Integración de analizadores de red de los tableros de distribución eléctrica de la empresa OPP FILM SA al sistema SCADA POWER MONITORING EXPERT”.
- [3] Ramos Calla Wilson. (2013). “Diseño de un control semiautomatizado usando PLC S7 – 200 con interfaz SCADA de una planta de tratamiento de aguas residuales biológico de lodos activados basado en la modalidad de aireación extendida”.
- [4] Erazo Benítez Paola Andrea. (2013). “Diseño e implementación del SCADA y tablero de control de comando Manual/Automático para la elaboración de concentrado SKF para NEFROCONTROL S.A.
- [5] Calderón J. (2009). “Control y monitoreo SCADA de un proceso experimental, utilizando PLC SIEMENS S7-300 y software LABVIEW”.
- [6] <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/sistemas/medidor-multifuncion-pac3100.htm>
- [7] https://es.wikipedia.org/wiki/Bus_de_campo
- [8] http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/tia_portal/pages/tia-portal.aspx
- [9] <http://es.ccm.net/contents/281-protocolo-tcp>

- [10] https://es.wikipedia.org/wiki/Golpe_de_ariete
- [11] <https://es.scribd.com/doc/101982717/Art-Lazo-de-Corriente-4-20mA-Comind-1>
- [12] <https://es.wikipedia.org/wiki/Modbus>
- [13] https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_OSI
- [14] <http://www.etitudela.com/celula/downloads/panelesdeoperador.pdf>
- [15] <http://elechomon.ftp.catedu.es/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DEL%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>
- [16] <https://support.industry.siemens.com/dokumentation/PDFTopicDownload.topicPDF.aspx?DocVersionId=73850691339&TopicId=73588187147&Lang=e>
- [17] <http://snap7.sourceforge.net/>
- [18] <https://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>
- [19] https://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia

ANEXOS

ANEXO 1

FOTOS



TABLERO DE CONTROL



TABLERO DE VARIADORES



MODULO DE POTENCIA



UNIDAD DE CONTROL



VISTA DE BOMBAS



VALVULA DE DESPACHO



VISTA DE CISTERNAS



VALVULAS DE TANQUES



TABLERO DISTRIBUCION



INTERRUPTORES



MEDIDOR DE ENERGIA



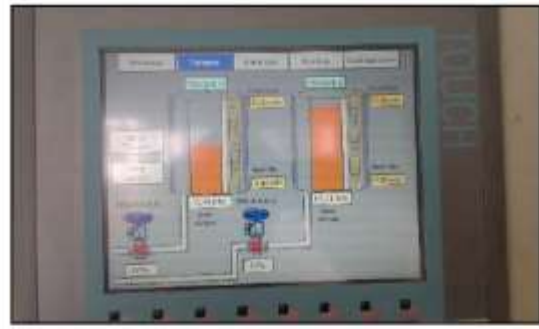
BOMBAS Y TUBERIAS



ELECTROBOMBAS



HMI – PANTALLA GENERAL



HMI – PANTALLA TANQUES



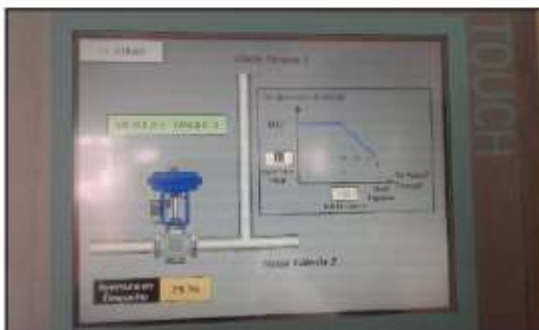
HMI – PANTALLA DESPACHO



HMI – PANTALLA BOMBAS



HMI – PANTALLA CONFIGURACION



HMI – PANTALLA VALVULA

**ANEXO 2
CÓDIGO DE
PROGRAMACIÓN**

Startup [OB100]

Startup Propiedades

General

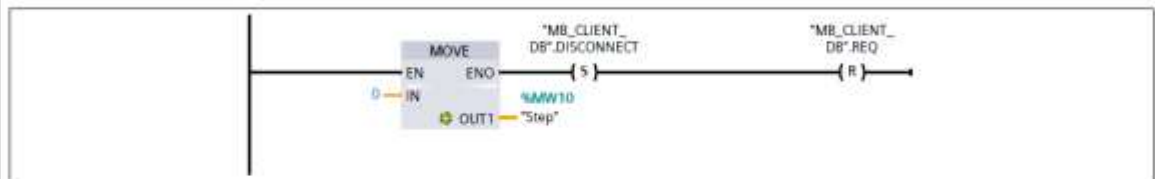
Nombre	Startup	Número	100	Tipo	OB.Startup
Idioma	KOP				

Información

Título	"Complete Restart"	Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset
▼ Input		
LostRetentive	Bool	
LostRTC	Bool	
Temp		

Segmento 1: Inicializa al paso cero luego de encender el PLC o pasar de "stop" a "run"



Main [OB1]

Main Propiedades

General

Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB.ProgramCycle
Idioma	KOP				

Información

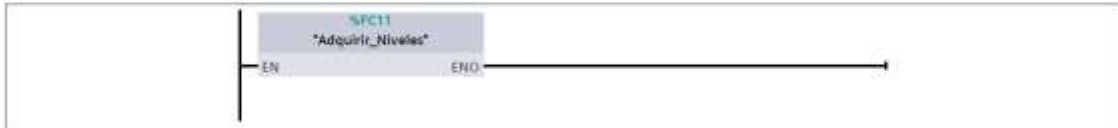
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset
Temp		

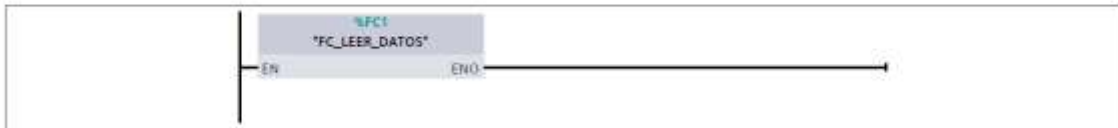
Segmento 1:



Segmento 2:



Segmento 3:

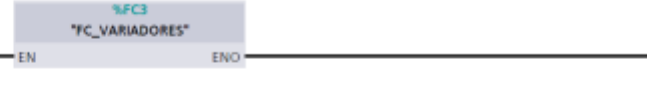
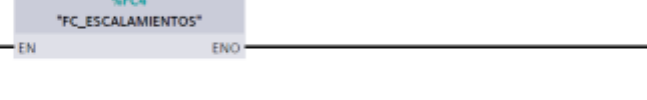
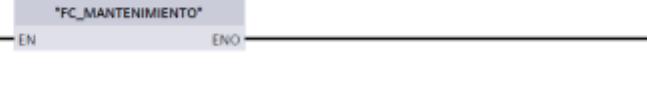





Segmento 4:



Segmento 5:

--	--	--

Totally Integrated Automation Portal		
		
Segmento 6:		
		
Segmento 7:		
		
Segmento 8:		
		
Segmento 9:		
		
Segmento 10:		
		

FC_LEER_DATOS [FC1]

FC_LEER_DATOS Propiedades

General

Nombre	FC_LEER_DATOS	Número	1	Tipo	FC
Idioma	SCL				

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset
Input		
Output		
InOut		
Temp		
▼ Return		
FC_LEER_DATOS	Void	

```

0001
0002 // Se leen los datos del proceso
0003 //
0004 "VARIABLES_PROCESO".Nivel_Tanque_3 := "nivel_tanque_3"; //"Reemplazar "0.0"
    por el Tag respectivo"
0005 "VARIABLES_PROCESO".Nivel_Tanque_4 := "nivel_tanque_4"; //"Reemplazar "0.0"
    por el Tag respectivo"
0006 "VARIABLES_PROCESO".Peso_Balanza_1 := "Data_Balanza1".Peso_Balanza_1_R; //"Re-
    emplazar "0.0" por el Tag respectivo"
0007 "VARIABLES_PROCESO".Peso_Balanza_2 := "Data_Balanza2".Peso_Balanza_2_R; //"Re-
    emplazar "0.0" por el Tag respectivo"
0008
0009 "DATOS_IW".IW_ESTADO_VARIADOR_1 := "Status_Word1"; //"Reemplazar "0.0"
    por el Tag respectivo"
0010 "DATOS_IW".IW_ESTADO_VARIADOR_2 := "Status_Word2"; //"Reemplazar "0.0"
    por el Tag respectivo"
0011
0012 // Luego de enlazar las variables llamar al FC desde el OB1.

```

FC_VALVULAS [FC2]

FC_VALVULAS Propiedades

General

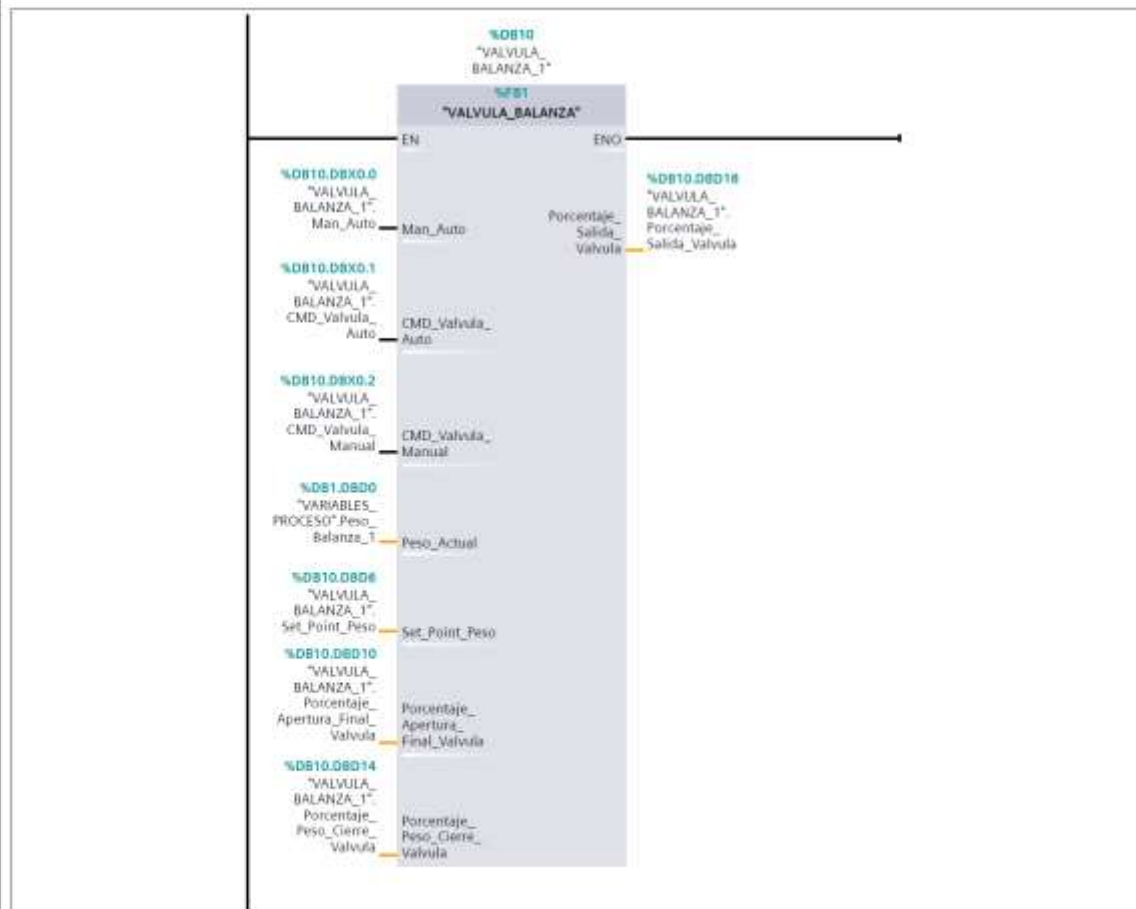
Nombre	FC_VALVULAS	Número	2	Tipo	FC
Idioma	KOP				

Información

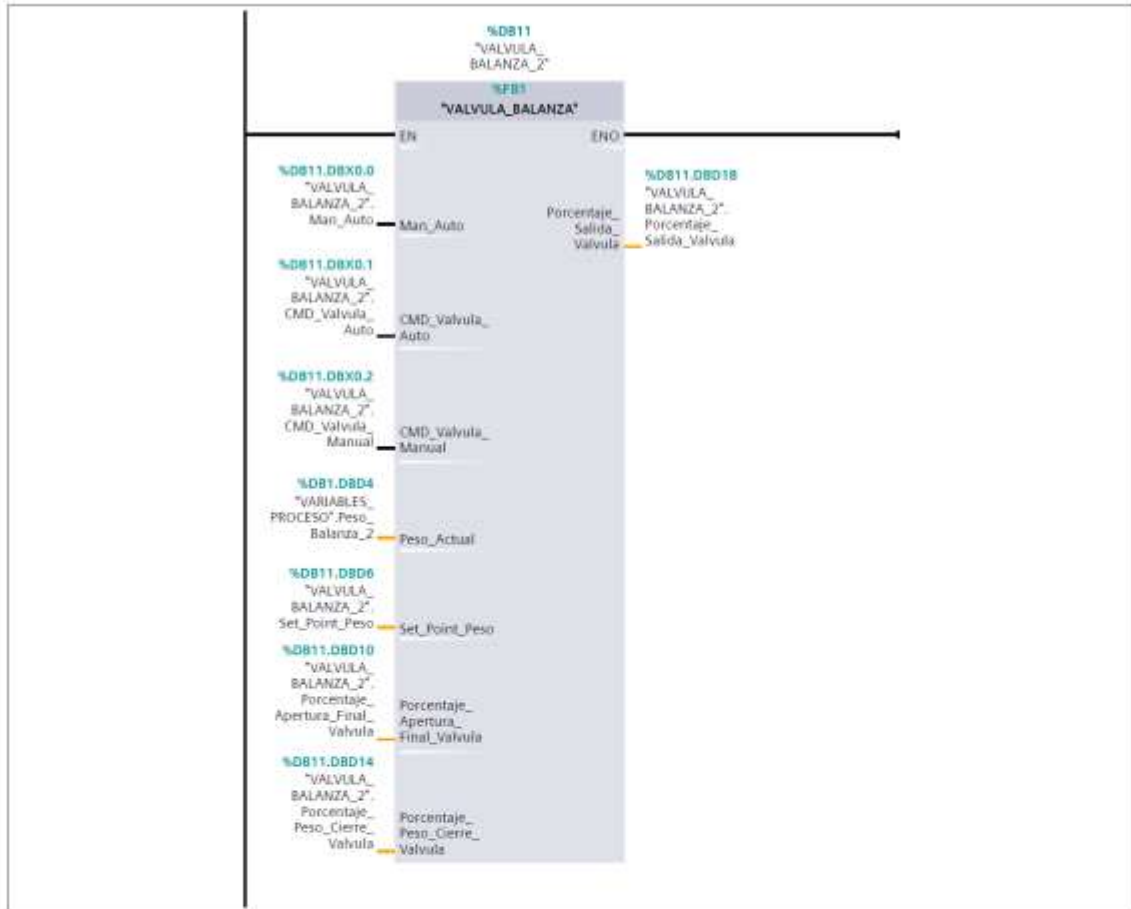
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset
Input		
Output		
InOut		
Temp		
▼ Return		
FC_VALVULAS	Void	

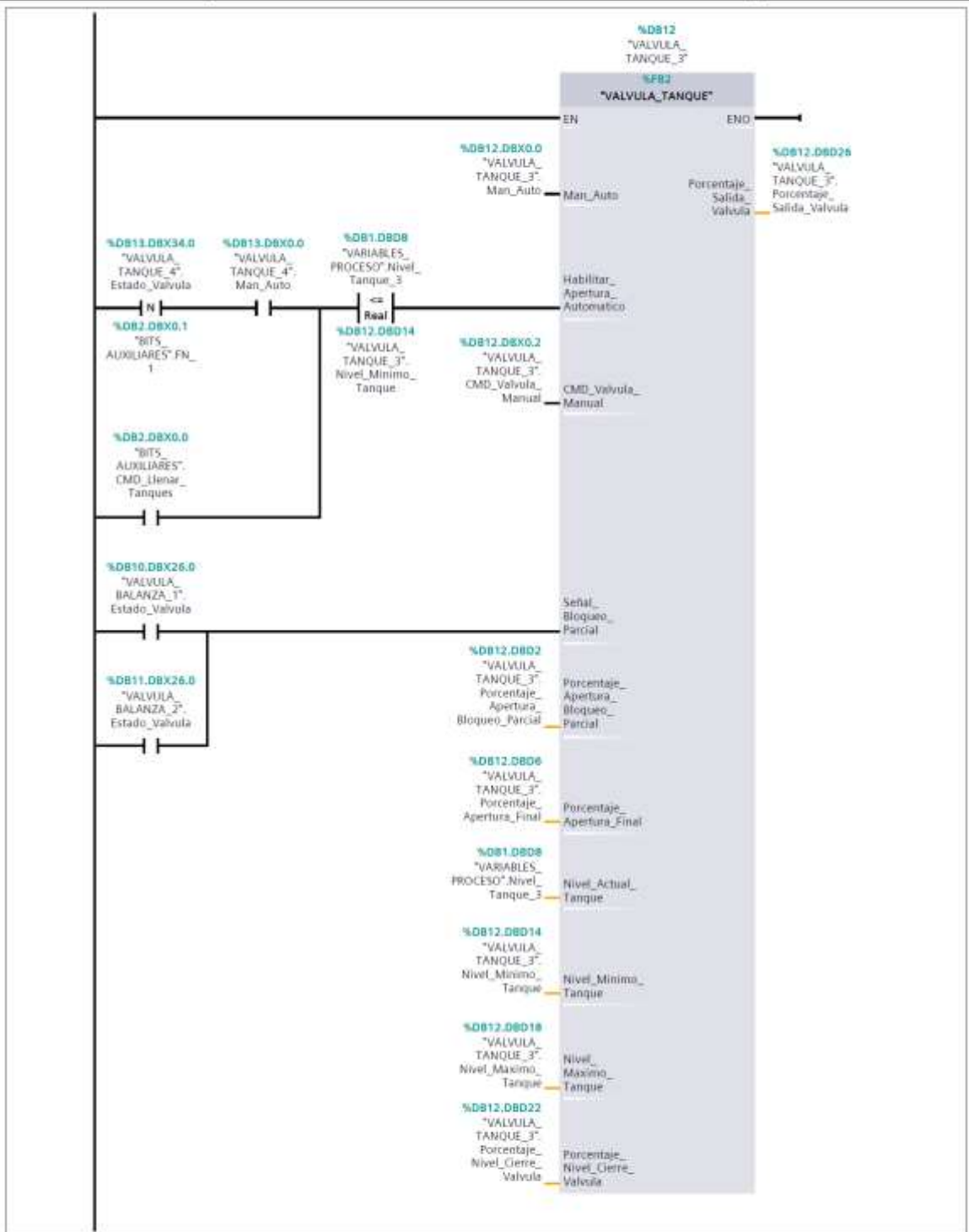
Segmento 1: Logica de la Valvula 3 - Balanza 1.



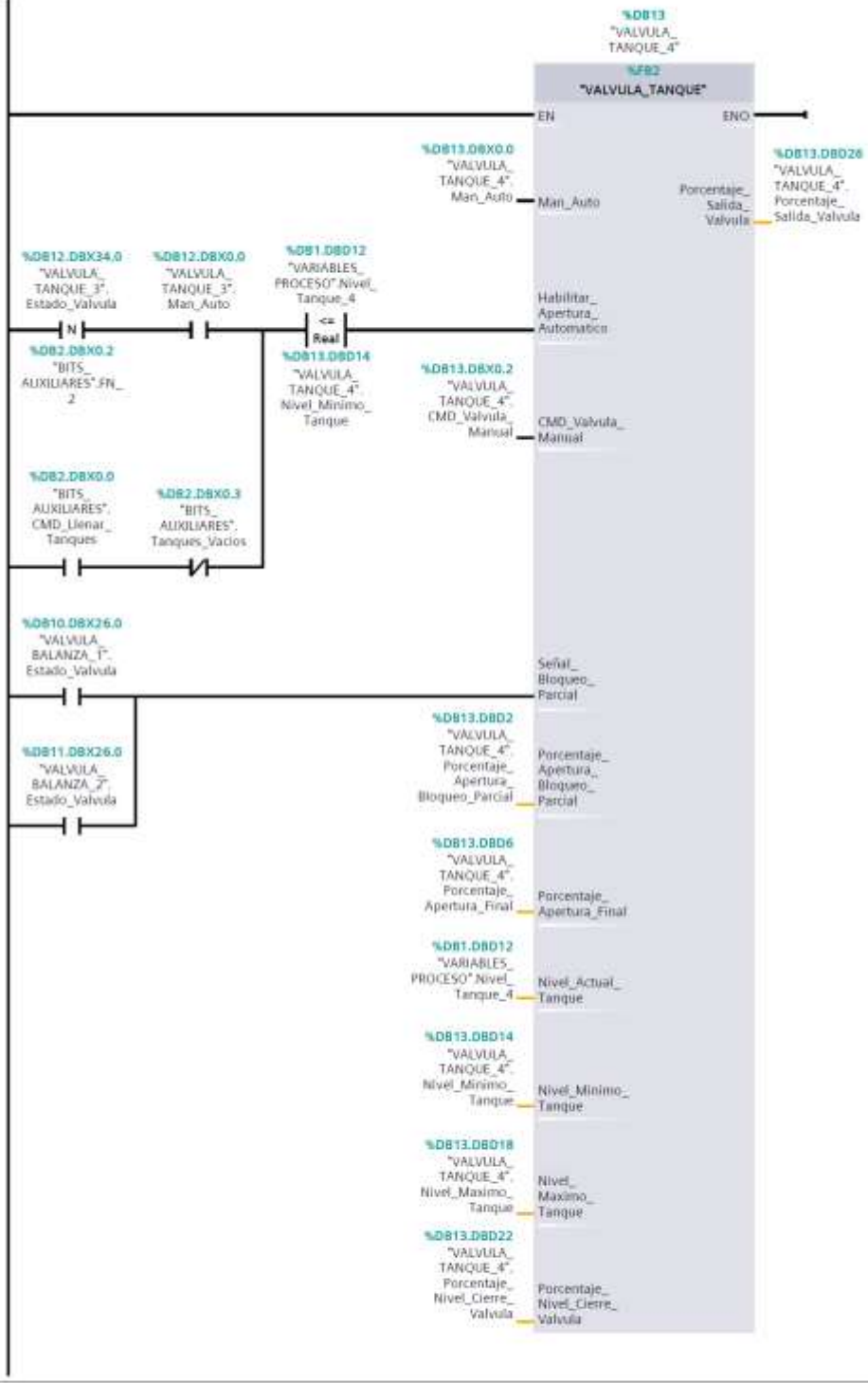
Segmento 2: Logica de la Valvula 4 - Balanza 2.



Segmento 3: Logica de la Valvula 1 - Tanque 3.



Segmento 4: Logica de la Valvula 2 - Tanque 4.



Segmento 5: Si ambos tanques se encuentran vacios se activa el Bit para priorizar el llenado del Tanque 3.



FC_VARIADORES [FC3]

FC_VARIADORES Propiedades

General

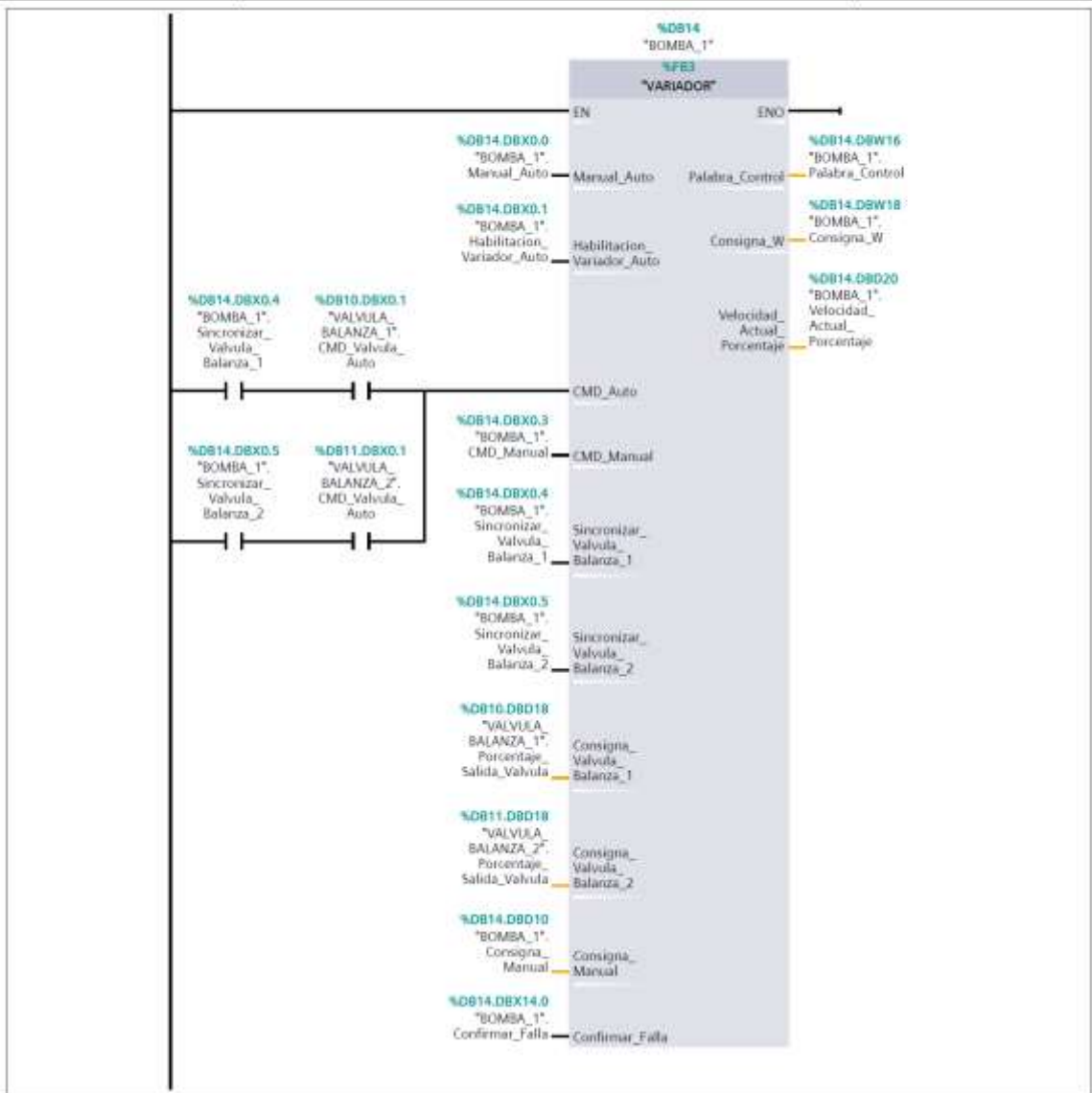
Nombre	FC_VARIADORES	Número	3	Tipo	FC
Idioma	KOP				

Información

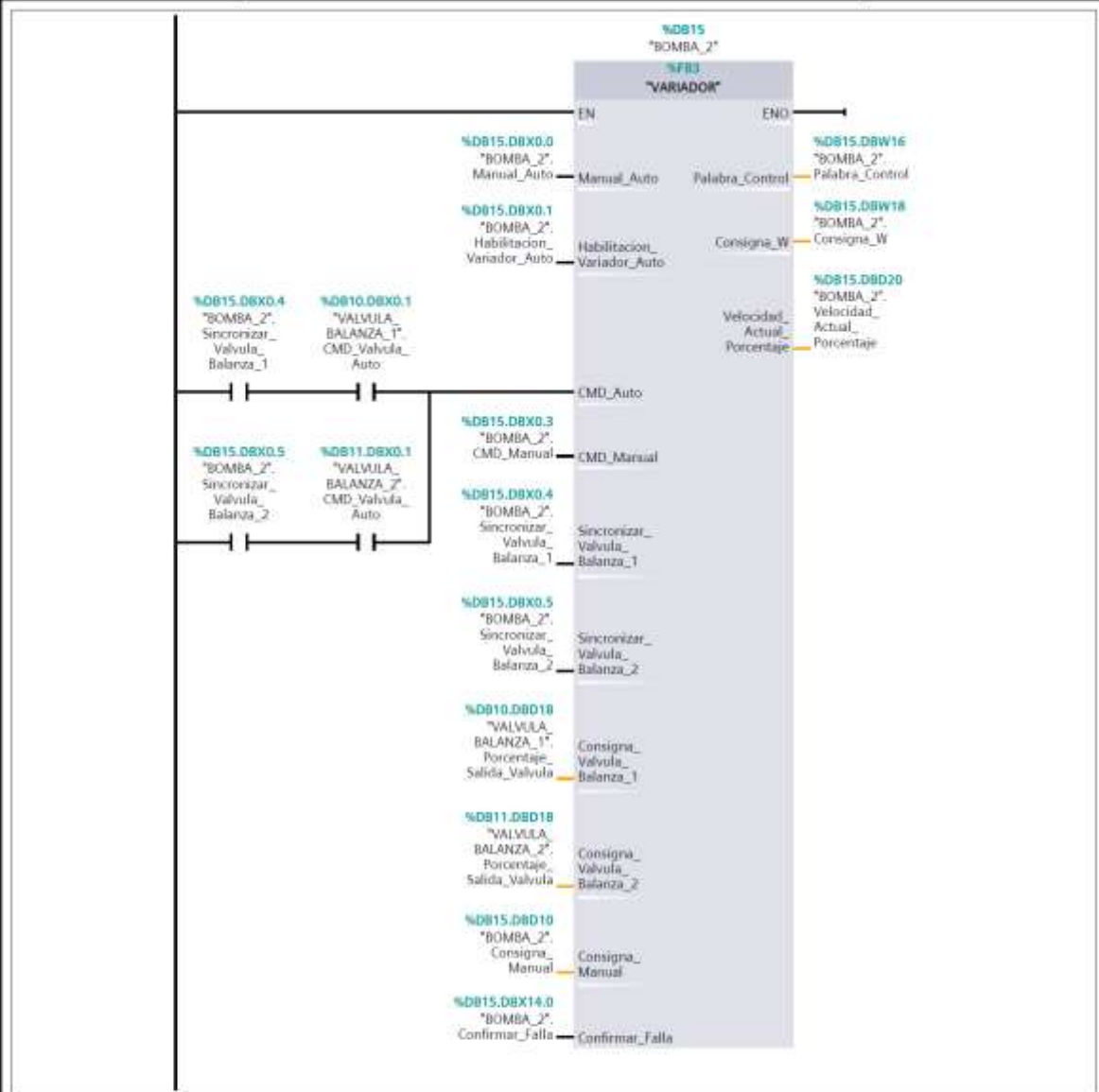
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset
Input		
Output		
InOut		
Temp		
▼ Return		
FC_VARIADORES	Void	

Segmento 1: Logica del Variador - Bomba 1.



Segmento 2: Logica del Variador - Bomba 2.



FC_ESCALAMIENTOS [FC4]

FC_ESCALAMIENTOS Propiedades

General

Nombre	FC_ESCALAMIENTOS	Número	4	Tipo	FC
Idioma	KOP				

Información

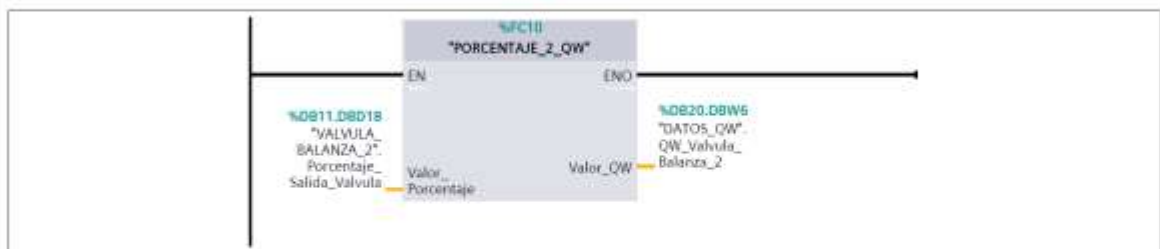
Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset
Input		
Output		
InOut		
Temp		
▼ Return		
FC_ESCALAMIENTOS	Void	

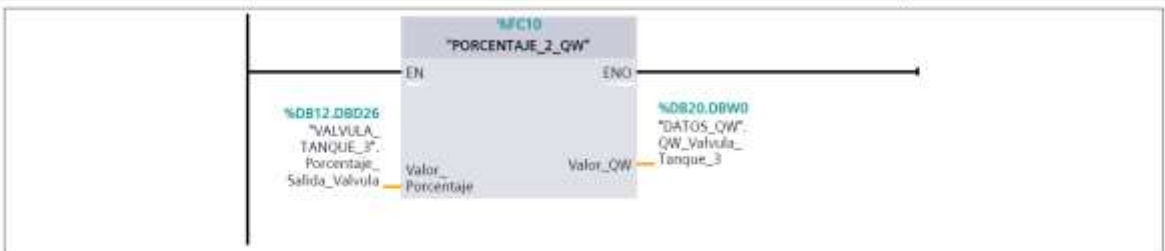
Segmento 1: Escribe la salida escalada a la Valvula 3.



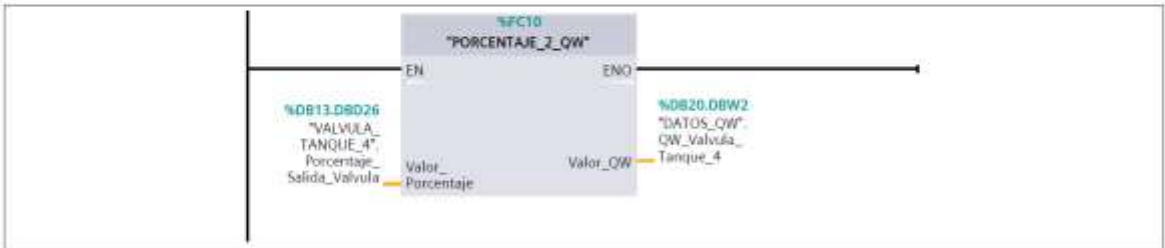
Segmento 2: Escribe la salida escalada a la Valvula 4.



Segmento 3: Escribe la salida escalada a la Valvula 1.



Segmento 4: Escribe la salida escalada a la Valvula 2.



FC_ESCRIBIR_DATOS [FC5]

FC_ESCRIBIR_DATOS Propiedades

General

Nombre	FC_ESCRIBIR_DATOS	Número	5	Tipo	FC
Idioma	SCL				

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset
Input		
Output		
InOut		
▼ Temp		
Data_Temp_1	Word	0.0
Data_Temp_2	Word	2.0
Data_Temp_3	Word	4.0
Data_Temp_4	Word	6.0
Data_Temp_5	Word	8.0
Data_Temp_6	Word	10.0
Data_Temp_7	Word	12.0
Data_Temp_8	Word	14.0
▼ Return		
FC_ESCRIBIR_DATOS	Void	

```

0001
0002 // Se escriben los datos del proceso
0003 //
0004 "QW_Valvula_Balanza_1" := "DATOS_QW".QW_Valvula_Balanza_1; // Reemplazar
// "Data_Temp_x" por el Tag respectivo.
0005 "QW_Valvula_Balanza_2" := "DATOS_QW".QW_Valvula_Balanza_2; // Reemplazar
// "Data_Temp_x" por el Tag respectivo.
0006 "QW_Valvula_Tanque_3" := "DATOS_QW".QW_Valvula_Tanque_3; // Reemplazar
// "Data_Temp_x" por el Tag respectivo.
0007 "QW_Valvula_Tanque_4" := "DATOS_QW".QW_Valvula_Tanque_4; // Reemplazar
// "Data_Temp_x" por el Tag respectivo.
0008
0009 "Comando_Bomba1" := "DATOS_QW".CW_Variador_Bomba_1; // Reemplazar "Da-
// ta_Temp_x" por el Tag respectivo.
0010 "Comando_Bomba2" := "DATOS_QW".QW_Consigna_Variador_1; // Reemplazar "Da-
// ta_Temp_x" por el Tag respectivo.
0011 "Set_Point_Bomba1" := "DATOS_QW".CW_Variador_Bomba_2; // Reemplazar "Da-
// ta_Temp_x" por el Tag respectivo.
0012 "Set_Point_Bomba2" := "DATOS_QW".QW_Consigna_Variador_2; // Reemplazar "Da-
// ta_Temp_x" por el Tag respectivo.
0013
0014 // Luego de enlazar las variables llamar al FC desde el OBI

```

TCP_Balanzas [FC16]

TCP_Balanzas Propiedades

General

Nombre	TCP_Balanzas	Número	16	Tipo	FC
Idioma	KOP				

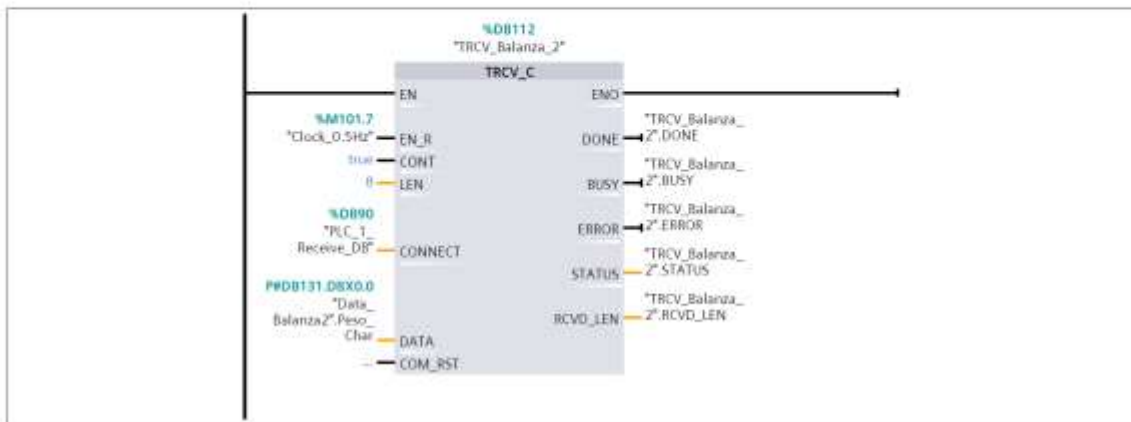
Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

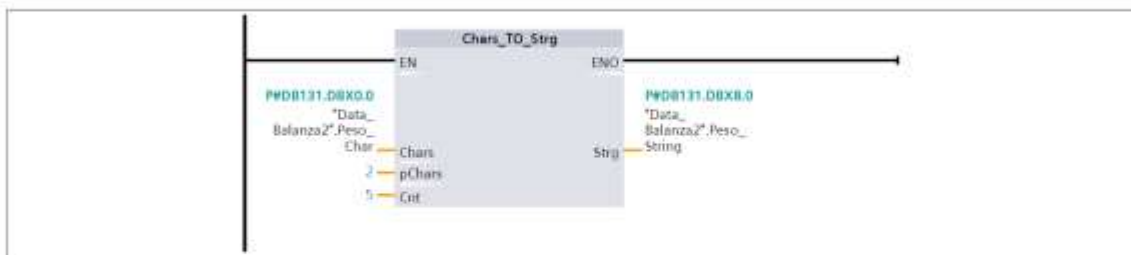
Nombre	Tipo de datos	Offset
Input		
Output		
InOut		
Temp		
▼ Return		
TCP_Balanzas	Void	

Segmento 1: Se recibe el Peso de la Balanza 2 por TCP.

Puerto:2001



Segmento 2: Peso Balanza 2 Array Char ---> String.



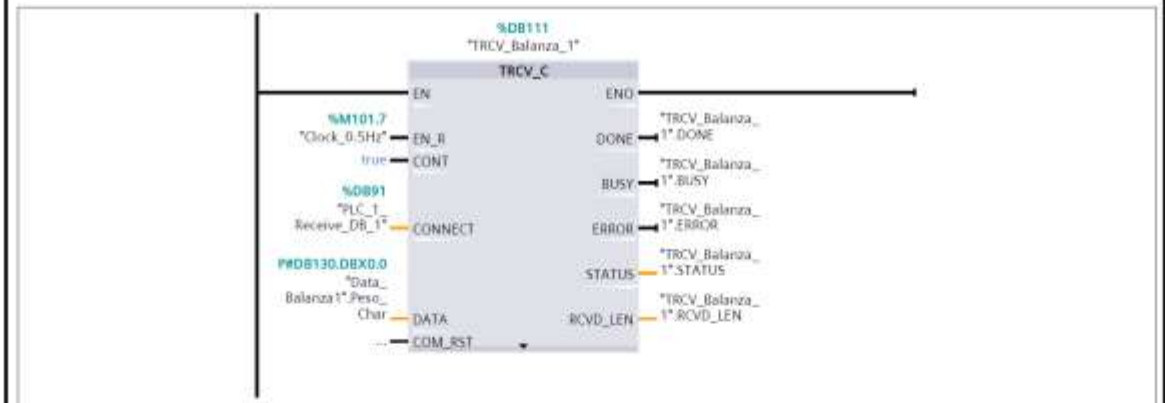
Segmento 3: Peso Balanza 2 String --> Dint.



Segmento 4: Peso Balanza 2 Dint --> Real.



Segmento 5: Se recibe el Peso de la Balanza 1 por TCP.



Segmento 6: Peso Balanza 1 Array Char ---> String.



Segmento 7: Peso Balanza 1 String --> Dint.



Segmento 8: Peso Balanza 2 Dint --> Real.



MODBUS_TCP_PAC [FC17]

MODBUS_TCP_PAC Propiedades

General

Nombre	MODBUS_TCP_PAC	Número	17	Tipo	FC
Idioma	SCL				

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset
Input		
Output		
InOut		
Temp		
▼ Return		
MODBUS_TCP_PAC	Void	

```

0001 //Se configura la instruccion Modbus TCP para la comunicacion con el PAC 4200
0002 "MB_CLIENT_DB" (REQ:="MB_CLIENT_DB".REQ,
0003     DISCONNECT:="MB_CLIENT_DB".DISCONNECT,
0004     CONNECT_ID:=1,
0005     IP_OCTET_1:=192,
0006     IP_OCTET_2:=168,
0007     IP_OCTET_3:=1,
0008     IP_OCTET_4:=14,
0009     IP_PORT:=502,
0010     MB_MODE:=0,
0011     MB_DATA_ADDR:="MB_CLIENT_DB".MB_DATA_ADDR,
0012     MB_DATA_LEN:=2,
0013     DONE=>"MB_CLIENT_DB".DONE,
0014     BUSY=>"MB_CLIENT_DB".BUSY,
0015     ERROR=>"MB_CLIENT_DB".ERROR,
0016     STATUS=>"MB_CLIENT_DB".STATUS,
0017     MB_DATA_PTR:="VARIABLES".RxTx);
0018
0019 // Se verifica en que paso se encuentra las operaciones y realiza el salto al
0020 // paso que le corresponda.
0021 CASE "Step" OF
0022   0:GOTO step0; 1:GOTO step1; 2:GOTO step2; 3:GOTO step3; 4:GOTO step4;
0023   5:GOTO step5; 6:GOTO step6; 7:GOTO step7; 8:GOTO step8; 9:GOTO step9;
0024   10:GOTO step10;
0025   11:GOTO step11; 12:GOTO step12; 13:GOTO step13; 14:GOTO step14; 15:GOTO
0026   step15; 16:GOTO step16; 17:GOTO step17; 18:GOTO step18; 19:GOTO step19;
0027   20:GOTO step20;
0028   21:GOTO step21; 22:GOTO step22; 23:GOTO step23; 24:GOTO step24; 25:GOTO
0029   step25; 26:GOTO step26; 27:GOTO step27;
0030 END_CASE;
0031
0032 //Pasos para las lecturas de las variables del PAC .
0033
0034 step0: //En el paso 0 se procede a leer el valor de U_LIN
0035 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0; "MB_CLIENT_DB".REQ:=1; "MB_CLIENT_DB".MB_DA-
0036 TA_ADDR:=40002;

```

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0032 IF "MB_CLIENT_DB".DONE = 1 THEN 0033 "VARIABLES".Tension_L1_N:="VARIABLES".RxTx ; "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=1; "MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=1; GOTO FIN; 0034 ELSE 0035 GOTO FIN; 0036 END_IF; 0037 0038 step1://En el paso 1 se procede a leer el valor de U_L2N 0039 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0; "MB_CLIENT_DB".REQ:= 1; "MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40004; 0040 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0041 "VARIABLES".Tension_L2_N:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=2;GOTO FIN; 0042 ELSE 0043 GOTO FIN; 0044 END_IF; 0045 0046 step2://En el paso 2 se procede a leer el valor de U_L1N 0047 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40006; 0048 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0049 "VARIABLES".Tension_L3_N:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=3;GOTO FIN; 0050 ELSE 0051 GOTO FIN; 0052 END_IF; 0053 0054 step3://En el paso 3 se procede a leer el valor de U_L1L2 0055 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40008; 0056 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0057 "VARIABLES".Tension_L1_L2:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=4;GOTO FIN; 0058 ELSE 0059 GOTO FIN; 0060 END_IF; 0061 0062 step4://En el paso 4 se procede a leer el valor de U_L2L3 0063 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40010; 0064 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0065 "VARIABLES".Tension_L2_L3:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=5;GOTO FIN; 0066 ELSE 0067 GOTO FIN; 0068 END_IF; 0069 0070 step5://En el paso 5 se procede a leer el valor de U_L3L1 0071 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40012; 0072 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0073 "VARIABLES".Tension_L3_L1:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=6;GOTO FIN; 0074 ELSE 0075 GOTO FIN; 0076 END_IF; 0077 0078 step6://En el paso 6 se procede a leer el valor de la corriente I1 </pre>		

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0079 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40014; 0080 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0081 "VARIABLES".Corriente_L1:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=7; 0082 GOTO FIN; 0083 ELSE 0084 GOTO FIN; 0085 END_IF; 0086 0087 step7://En el paso 7 se procede a leer el valor de la corriente L2 0088 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40016; 0089 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0090 "VARIABLES".Corriente_L2:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=8; 0091 GOTO FIN; 0092 ELSE 0093 GOTO FIN; 0094 END_IF; 0095 0096 step8://En el paso 8 se procede a leer el valor de la corriente L3 0097 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40018; 0098 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0099 "VARIABLES".Corriente_L3:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=9; 0100 GOTO FIN; 0101 ELSE 0102 GOTO FIN; 0103 END_IF; 0104 0105 step9://En el paso 9 se procede a leer el valor de la Potencia aparente L1 0106 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40020; 0107 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0108 "VARIABLES".Potencia_Aparente_L1:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=10; 0109 GOTO FIN; 0110 ELSE 0111 GOTO FIN; 0112 END_IF; 0113 0114 step10://En el paso 10 se procede a leer el valor de la Potencia aparente L2 0115 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40022; 0116 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0117 "VARIABLES".Potencia_Aparente_L2:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=11; 0118 GOTO FIN; 0119 ELSE 0120 GOTO FIN; 0121 END_IF; 0122 0123 step11://En el paso 11 se procede a leer el valor de la Potencia aparente L3 0124 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40024; 0125 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN </pre>		

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0126 "VARIABLES".Potencia_Aparente_L3:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=12; 0127 GOTO FIN; 0128 ELSE 0129 GOTO FIN; 0130 END_IF; 0131 0132 step12://En el paso 12 se procede a leer el valor de la Potencia activa L1 0133 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40026; 0134 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0135 "VARIABLES".Potencia_Activa_L1:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=13; 0136 GOTO FIN; 0137 ELSE 0138 GOTO FIN; 0139 END_IF; 0140 0141 step13://En el paso 13 se procede a leer el valor de la Potencia activa L2 0142 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40028; 0143 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0144 "VARIABLES".Potencia_Activa_L2:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=14; 0145 GOTO FIN; 0146 ELSE 0147 GOTO FIN; 0148 END_IF; 0149 0150 step14://En el paso 14 se procede a leer el valor de la Potencia activa L3 0151 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40030; 0152 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0153 "VARIABLES".Potencia_Activa_L3:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=15; 0154 GOTO FIN; 0155 ELSE 0156 GOTO FIN; 0157 END_IF; 0158 0159 step15://En el paso 15 se procede a leer el valor de la Potencia reactiva L1 0160 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40032; 0161 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0162 "VARIABLES".Potencia_Reactiva_L1:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=16; 0163 GOTO FIN; 0164 ELSE 0165 GOTO FIN; 0166 END_IF; 0167 0168 step16://En el paso 16 se procede a leer el valor de la Potencia reactiva L2 0169 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40034; 0170 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0171 "VARIABLES".Potencia_Reactiva_L2:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=17; 0172 GOTO FIN; 0173 ELSE </pre>		

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0174 GOTO FIN; 0175 END_IF; 0176 0177 step17://En el paso 17 se procede a leer el valor de la Potencia reactiva L3 0178 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40036; 0179 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0180 "VARIABLES".Potencia_Reactiva_L3:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=18; 0181 GOTO FIN; 0182 ELSE 0183 GOTO FIN; 0184 END_IF; 0185 0186 step18://En el paso 18 se procede a leer el valor del Factor de Potencia L1 0187 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40038; 0188 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0189 "VARIABLES".Factor_Potencia_L1:="VARIABLES".RxTx ;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=19; 0190 GOTO FIN; 0191 ELSE 0192 GOTO FIN; 0193 END_IF; 0194 0195 step19://En el paso 19 se procede a leer el valor del Factor de Potencia L2 0196 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40040; 0197 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0198 "VARIABLES".Factor_Potencia_L2:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=20; 0199 GOTO FIN; 0200 ELSE 0201 GOTO FIN; 0202 END_IF; 0203 0204 step20://En el paso 19 se procede a leer el valor del Factor de Potencia L3 0205 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40042; 0206 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0207 "VARIABLES".Factor_Potencia_L3:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=21; 0208 GOTO FIN; 0209 ELSE 0210 GOTO FIN; 0211 END_IF; 0212 0213 step21://En el paso 21 se procede a leer el valor del THD en Tension L1L2 0214 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40044; 0215 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0216 "VARIABLES".THD_Tension_L1_L2:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=22; 0217 GOTO FIN; 0218 ELSE 0219 GOTO FIN; 0220 END_IF; 0221 0222 step22://En el paso 22 se procede a leer el valor del THD en Tension L2L3 </pre>		

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0223 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40046; 0224 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0225 "VARIABLES".THD Tension L2_L3:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=23; 0226 GOTO FIN; 0227 ELSE 0228 GOTO FIN; 0229 END_IF; 0230 0231 step23://En el paso 23 se procede a leer el valor del THD en Tension L1L3 0232 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40048; 0233 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0234 "VARIABLES".THD Tension L3_L1:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=24; 0235 GOTO FIN; 0236 ELSE 0237 GOTO FIN; 0238 END_IF; 0239 0240 step24://En el paso 24 se procede a leer el valor de la Potencia Aparente To- tal 0241 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40064; 0242 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0243 "VARIABLES".Potencia_Aparente_Total:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=25; 0244 GOTO FIN; 0245 ELSE 0246 GOTO FIN; 0247 END_IF; 0248 0249 step25://En el paso 25 se procede a leer el valor de la Potencia Activa Total 0250 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40066; 0251 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0252 "VARIABLES".Potencia_Activa_Total:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=26; 0253 GOTO FIN; 0254 ELSE 0255 GOTO FIN; 0256 END_IF; 0257 0258 step26://En el paso 26 se procede a leer el valor de la Potencia Reactiva To- tal 0259 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40068; 0260 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0261 "VARIABLES".Potencia_Reactiva_Total:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=27; 0262 GOTO FIN; 0263 ELSE 0264 GOTO FIN; 0265 END_IF; 0266 0267 step27://En el paso 27 se procede a leer el valor del Factor de Potencia Total 0268 "MB_CLIENT_DB".DISCONNECT:=0;"MB_CLIENT_DB".REQ:= 1;"MB_CLIENT_DB".MB_DA- TA_ADDR := 40070; </pre>		

Totally Integrated Automation Portal		
<pre>0269 IF "MB_CLIENT_DB".DONE=1 THEN 0270 "VARIABLES".Factor_Potencia_Total:="VARIABLES".RxTx;"MB_CLIENT_DB".DISCON- NECT:=1;"MB_CLIENT_DB".REQ:=0;"Step":=0; 0271 GOTO FIN; 0272 ELSE 0273 GOTO FIN; 0274 END_IF; 0275 0276 FIN.;</pre>		

VALVULA_BALANZA [FB1]

VALVULA_BALANZA Propiedades

General

Nombre	VALVULA_BALANZA	Número	1	Tipo	FB
Idioma	SCL				

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Remanencia
▼ Input				
Man_Auto	Bool	0.0	false	Ajustar en IDB
CMD_Valvula_Auto	Bool	0.1	false	Ajustar en IDB
CMD_Valvula_Manual	Bool	0.2	false	Ajustar en IDB
Peso_Actual	Real	2.0	0.0	Ajustar en IDB
Set_Point_Peso	Real	6.0	0.0	Ajustar en IDB
Porcentaje_Apertura_Final_Valvula	Real	10.0	50.0	Ajustar en IDB
Porcentaje_Peso_Cierre_Valvula	Real	14.0	80.0	Ajustar en IDB
▼ Output				
Porcentaje_Salida_Valvula	Real	18.0	0.0	Ajustar en IDB
InOut				
▼ Static				
m	Real	22.0	0.0	Ajustar en IDB
Estado_Valvula	Bool	26.0	false	Ajustar en IDB
Porcentaje_Peso_Actual	Real	28.0	0.0	Ajustar en IDB
Porcentaje_Set_Point_Peso	Real	32.0	100.0	Ajustar en IDB
Temp				

```

0001
0002 // Se calcula el Peso Actual como porcentaje respecto al Set Point
0003 IF #Set_Point_Peso > 0.0 THEN
0004
0005     #Porcentaje_Peso_Actual := (#Peso_Actual/#Set_Point_Peso)*100.0;
0006
0007 END_IF;
0008 //
0009 IF #Man_Auto = true THEN // Modo Automático
0010
0011     IF #CMD_Valvula_Auto = true THEN // La señal de Comando
0012         activa el funcionamiento de la Valvula
0013         IF #Porcentaje_Apertura_Final_Valvula > 0.0 AND #Porcentaje_Pe-
0014         so_Cierre_Valvula > 0.0 AND #Set_Point_Peso > 0.0 THEN
0015             //
0016             *****
0017             // Ira Condicion de Apertura
0018             //
0019             *****
0020             IF #Porcentaje_Peso_Actual < #Porcentaje_Peso_Cierre_Valvula THEN

```

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0019 // Se abre la Valvula al Valor seteado de la Apertura Inicial (Ideal- mente i00%) 0020 // 0021 #Porcentaje_Salida_Valvula := 100.0; 0022 #Estado_Valvula := true; 0023 0024 END_IF; 0025 0026 // ***** ***** 0027 // 2da Condicion de Apertura 0028 // ***** ***** 0029 IF (#Porcentaje_Peso_Actual >= #Porcentaje_Peso_Cierre_Valvula) AND (#Porcentaje_Peso_Actual < #Porcentaje_Set_Point_Peso) THEN 0030 // Calcula la pendiente de la recta 0031 // 0032 #m := -(100.0 - #Porcentaje_Apertura_Final_Valvula)/(#Porcen- taje_Set_Point_Peso - #Porcentaje_Peso_Cierre_Valvula); 0033 0034 // Ecuacion resultante de la Apertura de Valvula 0035 // 0036 #Porcentaje_Salida_Valvula := #m*(#Porcentaje_Peso_Actual - #Porcen- taje_Peso_Cierre_Valvula) + 100.0; 0037 #Estado_Valvula := true; 0038 0039 END_IF; 0040 0041 // ***** ***** 0042 // 3ra Condicion de Apertura 0043 // ***** ***** 0044 IF #Porcentaje_Peso_Actual >= #Porcentaje_Set_Point_Peso THEN 0045 // 0046 #Porcentaje_Salida_Valvula := 0.0; 0047 #Estado_Valvula := false; 0048 #CMD_Valvula_Auto := false; 0049 0050 END_IF; 0051 0052 ELSE 0053 0054 #CMD_Valvula_Auto := false; 0055 #Estado_Valvula := false; 0056 0057 END_IF; 0058 0059 ELSE // Cuando la señal de Comando cae a '0' se cierra la Valvula 0060 0061 #Porcentaje_Salida_Valvula := 0.0; 0062 #Estado_Valvula := false; 0063 0064 END_IF; </pre>		

Totally Integrated Automation Portal		
<pre>0065 0066 0067 0068 ELSE // Modo Manual 0069 0070 // Se recibe el Comando desde el HMI 0071 IF #CMD_Valvula_Manual = true THEN 0072 0073 #Porcentaje_Salida_Valvula := 100.0; // Abre la valvu- // la al 100% 0074 #Estado_Valvula := true; 0075 0076 ELSE 0077 0078 #Porcentaje_Salida_Valvula := 0.0; // 0079 #Estado_Valvula := false; 0080 0081 END_IF; 0082 0083 END_IF;</pre>		

VALVULA_TANQUE [FB2]

VALVULA_TANQUE Propiedades

General

Nombre	VALVULA_TANQUE	Número	2	Tipo	FB
Idioma	SCL				

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Remanencia
▼ Input				
Man_Auto	Bool	0.0	false	Ajustar en IDB
Habilitar_Apertura_Automatico	Bool	0.1	false	Ajustar en IDB
CMD_Valvula_Manual	Bool	0.2	false	Ajustar en IDB
Señal_Bloqueo_Parcial	Bool	0.3	false	Ajustar en IDB
Porcentaje_Apertura_Bloqueo_Parcial	Real	2.0	50.0	Ajustar en IDB
Porcentaje_Apertura_Final	Real	6.0	50.0	Ajustar en IDB
Nivel_Actual_Tanque	Real	10.0	0.0	Ajustar en IDB
Nivel_Minimo_Tanque	Real	14.0	0.0	Ajustar en IDB
Nivel_Maximo_Tanque	Real	18.0	0.0	Ajustar en IDB
Porcentaje_Nivel_Cierre_Valvula	Real	22.0	80.0	Ajustar en IDB
▼ Output				
Porcentaje_Salida_Valvula	Real	26.0	0.0	Ajustar en IDB
InOut				
▼ Static				
m	Real	30.0	0.0	Ajustar en IDB
Estado_Valvula	Bool	34.0	false	Ajustar en IDB
CMD_Valvula_Auto	Bool	34.1	false	Ajustar en IDB
Porcentaje_Nivel_Maximo	Real	36.0	100.0	Ajustar en IDB
Porcentaje_Nivel_Minimoo	Real	40.0	0.0	Ajustar en IDB
Porcentaje_Nivel_Actual	Real	44.0	0.0	Ajustar en IDB
Temp				

```

0001 //
0002 IF #Nivel_Maximo_Tanque > 0.0 THEN
0003
0004     #Porcentaje_Nivel_Actual := (#Nivel_Actual_Tanque/#Nivel_Maximo_Tanque)*100.0;
0005
0006 END_IF;
0007 //
0008
0009 IF #Man_Auto = true THEN // Modo Automatico
0010
0011     IF #Habilitar_Apertura_Automatico = true THEN // Condicion de Nivel Bajo
0012
0013         #CMD_Valvula_Auto := true;
0014
0015     END_IF;
0016
0017 IF #CMD_Valvula_Auto = true THEN // Habilita la Valvula

```

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0018 0019 IF #Porcentaje_Apertura_Final > 0.0 AND #Porcentaje_Nivel_Cierre_Valvula 0020 > 0.0 AND #Nivel_Maximo_Tanque > 0.0 THEN 0021 // 0022 ***** 0023 // 1ra Condicion de Apertura 0024 //***** 0025 ***** 0026 IF #Porcentaje_Nivel_Actual < #Porcentaje_Nivel_Cierre_Valvula THEN 0027 // Se abre la Valvula al 100% 0028 // 0029 IF #Señal_Bloqueo_Parcial = true THEN 0030 // El bloqueo parcial se da al funcionar el despacho de cisternas 0031 // 0032 #Porcentaje_Salida_Valvula := #Porcentaje_Apertura_Bloqueo_Parcial; 0033 #Estado_Valvula := true; 0034 0035 ELSE 0036 0037 #Porcentaje_Salida_Valvula := 100.0; 0038 #Estado_Valvula := true; 0039 0040 END_IF; 0041 0042 END_IF; 0043 0044 // 0045 ***** 0046 // 2da Condicion de Apertura 0047 // 0048 ***** 0049 IF (#Porcentaje_Nivel_Actual >= #Porcentaje_Nivel_Cierre_Valvula) AND 0050 (#Porcentaje_Nivel_Actual < #Porcentaje_Nivel_Maximo) THEN 0051 // Calcula la pendiente de la recta 0052 // 0053 IF #Señal_Bloqueo_Parcial = true THEN 0054 // 0055 #m := -(#Porcentaje_Apertura_Bloqueo_Parcial - #Porcentaje_Aper- 0056 tura_Final)/(#Porcentaje_Nivel_Maximo - #Porcentaje_Nivel_Cierre_Valvula); 0057 // Ecuacion resultante de la Apertura de Valvula 0058 #Porcentaje_Salida_Valvula := #m*(#Porcentaje_Nivel_Actual - #Por- 0059 centaje_Nivel_Cierre_Valvula) + #Porcentaje_Apertura_Bloqueo_Parcial; 0060 #Estado_Valvula := true; 0061 0062 ELSE 0063 0064 #m := -(100.0 - #Porcentaje_Apertura_Final)/(#Porcentaje_Nivel_Maxi- 0065 mo - #Porcentaje_Nivel_Cierre_Valvula); 0066 // Ecuacion resultante de la Apertura de Valvula 0067 #Porcentaje_Salida_Valvula := #m*(#Porcentaje_Nivel_Actual - #Por- 0068 centaje_Nivel_Cierre_Valvula) + 100.0; 0069 #Estado_Valvula := true; 0070 </pre>		

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0063 END_IF; 0064 0065 END_IF; 0066 0067 // ***** 0068 // 3ra Condicion de Apertura 0069 // ***** 0070 IF #Porcentaje_Nivel_Actual >= #Porcentaje_Nivel_Maximo THEN 0071 // 0072 #Porcentaje_Salida_Valvula := 0.0; 0073 #Estado_Valvula := false; 0074 #CMD_Valvula_Auto := false; 0075 0076 END_IF; 0077 0078 ELSE 0079 0080 #Porcentaje_Salida_Valvula := 0.0; 0081 #Estado_Valvula := false; 0082 #CMD_Valvula_Auto := false; 0083 0084 END_IF; 0085 0086 ELSE // Cuando la señal de Comando cae a '0' se cierra la Valvula 0087 0088 #Porcentaje_Salida_Valvula := 0.0; 0089 #Estado_Valvula := false; 0090 0091 END_IF; 0092 0093 ELSE // Modo Manual 0094 0095 // Se recibe el Comando desde el HMI 0096 IF #CMD_Valvula_Manual = true THEN 0097 0098 #Porcentaje_Salida_Valvula := 100.0; // Abre la Valvu- la al 100% 0099 #Estado_Valvula := true; 0100 0101 ELSE 0102 0103 #Porcentaje_Salida_Valvula := 0.0; // Cierra la Valvula 0104 #Estado_Valvula := false; 0105 0106 END_IF; 0107 0108 END_IF; </pre>		

VARIADOR [FB3]

VARIADOR Propiedades

General

Nombre	VARIADOR	Número	3	Tipo	FB
Idioma	SCL				

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Remanencia
▼ Input				
Manual_Auto	Bool	0.0	false	Ajustar en IDB
Habilitacion_Variador_Auto	Bool	0.1	false	Ajustar en IDB
CMD_Auto	Bool	0.2	false	Ajustar en IDB
CMD_Manual	Bool	0.3	false	Ajustar en IDB
Sincronizar_Valvula_Balanza_1	Bool	0.4	false	Ajustar en IDB
Sincronizar_Valvula_Balanza_2	Bool	0.5	false	Ajustar en IDB
Consigna_Valvula_Balanza_1	Real	2.0	0.0	Ajustar en IDB
Consigna_Valvula_Balanza_2	Real	6.0	0.0	Ajustar en IDB
Consigna_Manual	Real	10.0	0.0	Ajustar en IDB
Confirmar_Falla	Bool	14.0	false	Ajustar en IDB
▼ Output				
Palabra_Control	Word	16.0	16#0	Ajustar en IDB
Consigna_W	Word	18.0	16#0	Ajustar en IDB
Velocidad_Actual_Porcentaje	Real	20.0	0.0	Ajustar en IDB
InOut				
▼ Static				
Estado_Variador	Bool	24.0	false	Ajustar en IDB
▼ Temp				
Consigna_R_Escalada	Real	0.0		
Consigna	Real	4.0		
Palabra_Control_Temp	Word	8.0		
Bit_Falla_W	Word	10.0		

```

0001
0002 IF #Manual_Auto = true THEN                                     // Modo Automatico
0003
0004 IF #CMD_Auto = true THEN
0005     // Se envia la consigna en Modo Automatico
0006     //
0007     IF #Habilitacion_Variador_Auto = true THEN
0008         // Primero se verifica que se habilite la Bomba
0009         //
0010         IF #Sincronizar_Valvula_Balanza_1 = true THEN
0011             // Sincroniza la Bomba con la Valvula Nro 1
0012             //
0013             #Consigna := #Consigna_Valvula_Balanza_1;
0014             #Palabra_Control_Temp := 16#047F;
0015             #Estado_Variador := true;
0016
0017         END_IF;
0018

```

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0019 IF #Sincronizar_Valvula_Balanza_2 = true THEN 0020 // Sincroniza la Bomba con la Valvula Nro 2 0021 // 0022 #Consigna := #Consigna_Valvula_Balanza_2; 0023 #Palabra_Control_Temp := 16#047F; 0024 #Estado_Variador := true; 0025 0026 END_IF; 0027 0028 ELSE 0029 // Si NO se habilita la Bomba se resetea la señal de Comando 0030 0031 #Consigna := 0.0; 0032 #Palabra_Control_Temp := 16#047E; 0033 #Estado_Variador := false; 0034 0035 END_IF; 0036 0037 ELSE 0038 0039 #Consigna := 0.0; 0040 #Palabra_Control_Temp := 16#047E; 0041 #Estado_Variador := false; 0042 0043 END_IF; 0044 0045 ELSE // Modo Manual 0046 0047 IF #CMD_Manual = true THEN 0048 // Se envia la consigna en Modo Manual 0049 // 0050 #Consigna := #Consigna_Manual; 0051 // Se envia el comando en Modo Manual 0052 #Palabra_Control_Temp := 16#047F; 0053 #Estado_Variador := true; 0054 0055 ELSE 0056 0057 #Consigna := 0.0; 0058 #Palabra_Control_Temp := 16#047E; 0059 #Estado_Variador := false; 0060 0061 END_IF; 0062 0063 END_IF; 0064 0065 IF #Confirmar_Falla = true THEN 0066 // Activa bit de Confirmacion de falla 0067 #Bit_Falla_W := 16#80; 0068 0069 ELSE 0070 0071 #Bit_Falla_W := 16#0; 0072 0073 END_IF; 0074 0075 #Velocidad_Actual_Porcentaje := #Consigna; 0076 #Consigna_R_Escalada := (#Consigna / 100.0) * 16384.0; 0077 #Consigna_W := REAL_TO_INT(#Consigna_R_Escalada); </pre>		

```
0078  
0079 #Palabra_Control := #Palabra_Control_Temp OR #Bit_Falla_W;  
0080
```

HOROMETRO [FB4]

HOROMETRO Propiedades

General

Nombre	HOROMETRO	Número	4	Tipo	FB
Idioma	SCL				

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Remanencia
▼ Input				
Iniciar_Cuenta	Bool	0.0	false	Ajustar en IDB
Reset_Horometro	Bool	0.1	false	Ajustar en IDB
Input_Clock	Bool	0.2	false	Ajustar en IDB
Output				
InOut				
▼ Static				
FP_1	Bool	2.0	false	Ajustar en IDB
FP_2	Bool	2.1	false	Ajustar en IDB
FN_1	Bool	2.2	false	Ajustar en IDB
Segundo_Actual	Int	4.0	0	Ajustar en IDB
Minuto_Actual	Int	6.0	0	Ajustar en IDB
Hora_Actual	Int	8.0	0	Ajustar en IDB
Dias_Actual	Int	10.0	0	Ajustar en IDB
Segudo_Almacenado	Int	12.0	0	Ajustar en IDB
Minuto_Almacenado	Int	14.0	0	Ajustar en IDB
Hora_Almacenado	Int	16.0	0	Ajustar en IDB
Dias_Almacenado	Int	18.0	0	Ajustar en IDB
Temp				

```

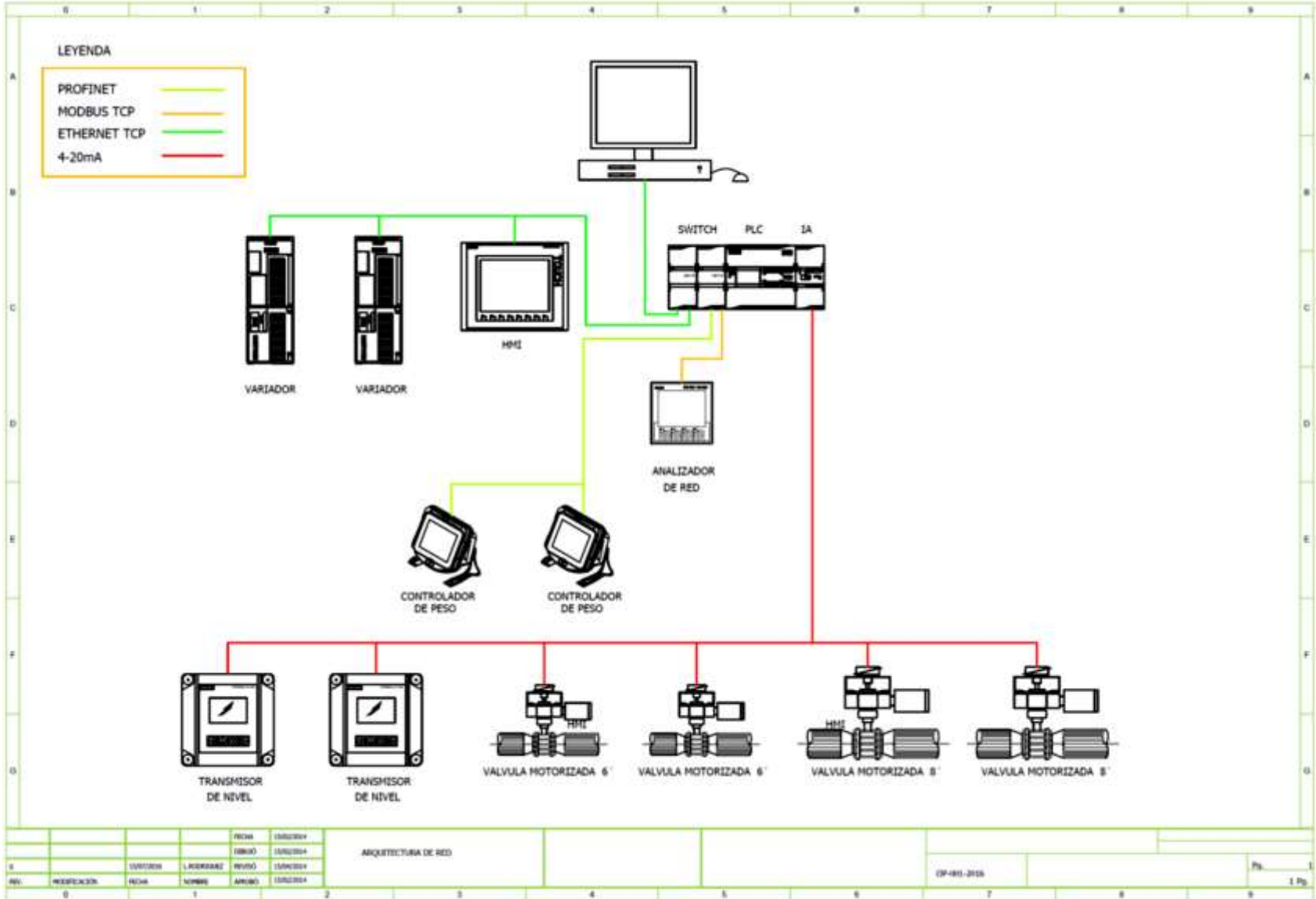
0001
0002 IF #Iniciar_Cuenta = true AND #FP_2 = false THEN
0003
0004 // Inicia la cuenta a partir de los ultimos valores guardados
0005 //
0006 #Segundo_Actual := #Segudo_Almacenado;
0007 #Minuto_Actual := #Minuto_Almacenado;
0008 #Hora_Actual := #Hora_Almacenado;
0009 #Dias_Actual := #Dias_Almacenado;
0010
0011 END_IF;
0012
0013 #FP_2 := #Iniciar_Cuenta;
0014
0015 IF #Iniciar_Cuenta = true THEN
0016
0017 IF #Input_Clock = true AND #FP_1 = false THEN
0018
0019 // En cada flanco del clock de 1 Seg se incrementa los contadores
0020 //
0021 #Segundo_Actual := #Segundo_Actual + 1;
0022
0023 IF #Segundo_Actual >= 60 THEN

```

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0024 0025 #Minuto_Actual := #Minuto_Actual + 1; 0026 #Segundo_Actual := 0; 0027 0028 IF #Minuto_Actual >= 60 THEN 0029 0030 #Hora_Actual := #Hora_Actual + 1; 0031 #Minuto_Actual := 0; 0032 0033 IF #Hora_Actual >= 24 THEN 0034 0035 #Dias_Actual := #Dias_Actual + 1; 0036 #Hora_Actual := 0; 0037 0038 END_IF; 0039 END_IF; 0040 END_IF; 0041 END_IF; 0042 0043 #FP_1 := #Input_Clock; 0044 0045 END_IF; 0046 0047 IF #Iniciar_Cuenta = false AND #FN_1 = true THEN 0048 0049 // Se guardan los valores actuales al terminar la cuenta 0050 // 0051 #Segundo_Almacenado := #Segundo_Actual; 0052 #Minuto_Almacenado := #Minuto_Actual; 0053 #Hora_Almacenado := #Hora_Actual; 0054 #Dias_Almacenado := #Dias_Actual; 0055 0056 END_IF; 0057 0058 #FN_1 := #Iniciar_Cuenta; 0059 0060 IF #Reset_Horometro = true THEN 0061 0062 // Se resetean los contadores desde el SCADA 0063 // 0064 #Segundo_Actual := 0; #Segundo_Almacenado := 0; 0065 #Minuto_Actual := 0; #Minuto_Almacenado := 0; 0066 #Hora_Actual := 0; #Hora_Almacenado := 0; 0067 #Dias_Actual := 0; #Dias_Almacenado := 0; 0068 0069 END_IF; 0070 </pre>		

ANEXO 3

PLANOS ELÉCTRICOS

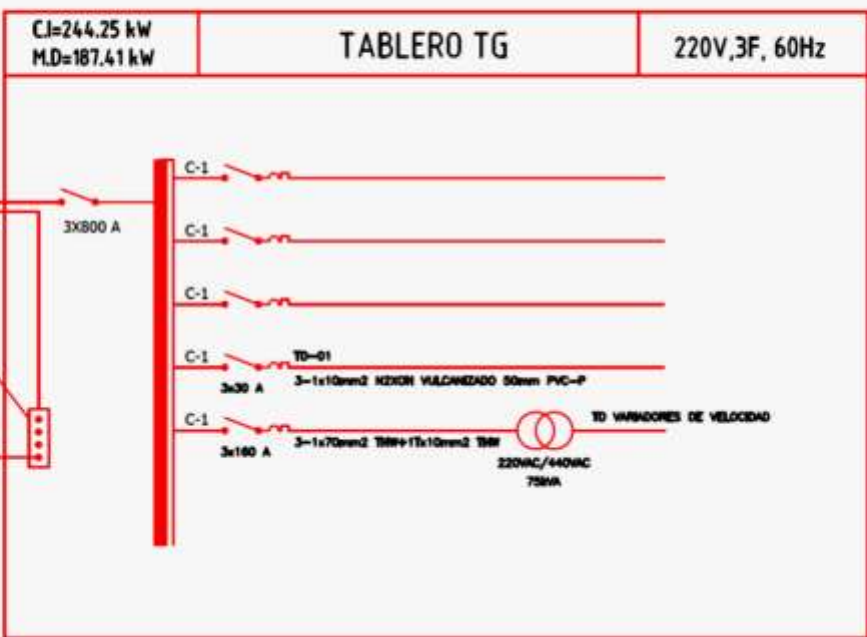


FECHA	15/02/2014
FORMA	15/02/2014
REVISOR	15/02/2014
REVISOR	15/02/2014
REVISOR	15/02/2014

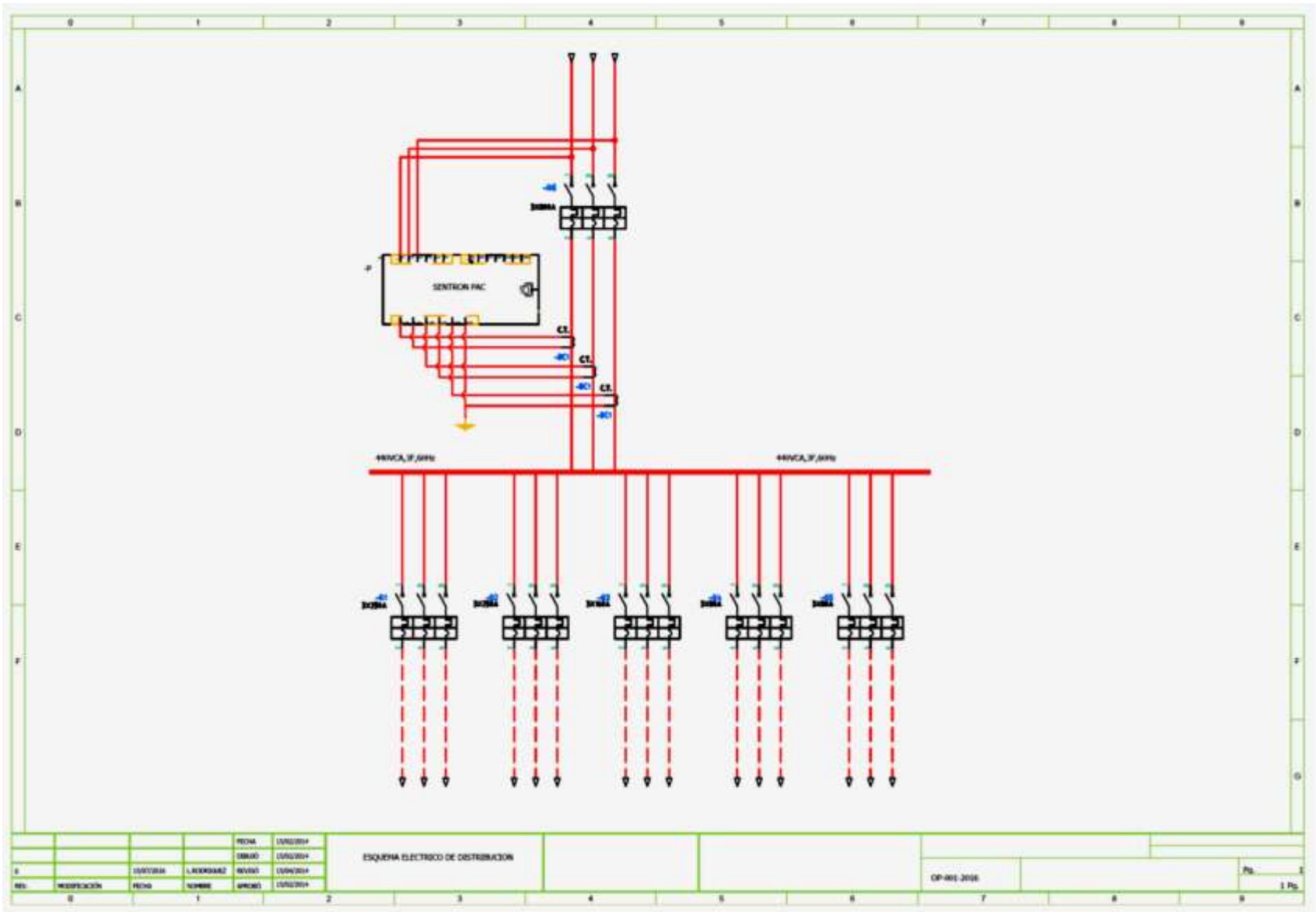
ARQUITECTURA DE RED

(P-01)-2014

TABLERO TG



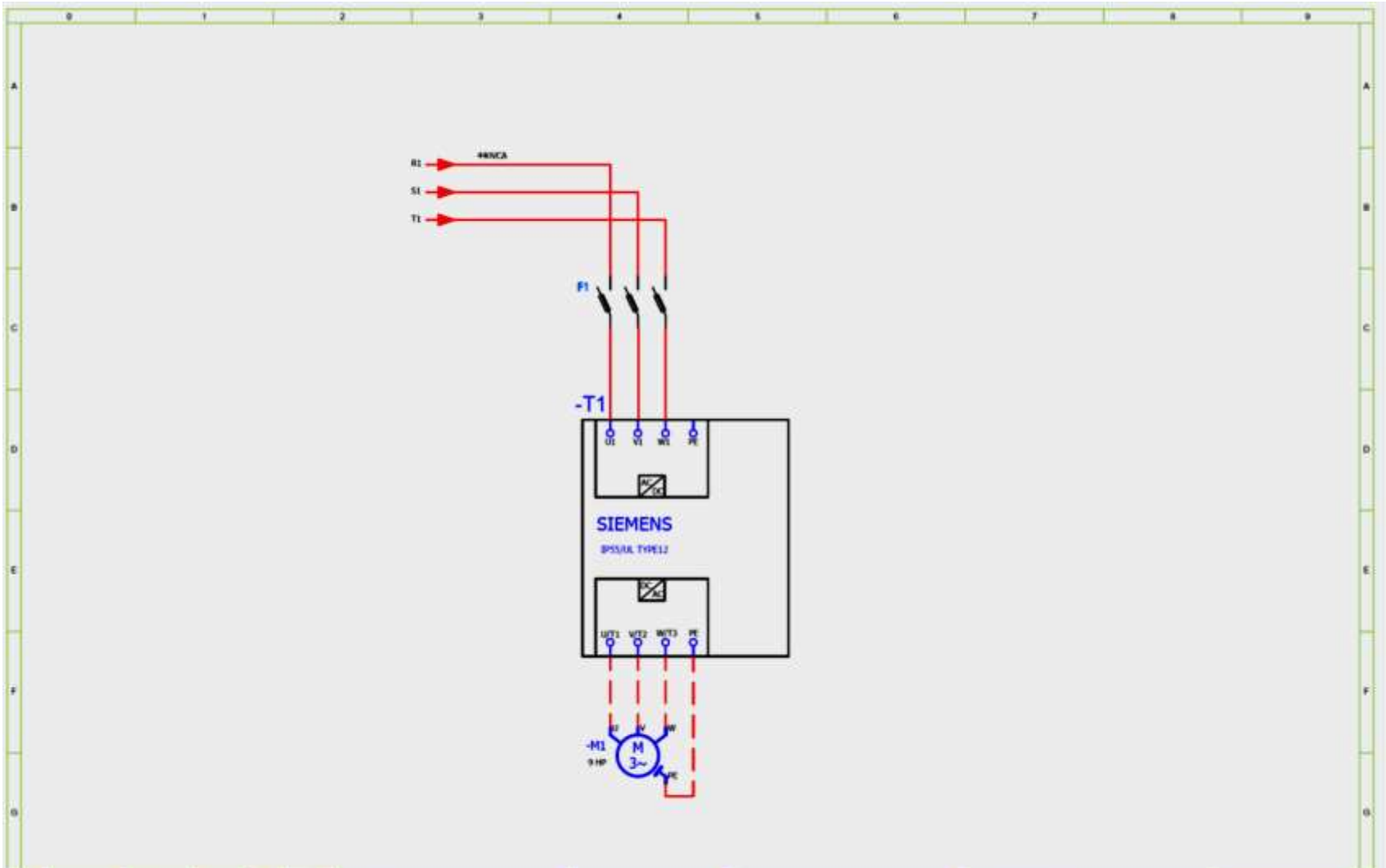
REV	MODIFICACION	FECHA	USUARIO	APROBADO	ESPECIFICACION	ARRANQUE CON VARIABLES	ESQUEMA ELECTRICO	VARIABLES DE FRECUENCIA 512H	OP-001-2018	Pg. 6	6 Pg.
-----	--------------	-------	---------	----------	----------------	------------------------------	-------------------	------------------------------	-------------	-------	-------



FECHA	15/02/2014
SEALADO	15/02/2014
REVISADO	15/02/2014
APROBADO	15/02/2014

ESQUEMA ELECTRO DE DISTRIBUCION

OP-001-2014



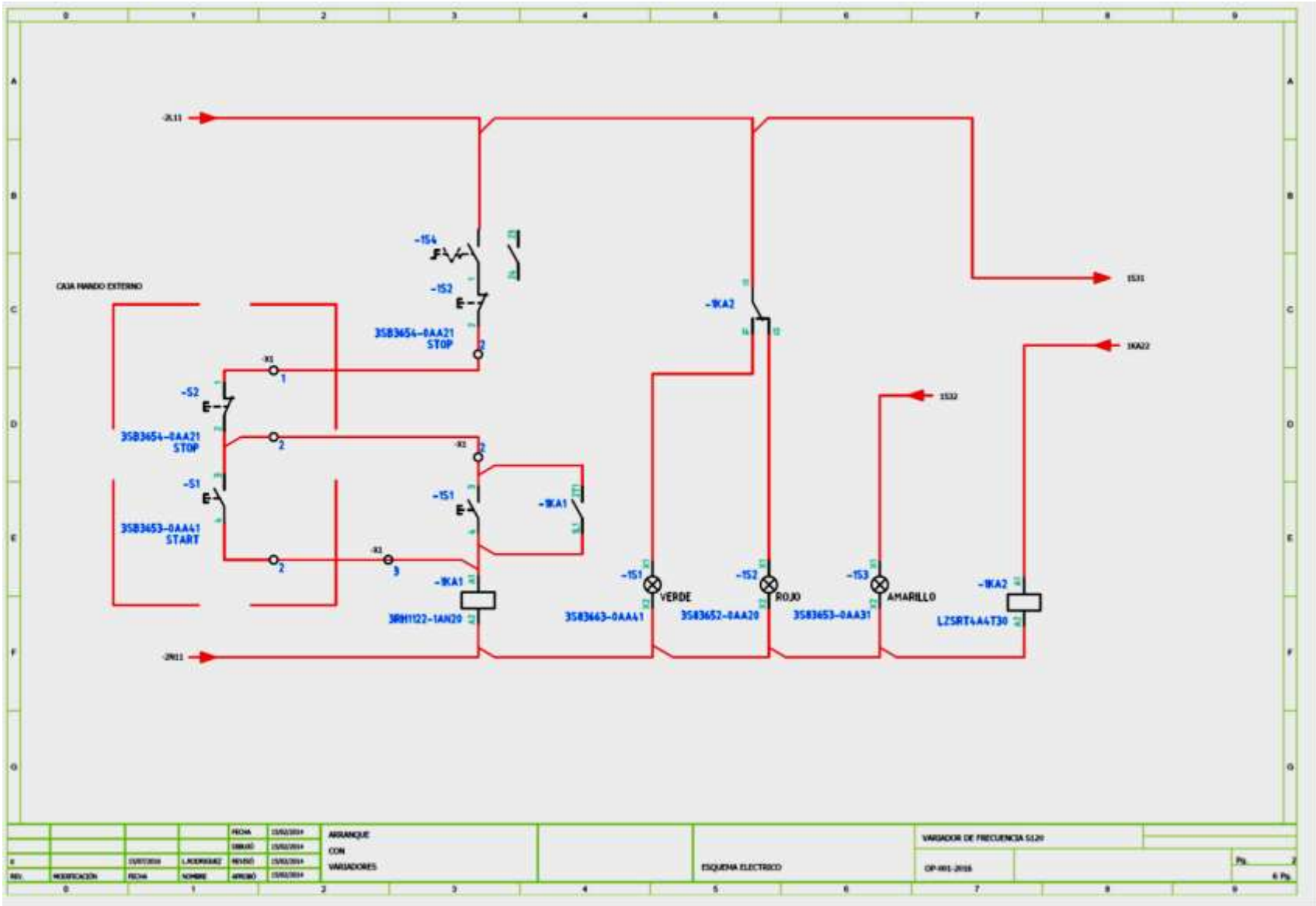
REDA	05/02/2014	ANILQUI							
REDA	05/02/2014	CON							
REDA	05/02/2014	VARADORES							
MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	APROBADO	05/02/2014	ESQUEMA ELECTRICO	OP-001-2014			6 Pg.

VARIADOR DE FRECUENCIA 5.00

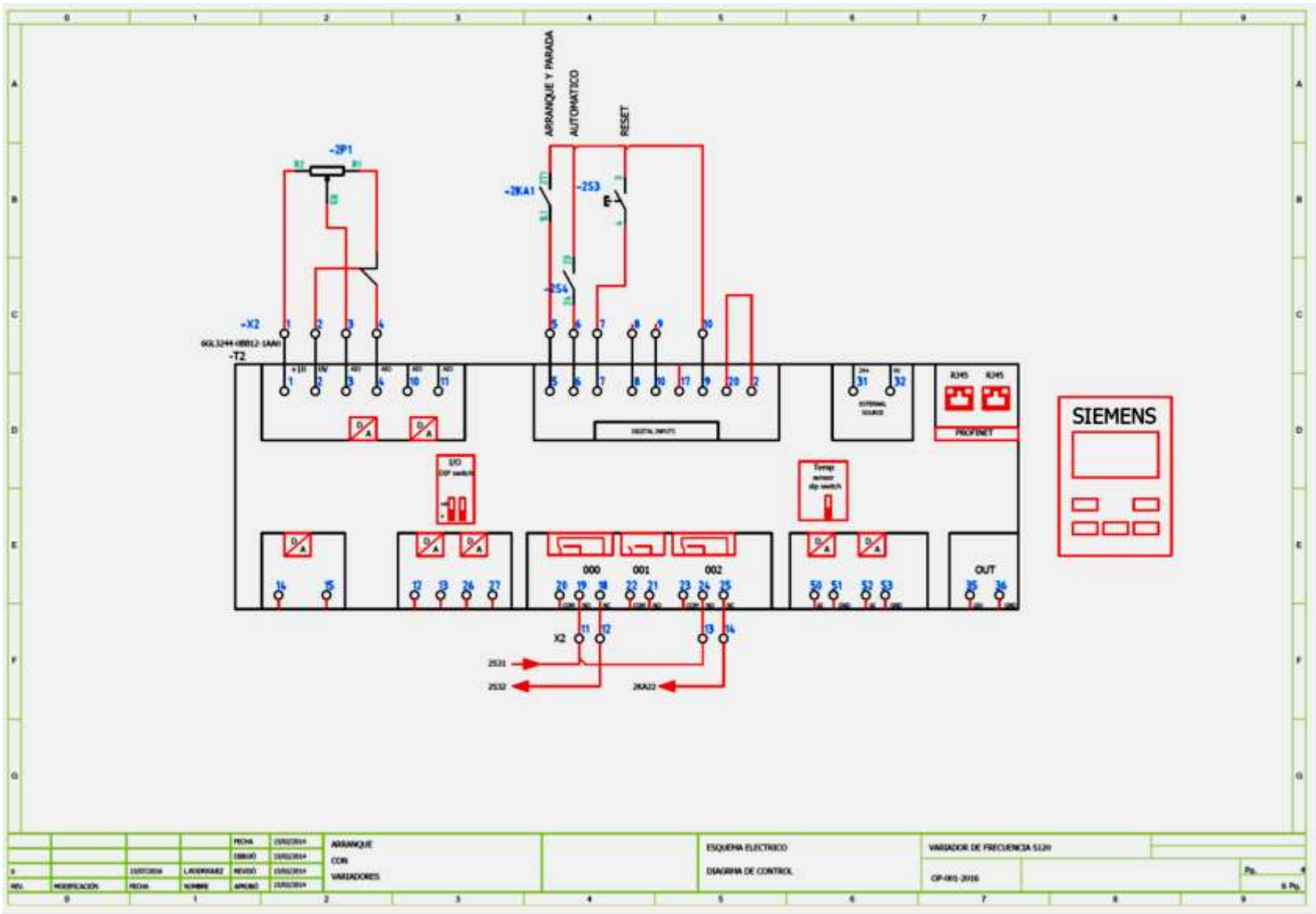
OP-001-2014

Pg.

6 Pg.



REVISOR	FECHA	REVISOR	FECHA	ARRANQUE	OP 491-2018	6 Pg.
MODIFICACION	FECHA	MODIFICACION	FECHA	CON	VARIABLES	
				ESQUEMA ELECTRICO	VARIABLES DE FRECUENCIA 5120	



			FECHA	15/03/2014	ARRANQUE		ESQUEMA ELECTICO	VALIDADOR DE FRECUENCIA 512H	
			REVISOR	15/03/2014	CON		DIAGRAMA DE CONTROL		
	15/03/2014	L. RODRIGUEZ	REVISOR	15/03/2014	VALIDADORES			OP-MS 3016	
REV.	VERIFICACION	FECHA	NOMBRE	APROBADO	FECHA				

ANEXO 4
HOJA DE DATOS
TÉCNICOS

Data sheet

6ES7214-1AG31-0XB0

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, COMPACT CPU, DC/DC/DC,
ONBOARD I/O: 14 DI 24V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0 - 10V DC,
POWER SUPPLY: DC 20.4 - 28.8 V DC, PROGRAM/DATA
MEMORY: 75 KB



General information	
Product type designation	CPU 1214C DC/DC/DC
Engineering with	
• Programming package	STEP 7 V11 SP2 or higher
Display	
with display	No
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 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.	1.5 A; 24 V DC

Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
• 24 V	Permissible range: 20.4V to 28.8V
Power loss	
Power loss, typ.	12 W
Memory	
Work memory	
• integrated	75 kbyte
• expandable	No
Load memory	
• integrated	4 Mbyte
Backup	
• present	maintenance-free
• without battery	Yes
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.085 µs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.5 µs; / instruction
CPU-blocks	
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
OB	
• Number, max.	Limited only by RAM for code
Data areas and their retentivity	
retentive data area in total (incl. times, counters, flags), max.	10 kbyte
Flag	
• Number, max.	8 kbyte; Size of bit memory address area
Address area	
I/O address area	
• Inputs	1 024 byte
• Outputs	1 024 byte
Process image	
• Inputs, adjustable	1 kbyte
• Outputs, adjustable	1 kbyte

Hardware configuration	
Number of modules per system, max.	3 comm. modules, 1 signal board, 8 signal modules
Time of day	
Clock	
• Hardware clock (real-time)	Yes
• Backup time	480 h; Typical
• Deviation per day, max.	60 s/month at 25 °C
Digital inputs	
Number of digital inputs	14; Integrated
• of which inputs usable for technological functions	6; HSC (High Speed Counting)
integrated channels (DI)	14
Source/sink input	Yes
Number of simultaneously controllable inputs	
all mounting positions	
— up to 40 °C, max.	14
Input voltage	
• Rated value (DC)	24 V
• for signal "0"	5 V DC at 1 mA
• for signal "1"	15 V DC at 2.5 mA
Input current	
• for signal "1", typ.	1 mA
Input delay (for rated value of input voltage)	
for standard inputs	
— parameterizable	0.2 ms, 0.4 ms, 0.8 ms, 1.6 ms, 3.2 ms, 6.4 ms 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
for interrupt inputs	
— parameterizable	Yes
for counter/technological functions	
— parameterizable	Single phase: 3 @ 100 kHz & 3 @ 30 kHz, differential: 3 @ 80 kHz & 3 @ 30 kHz
Cable length	
• shielded, max.	500 m; 50 m for technological functions
• unshielded, max.	300 m; For technological functions: No
Digital outputs	
Number of digital outputs	10
• of which high-speed outputs	4; 100 kHz Pulse Train Output
integrated channels (DO)	10
Short-circuit protection	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 µs
• "1" to "0", max.	5 µs
Switching frequency	
• of the pulse outputs, with resistive load, max.	100 kHz
Cable length	
• shielded, max.	500 m
• unshielded, max.	150 m
Analog inputs	
Number of analog inputs	2
integrated channels (AI)	2; 0 to 10V
Input ranges	
• Voltage	Yes
Input ranges (rated values), voltages	
• 0 to +10 V	Yes
• Input resistance (0 to 10 V)	≥100k ohms
Cable length	
• shielded, max.	100 m; twisted and shielded
Analog outputs	
Number of analog outputs	0
Cable length	
• shielded, max.	100 m; shielded, twisted pair
Analog value generation	
Integration 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

1. Interface	
Interface type	PROFINET
Physics	Ethernet
Isolated	Yes
automatic detection of transmission rate	Yes
Autonegotiation	Yes
Autocrossing	Yes
Functionality	
• PROFINET IO Controller	Yes
Protocols	
Supports protocol for PROFINET IO	Yes
PROFIBUS	Yes
AS-Interface	Yes
Protocols (Ethernet)	
• TCP/IP	Yes
Further protocols	
• MODBUS	Yes
Communication functions	
S7 communication	
• supported	Yes
• as server	Yes
• as client	Yes
Open IE communication	
• TCP/IP	Yes
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes
• UDP	Yes
Web server	
• supported	Yes
• User-defined websites	Yes
Test commissioning functions	
Status/control	
• Status/control variable	Yes
• Variables	Inputs/outputs, memory bits, DBs, distributed I/Os, timers, counters
Forcing	
• Forcing	Yes
Diagnostic buffer	
• present	Yes
Integrated Functions	
Number of counters	6
Counting 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
Potential separation	
Potential separation digital inputs	
• Potential separation digital inputs	500V AC for 1 minute
• between the channels, in groups of	1
Potential separation digital outputs	
• Potential separation digital outputs	Yes
• between the channels	No
• between the channels, in groups of	1
Permissible potential difference	
between different circuits	500 V DC between 24 V DC and 5 V DC
EMC	
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
Interference immunity to cable-borne interference	
• Interference immunity on supply lines acc. to IEC 61000-4-4	Yes
• Interference immunity on signal cables acc. to IEC 61000-4-4	Yes
Interference immunity against voltage surge	
• on the supply lines acc. to IEC 61000-4-5	Yes
Interference immunity against conducted variable disturbance induced by high-frequency fields	
• Interference immunity against high-frequency radiation acc. to IEC 61000-4-6	Yes
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Limit class A, for use in industrial areas	Yes; Group 1
• Limit class B, for use in residential areas	Yes; When appropriate measures are used to ensure compliance with the limits for Class B according to EN 55011
Degree and class of protection	
Degree of protection acc. to EN 60529	
• IP20	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes

CSA approval	Yes
UL approval	Yes
cULus	Yes
FM approval	Yes
RCM (formerly C-TICK)	Yes
Marine approval	
• Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Free fall	
• Fall height, max.	0,3 m; five times, in product package
Ambient temperature during operation	
• min.	-20 °C
• max.	60 °C
• horizontal installation, min.	-20 °C
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-20 °C
• vertical installation, max.	50 °C
Ambient temperature during storage/transportation	
• min.	-40 °C
• max.	70 °C
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
• Operation, min.	795 hPa
• Operation, max.	1 080 hPa
• Storage/transport, min.	660 hPa
• Storage/transport, max.	1 080 hPa
• permissible operating height	-1000 to 2000 m
Relative humidity	
• permissible range (without condensation) at 25 °C	95 %
• Operation, max.	95 %; no condensation
Vibrations	
• Vibrations:	2 g (m/s ²) wall mounting, 1 g (m/s ²) DIN rail
• Operation, tested according to IEC 60068-2-6	Yes
Shock test	
• tested 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
Extended ambient conditions	
Pollutant concentrations	
— SO ₂ at RH < 60% without condensation	SO ₂ : < 0.5 ppm; H ₂ S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
Configuration	
Programming	
Programming language	

— LAD	Yes
— FBD	Yes
— SCL	Yes
Cycle time monitoring	
• adjustable	Yes
Dimensions	
Width	110 mm
Height	100 mm
Depth	75 mm
Weights	
Weight, approx.	415 g
last modified:	07/13/2016



Figure similar

Ordering data

6SL3244-0BB12-1FA0

Client order no. :
Order no. :
Offer no. :
Remarks :

Item no. :
Consignment no. :
Project :

Electrical data		Ambient conditions	
Operating voltage via		Ambient temperature	
The Power Module	DC 24 V	Operation	-10 ... 55 °C (14 ... 131 °F)
External power supply	DC 20 ... 29 V	Storage	-40 ... 70 °C (-40 ... 158 °F)
Max. power consumption	0.50 A	Relative humidity	
Power loss	5.50 W	Max. operation	95 %
Inputs / outputs		Communication	
Standard digital inputs		Communication	
Number	6	PROFINET	
Switching level: 0 → 1	11 V	Closed-loop control techniques	
Switching level: 1 → 0	5 V	V/f linear / square-law / parameterizable	Yes
Fail-safe digital inputs		V/f with flux current control (FCC)	Yes
Number	1 (Use of 2 × DI Standard)	V/f ECO linear / square-law	Yes
Digital outputs		Sensorless vector control	Yes
Number as relay changeover contact	2	Vector control, with sensor	No
Analog / digital inputs		Encoderless torque control	Yes
Number	2 (Differential input)	Torque control, with encoder	No
Analog outputs		Standards	
Number	2 (Non-isolated output)	Compliance with standards	
Connections		UL, cUL, CE, C-Tick (RCM)	
Signal cable		CE marking	
Conductor cross-section	0.05 ... 1.50 mm ² (30 ... 16 AWG)	Low-voltage directive 2006/95/EC	
		Mechanical data	
		Degree of protection	IP20
		Net weight	0.49 kg
		Width	73.0 mm
		Height	199.0 mm
		Depth	46.0 mm



SENTRON PAC4200; LCD: 96X96MM POWER MONITORING DEVICE PANEL MOUNT TYPE FOR MEASUREMENT OF ELECTR. VALUES VAUX: 110-340VDC / 95-240VAC VIN: MAX.690/400V; 45-65HZ AMPIN: X/1A OR X/5A AC COMPRESSION TYPE TERMINALS

Model		
product brand name		SENTRON
Product designation		multimeter
Design of the product		compact
Product type designation		PAC4200
Type of measured value detection		complete
Design of the power supply		Wide-range power supply
General technical data		
Cutout width	mm	92
Cutout height	mm	92
Size of Power Monitoring Device / company-specific		size 96
Operating mode for measured value detection		
• automatic line frequency detection		Yes
• set at 50 Hz		No
• set to 60 Hz		No
Pulse duration		
• initial value	ms	30
• Full-scale value	ms	500

Voltage curve		Sinusoidal or distorted
Measurable line frequency / initial value	Hz	45
Measurable line frequency / Full-scale value	Hz	65
Measuring procedure / for voltage measurement		TRMS
MTBF	y	169.7
Equipment marking / acc. to DIN 40719 extended according to IEC 204-2 / acc. to IEC 750		P

Voltage

Measurable current / 1 / at AC / Rated value	A	1
Measuring procedure / for current measurement		TRMS

Supply voltage

Supply voltage frequency / Rated value		
• minimum	Hz	45
• maximum	Hz	65
Type of voltage / of the supply voltage		AC/DC
Measuring category / for supply voltage		CATIII
Apparent power consumption		
• with expansion module / maximum	V·A	32
• without expansion module / typical	V·A	11
Active power consumption		
• with expansion module / typical	W	11
• without expansion module / typical	W	5.5
Relative symmetrical tolerance / of the supply voltage	%	10

Protection class

Protection class IP		
• on the front		IP65
• Rear side		IP20
Operating resource protection class / when installed		II

Electricity

Short-time current resistance (I _{cw}) / limited to 1 s / Rated value	A	100
Measurable current / 2 / at AC / Rated value	A	5

Suitability

Suitability for operation		Installation in stationary control panels in closed rooms
Adjustable time period / minimum	ms	10

Product function

Product function		
• Illuminance of display backlighting adjustable		Yes
• Time-controlled reduction of the illuminance of display backlighting possible		Yes

- reactive power measurement
- frequency measurement
- pulse measurement
- Display contrast adjustable
- voltage measurement
- Current measurement
- active power measurement

Yes
Yes
Yes
Yes
Yes
Yes
Yes

Display and operation

Design of the display	LCD, graphical, monochrome
Number of keys	4
Color / of the background of the display	white
National language / on the display screen / is supported	ger, en, fr, spa, ita, por, tur, rus, chi, pol
Product function / Display can be inverted (positive <-> negative mode)	Yes
Horizontal image resolution	128
Vertical screen resolution	96

Communication

Refresh time / at the interface		
<ul style="list-style-type: none"> • for instantaneous values / typical 	ms	200
Number of active connections / at the Ethernet interface		3
Number of logical ports / at the Ethernet interface / is supported		2
Design of cable / connectable / Twisted pair		Yes
Product function / at the Ethernet interface		
<ul style="list-style-type: none"> • auto-MDI(X) • Autonegotiation • serial gateway 		Yes Yes Yes
Protocol		
<ul style="list-style-type: none"> • at the Ethernet interface / is supported • is supported 		MODBUS TCP MODBUS TCP
Transfer rate		
<ul style="list-style-type: none"> • minimum • maximum • 1 / for Ethernet • 2 / for Ethernet 	kbit/s kbit/s Mbit/s Mbit/s	10 000 100 000 10 100

Fault limits

Reference condition / for metering accuracy	Acc. to IEC61557-12
Formula for relative total measurement inaccuracy	
<ul style="list-style-type: none"> • for measured variable reactive energy 	Class 2 according to IEC61557-12 and/or IEC62053-23

- for measured variable output
- for measured variable output factor
- for measured variable voltage
- for measured variable current
- for measured variable THD
- for measured variable active energy

+/- 0,5 %
 +/- 2 %
 +/- 0,2 %
 +/- 0,2 %
 +/- 2 %
 Class 0.2 according to IEC61557-12 and/or class
 0.2S according to IEC62053-22

Inputs Outputs		
Input voltage / at digital input		
• initial value for signal<1>-recognition	V	19
• at DC / Rated value	V	24
• at DC / maximum	V	30
• Full-scale value for signal<0> recognition	V	10
Number of digital outputs		2
Number of digital inputs		2
Digital output version		switching or pulse output function
Type of switching output		solid state
Type of electrical connection / at the digital outputs		screw-type terminals
Type of electrical connection / at the digital inputs		screw-type terminals
Input current / at digital input		
• for signal <1>	mA	4
Output current		
• at digital output / with signal <0> / maximum	mA	0.2
• at digital output / for signal <1> / maximum	mA	27
• at digital output / for signal <1> / minimum	mA	10
• at the digital outputs / at DC / limited to 100 ms / maximum	mA	300
• at the digital outputs / at DC / maximum	mA	100
Output delay / at digital output		
• for signal <0> to <1> / maximum	ms	5
• for signal <1> to <0> / maximum	ms	5
Operating conditions for digital inputs / external voltage supply		Yes
Operating voltage / as output voltage / at DC / maximum permissible	V	30
Property of the output / Short-circuit proof		Yes
Input delay time / at digital input		
• for signal <0> to <1> / maximum	ms	5
• for signal <1> to <0> / maximum	ms	5
Internal resistance / at the digital outputs	Ω	55
Measuring category / for digital signals		CATI
Switching frequency / at digital output / maximum	Hz	20

Transfer rate / 1 / for fast Ethernet	Mbit/s	100
Measuring inputs		
Outer conductors and neutral conductors internal resistance / for voltage measurement	MΩ	1.05
Measurable supply voltage		
• between (PE)N and L / at AC / minimum	V	11.5
• between (PE)N and L / at AC / maximum	V	480
• between (PE)N and L / at AC / maximum rated value	V	400
• between the outer conductors / at AC / minimum	V	20
• between the outer conductors / at AC / maximum	V	828
• between the outer conductors / at AC / maximum rated value	V	690
Voltage measuring range extension / with external voltage transformers		Yes
Measuring category / for voltage measurement		CATIII
Supply voltage / between the outer conductors / at AC / maximum permissible	V	831
Continuous current / at AC / maximum permissible	A	10
Current measuring range extension / with external current transformers		Yes
Measuring category / for current measurement		CATIII
Zero-point suppression / for current measurement		0 ... 10 %
Relative measurable current / at AC		
• minimum	%	1
• maximum	%	120
Apparent power consumption / for current measurement		
• with measuring range 1 A / per phase	mVA	4
• with measuring range 5 A / per phase	mVA	115
Connections		
• Type of connectable conductor cross-section / at the digital inputs		
— for AWG conductors / solid		1x 24 ... 12
— solid		1x (0.2 ... 2.5 mm ²), 2x (0.2 ... 1.0 mm ²)
— finely stranded / with core end processing		1x (0.25 ... 2.5 mm ²), 2x (0.25 ... 1.0 mm ²)
• Type of connectable conductor cross-section / at the digital outputs		
— for AWG conductors / solid		1x 24 ... 12
— solid		1x (0.2 ... 2.5 mm ²), 2x (0.2 ... 1.0 mm ²)
— finely stranded / with core end processing		1x (0.25 ... 2.5 mm ²), 2x (0.25 ... 1.0 mm ²)

<ul style="list-style-type: none"> • Type of connectable conductor cross-section / at the inputs for supply voltage <ul style="list-style-type: none"> — for AWG conductors / solid — solid — finely stranded / with core end processing • Type of connectable conductor cross-section <ul style="list-style-type: none"> — at the measurement inputs for voltage <ul style="list-style-type: none"> — for AWG conductors / solid — solid — finely stranded / with core end processing — at the measurement inputs for current <ul style="list-style-type: none"> — for AWG conductors / solid — solid — finely stranded / with core end processing 	<p>2x 20 to 14 1x (0.5 ... 4 mm²), 2x (0.5 ... 2.5 mm²) 1x (0.5 ... 2.5 mm²), 2 (0.5 ... 1.5 mm²)</p> <p>2x 20 to 14 1x (0.5 ... 4 mm²), 2x (0.5 ... 2.5 mm²) 1x (0.5 ... 2.5 mm²), 2x (0.5 ... 1.5 mm²)</p> <p>2x 20 to 14 1x (0.5 ... 4 mm²), 2x (0.5 ... 2.5 mm²) 1x (0.5 ... 2.5 mm²), 2x (0.5 ... 1.5 mm²)</p>
<p>Type of electrical connection</p> <ul style="list-style-type: none"> • at the inputs for supply voltage • at the measurement inputs for voltage • at the measurement inputs for current • of the fast Ethernet interface 	<p>screw-type terminals</p> <p>screw-type terminals</p> <p>screw-type terminals</p> <p>RJ45 (8P8C)</p>

Mechanical Design

Height	mm	96
Height / of the display	mm	54
Width	mm	96
Width		
• of the display	mm	72
Depth	mm	82
mounting position		vertical
Installation depth	mm	77
Installation depth / with expansion module / maximum	mm	99
Mounting type / panel mounting		Yes
Material thickness / of the control panel		
• maximum	mm	4

Environmental conditions

Degree of pollution		2
Installation altitude / at height above sea level / maximum	m	2 000
Standard		
• for EMC for industrial sector		IEC 61000-6-2
• for EMC against unloading		IEC 61000-4-2

<ul style="list-style-type: none"> • for EMC against high frequency fields • for EMC against conducted LF disturbance variables (industry) • for EMC against conducted disturbance variables via HF fields • for EMC against magnetic fields with power engineering frequencies • for EMC against quick, transient electrical disturbances • for EMC against voltage drops and interruptions • for EMC against surge voltages • for free fall • for pulse emitter • for cyclic, environmental damp heat check • for environmental coldness check • for environmental dry heat check 		IEC 61000-4-3 IEC 61000-6-4 IEC 61000-4-6 IEC 61000-4-8 IEC 61000-4-4 IEC 61000-4-11 IEC 61000-4-5 IEC 60068-2-32 according to IEC62053-31 IEC 60068-2-30 IEC 60068-2-1 IEC 60068-2-2
Relative humidity / at 25 °C / without condensation / during operation		
<ul style="list-style-type: none"> • minimum • maximum 	%	5 95
Ambient temperature		
<ul style="list-style-type: none"> • during operation / minimum • during operation / maximum • during storage / minimum • during storage / maximum 	°C	-10 55 -25 70
Certificates		
Certificate of suitability		
<ul style="list-style-type: none"> • as EC declaration of conformity • as approval for Canada • as approval for USA • Approval Australia • Approval Russia 		IEC 61010-1: 2001 (2nd Ed.) with Corr. 1, EN 61010-1: 2001 (2nd Ed.) and DIN EN 61010-1:2002 with "Berichtigung 1" UL 61010-1, 2nd Ed. CAN/CSA-C22.2 NO. 61010-1-04 UL 61010-1, 2nd Ed. CAN/CSA-C22.2 NO. 61010-1-04 Yes Yes
Equipment marking / acc. to DIN EN 61346-2		P

General Product Approval	Declaration of Conformity	other
--------------------------	---------------------------	-------



[sonstige](#)

[Bestätigungen](#)

other



[PROFINET-Zertifizierung](#)

Profibus

Further information

Information- and Downloadcenter (Catalogs, Brochures,...)

<http://www.siemens.com/lowvoltage/catalogs>

Industry Mall (Online ordering system)

<https://eb.automation.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/7KM42120BA003AA0>

Service&Support (Manuals, Certificates, Characteristics, FAQs,...)

<http://support.automation.siemens.com/WWW/view/en/7KM42120BA003AA0/all>

Image database (product images, 2D dimension drawings, 3D models, device circuit diagrams, ...)

http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax_en.aspx?mlfb=7KM42120BA003AA0

CAX-Online-Generator

<http://www.siemens.com/cax>

Tender specifications

<http://ausschreibungstexte.siemens.com/tiplv>

