



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPTO. INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

# “IMPLEMENTACION Y REACONDICIONAMIENTO DE SISTEMA DE CONTROL PARA VISUALIZACION Y COMANDO A DISTANCIA PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE”

AUTORES:  
ANA MARIA INOSTROZA AREVALO  
ANDRES ALBERTO VILLA ORTIZ

SEMINARIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN ELECTRÓNICA

CONCEPCIÓN – CHILE  
AÑO 2018



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPTO. INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

# “IMPLEMENTACION Y REACONDICIONAMIENTO DE SISTEMA DE CONTROL PARA VISUALIZACION Y COMANDO A DISTANCIA PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE”

AUTORES:  
ANA MARIA INOSTROZA AREVALO  
ANDRES ALBERTO VILLA ORTIZ

DOCENTE PATROCINANTE:  
JOHN CORREA TOLOZA

DOCENTES ADJUNTOS:  
CRISTHIAN BELTRAN PROVOSTE  
WLADIMIR MUÑOZ JOFRE

## Índice

Objetivos:.....	6
Resumen: .....	7
Introducción:.....	8
Capítulo I.....	9
1 Descripción del Proceso de Plantas de Tratamiento de AP .....	9
1.1 Captación: .....	10
1.2 Cloración:.....	13
1.3 Distribución: .....	15
1.4 Diagrama de bloque del proceso de la planta de agua potable (PAP). .....	15
Capítulo II.....	16
2 Levantamiento de Sistema de Control Actual del Proceso. ....	16
2.1 Sistema de Control Actual de Captación: .....	17
2.2 Sistema de Control Actual de Cloración:.....	19
2.3 Sistema de Control Actual de Distribución: .....	21
2.4 Sistema Respaldo de Energía:.....	23
Capítulo III .....	24
3 Estudio de Variables de Proceso. ....	24
3.1 Captación: .....	24
3.2 Cloración:.....	26
3.3 Distribución: .....	27
3.4 Sistemas Anexos:.....	29
Capítulo IV .....	30
4 Estudio de lógica de Control del proceso para la creación de programas para los nuevos PACs. ....	30
4.1 Controlador PAC .....	31
4.2 Configuración del PAC.....	32
4.3 ÁREA CAPTACIÓN (Área 10) .....	45
4.4 ÁREA CLORACION (Área 20).....	53
4.5 ÁREA DISTRIBUCIÓN (Área 30).....	56
4.6 Alarmas del sistema .....	62

Capítulo V.....	64
5 Arquitectura de la Solución.....	64
5.1 El Sistema de Control Local .....	65
5.2 Comunicación Remota.....	65
5.3 El SCADA .....	65
Capítulo VI.....	66
6 Montaje y reemplazo de nuevos equipos y elementos de control en cada etapa del proceso.....	66
6.1 Captación: .....	67
6.2 Cloración:.....	70
6.3 Distribución: .....	71
6.4 Otros sistemas: .....	75
Capítulo VII.....	76
7 Diseño e implementación de sistema SCADA.....	76
7.1 Captación: .....	84
7.2 Cloración:.....	89
7.3 Distribución: .....	91
7.4 Variables de Flujo, Presión y cloro.....	95
7.5 Medición de energía.....	96
7.6 Indicación de Eventos y Alarmas. ....	97
7.7 Tendencias .....	99
Comentarios y Conclusiones .....	101
Bibliografía.....	103
Anexos.....	104
Anexo N°1 P&ID PAP (Planta Agua Potable) Rosario .....	104
Anexo N°2 Planos de conexiónado PAC PAP (Planta de Agua) Rosario .....	105
Anexo N°3 Programa de PAC PAP Rosario .....	111
Anexo N°4 Conexiónado de las tarjetas digitales y análogas del PAC.M340 .....	122
Anexo N°5 Conexiónado bomba de cloro.....	139
Anexo N°6 Conexiónado transductor de corriente.....	142
Anexo N°7 Conexiónado Flujometro .....	143

Anexo N°8 Conexión sensor ultrasónico.....	147
Anexo N°9 Hoja de datos transmisor de presión.....	149
Anexo N°10 Hoja de datos Analizador de Red PM1000 .....	152

## **Objetivos:**

- Estudio y evaluación de sistema de control actual de la planta.
- Mejoramiento y actualización de circuitos de control para proceso de tratamiento de agua.
- Implementación de sistema de control a distancia, mediante SCADA en sala de control.

## Resumen:

Una importante empresa dedicada a la distribución de agua potable, a un porcentaje de la población en la región, considera la necesidad de implementar un sistema de control y monitoreo en línea del proceso de producción y distribución, en su sala de control, ubicada en la oficina central de dicha planta.

Esto permitirá aumentar la disponibilidad y confiabilidad de las plantas, lo que redundará en un aumento en la satisfacción del cliente final, evitando interrupciones en el servicio, multas monetarias, optimización en el uso del recurso humano y de los elementos en terreno para así reducir el consumo de químicos y energía en cada planta.

Los puntos más importantes para la realización de este proyecto son: modernización del sistema de control actual, implementación de control y monitoreo a distancia, optimizar el uso de motobombas usadas en el proceso, historización de variables de importancia entre otros.

Para la implementación del proyecto se decide utilizar la marca Schneider Electric, debido a su amplia oferta en productos de control y automatización, stock en la zona y precios competitivos. La solución se separa en dos elementos principales:

- Control Local, se utilizará un PAC M340 ubicado en tablero de control,
- Sistema de Supervisión y Control remoto, se utilizara el SCADA, Vijeo Citect ubicado en sala de control

Con lo que respecta al tablero eléctrico ubicado en terreno, sufrirá pequeños cambios necesarios para cumplir con los requerimientos, como el reemplazo del PAC y cambios en los circuitos de control presentes para cada bomba. Se considera también la integración de transmisores de presión, flujos, cloro y de nivel.

Por último se dispondrá con un nuevo computador personal (PC) en sala de control, para la implementación del SCADA donde se monitoreara el proceso mediante una red de comunicación Ethernet.

## **Introducción:**

El agua potable es un recurso primordial para todo ser humano, por lo que existen diversos organismos que se dedican al tratamiento y distribución de este recurso, hacia la población, en esta empresa se emplea el agua proveniente desde napas en el subsuelo para dicho objetivo.

La empresa cuenta con un variado número de plantas de agua potable ubicados en distintas partes del país, cuyo funcionamiento es prácticamente el mismo. Se comienza con la instalación de punteras en determinados puntos dentro del perímetro de la planta, esenciales para la extracción de agua desde las napas subterráneas. Las motobombas que extraen el agua se denominan bombas de captación, que extraen las aguas de los pozos subterráneos, se les dosifica una cierta cantidad de cloro y las envían a un estanque de almacenamiento. El agua de este estanque es la que se distribuye a las casas de los clientes, dichas motobombas son denominadas bombas de distribución. Las bombas de captación funcionan mayormente de forma automática, controladas por el nivel del estanque de almacenamiento que es medido por un transmisor de nivel. Las bombas de distribución también funcionan de forma automática, controladas por la presión en la cañería de salida del estanque de almacenamiento. La dosificación de cloro es proporcional al flujo de agua en la entrada al estanque de almacenamiento.

El problema presente en las plantas de tratamiento de agua potable es la falta de supervisión, ya que existe un operador de terreno que verifica el proceso a determinadas horas del día, de acuerdo a la disponibilidad que le permite chequear otras plantas ubicadas en otros puntos más alejados. Por lo tanto en caso de alguna falla o problema con la continuidad del proceso, solo se tiene conocimiento cuando el operador visita dicha planta, generando problemas con el suministro de agua a los clientes

Debido a esta problemática se decide implementar un sistema de control, supervisión y monitoreo a distancia, que estará ubicado en una sala de control en la oficina central, por lo que existirá una persona encargada, que podrá tomar acciones en el caso de ocurrir algún tipo de problema, que podrá ser solucionado por él mismo o avisará al operador de terreno para así agilizar la solución de la falla o problema.

Además de la supervisión, se podrán registrar y almacenar todas las variables presentes en terreno, tales como el nivel del estanque de almacenamiento, flujos de entrada de agua (captación), flujo de salida de agua (distribución), presión de salida de agua, entre otros, datos que pueden ser analizados de tal forma de optimizar el rendimiento de las bombas y reducir los costos de energía de dicha planta.



## **Capítulo I**

### **1 Descripción del Proceso de Plantas de Tratamiento de AP**

El crecimiento de los centros urbanos requiere de un constante consumo de agua potable, para el desarrollo de la población.

Para satisfacer esta necesidad se requiere de Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP).

Una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) es un conjunto de estructuras en la que se trata el agua de manera de dejarla en las condiciones requeridas para el consumo humano. Se puede clasificar en:

- Captación
- Cloración
- Distribución

## 1.1 Captación:



**Fig. 1.1.** Esquema de captación de agua subterránea.

Etapa donde el agua es captada a través de punteras desde napas subterránea.

Es necesario hacer una perforación que atraviesa los mantos del suelo, hasta llegar a una napa que contenga agua. Luego se instala en esa perforación cañerías y bombas de succión para llevar el agua a un estanque de almacenamiento

El agua subterránea se capta principalmente a través de pozos verticales, que son los más difundidos a nivel mundial.

Ventajas del agua subterránea:

- Presencia universal
- Buena calidad natural
- Protección natural
- Accesibilidad

#### Presencia Universal y Buena Calidad Natural:

- En la mayoría de los lugares hay agua potable o que a lo sumo requiere desinfección.
- El contenido salino es variable con los sitios y el tiempo transcurrido desde la infiltración.
- En muchos sitios el agua subterránea posee temperatura, minerales y en general un contenido salino que la hace apetecible y saludable.

#### Protección Natural:

- Por su ubicación a varios metros por debajo de la superficie
- A menudo protegida por estratos continuos de terreno de baja permeabilidad.
- La infiltración se efectúa en general muy lentamente, los movimientos son laminares.
- En la práctica se alumbraba agua subterránea, en sitios en donde el suelo y las aguas superficiales están fuertemente contaminados, y aún así el agua subterránea resulta potable o de calidad aceptable para el uso deseado.

#### Accesibilidad:

- Las aguas subterráneas están en casi todas partes.
- La limitación para su alumbramiento suele ser económica.
- Este concepto varía con el sitio y la oportunidad, lo que hoy es poco accesible económicamente hablando puede ser conveniente mañana.
- Necesidad de un menor número y complejidad de obras es igual a costos reducidos.
- La industria y la agricultura en el mundo, aprovechan el agua subterránea con un costo casi nulo.

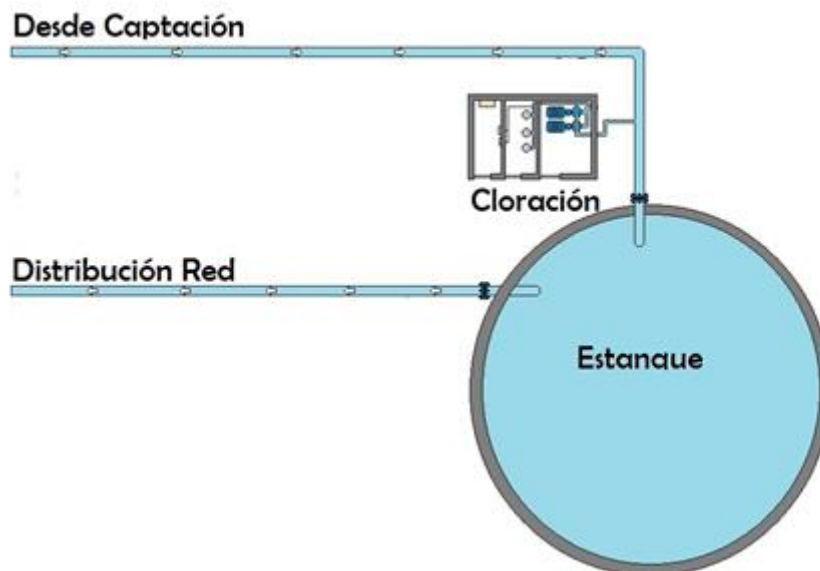
Las obras de captación son menos costosas, ocupan poco espacio y resultan muy simples de operar.

Habitualmente es una bomba, la mayor parte de las veces eléctrica, con la sencillez que implica en la actualidad operar una.

Tiene un tratamiento de agua en la que se le adiciona cloro como precaución, esto establece una enorme diferencia con las aguas superficiales, las que además de ser siempre desinfectadas, obligan a complejos tratamientos de potabilización, con un gran despliegue de equipos y el consecuente mayor empleo de energía.

El agua subterránea se puede extraer casi donde se desee (existen limitaciones pero son menos restrictivas) por esto mismo su transporte o distribución es mucho más fácil Comparada con el agua superficial, que sólo puede obtenerse de un cuerpo caudaloso y conducirse a través de grandes distancias por medio de costosas obras y abundante empleo de energía.

## 1.2 Cloración:



**Fig. 1.2.** Esquema de captación de agua subterránea.

En este proceso se intenta destruir o inactivar los organismos patógenos presentes en el agua, principalmente bacterias, virus. Los valores de cloro residual están regulados por muchos organismos y dependen del uso final del agua. Así pues, para aguas potables, se recomienda que el cloro libre residual esté entre 0.5 y 1 ppm. El uso del cloro como agente desinfectante empezó a principios del siglo XX y pasó a completar el proceso de filtración, que ya era ampliamente utilizado. El cloro ( $Cl_2$ ) es un gas tóxico, más denso que el aire, de color verde amarillento. Es un producto muy oxidante que reacciona con muchísimos compuestos. En presencia de humedad es extremadamente corrosivo y por ello los conductos y los materiales en contacto con él han de ser de aleaciones especiales. El vapor de cloro es irritante por inhalación y puede causar heridas graves en caso de exposición a altas concentraciones. El manejo de cloro se ha de realizar pues, por parte de personal especializado y son necesarios sistemas de control y de alarma muy efectivos. Por estos motivos, es preferible la utilización de hipocloritos en solución o en forma sólida. Además de su aplicación como desinfectante, el cloro y sus derivados han demostrado ser útiles también en:

- Control de olores y sabores
- Prevención de crecimiento de algas
- Eliminación de hierro y manganeso

- Destrucción de ácido sulfhídrico
- Eliminación de colorantes orgánicos
- Mejoras en la coagulación por sílica

A la hora de clorar un agua podemos encontrarnos en varios casos de características bien diferenciadas: A. Aguas destinadas a destino humano que no han sido cloradas anteriormente. Sería el caso de las aguas provenientes de manantiales o pozos y que se suministran directamente a los consumidores. En este caso, sería aplicable todo lo expuesto anteriormente. La cantidad de cloro dosificada se utilizaría para desinfectar y para mantener un residual. La cloración se realizaría en tanque con un sistema de recirculación para controlarla adecuadamente de forma que el agua que se suministra a los consumidores en todo momento contiene el residual necesario.

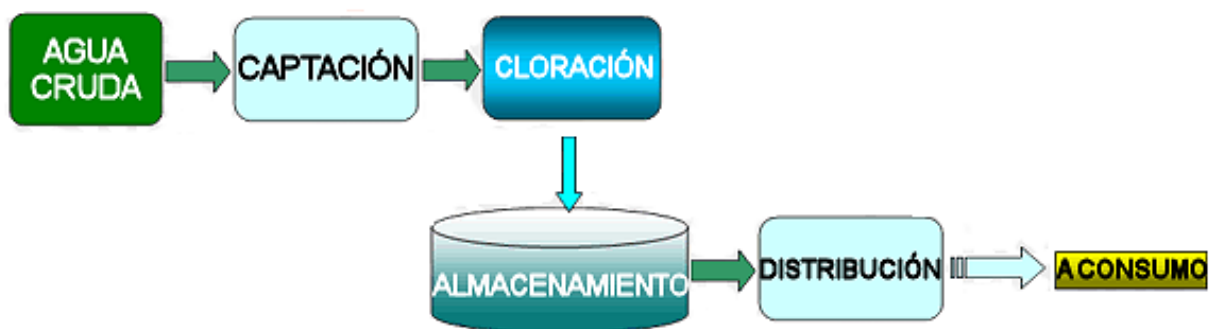
### 1.3 Distribución:

Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua potable desde el estanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

El agua de los estanques es utilizada como reserva, para el consumo de la población, tanto para absorber las variaciones del consumo entre las diferentes horas del día como para emergencia, como incendios, reparaciones y consumos extraordinarios.

El agua potable viaja por una red subterránea alimentada por los estanques de almacenamiento y regulación. Su trazado coincide con el de las calles. Las tuberías, que comienzan a la salida de estos estanques van teniendo un diámetro cada vez más pequeño hasta llegar a los arranques domiciliarios.

### 1.4 Diagrama de bloque del proceso de la planta de agua potable (PAP).



**Fig. 1.3.** Diagrama de bloques del proceso PAP.

En el diagrama de bloque se puede apreciar que desde la captación se extrae agua desde napas subterráneas estas pasan por un proceso de cloración para después ser almacenadas en un estanque, para luego ser distribuida en la red de agua potable.

## Capítulo II

### **2 Levantamiento de Sistema de Control Actual del Proceso.**

Para definir como se realiza actualmente la operación de las PTAP se tendrá como base de trabajo una planta ubicada en San Pedro de la Paz.

La filosofía de operación se basa en un sistema de control electromagnético con un microPLC del tipo local en las plantas, las que son manejadas por un operador de terreno que las visita en promedio dos veces por turno, es decir, sin dedicación exclusiva a la planta, por lo que al haber un problema en dicha planta solo se percatarían al ser visitada por el operador o por los reclamos de los clientes del servicio de agua potable.

Esto presenta como principal inconveniente el no tener información del estado actual en que se encuentra operando la planta salvo cuando es visitada por el operador.



## 2.1 Sistema de Control Actual de Captación:

El sistema de captación de agua está conformado por un tablero de fuerza y control en el que se comanda y protegen:

4 Bombas de Captación: estas toman el agua de las napas subterráneas y las envían al estanque de almacenamiento, siendo antes cloradas en la etapa de cloración.

Se dispone de un estanque de 14 m<sup>3</sup>, que tiene 3 switch de nivel tipo pera, que actúan dependiendo del nivel del estanque.

La lógica de control es:

- Bombas de Captación con operación Automática y Manual, según selector en tablero:
  - Manual => Parten y se detienen a voluntad del operador, independiente del nivel del estanque, mediante pulsadores ubicados localmente en tablero.
  - Automático => Parten de acuerdo al nivel del estanque de acuerdo a posición de los switch de nivel ubicados en estos.

Protecciones

- Interruptor automático General
- Relé de asimetría
- Interruptor automático por cada bomba
- Protección térmica por cada bomba

Interfaz Hombre máquina

- A través de lámparas pilotos, selectores y pulsadores ubicados en tablero.



**Fig. 2.1.** Panel de control local bombas de captación.



**Fig. 2.2.** Interior tablero fuerza y control bombas de captación.

## 2.2 Sistema de Control Actual de Cloración:

Está conformado por:

- 2 Bombas dosificadoras (1 dosifica y la otra stand by): cuya dosificación está conectada en la cañería donde circula el agua, antes de entrar al estanque de almacenamiento.
- 1 transmisor de flujo de entrada de agua con salida de pulsos: mide el flujo de agua de entrada al estanque, en litros por minutos. Este transmisor entrega un pulso de voltaje por cada 100 L.
- 1 medidor de cloro en línea: este medidor toma la muestra en la salida del estanque (mide el cloro en el agua que llega a los clientes)

La lógica de control es:

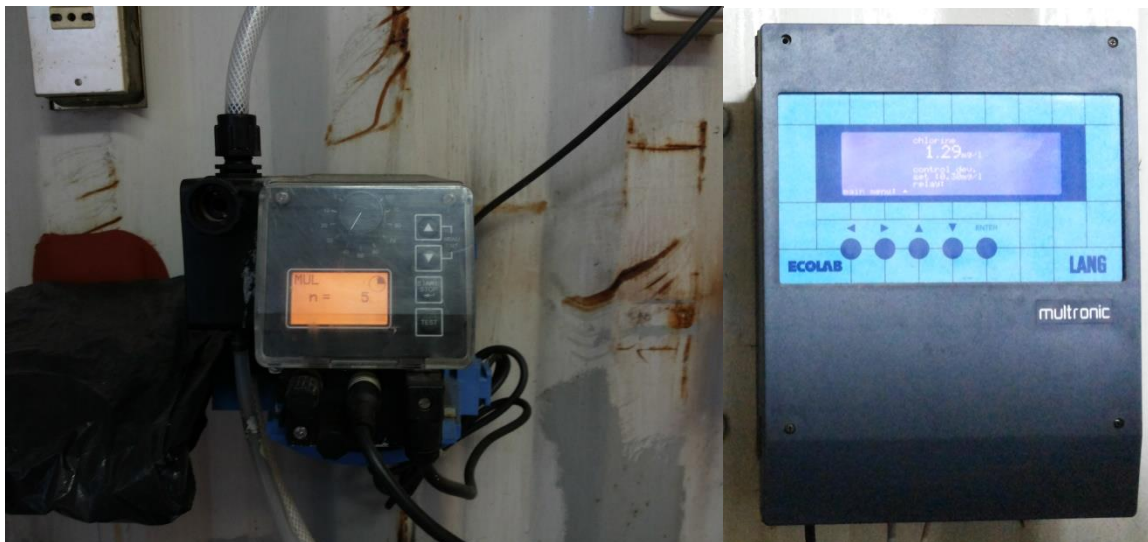
- Bombas con operación Automática / Manual y backup manual
  - Manual => dosifica a voluntad del operador: el operador indica la cantidad de cloro dosificado, independiente del flujo de entrada de agua al estanque.
  - Automático => dosifica de acuerdo al flujo de entrada: la bomba de dosificación de cloro está conectado con el flujometro con salida por pulso, por tanto la bomba dosifica dependiendo de la cantidad de pulsos que indica el flujometro.
  - Si la bomba tiene alguna falla el operador manualmente pone en funcionamiento la otra bomba

Protecciones

- Relé de asimetría
- Interruptor automático por cada bomba

## Interfaz Hombre máquina

- A través de display de bombas e instrumentos



**Fig. 2.3.** Bombas dosificadores de cloro y medidor de cloro en línea.



**Fig. 2.4.** Transmisor de flujo de entrada.

## 2.3 Sistema de Control Actual de Distribución:

Está conformado por un tablero de fuerza y control en el que se comanda y protege:

- 5 c/u Bombas de Distribución: estas bombas son las encargadas de enviar el agua a los clientes. Estas bombas sacan el agua clorada desde el estanque de almacenamiento y las impulsa por las cañerías de distribución hacia los hogares.
- 1 c/u transmisor de presión: mide la presión de salida de agua, ya que debe existir una presión mínima de agua a la llegada del cliente.
- 1 c/u transmisor de flujo: este mide el flujo de agua en distribución, o sea la cantidad de agua que sale hacia los clientes.

La lógica de control es:

- Bombas de Distribución con operación Automática y Manual:
  - Manual => Parten y se detienen a voluntad del operador mediante pulsadores ubicados localmente en tablero independiente de la presión de salida de agua.
  - Automático => Parten de acuerdo a presión de salida de agua, si la presión es muy baja, el sistema ordena la partida de otra bomba, si es muy alta la detiene.

Protecciones

- Interruptor automático General
- Relé de asimetría
- Interruptor automático por cada bomba
- Protección térmica por cada bomba

## Interfaz Hombre máquina

- A través de lámparas pilotos, selectores, pulsadores y display de instrumentos



**Fig. 2.5.** Tablero de fuerza y control bombas de distribución.

## 2.4 Sistema Respaldo de Energía:

Está conformado por un tablero de fuerza y control en el que se comanda y protege:

- 1 c/u Generador Diésel: proporciona energía a la planta cuando la energía de la red no está disponible. Este entra en funcionamiento automáticamente cuando se detecta ausencia de energía de red.
- 1 c/u Tablero de Transferencia: es el que hace el cambio de red a generador cuando existe un corte de energía. El traspaso es de forma automática.

La lógica de control es:

- Automático => cuando se produce un corte de energía, el sistema de transferencia lo detecta, por lo que da la orden de partida al generador diésel, con el cual se proporciona energía eléctrica a la planta. Cuando la red eléctrica está nuevamente disponible, el sistema también lo detecta ordenando que el generador diésel se detenga y haciendo que la red eléctrica energice la planta.
- Manual => en el tablero de transferencia, existe un panel de control con el cual se puede controlar manualmente la transferencia de energía, si es que así se quisiera.

Protecciones

- Interruptor automático en sector Red
- Interruptor automático en sector Generador

Interfaz Hombre máquina

- Controlador de transferencia automática con comandos en tablero de transferencia, en el cual se permite al operador poder accionar el generador en forma manual si es que así se quisiera.

## Capítulo III

### 3 Estudio de Variables de Proceso.

#### 3.1 Captación:

Para captación la variable de proceso es el Nivel del Estanque, esto permitirá asegurar un flujo de agua constante y permanente en el tiempo y a la vez un nivel de agua en el estanque lo más constante posible.

También conociendo el nivel se puede hacer un uso más eficiente de las bombas de captación, lo que permitirá ahorrar energía.

Equipos a Incorporar

- **Trasmisor de Nivel ultrasónico:** Son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias que van desde pocos centímetros hasta varios metros. El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son elaboradas en el aparato de valoración. Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo han de ser deflectores de sonido. Los sensores trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco.



### **Diseño de Estrategia de Control:**

En modo automático la partida y detención de Bombas de captación será por nivel de estanque, independiente para cada bomba y considerando la bombas con menos uso como prioridad de funcionamiento. Por ejemplo, la bomba número 4 de captación fue la última en instalarse en terreno, por tanto es la más nueva, es decir que en la secuencia de partidas de bombas es la primera, siguiendo la bomba número 1, luego la bomba número 2, y por último la bomba número 3. A cada bomba se le asigna un valor de nivel de estanque para su partida y su detención (en programación de PAC) como por ejemplo, la bomba 4 partirá cuando el nivel de estanque sea menor al 70% de agua y se detendrá a los 95% de agua.

Para aumentar la confiabilidad del sistema de control, se disponen de una pera de nivel alto y una pera de nivel bajo, que se usan como alarmas y permiten tomar acciones ante una falla del transmisor de nivel.

### **3.2 Cloración:**

Para Cloración la variable de proceso es el Flujo del Cloro que se está agregando, esto permitirá asegurar una potabilización efectiva del agua.

Equipos a Incorporar

- Bomba dosificadora de cloro con indicador de flujo entregado
- Transmisor de flujo continuo de agua (para flujo de entrada de agua)

#### **Diseño de Estrategia de Control:**

El control de la dosificación de cloro se realizará en forma continua, ya que al tener la medición continua del flujo de entrada al estanque llegando al PAC, se fija la relación de cloro dosificado con esta medición de flujo. Además la bomba dosificadora entrega la cantidad de flujo dosificado a la red, por tanto es un dato que se puede historizar en la base de datos sin ningún problema. La cloración trabajará de 100% de forma automática, la bomba dosificara cloro al haber flujo de agua, es decir, cuando la captación esté en funcionamiento, y a menos que la cloración se quiera detener por algún motivo, el operador mismo deberá detener la cloración desde la misma bomba dosificadora.

### 3.3 Distribución:

Para Distribución la variable de proceso es la Presión de la línea de agua proveniente del estanque, este me permite asegurar una distribución constante y permanente en el tiempo de agua hacia los usuarios.

- Sensor de presión: 0-10 bar, 4-20 mA, sensor de 2 hilos.



**Fig. 3.1.** Sensor de presión instalado en terreno.

También conociendo la presión del sistema se puede hacer un uso más eficiente de las bombas de distribución, que me permita el uso equitativo de todas las bombas sin sobre exigir una sola de ellas, aumentando la vida útil de estas.

#### Diseño de Estrategia de Control:

En automático Partida y Detención de Bombas por presión independiente para cada bomba, lo que quiere decir que al igual que las bombas de captación, a las bombas de distribución se le asigna un valor de presión para que la bomba parta o se detenga. Por ejemplo la bomba número 1 de distribución, que es la primera en entrar en funcionamiento, parte cuando la presión es menor a 3 bar y se detiene cuando la presión mayor a 4,5 bar. Además se agrega la función de rotación de bombas, lo que significa que en el “día 1” la bomba numero 1 será la primera en entrar en funcionamiento (bomba principal), luego la número 2, así sucesivamente, hasta ser la bomba número 5 la última en entrar en funcionamiento. Sin embargo al siguiente día, es decir el “día 2”, la bomba número 2 de distribución será la primera en entrar en funcionamiento (bomba principal), luego la

número 3, así sucesivamente, hasta la bomba numero 1, la última en entrar en funcionamiento.

En automático la bomba principal, funcionará con variador de frecuencia, en el que está implementado un lazo de control de presión. Esto permite tener un ajuste fino de la presión de salida de la planta y evitar cambios bruscos de presión.

### **3.4 Sistemas Anexos:**

#### **Variables Eléctricas:**

Las variables eléctricas tales como voltaje, corriente, frecuencia, factor de potencia, energía consumida de cada planta son importantes tenerlas presente para el óptimo funcionamiento de estas. Para ello se necesita la instalación de un medidor de energía (Power Meter), con el cual se obtendrán todas las variables eléctricas mencionadas anteriormente mediante protocolo Modbus, conectado directamente al PAC. Los datos obtenidos en tiempo real desde el power meter son tomados y guardados en registros dentro de la base de datos del PAC.

#### **Transferencia de Energía:**

En la transferencia de energía es necesario saber siempre si la planta está funcionando con la red eléctrica o con el generador eléctrico, ya que como se mencionó antes, esto solo se puede saber cuándo el operador de turno se acerca a dicha planta. Por tanto se necesitará una señal eléctrica que confirme cuál de las dos fuentes de energía se está implementado, para esto se utilizará los contactos auxiliares de los contactores que llevan a cabo la maniobra de transferencia de energía. Para ello se necesitan dos contactos auxiliares en el control de transferencia, uno para indicar que es la red eléctrica que está energizando la planta y otro para indicar que es el generador que está energizando la planta. Así se cablean dichos contactos auxiliares hacia entradas digitales que estén disponibles en el PAC.

## **Capítulo IV**

### **4 Estudio de lógica de Control del proceso para la creación de programas para los nuevos PACs.**

#### **General**

El sistema de control será el encargado de realizar el control continuo de la planta mediante control de nivel para las bombas de Captación, flujo para la dosificación de cloro y Presión para las bombas de Distribución de agua.

A su vez, realizará control on/off de bombas. Junto a lo ya mencionado, realizará los enclavamientos de nivel, presión y flujo requeridos por las bombas de captación y distribución.

#### **Grado de automatización**

Se contempla un grado de automatización tal que permita una operación continua y segura de la planta, y que a la vez provea las herramientas suficientes para un rápido diagnóstico de fallas.

La instrumentación de terreno será la suficiente para permitir la operación automatizada/manual o al menos remota del proceso.

#### **Sala eléctrica**

En la nueva Sala Eléctrica, estará todo el equipamiento electrónico, los elementos de accionamiento de los motores, gabinetes de control y gabinetes de comunicaciones del Sistema de Control.

#### **Sala de control telemetría**

El monitoreo y operación general de toda la planta se realizará desde la sala de control de Telemetría existente en la planta de Coronel, en particular controlará las áreas de Captación, Cloración, Distribución y sistemas complementarios asociados, así como Respaldo de Energía.

## 4.1 Controlador PAC

Un controlador de automatización programable, o PAC (del inglés Programmable Automation Controller), es una tecnología industrial orientada al control automatizado, al diseño de prototipos y a la medición. El PAC se refiere al conjunto formado por un controlador (una CPU típicamente), módulos de entradas y salidas, y uno o múltiples buses de datos que lo interconectan todo.

Este controlador combina eficientemente la fiabilidad de control de un autómata (controlador lógico programable o PLC) junto a la flexibilidad de monitorización y cálculo de un PC. A veces incluso se le une la velocidad y personalización de la microelectrónica.

Los PACs pueden utilizarse en el ámbito investigador, pero es sobre todo en el industrial, para control de máquinas y procesos, donde más se utiliza. A destacar los siguientes: múltiples lazos cerrados de control independientes, adquisición de datos de precisión, análisis matemático y memoria profunda, monitorización remota, visión artificial, control de movimiento y robótica, seguridad controlada, etc.

Los PAC se comunican usando los protocolos de red abiertos como TCP/IP, OPC (OLE for process control), SMTP, puerto serie (con Modbus por ejemplo), etc, y es compatible con los privados (CAN, Profibus, etc).

El PAC M340 de Schneider Electric, será el controlador escogido para el proyecto, algunas características se nombran en el siguiente diagrama:

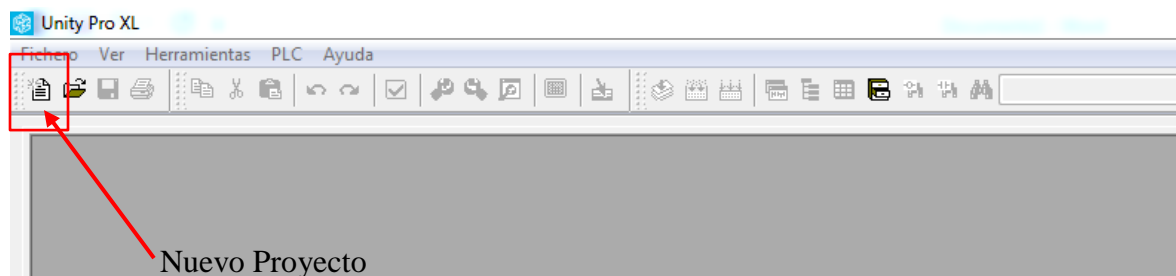


Fig. 4.1. Características PAC M340

## 4.2 Configuración del PAC

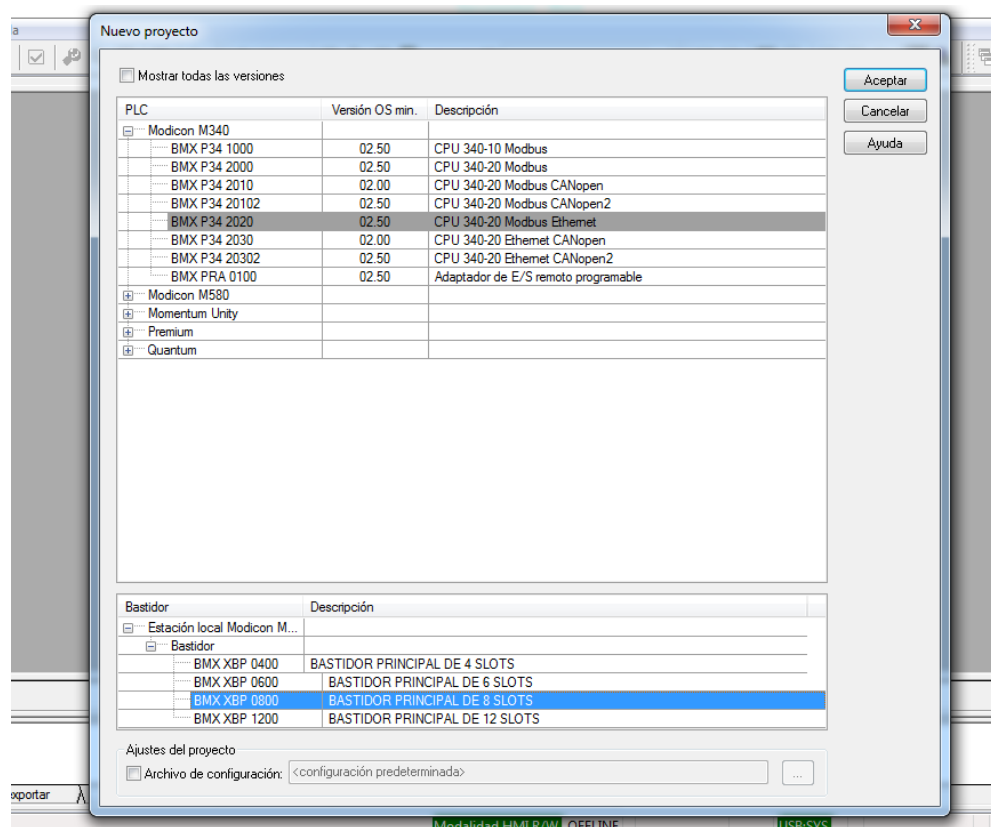
Para la configuración del PAC se debe utilizar el software de programación Unity Pro de Schneider Electric. A continuación se darán a conocer los pasos a seguir.

Primero se abre el icono nuevo proyecto en la parte superior del software.



**Fig. 4.2.** Nuevo Proyecto.

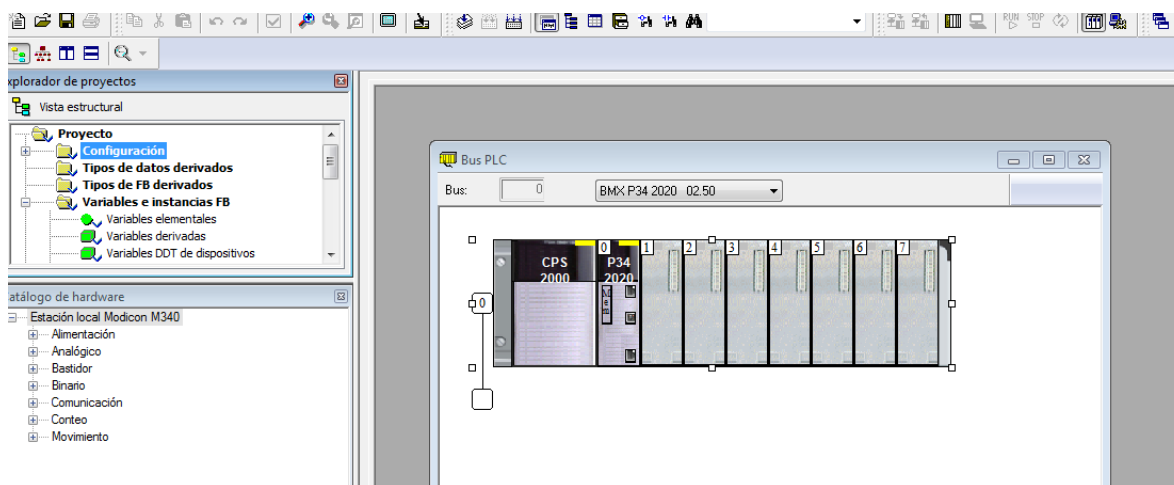
En la ventana emergente se selecciona el modelo de la CPU en este caso será la BMX P34 2020 y el bastidor BMX XBP 0800, se da click en aceptar.



**Fig. 4.3.** Configuración CPU y Bastidor.

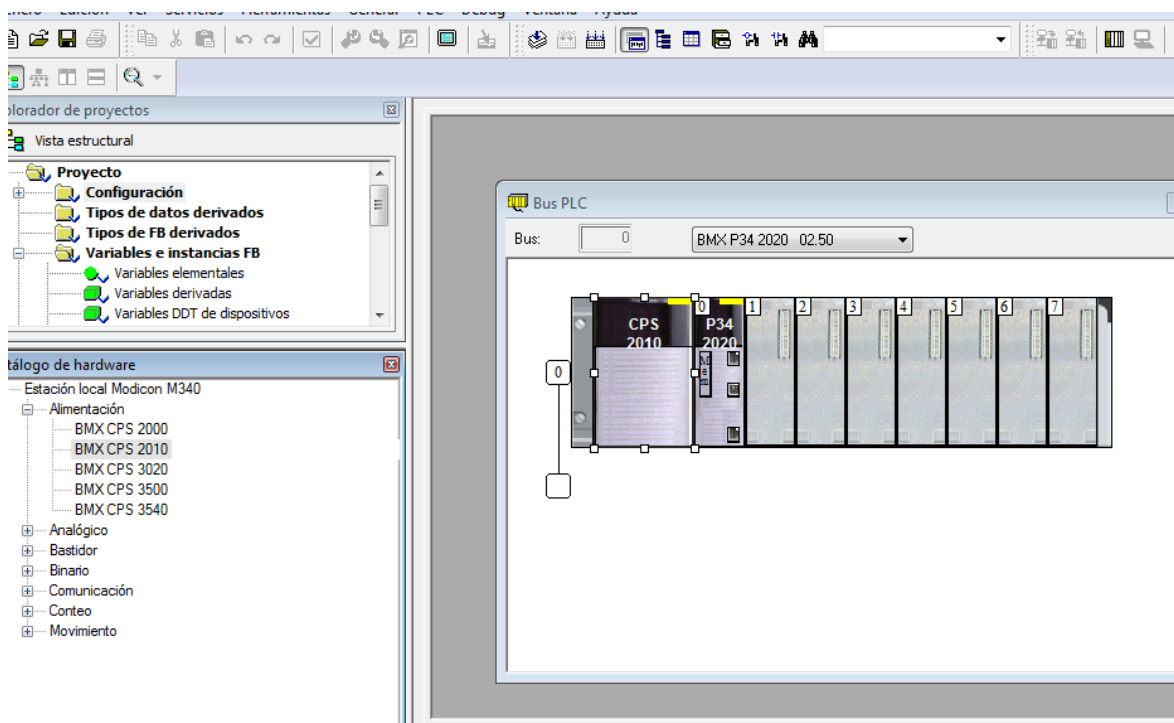


Para continuar la configuración se debe ir a la carpeta configuración y se desplegará el “Catalogo de Hardware” y “Bus PLC”.



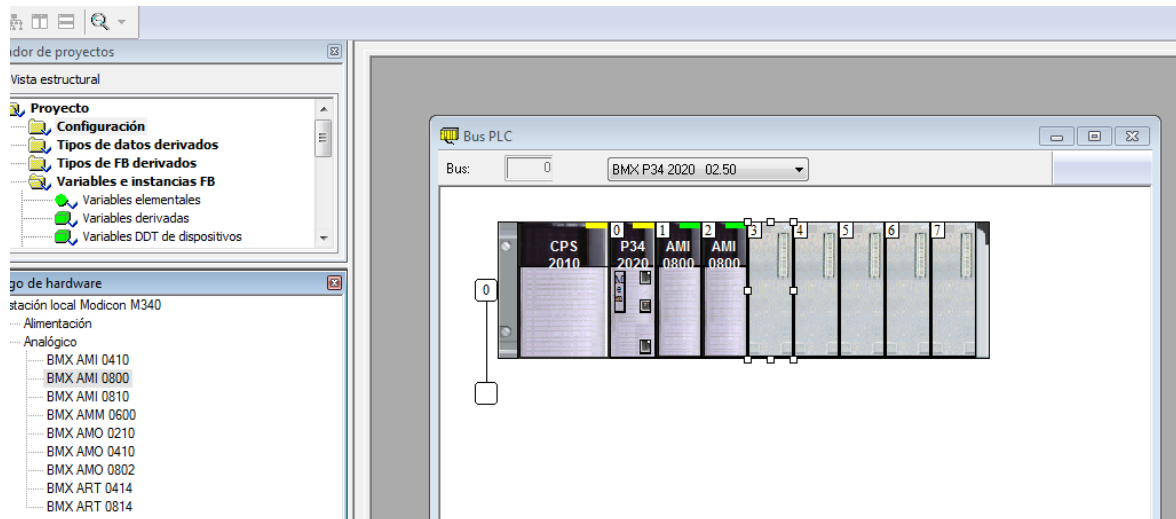
**Fig. 4.4.** Configuración.

Luego se deben configurar los demás slot en el bastidor, comenzando con la fuente de poder modelo BMX CPS 2010 que se encuentra en la pestaña alimentación en “catálogo de Hardware”.



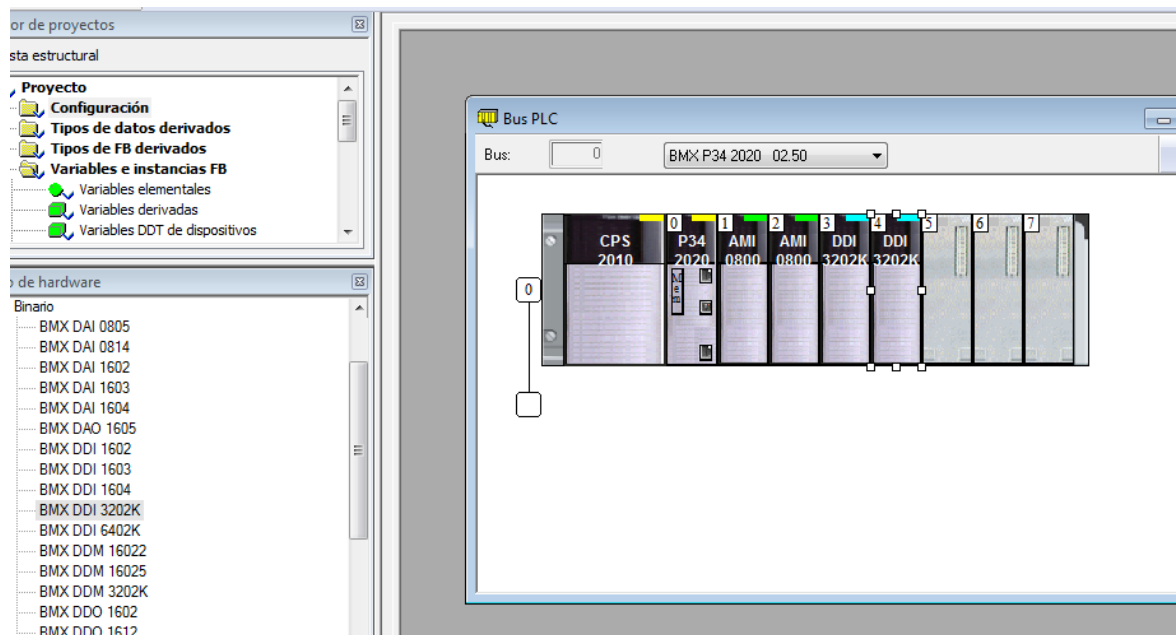
**Fig. 4.5.** Selección Fuente de Poder.

El siguiente paso es la selección de los módulos de entrada y salida, iniciando con los módulos de entradas analógicas. Estas se seleccionan en la pestaña analógico que se encuentra en el catálogo de hardware. El modelo a seleccionar es BMX AMI 0800



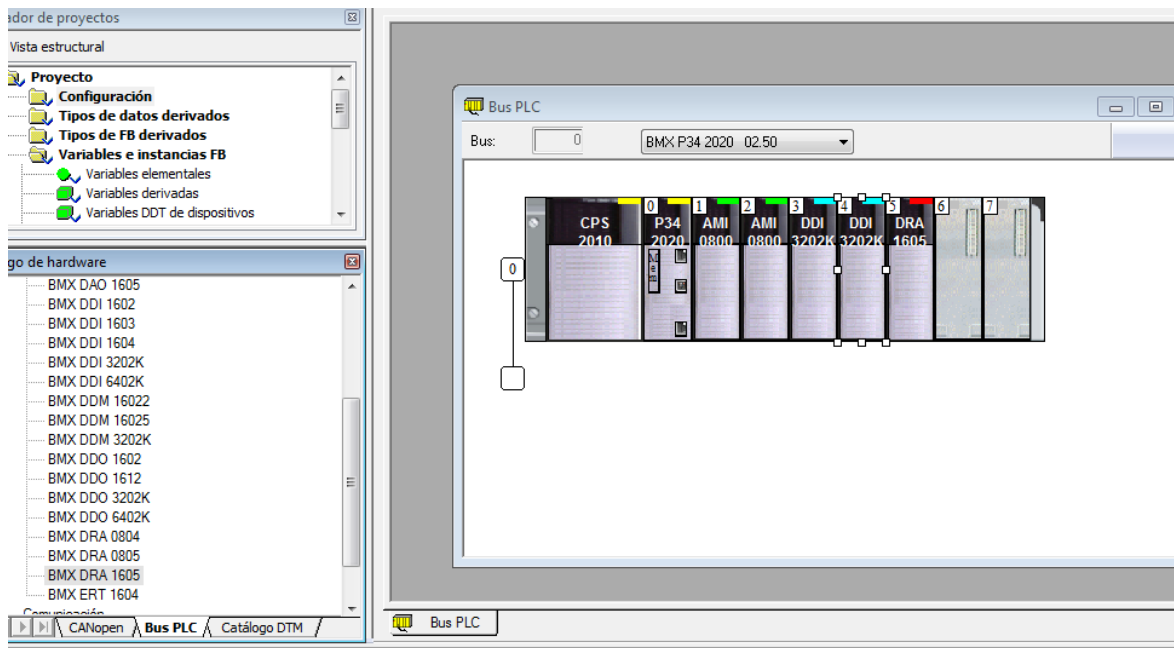
**Fig. 4.6.** Módulos Analógicos.

Para la selección de los módulos digitales se debe ir a la pestaña Binario en catálogo de hardware. En este caso se selecciona los módulos de entradas digitales modelo BMX DDI 3202K.



**Fig. 4.7.** Módulos entradas digitales.

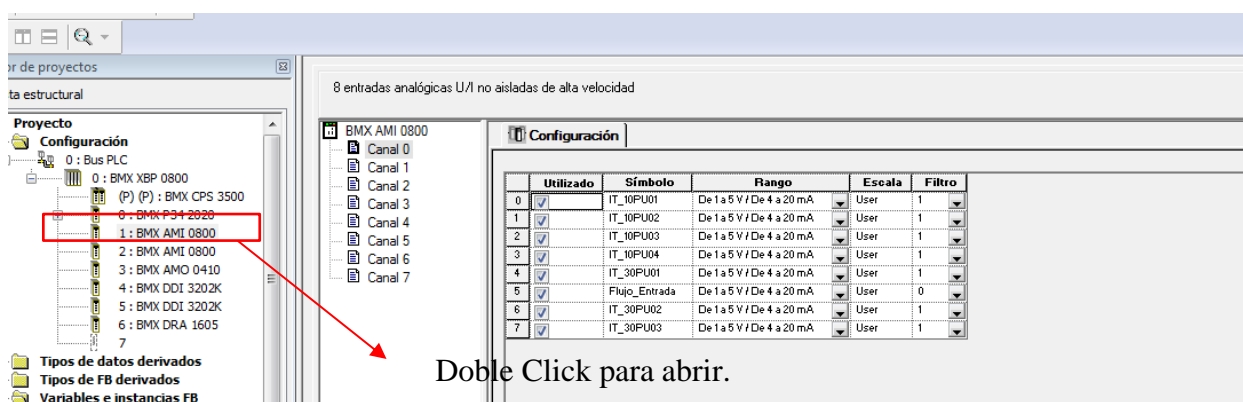
En la selección del módulo de salida digital, en la misma pestaña de binario se selecciona el modelo BMX DRA 1605.



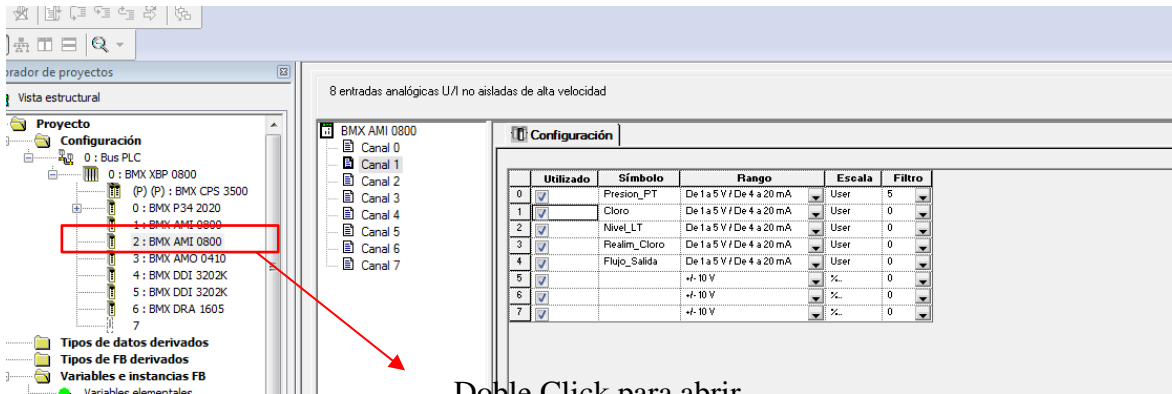
**Fig. 4.8.** Módulos salidas digitales.

### Configuración de los módulos análogos.

En la configuración de los módulos análogos, en la tarjeta de entrada se ingresan el tipo de medición de cada canal en este caso son de 4 a 20 mA.



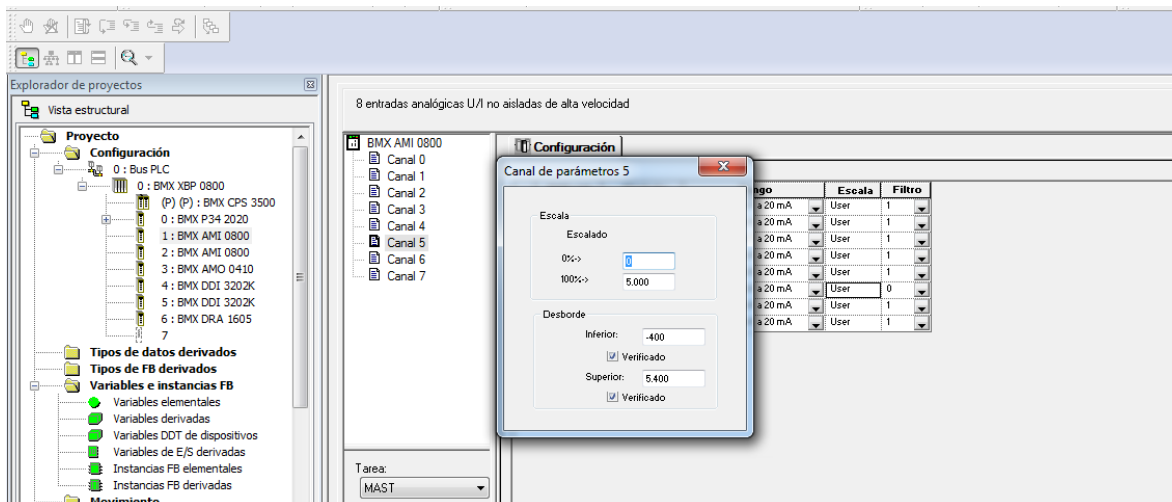
**Fig. 4.9.** Módulos Entrada Análoga 1.



Doble Click para abrir.

**Fig. 4.10.** Módulos Entrada Análoga 2.

Para el escalamiento de las entradas análogas se debe ir a escala y seleccionar el canal de parámetros, para el caso del canal 5 se ingresan los datos de 0 a 100 por ciento.



**Fig. 4.11.** Escalamiento de entradas análogas.

Se repite el mismo paso para los demás canales de entradas análogas.

En los módulos digitales en la casilla símbolo se ingresa el nombre de cada entrada y salida digital en su módulo correspondiente.

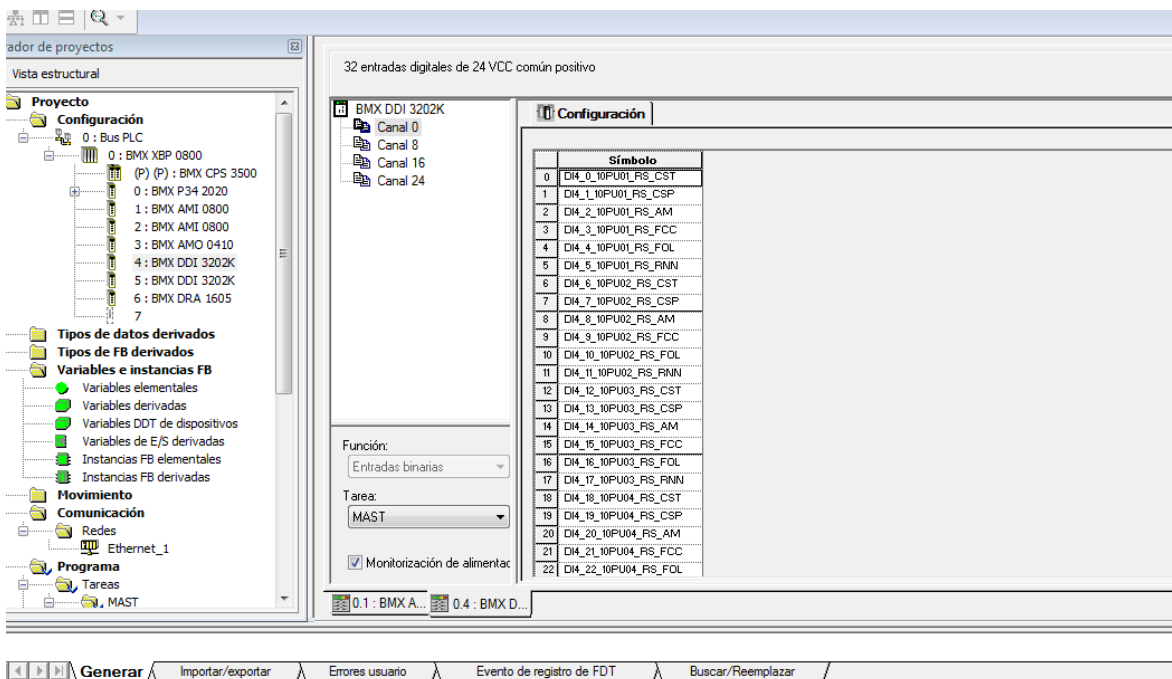


Fig. 4.12. Asignación de variables en entrada digitales.

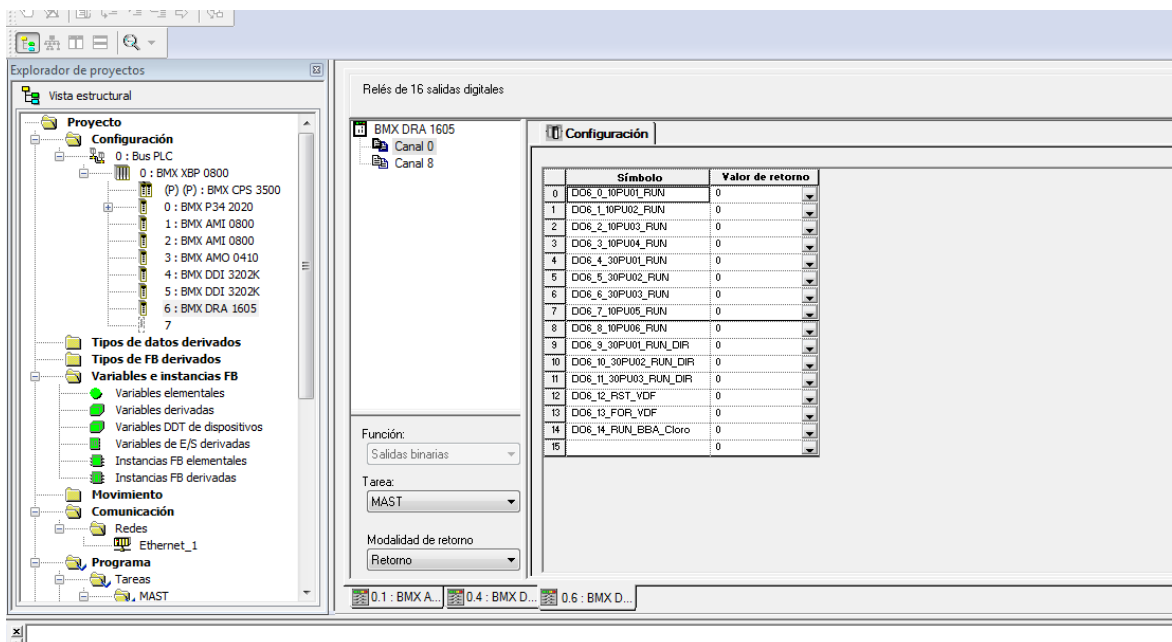


Fig. 4.13. Asignación de variables en salidas digitales.

## Configuración de tarjeta de comunicación.

Para poder contar con una comunicación remota con el PAC se deben configurar los puertos Ethernet de dicho dispositivo. Primero se selecciona en el explorador de proyectos la carpeta comunicación e ingresar al sub índice “redes” y crear una nueva red.

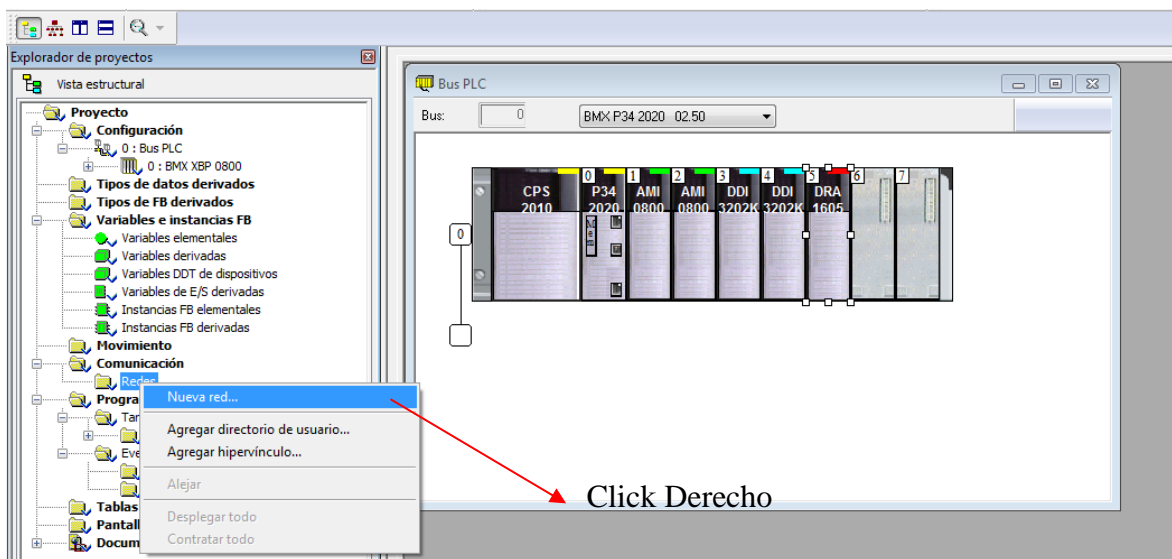


Fig. 4.14. Creación nueva red.

En agregar red se selecciona lista de redes disponibles la opción Ethernet, dejar nombre por defecto y aceptar.

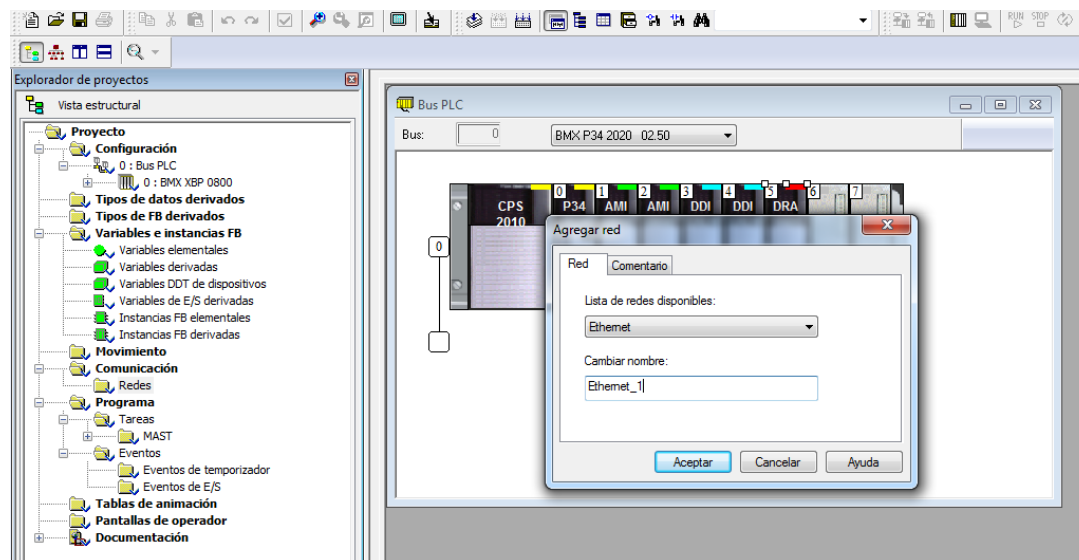
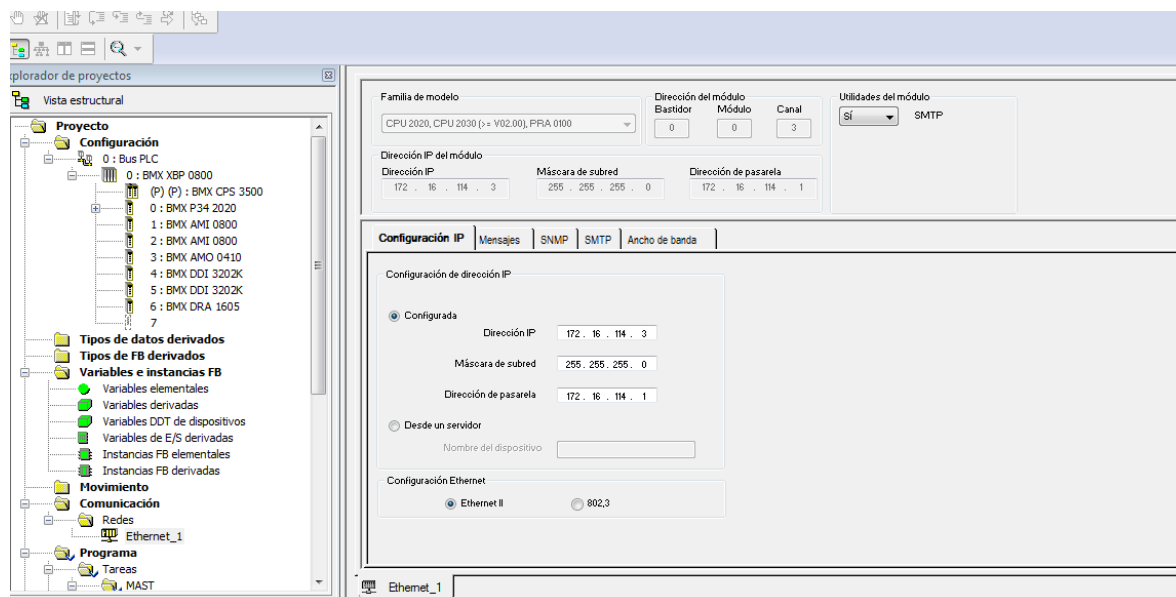


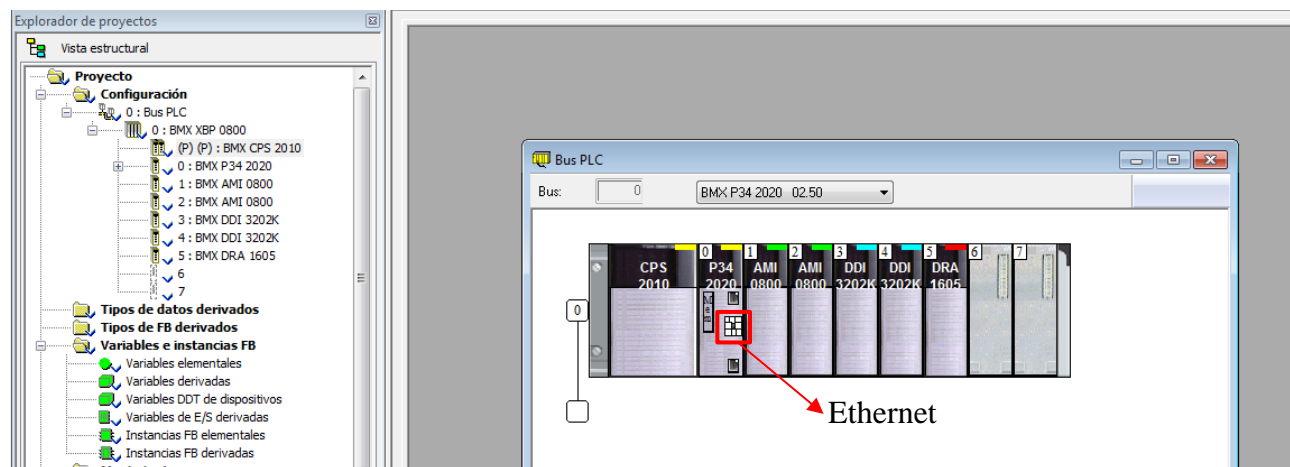
Fig. 4.15. Selección de nueva Red.

A continuación se deben configurar la dirección IP, Mascara de subred y dirección de pasarela correspondiente, también la casilla “Familia de modelo” seleccionando CPU 2020. Al cerrar la ventana quedarán guardados los cambios.



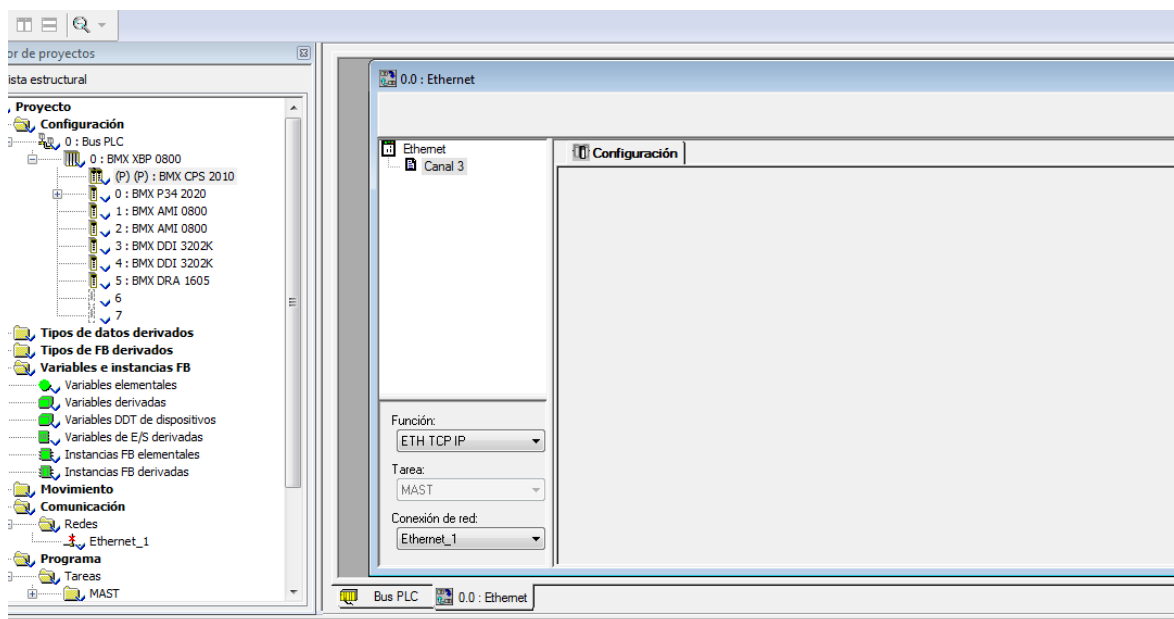
**Fig. 4.16.** Configuración parámetros de Red.

Para terminar la configuración se debe asignar la red creada a la tarjeta de comunicación del PAC, para esto ir en el explorador de proyectos al bus del plc y seleccionar en el slot de la CPU el icono que se muestra en la imagen 4.17.



**Fig. 4.17.** Asignación Red.

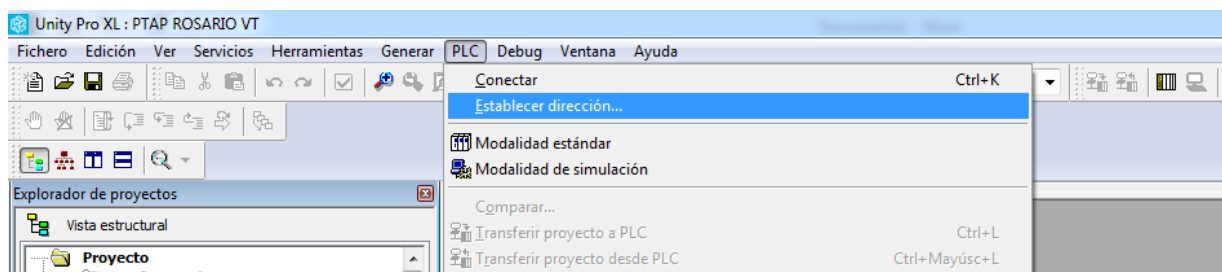
Al abrir el puerto Ethernet seleccionar en función la opción ETH TCP/IP y en conexión de red, la red antes creada con el nombre por defecto (Ethernet\_1). Los cambios se efectuaran al cerrar la ventana.



**Fig. 4.18.** Asignación Red creada.

### Comunicación PC – PAC.

Las configuraciones explicadas anteriormente se deben descargar al PAC mediante conexión USB, esto se hace la primera vez en el controlador. Primero se debe ir a la pestaña superior PLC y seleccionar establecer dirección



**Fig. 4.19.** Establecer dirección.



Como es la primera vez en descargar datos al PAC se realiza por conexión USB por lo tanto se selecciona en la pestaña dirección la opción SYS y en la casilla medios la opción USB luego se comprueba la dirección y una vez comprobada se da en aceptar.

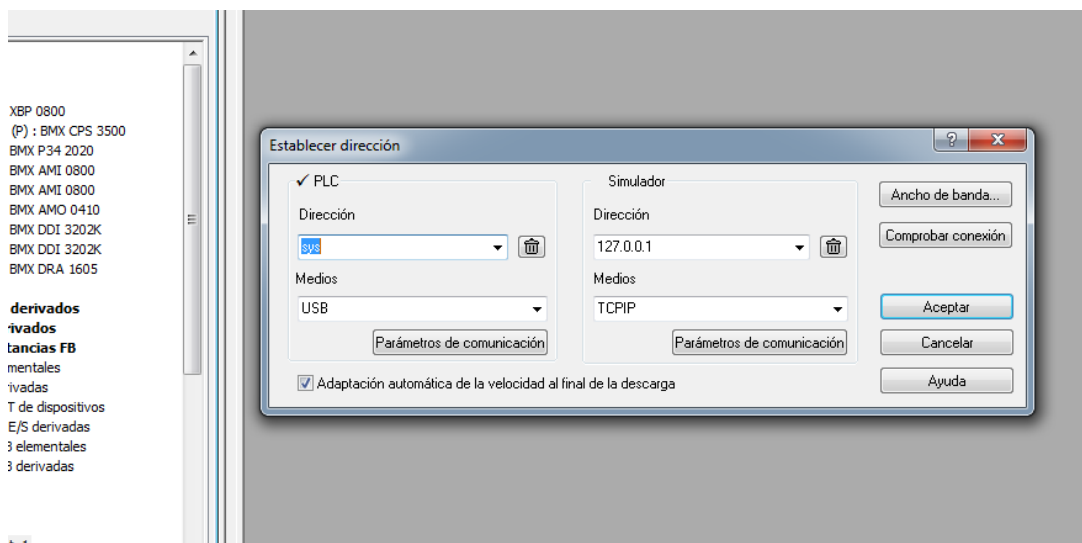


Fig. 4.20. Conexión USB.

Para descargar la configuración al controlador se debe ir a la pestaña conectar.

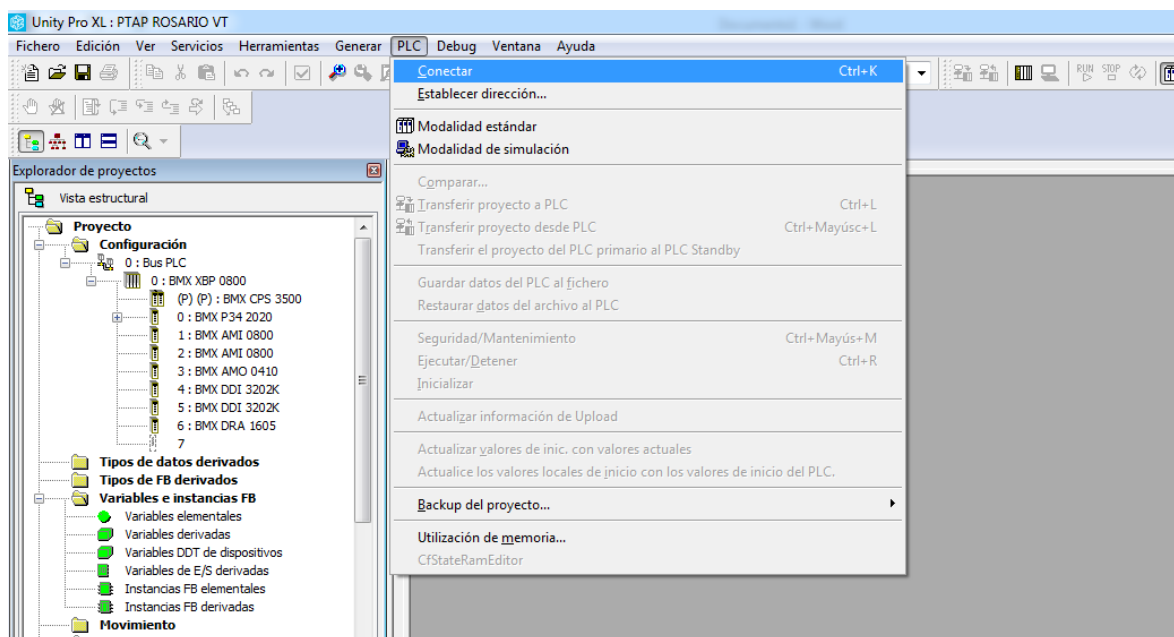
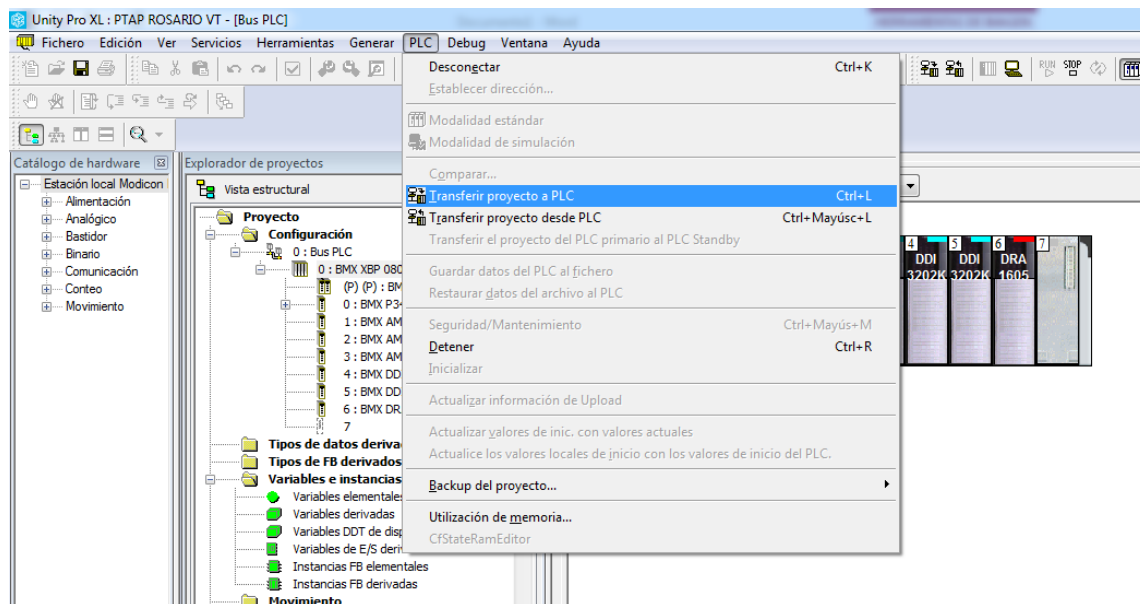


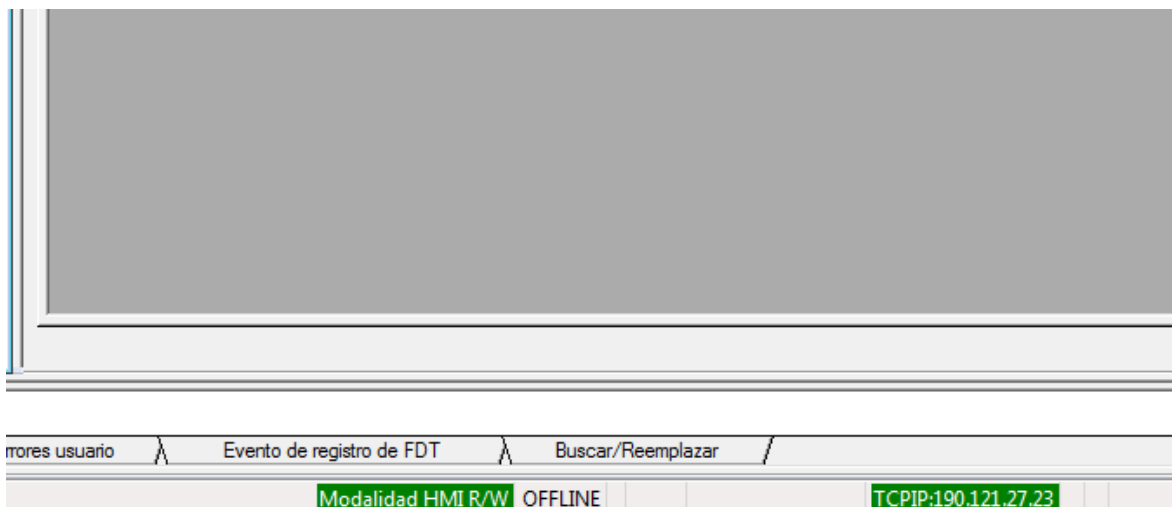
Fig. 4.21. Conectar.

Para cargar y descargar el programa en la misma pestaña PLC se encuentran las opciones de transferir proyecto a PLC y transferir proyecto desde PLC.



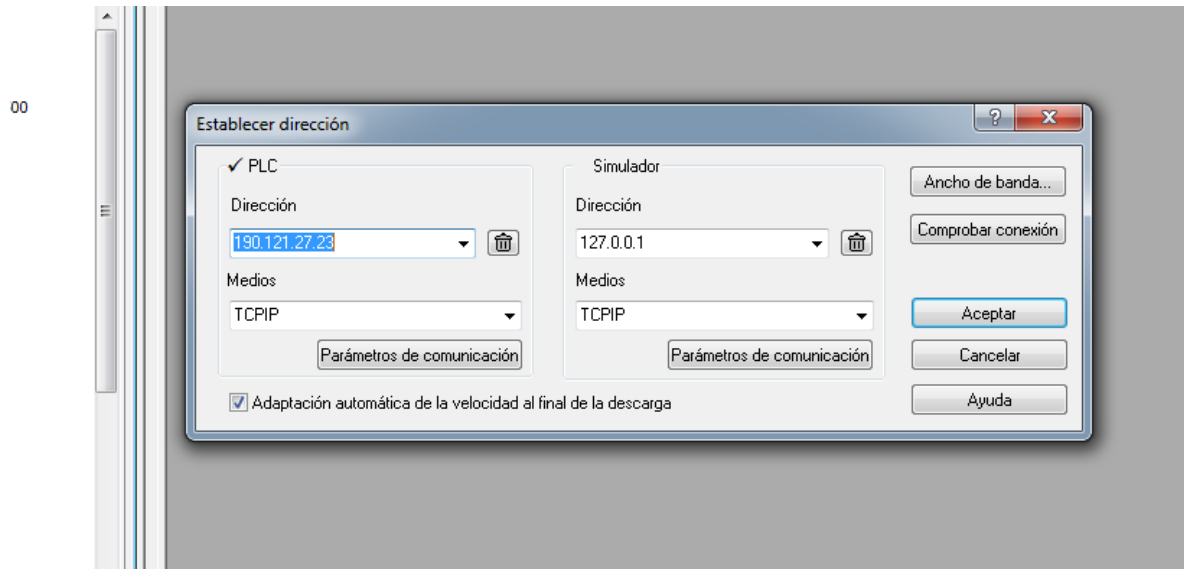
**Fig. 4.22.** Transferencia de Proyectos.

Para saber si hay conexión con el PAC en la parte inferior del software se podrá visualizar el estado de la comunicación, si está conectado se verá en verde la palabra ONLINE y si está desconectado se mostrará la palabra OFFLINE sin color.



**Fig. 4.23.** Estado de la comunicación.

Para la comunicación vía Ethernet se debe configurar en la pestaña superior PLC opción establecer conexión la dirección IP a la cual está configurado el PAC. Y en medios la opción TCP/IP. Para comunicarse con el PAC se hace lo mismo mencionado anteriormente.



**Fig. 4.24.** Comunicación vía Ethernet.

## **Áreas planta de tratamiento de agua potable**

Cada área es identificada con un número, de tal manera que cada Tagname de señal, instrumento o equipo tienen el prefijo que indica el número de área correspondiente

10: Captación

20: Cloración

30: Distribución

### 4.3 ÁREA CAPTACIÓN (Área 10)

El objetivo en esta área es la extracción de agua de napas subterráneas, a través de bombeo (4 c/u bombas) para ser almacenada en un estanque para poder distribuirla posteriormente.

#### **Modos de operación:**

Antes de comenzar a trabajar en la lógica de control se debe crear e identificar todas las variables para las entradas, salidas análogas y digitales. El PAC que se ocupará en el proyecto después de un estudio para encontrar el más apto será el M340 de la marca Schneider Electric.

En el sistema de control se empleará dos modos de control uno de forma manual y otro de forma automático.

**Modo Automático:** Para este modo de control, los equipos partirán en forma automática dentro de una condición de partida. La intervención por parte del operador consiste en dar la partida inicial a los equipos y secuencias o la detención de los mismos.

En caso de actuar un enclavamiento de seguridad el equipo se detendrá y no estará en condiciones de partir hasta que la condición vuelva a la normalidad, una vez ocurrido esto, el operador de la sala de control deberá reconocer la causa de la detención correspondiente y dar el comando de partida para volver a dejar en funcionamiento el equipo.

En caso de actuar un enclavamiento de proceso, como por ejemplo el alto nivel de un estanque, el equipo se detendrá inmediatamente, pero entrará en operación en forma automática cuando el nivel salga de la condición de alarma, es decir sin la intervención del operador del sistema de control.

El modo normal de operación será Automático salvo cuando se requiera operación a voluntad del operador que se debe llevar el equipo a modo manual.

**Modo manual:** En el modo de control Manual el equipo partirá por orden del operador, es decir, el operador de sala de control opera en forma individual los equipos de la planta de agua.

Cuando los equipos son operados en forma Manual, se inhabilitan en forma instantánea las secuencias automáticas y los enclavamientos de proceso, quedando los equipos sólo protegidos por los enclavamientos de seguridad. Este no es el modo normal de operación y será responsabilidad del operador del Sistema de Control operar en este modo, manteniendo vigiladas las condiciones de proceso en el entorno del equipo involucrado.

El cambio de modo de Automático/ Manual (A/M) cambiará y forzará el estado del equipo a detenido, de modo que no se produzcan partidas inesperadas en el cambio de operación.

El área de captación cuenta con 4 bombas de extracción de aguas subterráneas que son almacenadas en un estanque. La lógica será por lazo de control de nivel.

La siguiente tabla muestra los niveles de partida y parada

**Tabla N°1** Niveles de partida y parada de las bombas de captación.

Bombas	Nivel Partida < X	Nivel Parada > X
Bomba 1	55	100
Bomba 2	75	95
Bomba 3	70	95
Bomba 4	65	95

Las bombas serán llamadas:

BBA Captación 1: 10-PU-01

BBA Captación 2: 10-PU-02

BBA Captación 3: 10-PU-03

BBA Captación 4: 10-PU-04

Estanque Almacenamiento A: TK-A

Bomba de captación 1 (10-PU-01) su condición para partir es que el nivel (LT) sea menor al valor definido (X1 on) para que empiece a funcionar la bomba.

$LT < X1 \text{ on} \Rightarrow$  Partir 10-PU-01

Será la misma lógica para todas las bombas de captación.

- La lógica de partida de cada bomba de captación será
  - Verificar si el selector se encuentra en posición de auto o manual.
  - La bomba se detendrá en los casos que estén activadas alguna de las siguientes variables. 10PU01\_CSP (comando stop bomba N°1 de captación), 10PU01\_FCC (Falla coci bomba N°1 de captación) y 10PU01\_OL (Falla de sobrecarga de bomba N°1 de captación) cualquiera de estas variables accionadas harán activarse 10PU01\_STOP (Parar bomba N°1 de captación).

- Para la detención de las bombas de captación:

Bomba de captación 1 (10-PU-01) su condición para parar es que el nivel (LT) sea mayor al valor definido (X1 off) para que se detenga la bomba.

$LT > X1 \text{ on} \Rightarrow$  Parar 10-PU-01

La Lógica de detención será la misma para todas las bombas de captación.

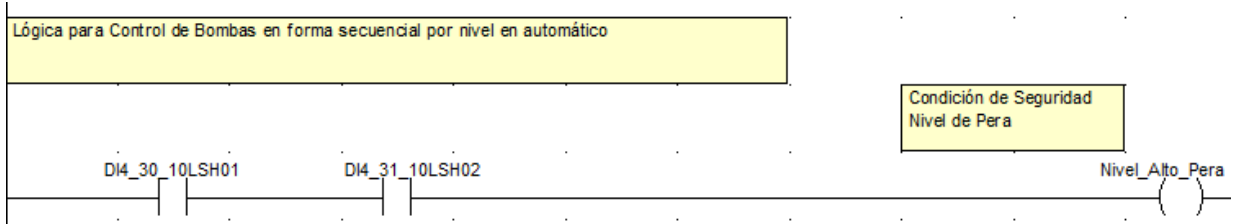
Como seguridad existen switch de nivel (tipo pera) que se activa solo si el nivel del estanque sobrepasa el nivel máximo.

En caso que se active se detienen las 4 bombas de captación para cortar el flujo de agua.

- **Lógica para Control de Bombas en forma secuencial por nivel en automático**

El sistema tiene dos peras de nivel alto, estas se emplean como seguridad en el caso de que el sensor ultrasónico de nivel tuviera alguna falla.

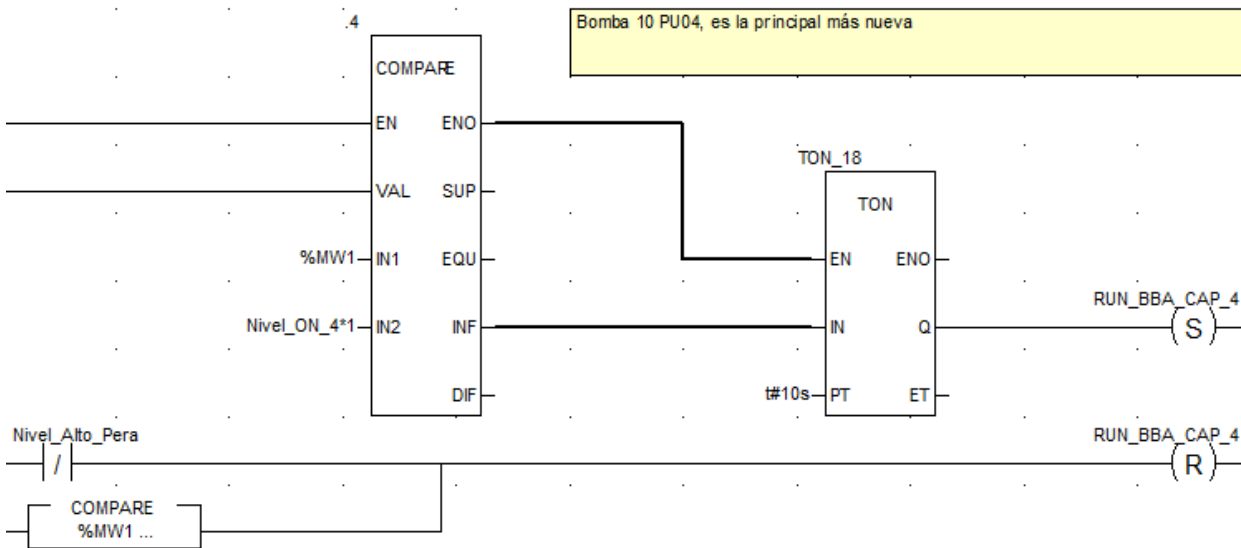
Cuando el nivel comienza a subir llega a un punto en que se activan las peras de nivel (el contacto de la pera se abre). Si se abren alguna de las dos peras se desactivará la bobina de Nivel\_alto\_pera. Esto quiere decir que está en rebalse.



**Fig. 4.25.** Lógica para el control de bombas en forma secuencial por nivel en automático

- **Lógica Bomba 10PU04**

Se elige como primera bomba la bomba N°4 ya que es la más nueva dentro del sistema, por esto tiene la primera prioridad.



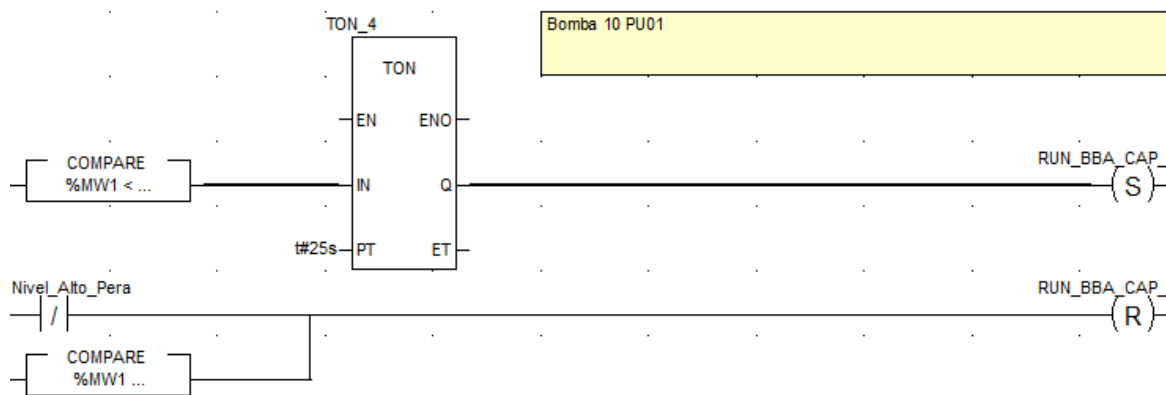
**Fig. 4.26.** Partida por nivel de la bomba 10PU04



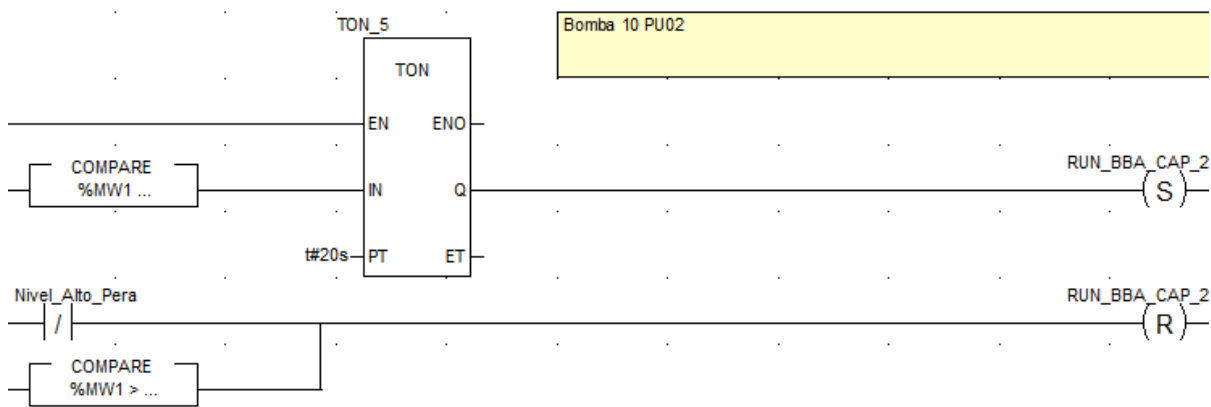
En la lógica, el comparador (COMPARE) activa la salida INF (inferior) si el nivel (%MW1) es menor que el nivel de partida de la bomba 4 Nivel\_ON\_4. Luego hay un Temporizador (TON) que espera 10 segundos la permanencia de la condición, para activar RUN\_BBA\_CAP\_4 (Bobina SET) que será la condición de partida en automático para la bomba.

En la siguiente fila se encuentra un OR lógico entre, el contacto NC, Nivel\_alto\_Pera y el comparador (COMPARE, este compara el Nivel\_Off\_4 con el nivel del estanque) cualquiera de los dos activara bobina RESET y desactivara condición de partida en automático (RUN\_BBA\_CAP\_4).

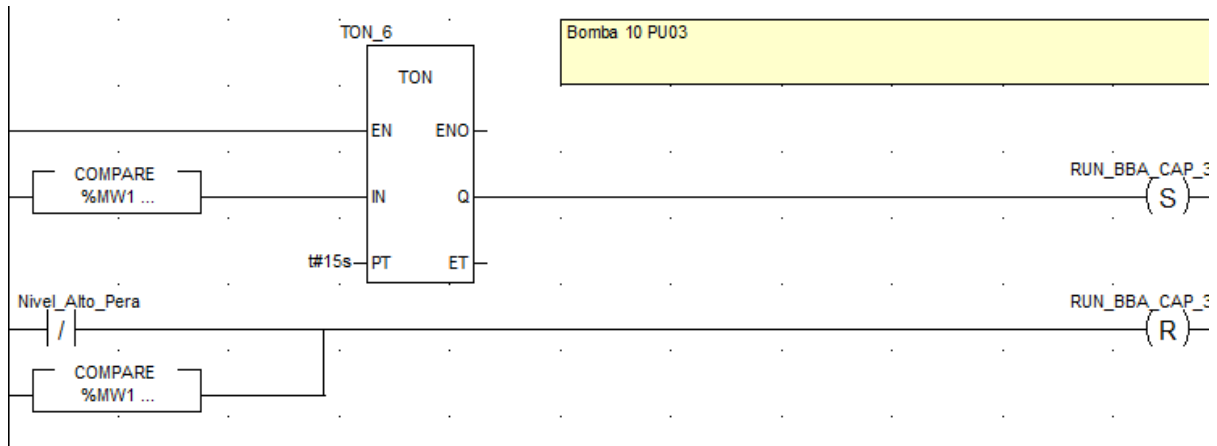
Esta misma Lógica se programa para las demás bombas de captación.



**Fig. 4.27.** Partida por nivel de la bomba 10PU01.



**Fig. 4.28.** Partida por nivel de la bomba 10PU02



**Fig. 4.29.** Partida por nivel de la bomba 10PU03

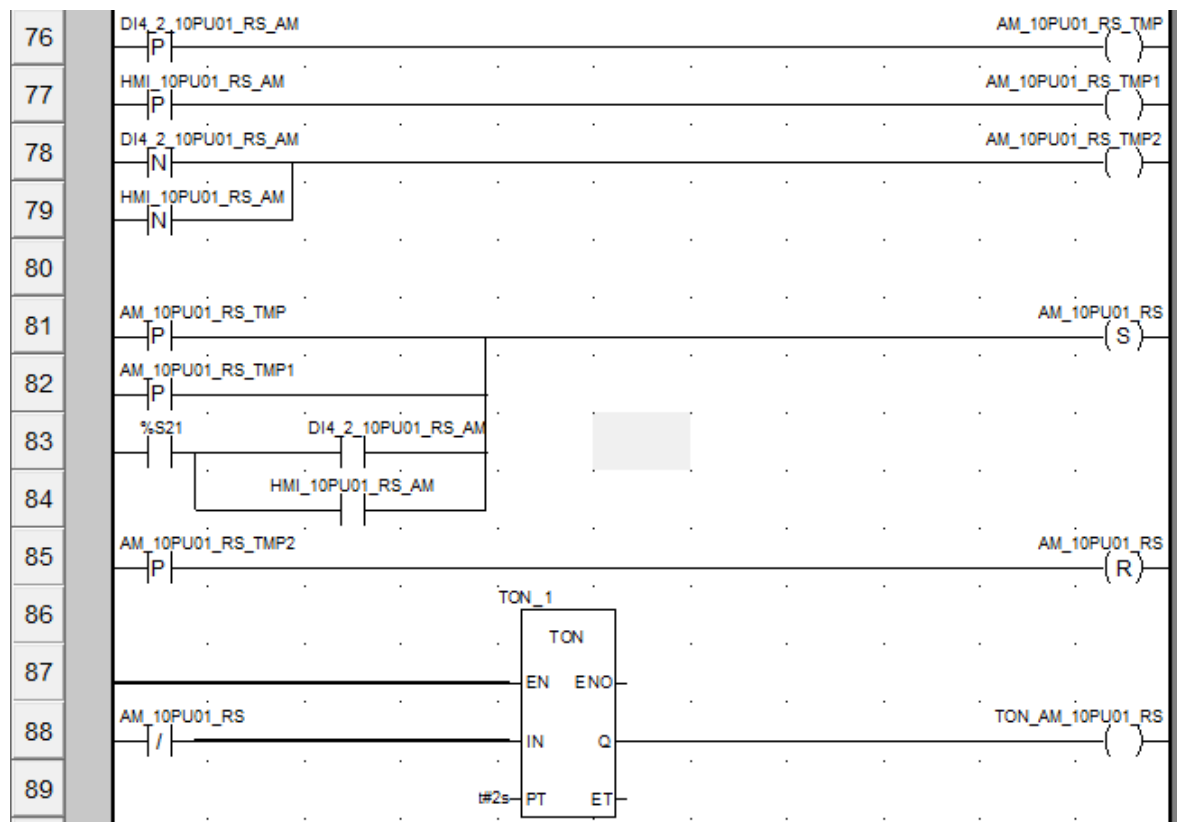
### Lógica para partida bomba de captación

#### Bomba 01 10PU01

La lógica que se va explicar a continuación describe la selección de funcionamiento de la bomba en modo automático y manual.

Nota:

- Automático: la bomba funcionará de acuerdo a un nivel de partida y nivel de parada.
- Manual: la bomba funcionará a voluntad del operador.



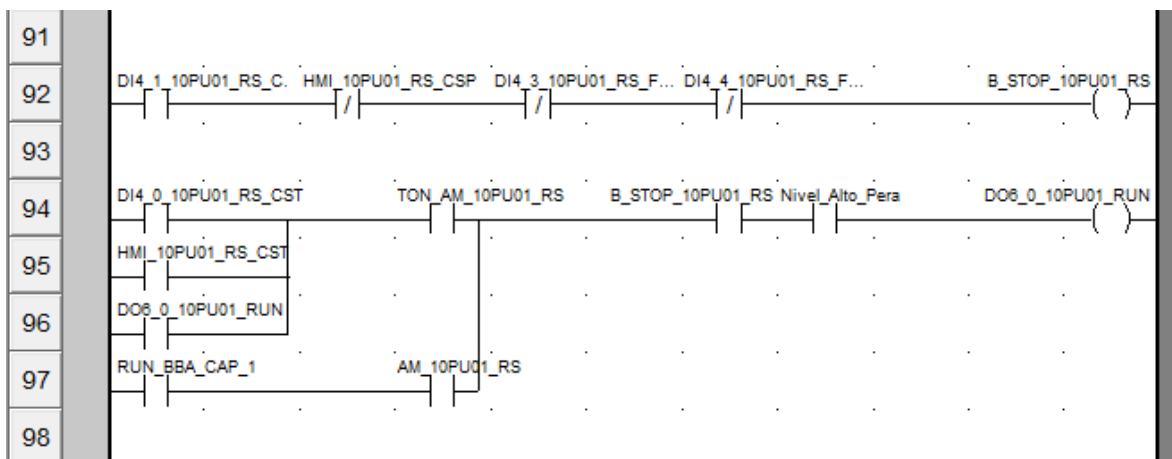
**Fig. 4.30.** Funcionamiento de la bomba en modo automático y manual.

En el rung 76, 77, 81 y 82 se encuentra lógica para la activación de la señal de automático (AM\_10PU01\_RS) cuando se activa el selector en terreno o la orden desde HMI.

En el rung 78,79 y 85 se encuentra lógica para la activación de la señal de manual (AM\_10PU01\_RS) cuando se desactiva el selector en terreno o la orden desde HMI.

En el rung 83 y 84 se encuentra la lógica para fijar el modo en automático en el primer ciclo de scan (%S21, Bit de sistema de Primer ciclo de tarea) dependiendo del estado del selector en terreno u orden desde HMI.

En el rung 87, 88 y 94 esta lógica se usa para asegurar la detención de la bomba cuando esta se encuentra funcionando en automático y pasa a manual.



**Fig. 4.31.** Continuación funcionamiento de la bomba en modo automático y manual.

En el rung 92 la bobina B\_STOP\_10PU01\_RS resume las distintas condiciones para la detención de la bomba:

- DI4\_1\_10PU01\_RS\_CSP esta variable corresponde al botón parar bomba en terreno.
- HMI\_10PU01\_RS\_CSP esta variable corresponde al botón parar en HMI.
- DI4\_3\_10PU01\_RS\_FCC esta variable corresponde a la falla de cortocircuito de la bomba 1.
- DI4\_4\_10PU01\_RS\_FOL esta variable corresponde a la falla de sobrecarga de la bomba 1.

En el rung 94, 95, 96 y 97 la lógica controla la partida y parada de la bomba 1. En caso de desactivación de pera de nivel alto (Nivel\_Alto\_Pera), la bomba se detendrá. El rung 94, 95,96 resume la lógica de partida en manual (TON\_AM\_10PU01\_RS en 1) y el rung 97 en automático (AM\_10PU01\_RS en 1).

Funcionamiento en manual:

Va a depender del botón partir desde terreno u orden desde HMI.

Funcionamiento en automático:

Va a depender de señal dependiente del nivel del estanque (RUN\_BBA\_CAP\_1).

Esta lógica va ser la misma para las 3 bombas restantes.

#### **4.4 ÁREA CLORACION (Área 20)**

El área de cloración es la encargada de monitorear y controlar el funcionamiento de la bomba de dosificación de cloro para garantizar que el agua de salida del estanque tenga niveles de cloro entre 0,2 y 2.0 mg/l.

##### **Monitoreo**

Se puede visualizar:

1. Flujo instantáneo de cloro.
2. Estado de la bomba de cloro (Funcionando, Detenido, Falla.)

##### **Control**

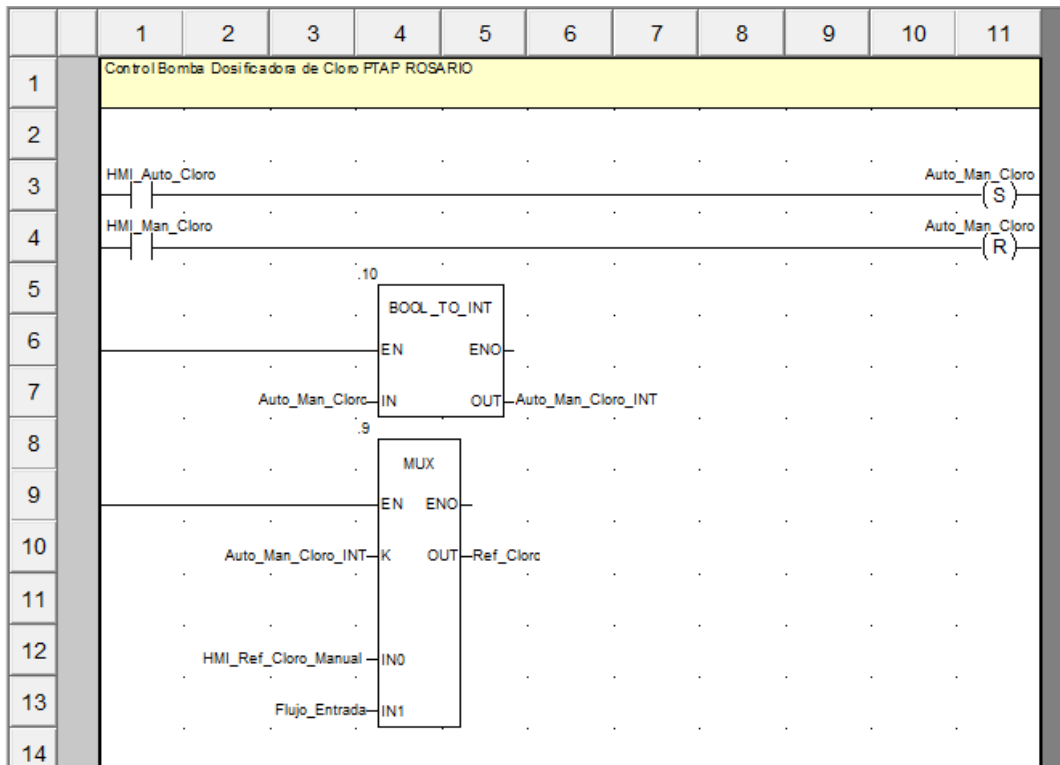
Se puede controlar la habilitación de la bomba, es decir, si se deshabilita la bomba dejará de funcionar.

El flujo de cloro tiene dos modos de operación:

- Manual: El operador fija el flujo de acuerdo a su voluntad, en un rango de 0% a 100% donde 100% corresponde a 2.0 mg/L.
- Automático: Es directamente proporcional al flujo de entrada.

##### **Observación:**

El ajuste de los valores para la dosificación del cloro, lo realiza el operador en forma empírica de acuerdo a su experiencia.



**Fig. 4.32.** Control bomba dosificado de cloro.

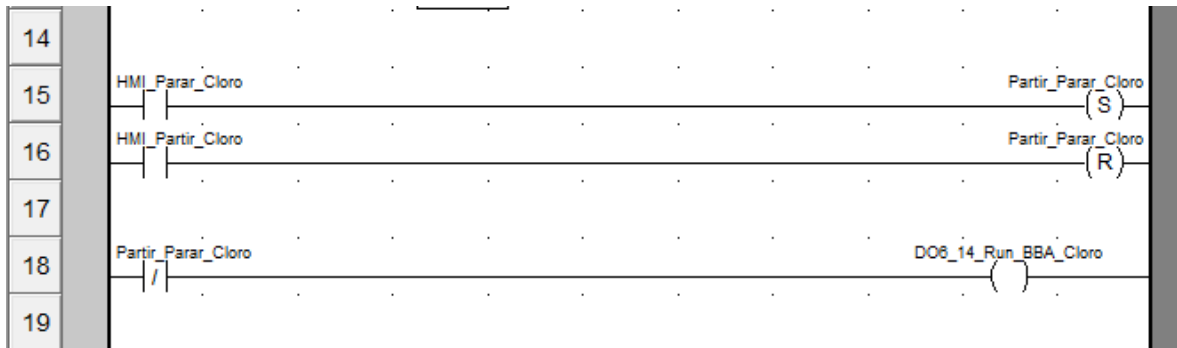
En el rung 3 se tiene la lógica para la variable Auto\_Man\_Cloro, el operador a través del HMI selecciona la operación de la bomba activando las variables HMI\_Auto\_Cloro en automático o HMI\_Man\_Cloro en manual.

El rung 6 tiene un bloque que pasa la variable de Bool a Int (Booleano a Entero) ya que en el bloque del rung 9 el multiplexor necesita leer su entrada en número entero.

Como se muestra en el rung 9 este bloque selecciona la fuente para la referencia de flujo para la bomba. (Salida analógica del PAC):

Si  $Auto\_Man\_Cloro\_INT = 0 \Rightarrow Manual \Rightarrow Ref\_Cloro = HMI\_Ref\_Cloro\_Manual$

Si  $Auto\_Man\_Cloro\_INT = 1 \Rightarrow Auto \Rightarrow Ref\_Cloro = Flujo\_Entrada$



**Fig. 4.33.** Lógica partir para Bomba de cloro.

En el rung 15 se encuentra la lógica para partir o parar la bomba de cloro (`Partir_Parar_Cloro`), el operador selecciona desde el HMI si deshabilita la bomba (`HMI_Parar_Cloro`) o si la habilita (`HMI_Partir_Cloro`).

El Rung 18 activa la salida digital del PAC (`DO6_14_Run_BBA_Cloro`) para habilitar o deshabilitar el funcionamiento de la bomba de cloro, dependiendo de la voluntad del operador que activa los botones `HMI_Parar_Cloro` o `HMI_Partir_Cloro`.

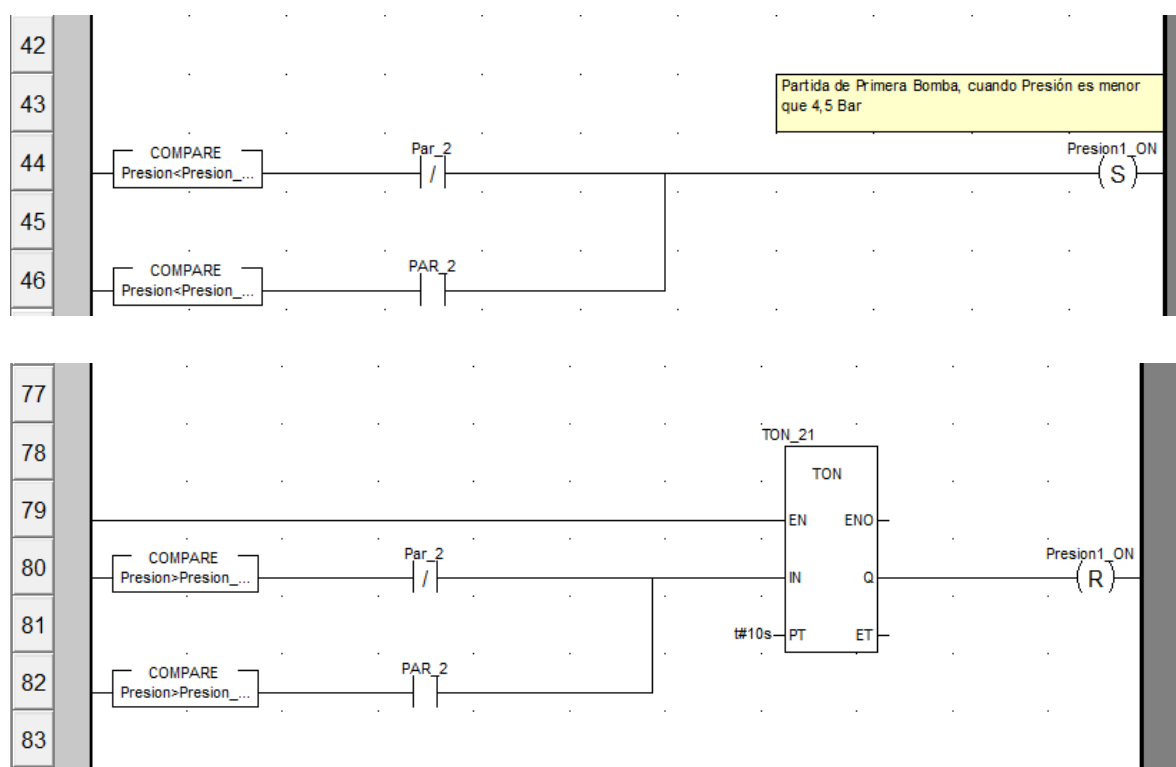
## 4.5 ÁREA DISTRIBUCIÓN (Área 30)

### Control de Bombas de distribución.

Para el control de las bombas de distribución la lógica de trabajo será:

- Modo manual: Depende de la voluntad del operador.
- Modo automático: Depende de la presión de salida de la planta, además incluye rotación de bombas cada 24 horas.

### Lógica para funcionamiento en automático bombas de distribución



**Fig. 4.34.** Lógica para funcionamiento en automático bombas de distribución.

En automático la señal Presion\_ON1 activa o desactiva la bomba que tiene la primera prioridad para funcionar, es decir, la primera en partir y la última en detenerse, hay que recordar que las bombas van rotando cada 24 horas.

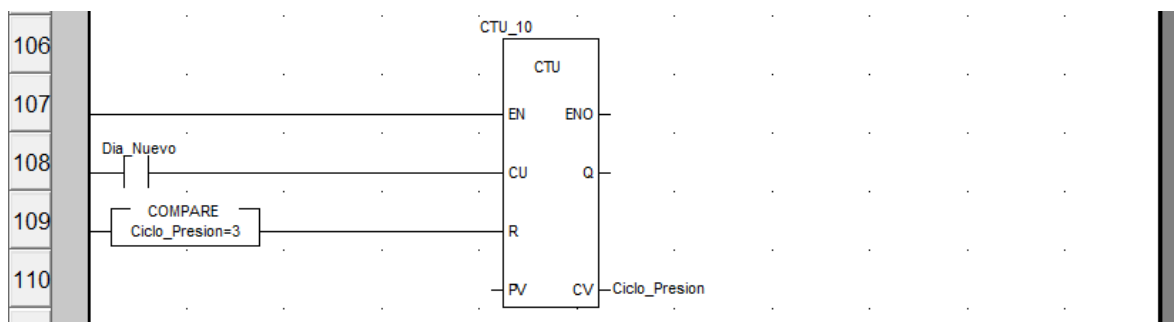
Cuando la presión en terreno es menor que la Presión\_ON1 entonces se activa la señal Presion1\_ON que hace partir la bomba si está en automático y no que no encuentre fallas.



Cuando la presión en terreno es mayor que la Presion\_OFF1 por más tiempo que el temporizador entonces se desactiva la señal Presion1\_ON que hace detener la bomba si es que está en automático.

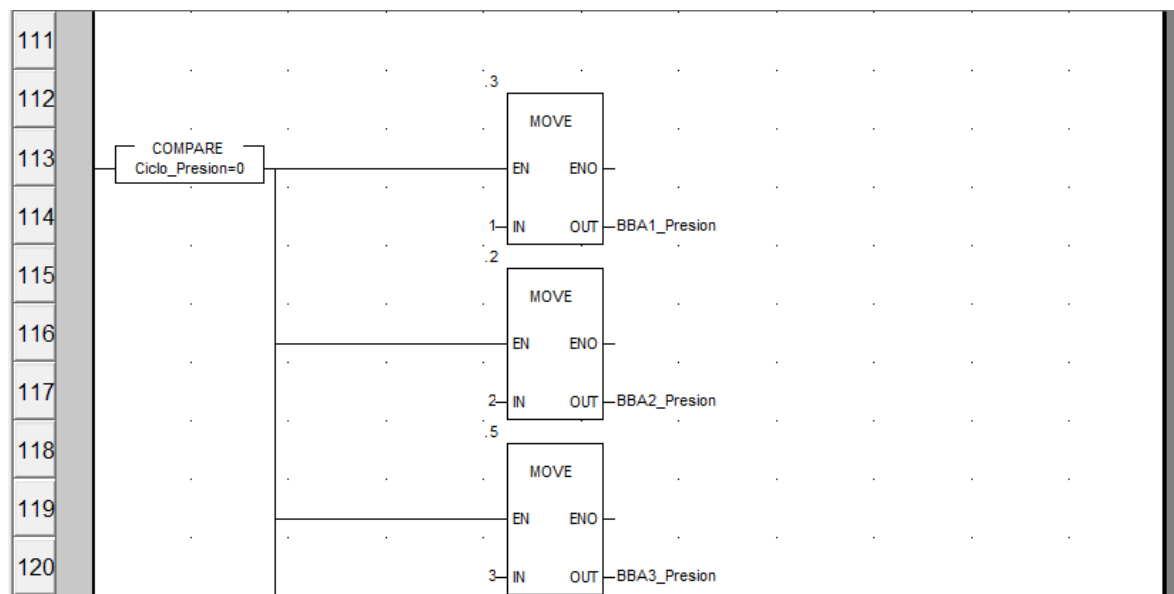
La lógica para las demás bomba es similar a la que se explicó.

Rotación de bombas de distribución.



**Fig. 4.35.** Rotación de bombas de distribución

En la imagen se muestra el bloque contador incremental su función es incrementar el valor de Ciclo\_Presion hasta que llegue a 2, cuando se resetea. Esto se produce todos los días a las 00:00 hrs.



**Fig. 4.36.** Lógica para funcionamiento en automático bombas de distribución.

Cuando el bloque comparador es igual a cero entonces el orden de las bombas será como el de la figura 4.36.

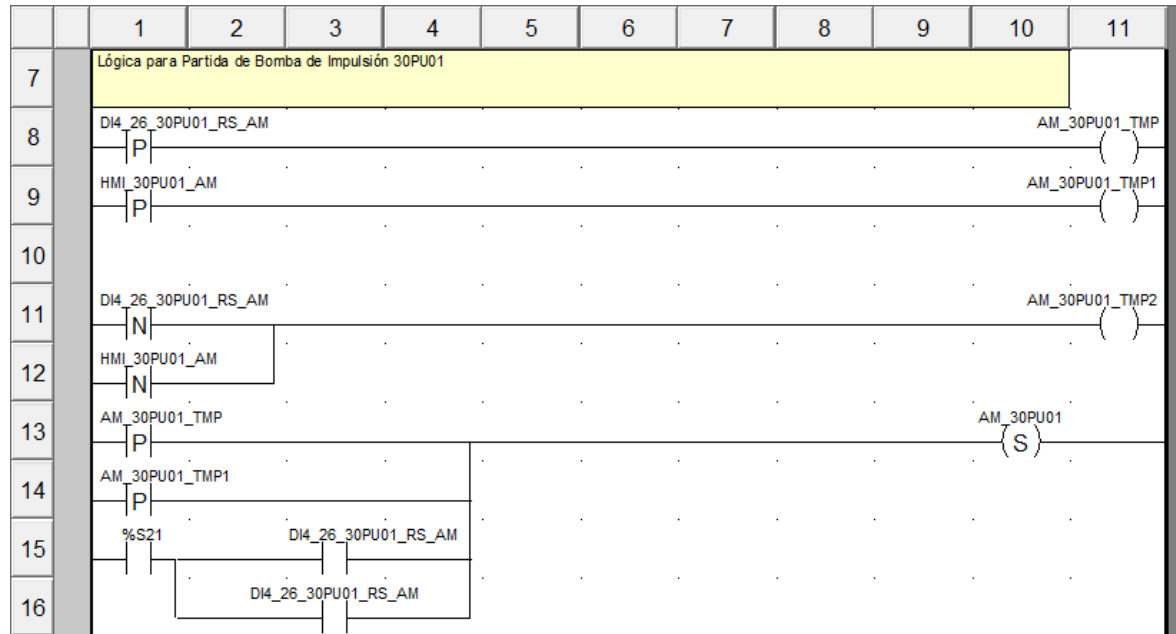
La primera prioridad la tendrá la bomba 1, la segunda la bomba 2 y la tercera la bomba 3 y así sucesivamente hasta llegar a la quinta bomba

En la siguiente tabla se muestra la prioridad de las bombas dependiendo del valor que tenga en el comparador.

**Tabla N°2** Prioridad de la rotación de las bombas.

Ciclo_Presión	Prioridad 1	Prioridad 2	Prioridad 3	Prioridad 4	Prioridad 5
	Bomba 1	Bomba 2	Bomba 3	Bomba 4	Bomba 5
1	Bomba 2	Bomba 3	Bomba 4	Bomba 5	Bomba 1
2	Bomba 3	Bomba 4	Bomba 5	Bomba 1	Bomba 2
3	Bomba 4	Bomba 5	Bomba 1	Bomba 2	Bomba 3
4	Bomba 5	Bomba 1	Bomba 2	Bomba 3	Bomba 4

Lógica para partida de bombas de distribución 30PU01

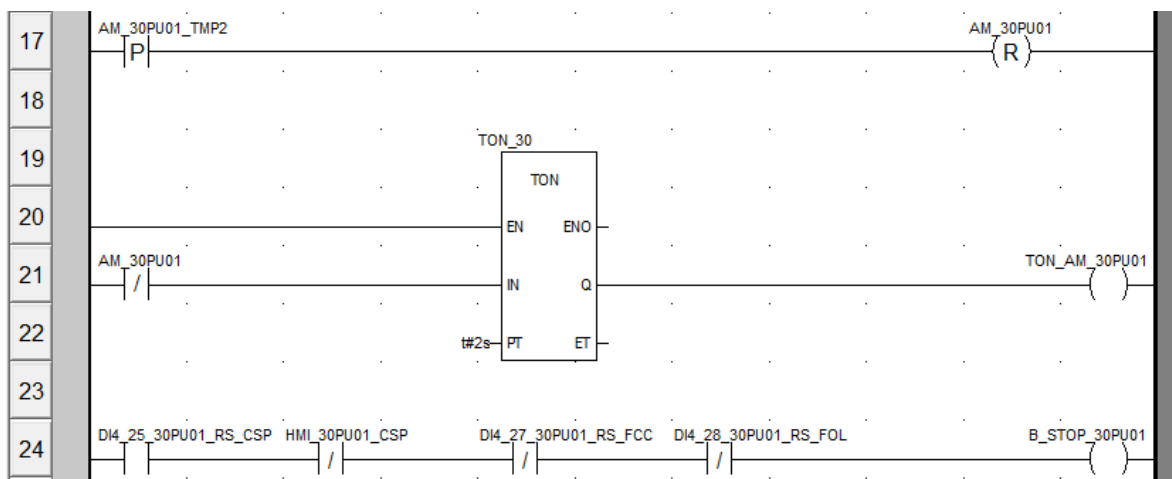


**Fig. 4.37.** Lógica para partida de bombas de distribución 30PU01

En el rung 8 y 9 se encuentra lógica para la activación de la señal de automático (AM\_30PU01\_RS) cuando se activa el selector en terreno o la orden desde HMI.

En el rung 11 y 12 se encuentra lógica para la activación de la señal de manual (AM\_30PU01\_RS) cuando se desactiva el selector en terreno o la orden desde HMI.

En el rung 13,14 y 15 se encuentra la lógica para fijar el modo en automático en el primer ciclo de scan (%S21, Bit de sistema de Primer ciclo de tarea) dependiendo del estado del selector en terreno u orden desde HMI.



**Fig. 4.38.** Lógica para partida de bombas de distribución 30PU01

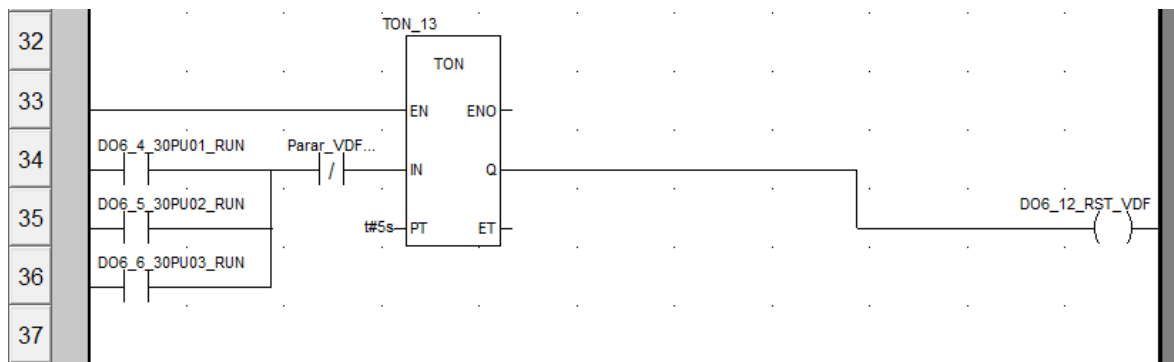
En el rung 20, 21 y 22 esta lógica se usa para asegurar la detención de la bomba cuando se encuentra funcionando en automático y se pasa a manual.

En el rung 92 la bobina B\_STOP\_30PU01\_ resume las distintas condiciones para la detención de la bomba:

- DI4\_25\_30PU01\_RS\_CSP esta variable corresponde al botón parar bomba en terreno.
- HMI\_30PU01\_CSP esta variable corresponde al botón parar en HMI.
- DI4\_27\_30PU01\_RS\_FCC esta variable corresponde a la falla de cortocircuito de la bomba 1.
- DI4\_28\_30PU01\_RS\_FOL esta variable corresponde a la falla de sobrecarga de la bomba 1.

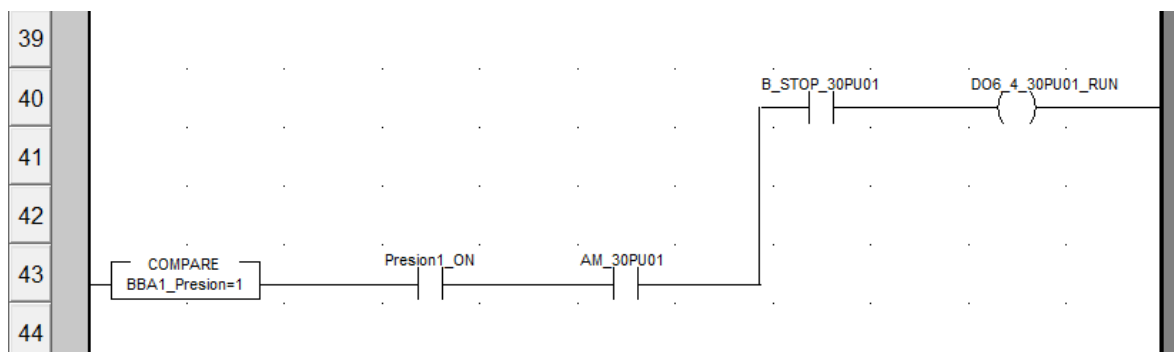
### Orden de partir Bomba 1 para variador de frecuencia (VDF)

Cuando cualquiera de las bombas esté funcionando con VDF esta orden, después de 5 segundos hará partir la bomba con el VDF.



**Fig. 4.39.** Partir bomba con VDF.

Las señales DO6\_4\_30PU01\_RUN, DO6\_5\_30PU02\_RUN y DO6\_6\_30PU03\_RUN energizan el contactor que selecciona el funcionamiento con VDF y la señal DO6\_12\_RST\_VDF le da la partida al VDF.

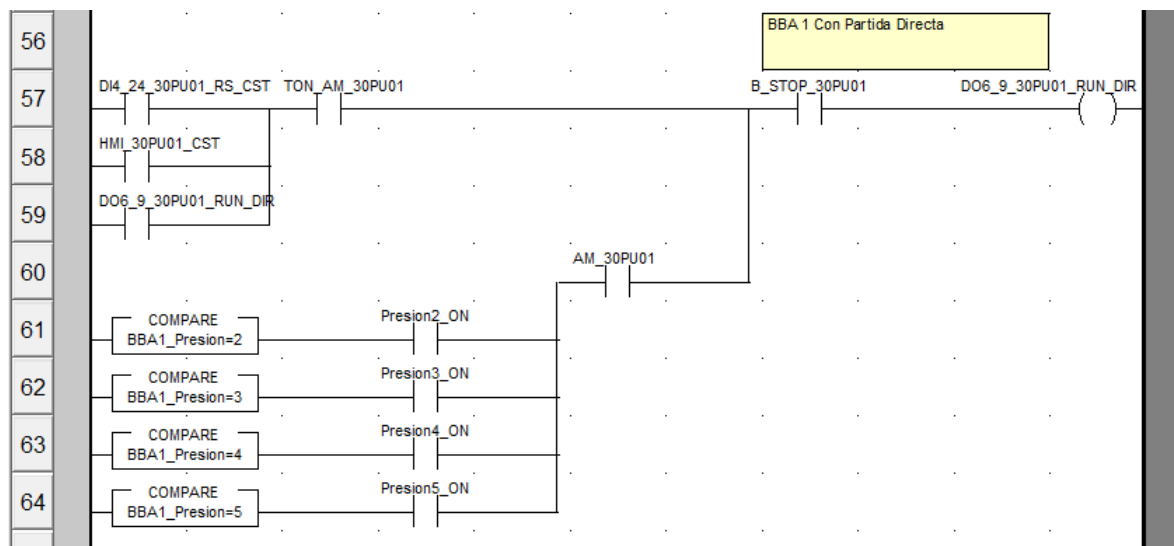


**Fig. 4.40.** Partir bomba con VDF.

Esta parte del programa activa el contactor para funcionar la bomba 1 con VDF cuando la rotación de bombas la define como primera prioridad y por presión (Presion1\_ON) le corresponde funcionar (Siempre que esté en automático y no haya condiciones de falla).

Esta lógica se repite para las demás bombas de distribución.

## Funcionamiento sin VDF



**Fig. 4.41.** Lógica funcionamiento bomba en partida directa.

El funcionamiento de las bombas en partida directa quiere decir que al momento de funcionar la bomba con VDF y le falta presión al proceso activa otra de las bombas pero en partida directa para aumentar la presión.

La lógica de funcionamiento con partida directa en la bomba N°1 de distribución es la siguiente.

En los rungs 57,58 y 59 para que se active la salida DO6\_9\_30PU01\_RUN\_DIR se puede hacer en dos formas, manual y automático, para la lógica en manual se acciona el contacto normalmente abierto de DI4\_30PU01\_RS\_CST (orden comando partir de la bomba de distribución número 1 que es el botón en terreno para partir.) o HMI\_30PU01\_CST que es el botón partir en la pantalla del HMI. También hay un temporizador que lo que hace es dejar un tiempo cuando se hace el cambio.

En el rung 61 comienza la lógica en automático, esta depende de la presión con la que sale el agua de las bombas hacia las casas. Lo primero va depender en qué orden de funcionamiento está la bomba (Rotación de bombas, Bloques comparadores) dependiendo del requerimiento de presión se activará Presion1\_On, Presion2\_ON, etc., Y enviaran la orden para partir la bomba.

## 4.6 Alarmas del sistema

Para operar la planta en forma eficiente y segura se disponen de una serie de alarmas para mantener en alerta alguna falla o problema que ocurra en el proceso y pueda producir alguna complicación, estas sonarán y mostrarán un mensaje para que el operador pueda visualizarlas y advertir algún inconveniente.

### Falla Baja Presión.

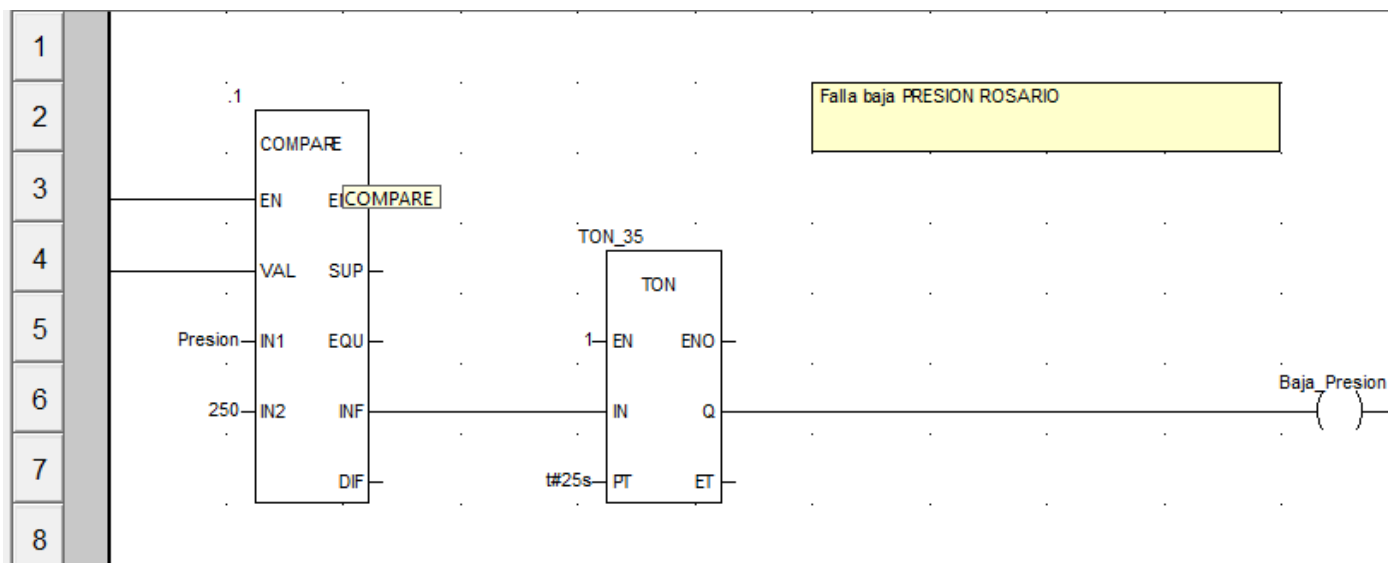


Fig. 4.42. Falla baja presión.

En los Rung 3 y 4 se describe la falla de baja presión, el cuadro comparativo (Compare) ve que cuando la presión es más baja de 250 se activa Baja\_Presión, el temporizador TON\_35 corre durante 25s pasado estos si la variable no se desactiva envía la señal de alarma.

### Falla Bajo Nivel

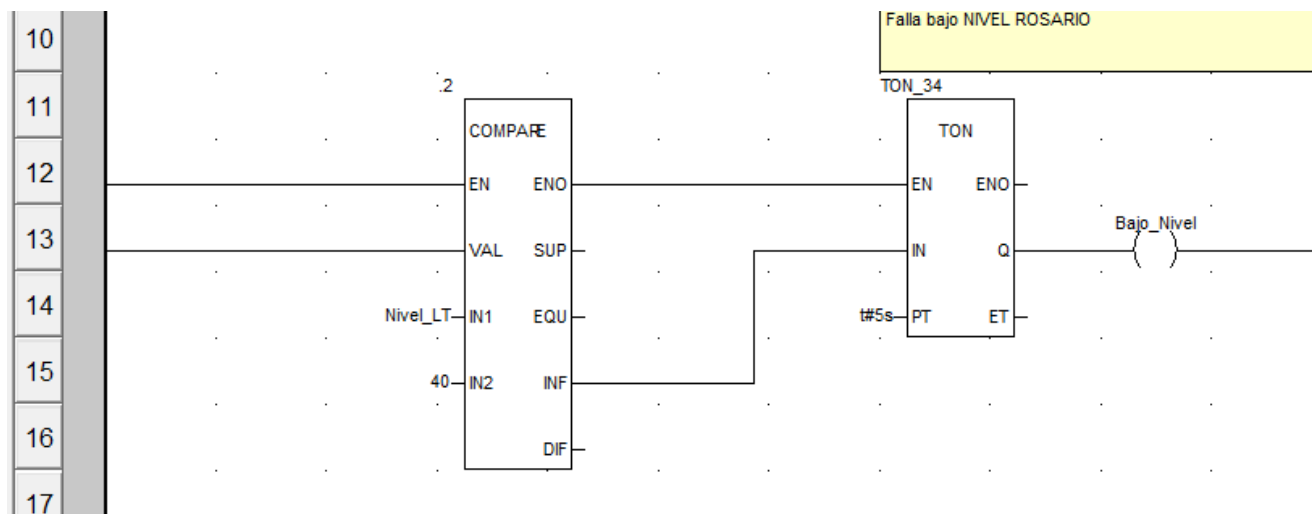


Fig. 4.43. Falla bajo nivel.

En el Rung 12 y 13 se tiene la operación compare la cual compara el nivel que no sea menor de 40, si es así el TON\_34 espera 5s que se mantenga esta condición, pasado este tiempo, se activa Bajo\_nivel alertando el nivel bajo.

### Falla Bajo Flujo

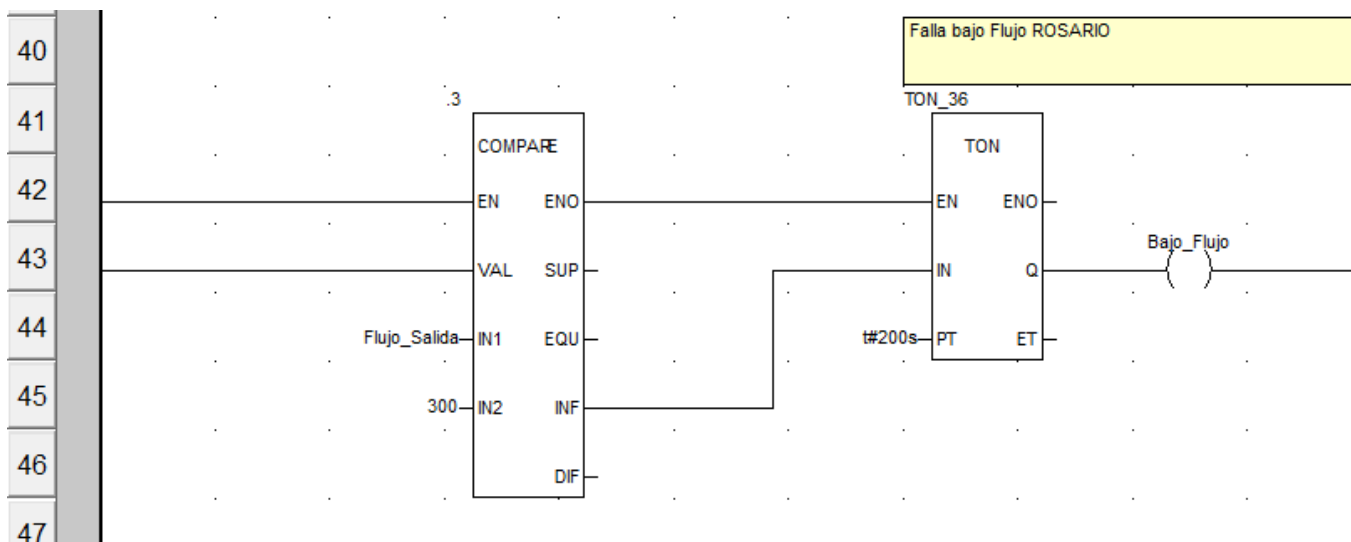


Fig. 4.44. Falla bajo flujo.

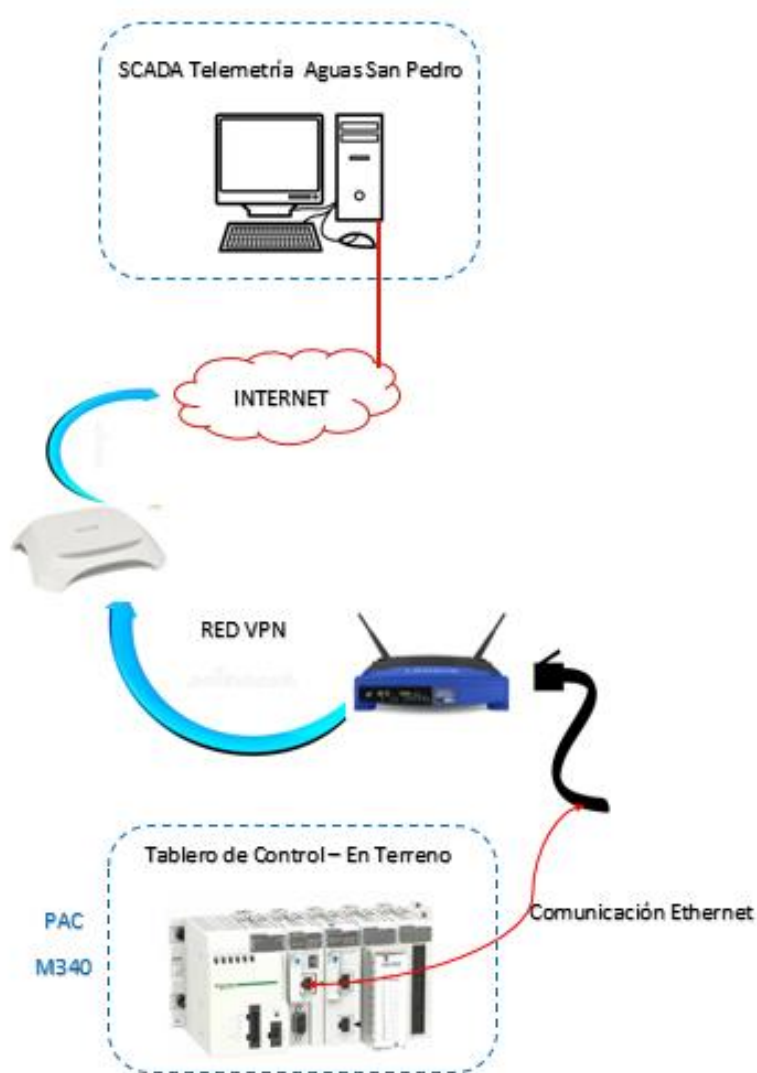
En los rung 42 y 43 se encuentra la lógica para la alarma de bajo flujo, se tiene el bloque compare, este compara que el flujo de salida no sea menor de 300, al ser menor el TON\_36 cuenta 200s, al cumplirse esto se activa la salida Bajo\_flujo.

## Capítulo V

### 5 Arquitectura de la Solución

La arquitectura se basa en dos elementos principales, el sistema de control Local y el SCADA (interfaz de operación y supervisión)

La siguiente figura muestra la arquitectura.



**Fig. 5.1.** Arquitectura de la comunicación.



## **5.1 El Sistema de Control Local**

En el esquema 5.1 se puede apreciar que en terreno (sala eléctrica), se tiene el tablero de control el cual contiene un PAC M340, encargado de tomar las señales de terreno y realizar la lógica de control, tanto en manual como automático.

La comunicación de este equipo con el SCADA se realiza aprovechando el acceso a Internet que nos permite la tecnología actual.

Para evitar problemas de seguridad con la red de la empresa se realiza el enlace utilizando una VPN (*Virtual Private Network*, Red Privada Virtual), la que se implementa en terreno con un arreglo de Routers.

La VPN es una tecnología de red de computadoras que permite una extensión segura de la red de área local (LAN) sobre una red pública o no controlada como Internet. Permite que la computadora en la red envíe y reciba datos sobre redes compartidas o públicas como si fuera una red privada con toda la funcionalidad, seguridad y políticas de gestión de una red privada. Esto se realiza estableciendo una conexión virtual punto a punto mediante el uso de conexiones dedicadas, cifrado.

## **5.2 Comunicación Remota.**

La comunicación remota se hace a través del protocolo Ethernet y una red privada VPN esto se logra por medio de una solución desarrollada por el área informática de la empresa. La cual no se tiene acceso a ella, por temas de seguridad.

## **5.3 El SCADA**

El SCADA se encuentra corriendo en un computador con sistema operativo Windows 7, y corresponde a la versión 7.4 de Vijeo Citect de Schneider Electric, el que se conecta a la red de la empresa y desde ahí con el PAC usando la VPN.

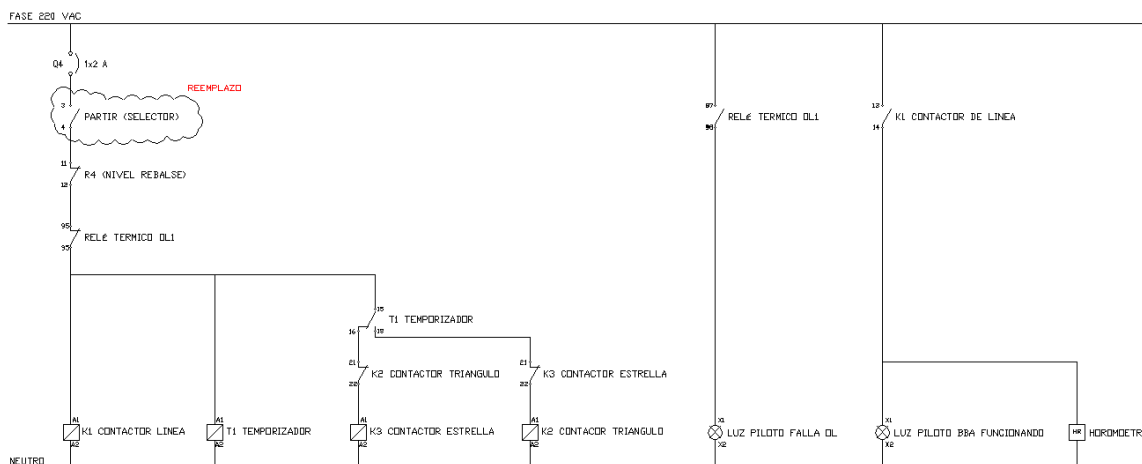
## Capítulo VI

### **6 Montaje y reemplazo de nuevos equipos y elementos de control en cada etapa del proceso.**

Para llevar a cabo este proyecto es necesaria la instalación de ciertos elementos eléctricos, como relés, botoneras locales, elementos de medición de variables entre otros. Además de modificar los circuitos de control ya existentes, para ello fue necesario hacer un levantamiento en el circuito de control de cada bomba y así acondicionar este sistema con el nuevo PAC y con los requerimientos en el proceso.

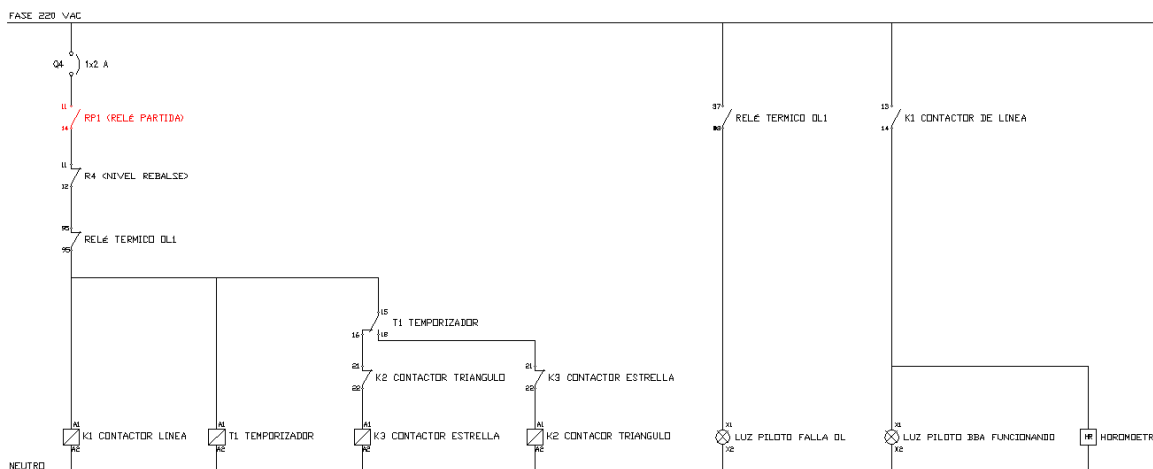
## 6.1 Captación:

El sistema de captación de agua, está compuesto de partidas estrella/triangulo para sus bombas, sin embargo no consta con botoneras partir-parar, si no que con selector, con el que parte y se detiene en forma manual, estas se detenían con un switch de nivel que está ubicado en el estanque, como protección para que el estanque no se rebalse.



**Fig. 6.1.** Circuito de Control bomba Captación.

En esta imagen se muestra el circuito de control existente en las bombas de captación, el cual tendrá una pequeña modificación para acondicionarlo al nuevo sistema, será reemplazar el selector por un contacto de relé, el cual será directamente controlado por nuestro PAC, como se muestra en la siguiente imagen,



**Fig. 6.2.** Circuito de Control bomba Captación modificado.

Para el proyecto se usará este selector extraído para indicar si la bomba está en manual o en automático conectándolo directamente con la tarjeta de entradas digitales del PAC, además se agrega una botonera partir-parar, para partir la bomba cuando está en manual, también conectados al PAC.



**Fig. 6.3.** Puerta Tablero Captación modificado.

Los switch de nivel serán agregados como entradas digitales al PAC, quien hará el control de todo el sistema, además de un sensor de nivel ultrasónico con el que se obtendrá el nivel real de agua en el estanque de almacenamiento.

Un transformador de corriente será agregado para medir la corriente de consumo de cada bomba. Este será conectado a un transductor que transforma dicha señal a una de 4-20 mA ingresada a la tarjeta de entradas análogas en el nuevo PAC.



**Fig. 6.4.** Tablero de Control Captación (Transformador y Transductor de corriente)

También se establece conectar señales de falla de cortocircuito y sobrecarga de la bomba hacia el PAC, para poder saber en tiempo real cuando una de estas dos fallas actúa, asimismo una señal de bomba funcionando, para asegurarse que dicha bomba entra en funcionamiento cuando se le da esa orden.



**Fig. 6.5.** Tablero de control Captación (Relés y Contactores).

En la imagen 6.5, los últimos 4 relés de control que se ven en la parte inferior del tablero corresponde a la falla de sobre carga (relé térmico), cuando este relé térmico se activa, también lo hace el relé de control, cerrando un contacto que está conectado al PAC como entrada digital. Parecido a esto se ocupa un contacto del contactor de línea para indicar que la bomba está funcionando.

Por último se conecta la señal de 4-20mA proveniente del transmisor de flujo, para registrar el flujo de entrada de agua y un relé que estará asociado al control de cada bomba y controlado por la salida digital del PAC.



**Fig. 6.6.** Transmisor de Flujo Captación.

## 6.2 Cloración:

La etapa de cloración consta de una bomba de cloración automática y un medidor de cloro en línea, que mide el nivel de cloro en el agua que sale del estanque. Este medidor de cloro tiene salidas de 4-20mA por lo que será conectado al PAC en el módulo de entradas análogas para su monitoreo. Además la bomba de cloración inyecta cloro al agua dependiendo del flujo de agua, quiere decir que a mayor caudal más cloro debe aplicar. Sin embargo la empresa cambio la bomba dosificadora de cloro por una más sofisticada, bomba dosificadora TrueDos 222D marca Grundfos, la cual consta de una entrada y salida análoga en corriente, de 4-20 mA.



**Fig. 6.7.** Bomba Dosificadora de Cloro (Antigua/Nueva).

La entrada de 4-20 mA se conecta con una salida análoga del PAC que está configurada para ser igual a la referencia de flujo de entrada de agua, por lo que asegura que la dosificación de cloro dependerá netamente del flujo de agua real en la tubería, eliminando el sistema de pulsos con el que antes se contaba, concluyendo en una mejor dosificación.

La salida de 4-20 mA se conecta a una entrada análoga de PAC, este valor indica la dosificación en tiempo real de la bomba dosificadora (mg/L) incluyendo al sistema un parámetro del que antes no se contaba.

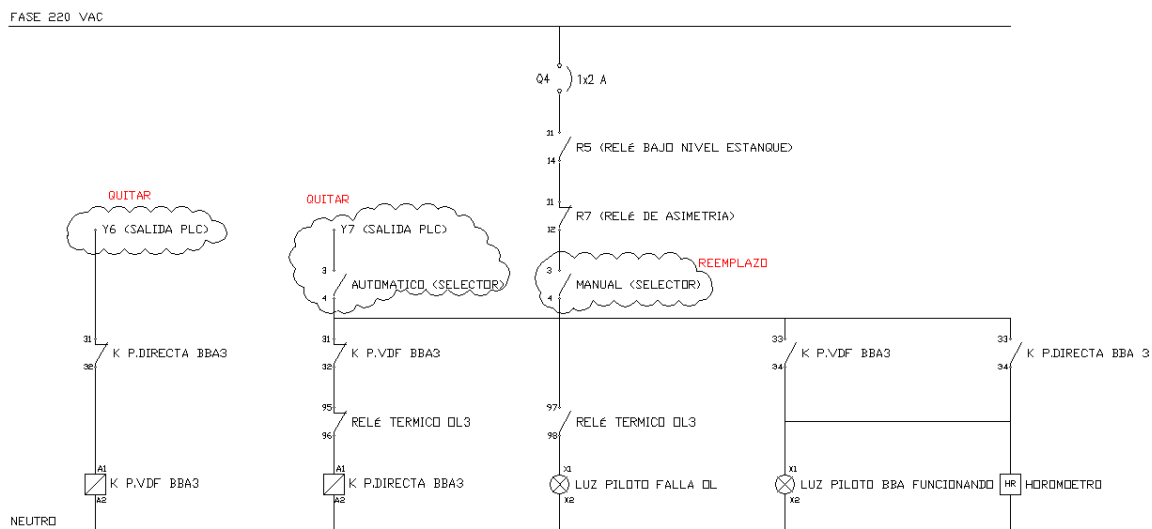
### 6.3 Distribución:

El sistema de bombas de distribución está compuesto de un variador de frecuencia, el cual va rotando para el funcionamiento de las bombas, quiere decir que siempre la bomba en maestro entra en funcionamiento con VDF, y las bombas de apoyo entran en funcionamiento con partida directa. La variable física que se asocia con estas bombas es la presión de salida del agua, por tanto el transmisor de presión debe estar presente en una entrada analógica del PAC para poder controlar las bombas y este a su vez en el variador de frecuencia para controlar dicha presión.



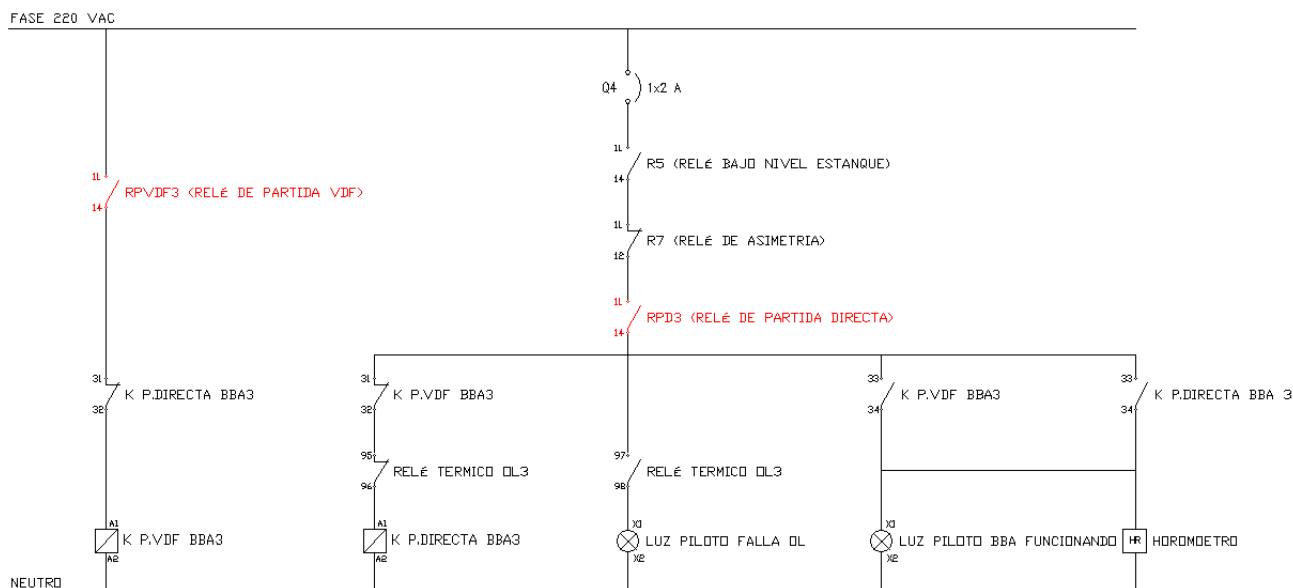
**Fig. 6.8.** Transmisor de Presión.

En esta etapa se realiza un levantamiento para poder entender el circuito de control de estas bombas, para realizar la modificación y acondicionamiento al nuevo sistema.



**Fig. 6.9.** Circuito de Control Distribución.

Como se muestra en la Figura 6.9, un selector cambia el modo de funcionamiento entre manual y automático, por lo que cuando el selector está en manual la bomba entra en funcionamiento inmediatamente, siempre y cuando las protecciones no estén activas (bajo nivel estanque, falla OL, falla asimetría) y cuando está en automático el antiguo PLC acciona la bomba dependiendo de la presión de la línea de agua de salida, ya sea con VDF o en partida directa. Las modificaciones en el circuito de control quedarán como se ve en la figura 6.10.



**Fig. 6.10.** Circuito de control Distribución modificado.



Se reemplaza el selector y las salidas del antiguo PLC por dos contactos de relé (marcados con rojo), relés que están conectados directamente con la tarjeta de salidas digitales del nuevo PAC.

En el tablero se encuentra solamente un selector, antes mencionado, que indica si la bomba está en manual o en automático, por lo tanto al igual que como se hace con el sistema de captación, se agregará un pulsador partir-parar para activar la bomba en manual.



**Fig. 6.11.** Puerta de tablero Distribución modificado.

Se ingresarán las señales de falla de las bombas (cortocircuito y sobrecarga) al PAC y también la señal funcionando. Por último se instalará un transformador de corriente para conectarlo a un transductor, haciendo que dicho valor sea tomado por el PAC y ser visualizado en el SCADA del operador.



**Fig. 6.12.** Tablero Distribución.

El transmisor de flujo de salida de agua de la planta tiene salida de 4-20 mA, que al igual que el transmisor de flujo de captación, será conectado en la tarjeta de entradas análogas del PAC, para tener conocimiento de la cantidad de agua total distribuida a los clientes finales.



**Fig. 6.13.** Transmisor de flujo Distribución.

## 6.4 Otros sistemas:

Se instaló un Power Meter o medidor de energía, que sirve para saber datos eléctricos de la planta, como voltajes de línea, corrientes de líneas, potencias totales, energía consumida, factor de potencia, etc. Este dispositivo estará comunicado con el PAC a través del protocolo modbus, así se podrán registrar estas cifras y crear historiales en el sistema SCADA.



**Fig. 6.14.** Medidor de energía.

También se requiere saber en sala de control si la planta está funcionando con la red eléctrica o con el generador de la planta, para esto se obtendrán señales desde los contactores de línea y generador para saber si ha ocurrido algún corte de energía.



**Fig. 6.15.** Tablero de transferencia.

## Capítulo VII

### 7 Diseño e implementación de sistema SCADA.

Para el diseño e implementación de un sistema SCADA primero se tiene que entender su significado, SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition) significa sistema de adquisición de datos y control supervisor un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite 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.

En el SCADA realizado para la planta de agua potable se dibujó un esquemático que lleva todo los equipos y procesos reales en la planta. Estos están en línea y cualquier modificación se verá afectado el proceso.

Se dispone de una sala de telemetría en el cual hay un operador las 24 hrs. Para el monitoreo del proceso. En esta sala se encuentra un PC para visualizar las plantas.

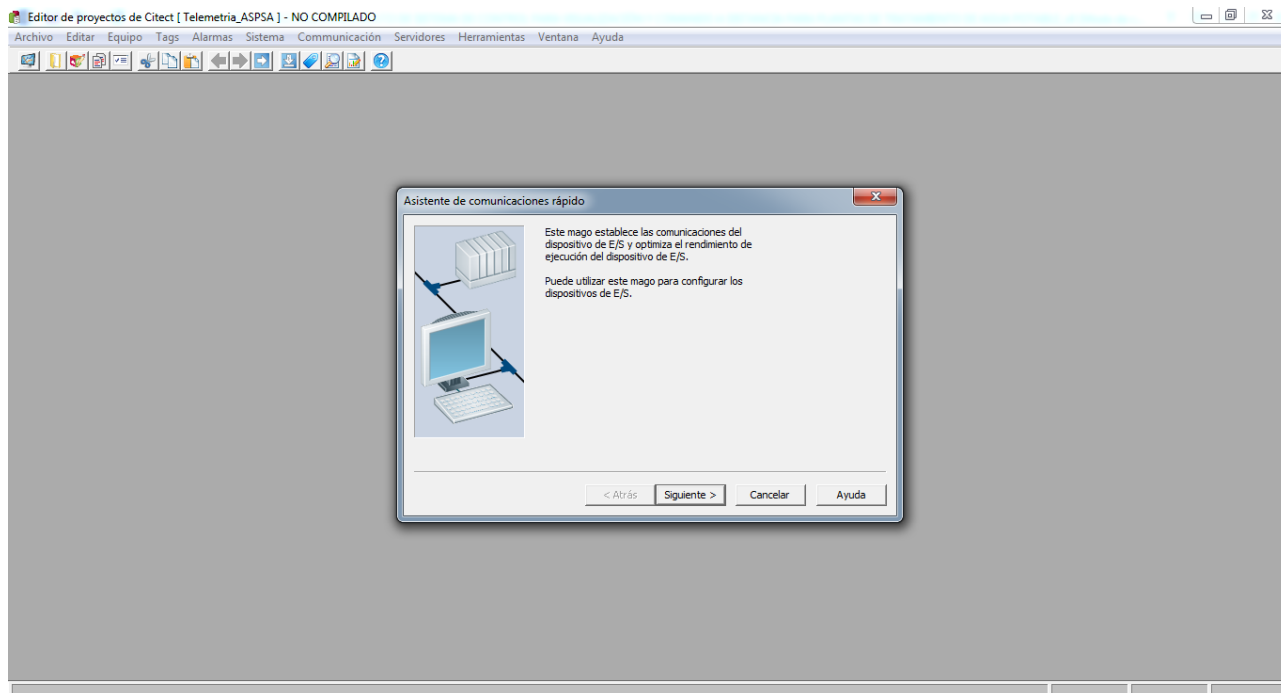
El software utilizado para realizar la configuración del SCADA es el Vijeo Citec de Schneider Electric. Se utilizó este programa debido a que existe una compatibilidad total con el PAC M340 para manejar los tags de variables. También posee una gráfica amigable y fácil para trabajar.

Cabe destacar que este software requiere el dimensionamiento de los Tags a utilizar, para la adquisición de la licencia. La licencia adquirida posee 500 tags de variables que se pueden visualizar y controlar a través de la pantalla.

## Creación de Dispositivo de I/O (PAC)

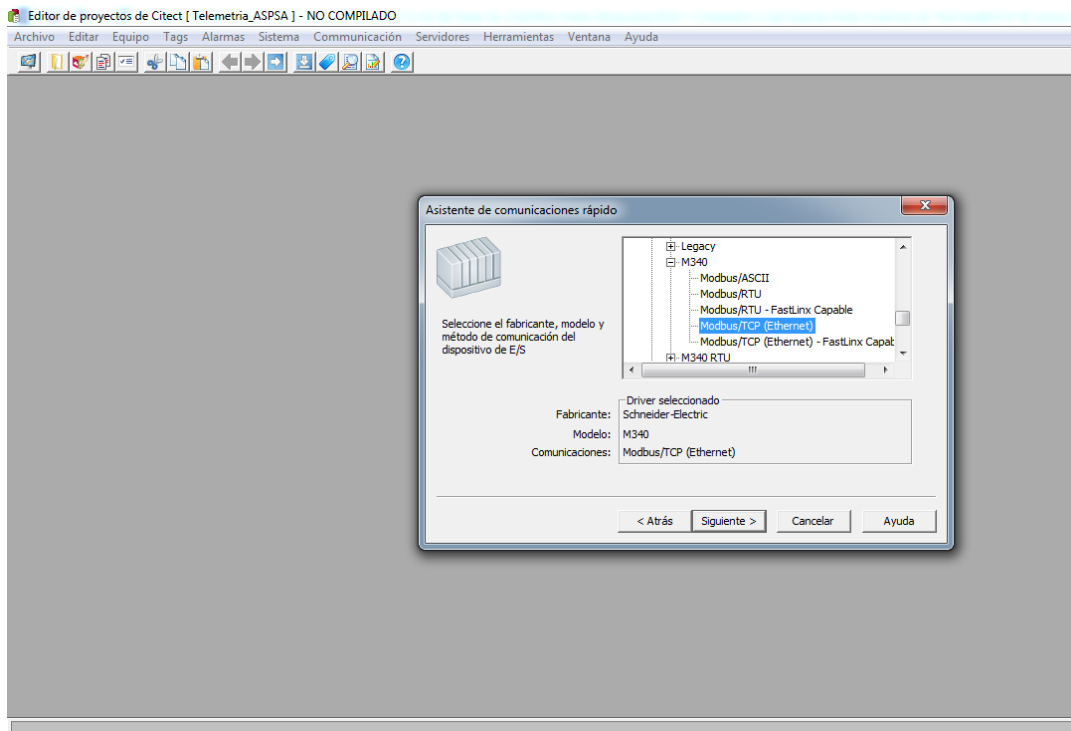
Primero se necesita reconocer el PAC de terreno para poder levantar la base de datos del programa para obtener las variables del proceso.

Se crea en el Vijeo Citect un nuevo proyecto, una vez creado se va a editor de proyectos, pestaña comunicación y asistente expés.



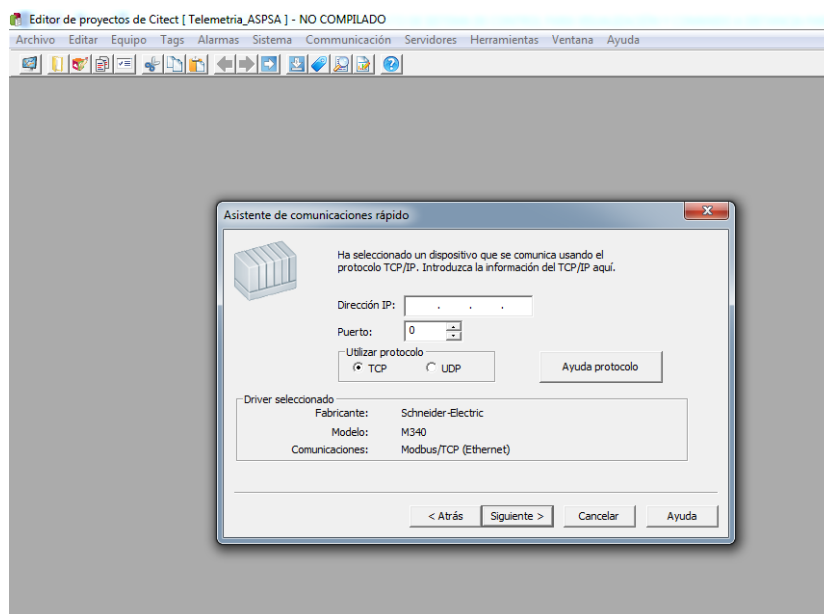
**Fig. 7.1.** Asistente de comunicaciones rápido

Se crea un nuevo Dispositivo de E/S con un nombre y en las opciones situar el PAC en este caso sería un M340 (M340 Modbus/TCP Ethernet)



**Fig. 7.2.** Creación nuevo dispositivo de E/S

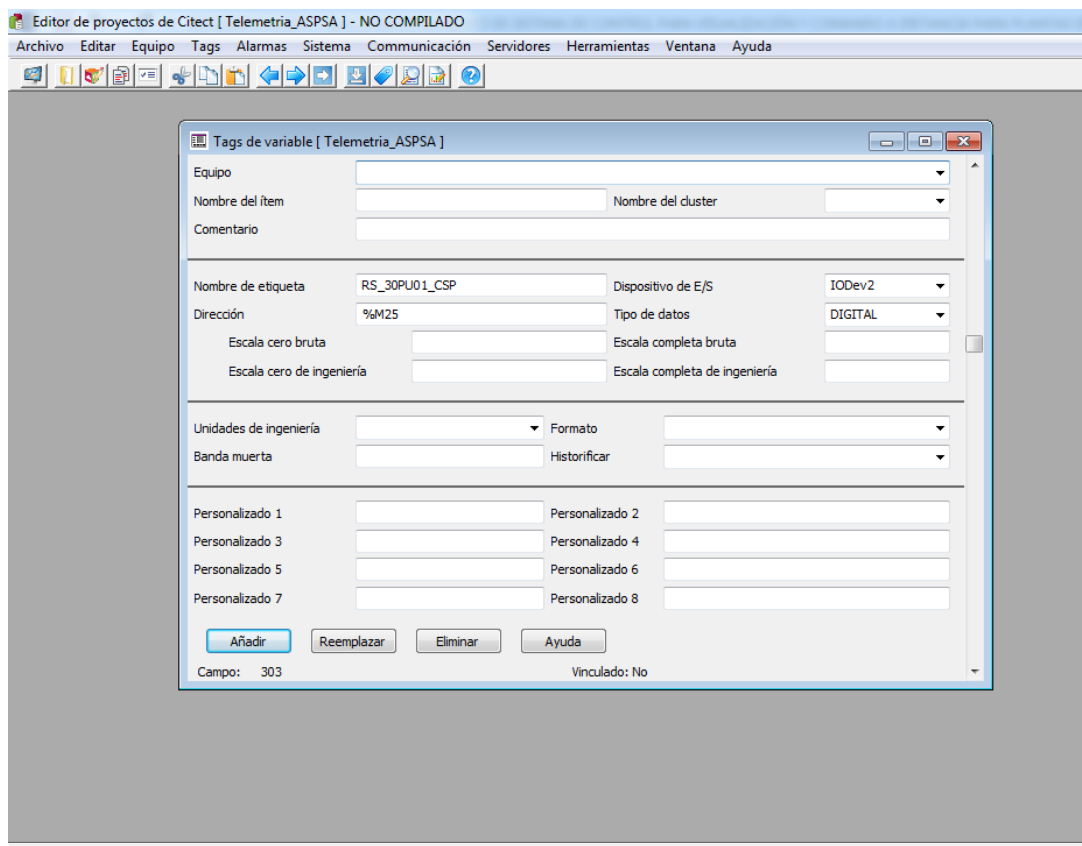
Luego se le asigna la dirección IP y el puerto del equipo para que se pueda comunicar.



**Fig. 7.3.** Asignación de la dirección IP.

Y se finaliza la configuración, con esto lo que se consigue es poder rescatar todas las variables y dirección que se ocuparon en el programa del PAC.

Las variables se tienen que crear en tags, tags de variables, estas al crearse y darle la dirección en el PAC correcta debería reconocerlas inmediatamente. A continuación se mostrará el panel para la creación de los tags.



**Fig. 7.4.** Creación de Tags

Nombre de etiqueta: se da el nombre de la variable en el ejemplo está escrita como RS\_30\_PU01\_CSP\_RS es por el nombre de la planta de agua. 30 es por el área del proceso, el área 30 corresponde a la distribución. PU01 se refiere a la bomba número 1 de distribución y CSP es el botón partir bomba en el tablero que se encuentra en terreno.

Dispositivo de E/S: es el nombre del dispositivo que se creó anteriormente (PAC).

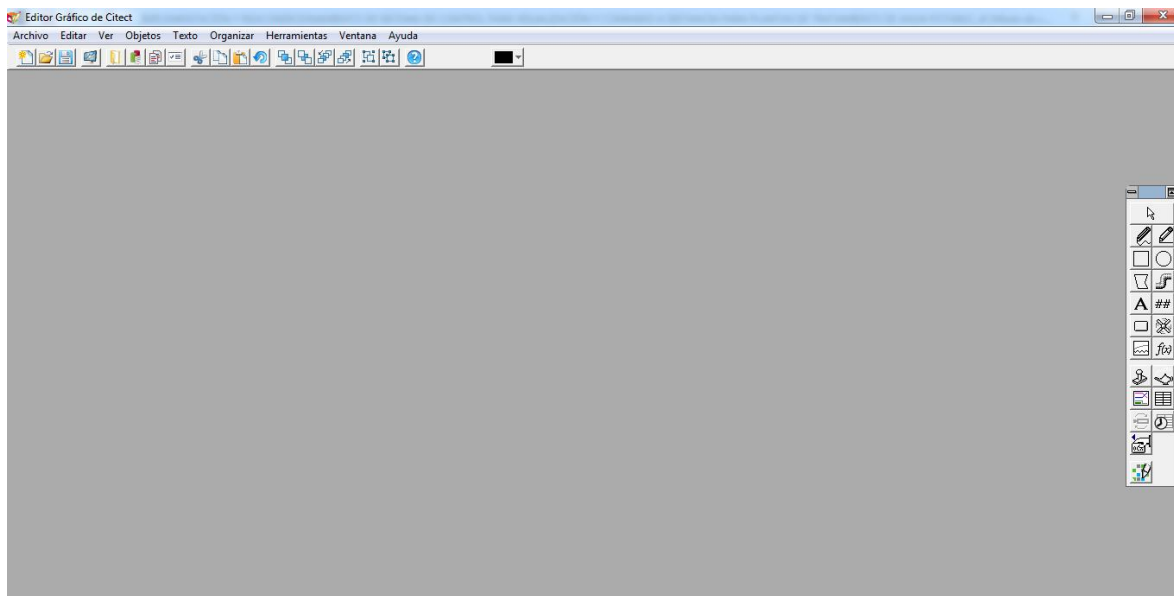
Dirección: es la dirección que se encuentra la variable en el PAC.

Tipo de dato: es el tipo de dato que tiene la variable en el ejemplo la variable es un dato digital. Puede haber datos booleanos, enteros, reales.

En el caso que la variable se tenga que escalar, el programa da una opción para poder agregar los valores para el escalamiento.

Una vez ya creada toda la base de datos de las variables a utilizar en el SCADA, se pueden crear las páginas o pantallas para la supervisión y control de la planta.

Para la creación Vijeo Citect tiene un editor gráfico el cual se puede crear, editar y animar las pantallas.



**Fig. 7.5.** Editor de gráficos.



Al crear la pantalla completa se puede ir agregando los tags de variables dependiendo de que se quiera animar en cada objeto. Este programa tiene una librería de imágenes lo que es de gran ayuda al momento de crear cada página o pantalla.

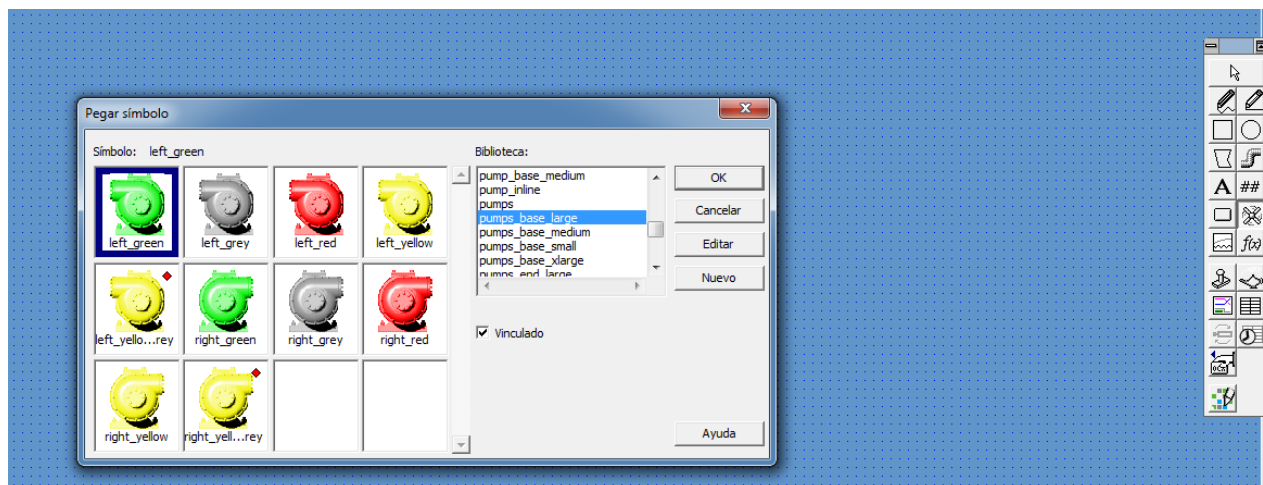


Fig. 7.6. Librería de animaciones.

Para animar un objeto se hace doble click encima de él, aparecerá las propiedades, aquí se puede agregar los comandos para realizar las acciones de la animación.

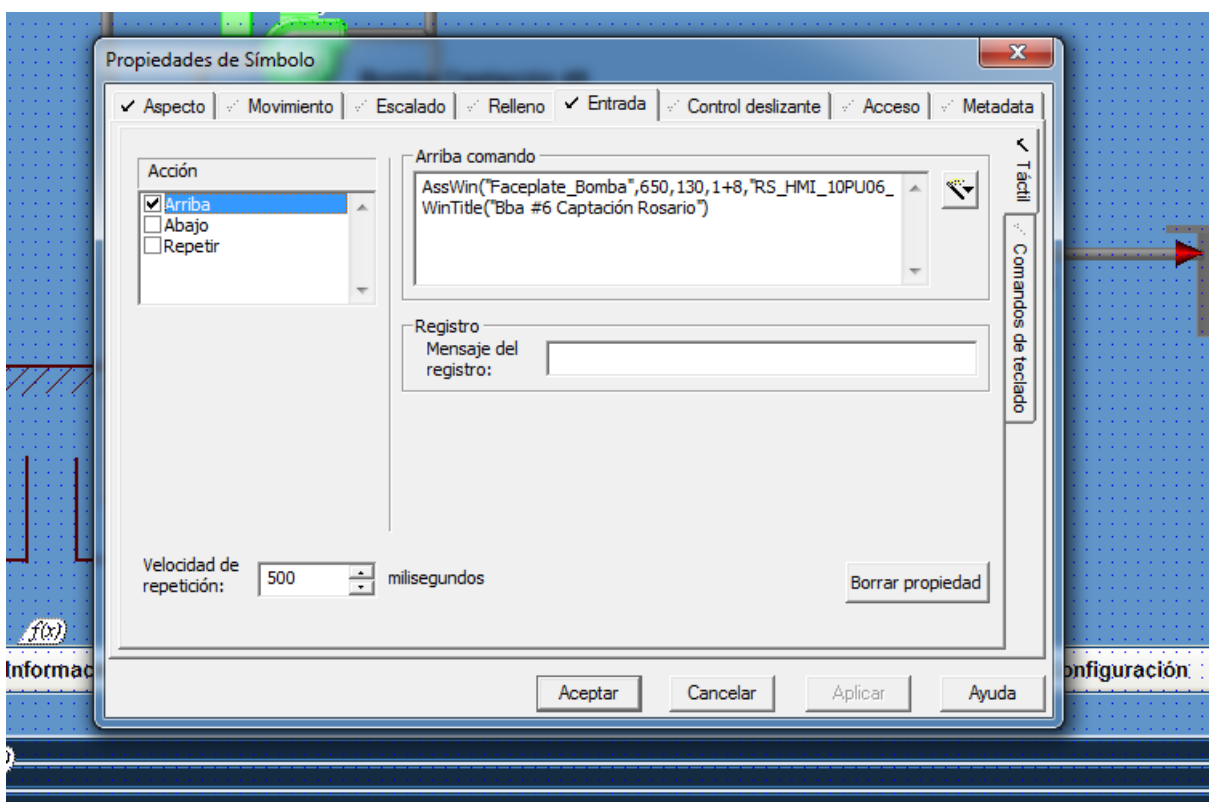


Fig. 7.7. Propiedades del símbolo.

Primero se creó una pantalla llamada overview en la cual se puede tener una visión completa de todas las estaciones o plantas de agua. En esta se puede monitorear el estado de las bombas, niveles, flujos y presión además de advertir fallas como perdida de comunicación, nivel bajo y presión baja. En resumen la pantalla de overview muestra todas las plantas para tener una vista general.

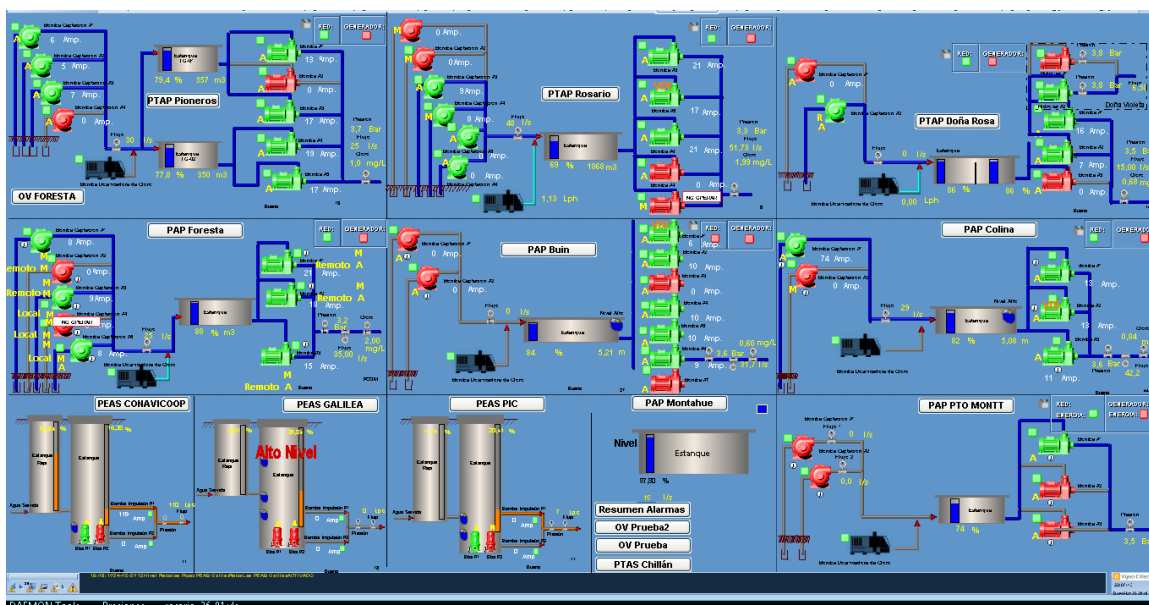


Fig. 7.8. Pantalla del Overview.

## Pantalla principal de planta de agua

En esta pantalla se encuentra todos los procesos de la producción y distribución del agua hasta la red que distribuye a la población.

Se puede apreciar el funcionamiento, estado y corriente de cada bomba ya sea de captación y de distribución. También el porcentaje de nivel del estanque, los valores de flujo y presión de cada transmisor de terreno, el estado y valores de la bomba de cloración. Información de medición de energía de la planta.

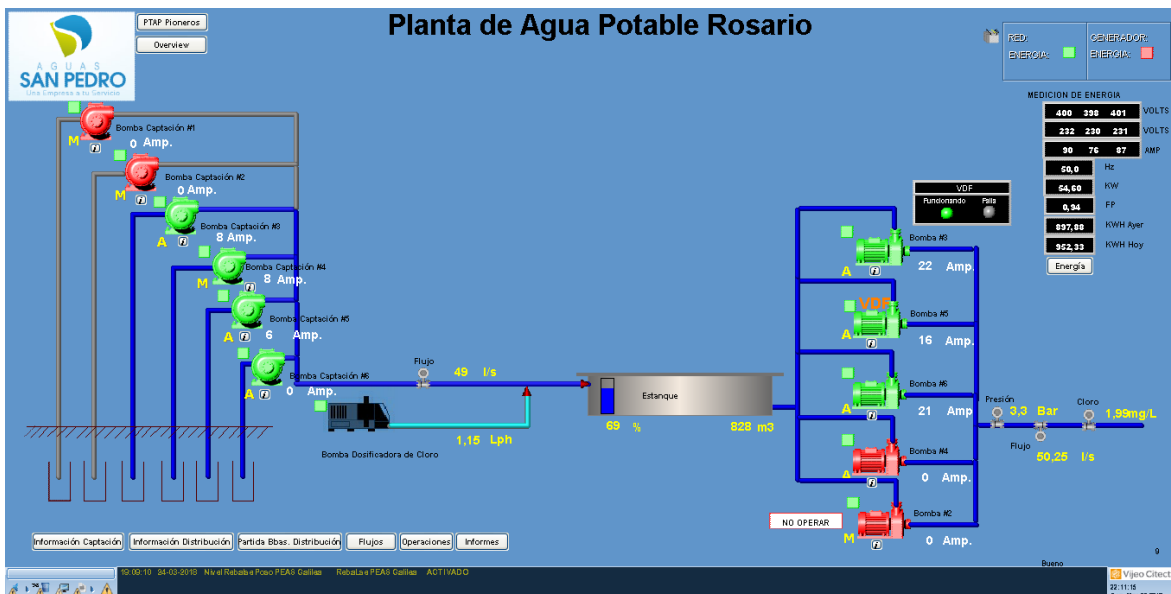
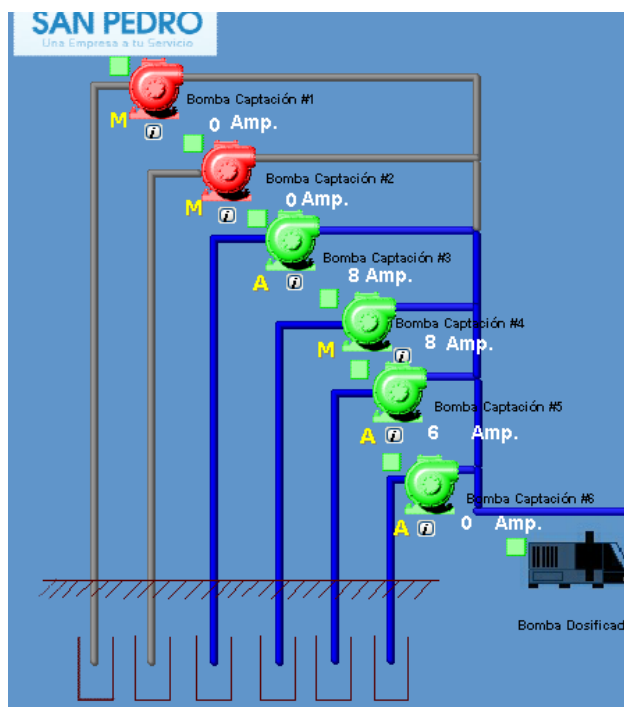


Fig. 7.9. Pantalla principal de la planta de agua.

## 7.1 Captación:

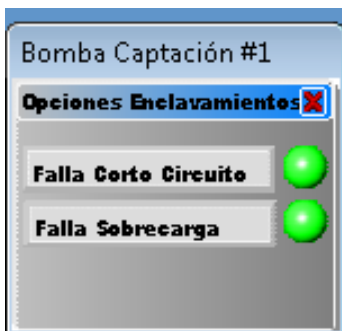
El proceso de captación consta de 4 bombas que extraen agua de las napas subterráneas. Estas bombas se visualizan de color verde cuando están funcionando y de color rojo cuando están detenidas. Además se muestra el consumo de corriente de cada bomba, por ejemplo en la imagen N°7.10 se observa que las bombas #1 y #2 marcan 0 Ampere ya que están detenidas (color rojo), sin embargo las bombas #3 y #4 marcan la corriente de consumo habitual, 8 Ampere, ya que están en funcionamiento (color verde). Todas estas bombas tienen dos modos de funcionamiento, manual o automático. En forma manual las bombas entran en funcionamiento cuando el operador da la orden para ello (ya sea en el selector en terreno o desde la pantalla HMI) y en forma automática las bombas entran en funcionamiento dependiendo del nivel de los estanque de almacenamiento del agua.



**Fig. 7.10.** Bombas de captación en pantalla SCADA.

### Operación de bombas:

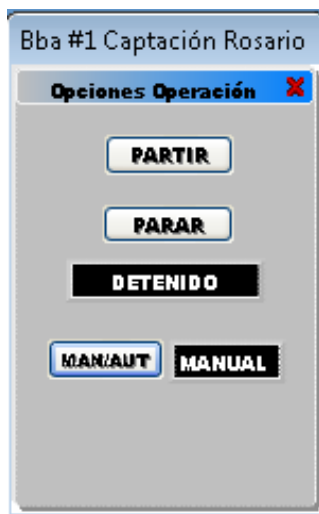
Si se observa la pantalla inicial, cada bomba tiene un cuadrado de color verde o rojo en parte superior izquierda, que al darle click aparece la siguiente ventana:



**Fig. 7.11.** Ventana emergente de fallas de bomba.

Si alguna de estas opciones de enclavamiento esta activa impide que dicha bomba entre en funcionamiento, por tanto al haber ausencia de estas opciones la bomba puede partir sin problemas. De este modo cuando estas dos opciones (Falla COCI, falla OL) estén de color verde, al igual que el cuadrado que se encuentra al lado de la bomba en la pantalla inicial, indicara que la bomba está en condiciones para entrar en operación.

Desde el SCADA, hacer click en alguna bomba, esto desplegara la siguiente ventana:



**Fig. 7.12.** Ventana emergente de opciones de operación de la bomba.

En esta ventana aparecen tres botones: PARTIR, PARAR y MAN/AUT.

**PARTIR:** este botón hace partir la determinada bomba, solo si la bomba se encuentra en modo manual.

**PARAR:** este botón hace parar la determinada bomba, solo si la bomba se encuentra en modo manual.

**MAN/AUT:** este botón cambia el modo de la bomba, ya sea a manual o automático.

Además existen tres casillas que informan al operador sobre el estado de la bomba, si está funcionando o detenido y el modo si está en manual o automático.

Para pasar esta bomba a manual hacer click en el botón MAN/AUT hasta que en la casilla de al lado aparezca “Manual”, luego hacer click en el botón partir para poner en funcionamiento la bomba. Para detenerla hacer click en el botón “Parar”.

En la pantalla del SCADA está el botón “información de captación” al cual darle click se abre la siguiente ventana:

	NIVELES		HOROMETROS			PARTIDAS	
	Partida	Parada	Hoy	Ayer	Acumulado	Hoy	Ayer
Bomba N°1	85	100	0 : 0	0	0	2	2
Bomba N°2	87	100	1 :52	0	46	3	4
Bomba N°3	88	100	4 :35	12	237	4	6
Bomba N°4	90	100	8 :37	18	462	5	9

**Fig. 7.13.** Información captación.

En esta ventana se entrega información de cada una de las bombas de captación.

**Niveles:** se muestra el nivel al cual debe partir y parar cada bomba, con respecto al nivel del estanque seleccionado, indicado en porcentaje. Por ejemplo la bomba N°1 partirá cuando el nivel del estanque este en un 85% y se detendrá cuando el nivel llegue al 100%.

**Horometros:** se muestra el tiempo de trabajo de cada bomba. “Hoy” que indica las horas de trabaja el día de hoy. “Ayer” que indica las horas de trabajo que trabajo el día de ayer. “Acumulado” que indica las horas acumuladas de trabajo desde que se pone en marcha el horometro. Por ejemplo en la bomba N°4 lleva trabajando hoy 8 horas con 37 minutos, trabajo ayer un total de 18 horas y lleva acumulado 462 horas de trabajo.

Partidas: indica el número de partidas que tuvo cada bomba el día de hoy y el día de ayer. Por ejemplo la bomba N°3 hoy ha partido 4 veces y ayer partió 6 veces.

En la pantalla principal también está el botón “Información de Flujos” al presionar se despliega la siguiente ventana:



Fig. 7.14. Información Flujos.

Aquí se informa al usuario los flujos de agua asociados a la entrada del proceso (entrada de los estanques almacenadores) y salida del proceso (flujo de consumo de clientes, salida de distribución). El flujo instantáneo, por ejemplo, en la entrada es de 3000 LPM (litros por minutos) y en la salida 1500 LPM. También se muestra el totalizado de flujo, que corresponde a la cantidad de agua almacenada (entrada) y al consumo (salida) del día de “hoy” y “ayer”. En la imagen el totalizado flujo de entrada es de 1426,0 m3 (metros cúbicos) “Hoy” y 2990,5 m3 “Ayer”.

El botón “operaciones” de la pantalla principal muestra lo siguiente:



Fig. 7.15. Información operaciones.

Esta ventana muestra información del proceso, respecto a la presión, nivel y cloro.

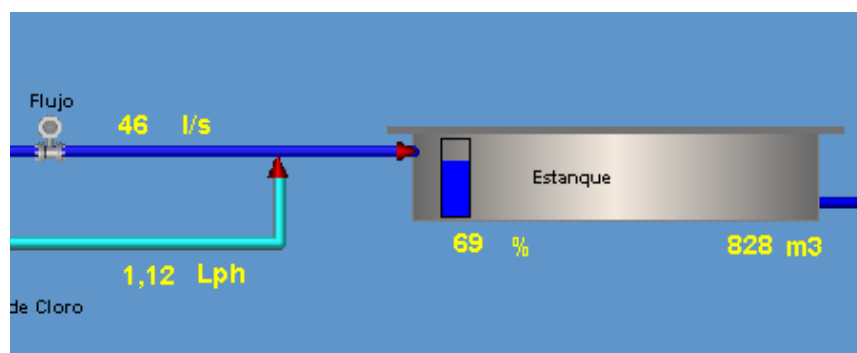
Presión: se muestra la presión de salida mínima y máxima del día “hoy” y “ayer”, por ejemplo en la imagen 7.15 se puede ver que la presión mínima de “hoy” es de 2,7 Bar y la presión máxima de “ayer” es de 4,3 Bar.

Nivel Mínimo: indica el nivel mínimo que alcanzó el estanque el día “hoy” y “ayer”, por ejemplo el nivel mínimo de “hoy” es de 87,6% y el nivel mínimo de “ayer” fue de 87,5%.

Cloro: muestra el nivel de cloro mínimo y máximo en la salida del proceso, el día “hoy” y “ayer”, por ejemplo, “hoy” el nivel de cloro mínimo fue de 0,6 mg/L y “ayer” el nivel máximo de cloro fue de 0,7 mg/L.

### Niveles de Estanque:

En la Pantalla principal de la planta se puede ver un estanque el cual muestra el porcentaje y valor en m<sup>3</sup> del nivel de agua que contiene, también muestra cuando se activan las peras de protección.



**Fig. 7.16.** Indicaciones de medida del estanque.

Como se puede ver en la imagen 7.16 el nivel del agua en el estanque es del 69% y la cantidad es de 823 m<sup>3</sup>, las peras no se ven ya que no están alertando que el nivel esté alto.



## 7.2 Cloración:

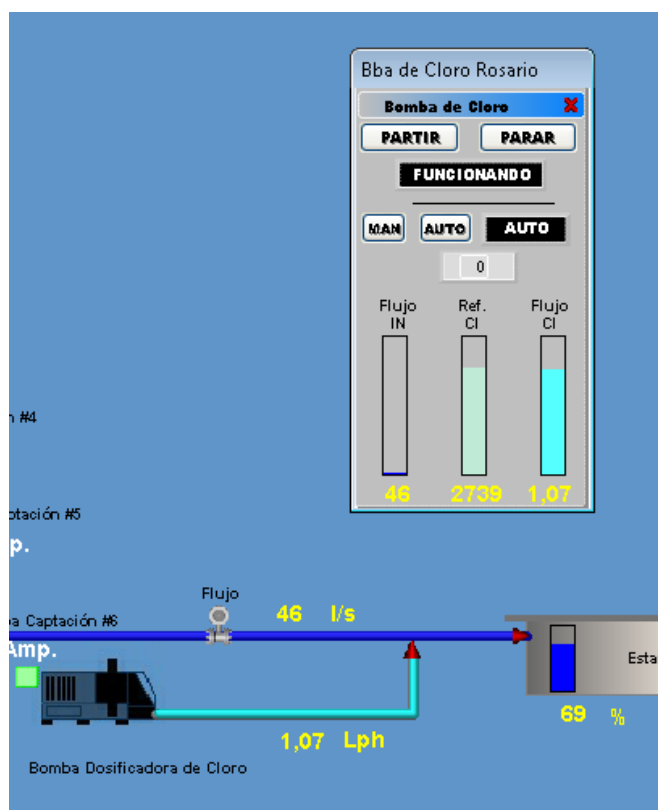
Esta parte del proceso es la encargada de agregar Cloro a el agua extraída para potabilizarla, para esto se usa HipoClorito al 10%, el que se agrega usando una bomba dosificadora.

La bomba dosificadora recibe una señal de 4-20 mA, la que es proporcional al flujo que dosifica la bomba. El rango de Cloro presente en la salida de agua de la planta es entre 0,2 a 2,0 mg/l.

Para el funcionamiento de la bomba se puede seleccionar desde el SCADA una señal de referencia manual (Modo Manual) o el flujo de entrada (Modo Automático).

La bomba indica el flujo de cloro impulsado y su estado. Desde el SCADA se puede detener o hacer funcionar la bomba.

En la pantalla al presionar la bomba de cloro se despliega un panel llamado bomba de cloro



**Fig. 7.17.** Ventana emergente bomba de cloro.

En este pop up (Ventana Emergente) se tienen 4 botones.

Partir: Este botón le da la orden de hacer partir la bomba de cloro.

Parar: Este botón le da la orden de hacer parar la bomba de cloro.

Mano: Este botón pasa la bomba a estado manual.

Auto: este proceso pasa la bomba a estado Automático.

También se visualizan dos casillas, la primera muestra el estado de la bomba de cloro, puede ser funcionando o detenida.

En el pop up de la bomba de cloro se muestran tres niveles. El primero es el porcentaje de flujo de entrada, después el porcentaje de referencia de cloro y finalmente el porcentaje de flujo de cloro.

### 7.3 Distribución:

El proceso de distribución consta de 5 bombas que toma agua desde los estanques de almacenamiento y la distribuyen hacia la red de agua potable. Para la operación e indicación de las bombas de distribución es similar a las bombas de captación. Las bombas de color verdes indican que están en funcionamiento y las de color rojo que están detenidas.

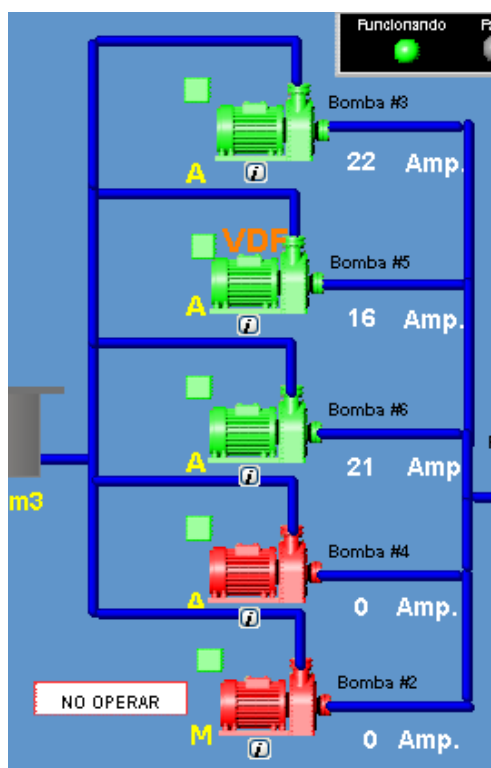


Fig. 7.18. Bombas de distribución en pantalla principal.

Al igual que las bombas de captación, en las bombas de distribución también se muestra su consumo de corriente como por ejemplo la bomba #1 marca 22 Ampere, que es el consumo habitual de dicha bomba, en cambio en la bomba #4 aparecen 0 Ampere, ya que la bomba está detenida. Además en la imagen de cada bomba, en la parte inferior izquierda, aparece una letra de color amarillo “A” o “M” que indica que la bomba está en automático o manual respectivamente.

También en cada imagen de las bombas aparece un botón cuadrado en la parte inferior izquierda, que al presionarlo aparece las misma ventana que para las bombas de captación indicando enclavamientos que podría tener dicha bomba. Si este botón se presenta de color verde la bomba está en condiciones de partir.

Otro detalle importante es que la bomba que está modulando con VDF aparece encima de ella la palabra VDF para reconocerla.

Operación de bombas:

Al hacer click en una de las bombas de distribución, se tiene la siguiente ventana:



**Fig. 7.19.** Ventana emergente opciones de operación bomba distribución.

En esta ventana aparecen tres botones: PARTIR, PARAR y MAN/AUT.

**PARTIR:** este botón hace partir la bomba seleccionada, solo si la bomba se encuentra en modo manual.

**PARAR:** este botón hace parar la bomba seleccionada, solo si la bomba se encuentra en modo manual.

**MAN/AUT:** este botón cambia el modo de la bomba seleccionada, ya sea a manual o automático.

Además existen dos casillas que informan al operador sobre el estado de la bomba, si está funcionando o detenido, el modo si está en manual o automático.

Para pasar esta bomba a manual hacer click en el botón MAN/AUT hasta que en la casilla de al lado aparezca "MANUAL", luego hacer click en el botón partir para poner en funcionamiento la bomba. Para detenerla hacer click en el botón "Parar".

Para poner la bomba en automático, hacer click en el botón "MAN/AUT" hasta que en la casilla de al lado aparezca "AUTO", así la bomba solo partirá o se detendrá dependiendo de la presión que esté presente en la salida del proceso.

En la pantalla principal está el botón “Información de Distribución”, al presionarlo se tiene:



**Fig. 7.20.** Información distribución.

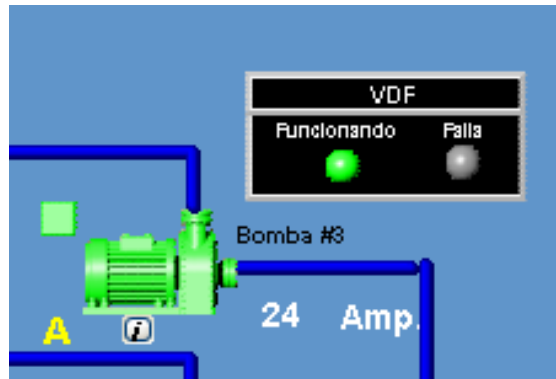
En esta ventana se muestra información sobre la etapa de distribución, tales como horómetros, partidas de las bombas y presión de salida.

Horómetros: se indica las horas de funcionamiento de cada bomba de distribución. “Hoy” que muestra el tiempo de funcionamiento de dicha bomba el presente día, “Ayer” que muestra las horas de funcionamiento del día de ayer y “Acumulado” que muestra la suma de las horas de funcionamiento en el transcurso de los días. Por ejemplo en la figs 7.20, la bomba N°2 lleva 6 horas 36 minutos trabajando el presente día, trabajo 23 horas el día de ayer y lleva trabajando 423 horas desde que comenzó el conteo.

Partidas: indica las partidas que tuvo o tiene las diferentes bombas de distribución, el presente día y el día de ayer. Así en la imagen, la bomba N°3 a partido o entrado en funcionamiento 5 veces el presente día, mientras que el día anterior partió o entro en funcionamiento solo 3 veces.

Rango de Presiones: muestra a que niveles de presión parten y paran las diferentes bombas de distribución cuando están en modo automático. Así la bomba N°5 parte a los 350 (3,5 Bar) y se detiene a los 380 (3,8 Bar).

En el área de distribución una de las bombas funcionara con el VDF dependiendo de qué prioridad y rotación tengan, en la pantalla se ve un panel el cual indica si el VDF está en funcionamiento (Luz Verde) o en falla (Luz Roja).



**Fig. 7.21.** Panel estado del VDF.

## 7.4 Variables de Flujo, Presión y cloro.

Como en terreno se tienen transmisores de flujo y presión. En el SCADA se puede visualizar los valores de cada transmisor.

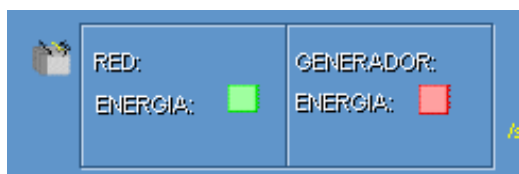
En la figura 7.22 se visualiza que la presión de salida está a 3.3 Bar, el flujo de cloro a 1.99 mg/L y el flujo de salida a 50.36 L/s.



Fig. 7.22. Valores de Transmisores.

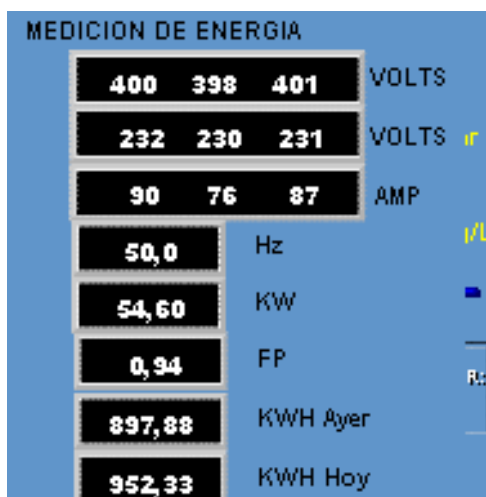
## 7.5 Medición de energía.

En la medición de energía se tiene un cuadro el cual muestra si la planta está funcionando con la Red o si está funcionando con el generador. En este caso marca que está funcionando con la Red eléctrica, porque el botón se encuentra en color verde y el del generador está de color rojo.



**Fig. 7.23.** Estado de la energía.

También se ve un recuadro con los valores de algunas variables de energía.



**Fig. 7.24.** Medición de energía.

Casilla con los valores de los voltajes en las tres líneas.

Casilla con los valores de los amperes en las línea y neutro.

Casilla con la frecuencia de la energía que está ingresando a la planta

Casilla con la potencia instantánea de la planta

Casilla con el valor del factor de potencia de la planta

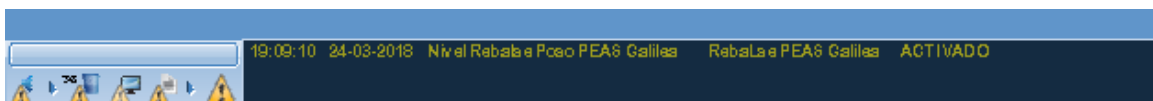
Casilla con los KWH energía consumida el día de ayer

Casilla con los KWH energía consumida el día de hoy.



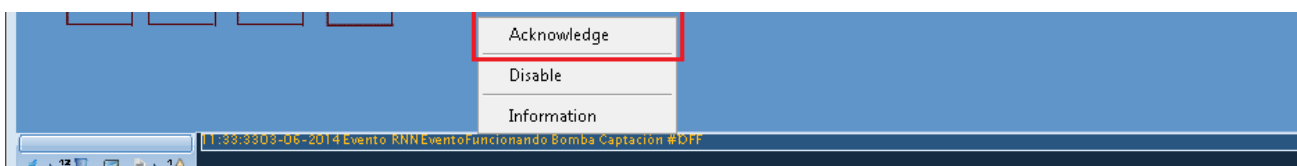
## 7.6 Indicación de Eventos y Alarmas.

En la parte inferior de la pantalla se puede ver un recuadro, en este, cada vez que alguien ejecute alguna actividad en la pantalla aparecerá ahí, así como también cada vez que haya algún evento o arroje alarmas, estas aparecerán descrita en este recuadro.



**Fig. 7.25.** Recuadro de alarmas y eventos.

Los eventos en el proceso solo desaparecen si el operador “reconoce” dicho evento. Para ello se debe hacer click derecho sobre el evento y darle click a “Acknowledge” (reconocer en inglés), lo que hace desaparecer el evento de la pantalla principal. Las alarmas también se visualizan en el mismo lugar pero a diferencia de los eventos, las alarmas aparecen con letra negrita y con una alerta sonora. Para reconocer la alarma se hace del mismo modo que en un evento, la alarma desaparece de la pantalla principal y la alarma se silencia.



**Fig. 7.26.** Reconocimiento de eventos y alarmas.

Así la pantalla principal queda libre de eventos y alarmas, sin embargo se pueden ver el listado de las alarmas y eventos que han ocurrido en el proceso en el transcurso del tiempo. Para esto se hace click en la pestaña “Alarms”, ubicada en la parte superior de la pantalla principal:

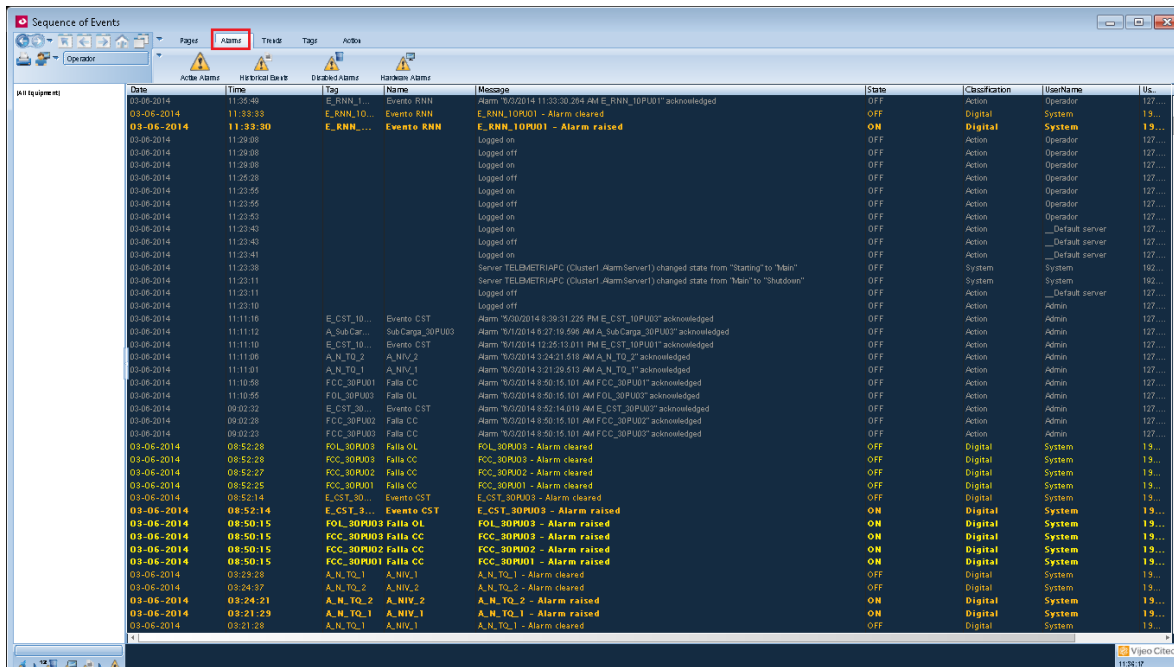


Fig. 7.27. Listado de alarmas.

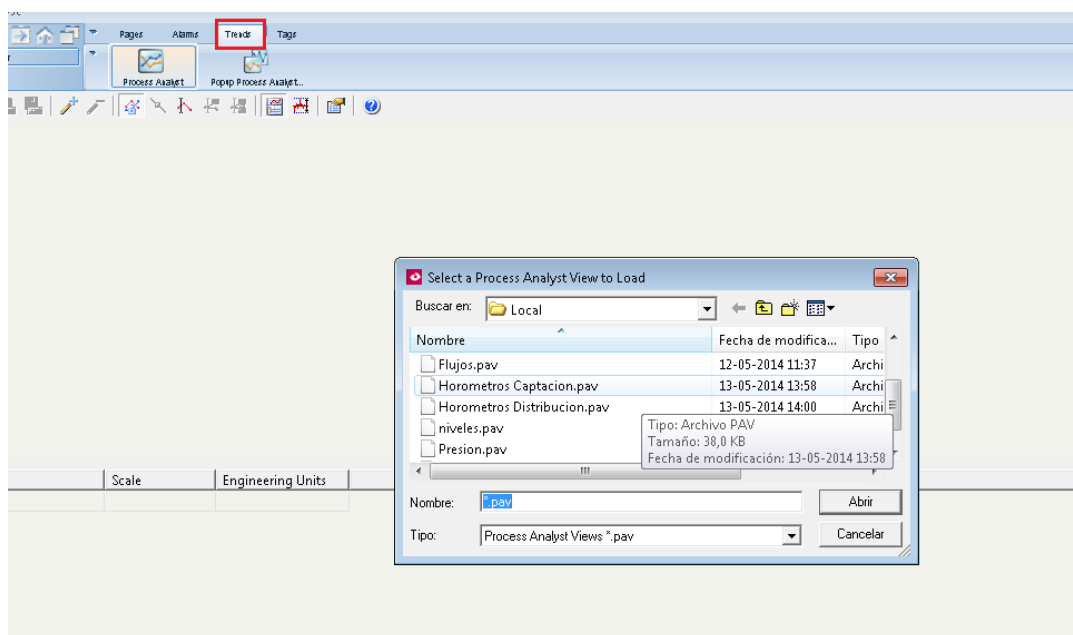
## 7.7 Tendencias

Los gráficos de tendencia representan visualmente la actividad pasada y actual de los datos de planta, creando una imagen a lo largo del tiempo de cómo cambia una variable (nivel, presión, flujo etc.) o cómo funciona un dispositivo o proceso. Puede supervisar la actividad actual tal como sucede y retroceder en el tiempo para ver el historial de tendencias.

A medida que los valores de las variables cambian con el tiempo o cuando suceden los eventos, el gráfico se mueve por la página. Los últimos valores se muestran por defecto. Puede desplazarse hacia atrás a través de los datos históricos para mostrar los valores pasados de la variable (o proceso).

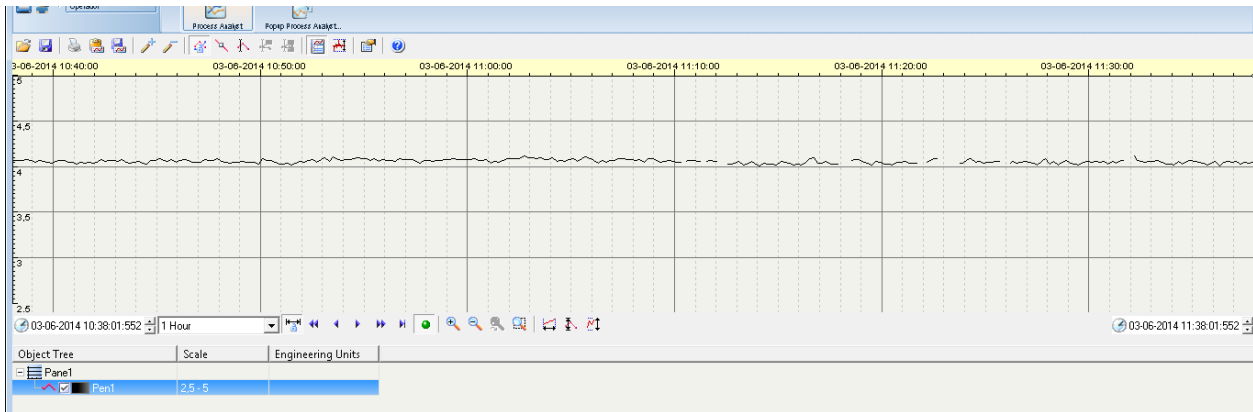
Se Puede visualizar cualquier cantidad de tendencias en la pantalla simultáneamente, incluso si tienen períodos de muestra diferentes. También puede mostrar hasta ocho etiquetas de tendencia (plumas) en cualquier ventana de tendencia.

para visualizar alguna tendencia de una variable en el proceso hay que hacer click en la pestaña “Trend”, como se muestra en la siguiente imagen 7.28



**Fig. 7.28.** Tendencias.

Luego, como se muestra en la imagen, hacer click en el icono “Abrir”, luego saldra un cuadro en el que se debe escoger la variable que se desea observar. En este caso se escoje la variable presion:



**Fig. 7.29.** Tendencia de Presion de salida.

En la imagen se visualiza el grafico de la presion de salida con respecto al tiempo transcurrido. En este grafico se pueden ver las presiones en tiempo real a demas del valor de esta en dias anteriores.

## Comentarios y Conclusiones

Una empresa de Agua Potable, debido a lo vital que es su recurso, requiere entregar un servicio con una alta confiabilidad, es esta la principal justificación de la implementación de un sistema de control y supervisión a distancia.

La tecnología actual permite la implementación de la conexión de plantas a través de Internet, permitiendo un control y supervisión.

El PAC M340 de Schneider Electric, permite realizar el 90% de los requerimientos de modificación de software en línea, sin la necesidad de detener el proceso, lo que presenta una gran ventaja operativa.

La biblioteca de bloques disponibles para la programación del PAC M340, nos permitió realizar en forma amigable todas las lógicas de control requeridas, sin la necesidad de invertir horas adicionales en programación

Una característica a destacar es la disponibilidad de Drive de comunicación con distintos equipos que dispone el SCADA Vijeo Citect. También la posibilidad de programar script nos permite realizar pequeñas lógicas en el SCADA.

La arquitectura seleccionada para la implementación de esta solución nos permite aumentar considerablemente la confiabilidad del sistema, debido a que el control reside en el PAC ubicado en la planta, lo que en caso de pérdidas de comunicación permite el control seguir funcionando localmente.

Los principales resultados de la implementación del sistema son:

- Disponer de un sistema de alarma instantáneo permite disminuir los tiempos de respuesta ante condiciones anormales de funcionamiento
- La operación remota de la planta permite cambiar condiciones de operación en cualquier instante de tiempo, sin la necesidad de esperar que el operador se traslade a la planta (evita tiempos muertos por traslado)
- El sistema tiene la capacidad de crecer y manejar todas las plantas de la empresa
- La disponibilidad de los registros históricos permite realizar análisis muy detallado de situaciones ocurridas en el pasado, realidad imposible de realizar antes de la implementación del sistema. Además de esta información se pueden prevenir situaciones, como, por ejemplo, el aumento en la corriente de una bomba puede indicar una posible falla mecánica
- La información del sistema también permite la optimización de la planta, por ejemplo, cambiando parámetros de operación para la noche y el día, aprovechando que la demanda de agua es muy distinta en el día que en la noche

Una mejora a implementar en el sistema es la incorporación de un sistema de alimentación eléctrica interrumpible (UPS) y protección de la electrónica a través de supresores de transientes.

Otra recomendación para la mejora del sistema sería adquirir una licencia para una estación de ingeniería para realizar modificaciones en el SCADA sin afectar la operación de las plantas, esto debido a que actualmente se dispone de solamente una estación.

Desde el punto de vista operativo de las plantas, una mejora importante sería implementar la medición de nivel del estanque de Cloro, permitiendo programar de una mejor forma el reabastecimiento de este insumo.

## **Bibliografía.**

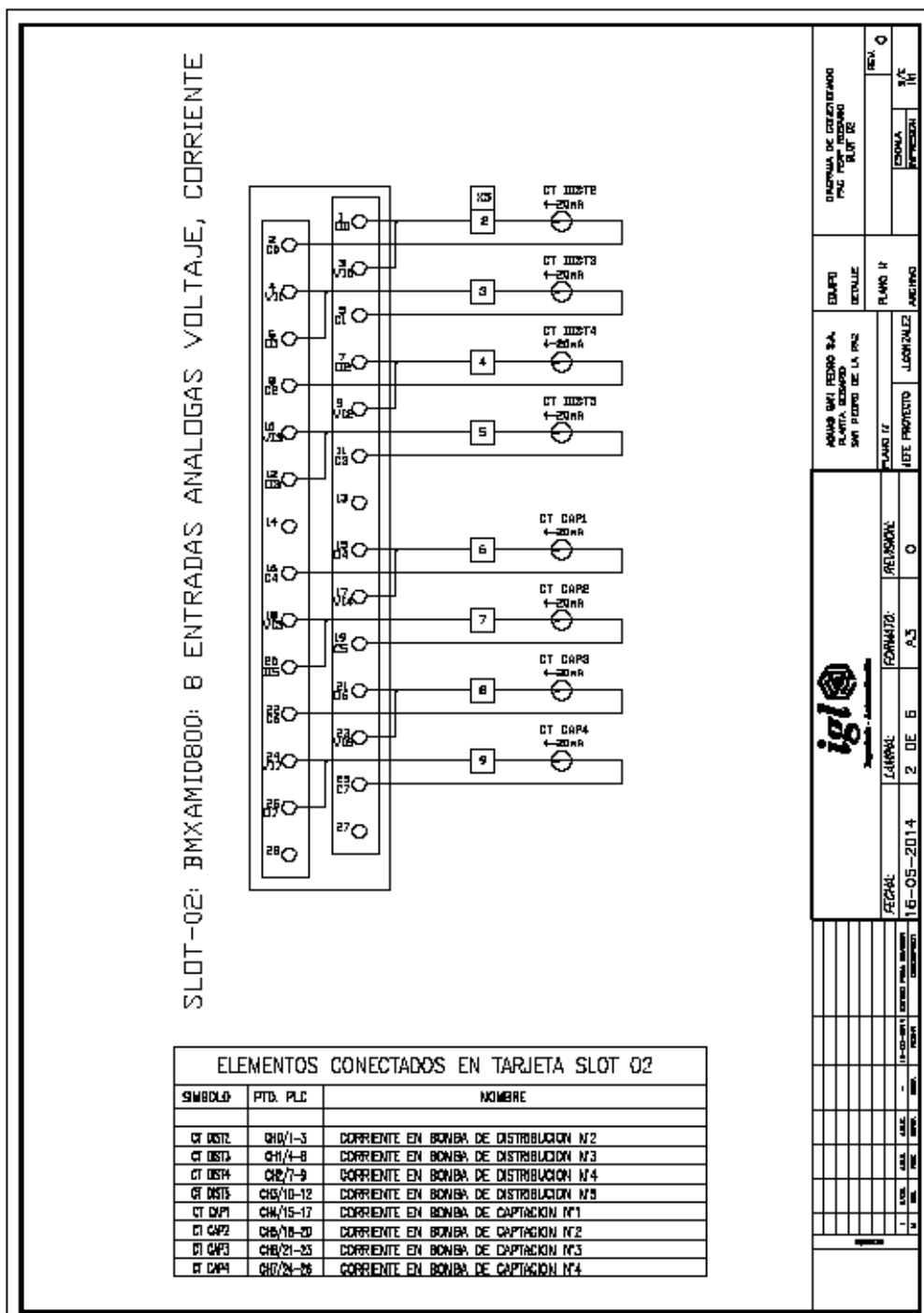
1. AGUAS SUBTERRANEAS Conocimiento y Explotación Ing. Norberto O. Bellino  
<http://www.fi.uba.ar/archivos/aguasubterraneas-2012.pdf>
2. WikiWater EL TRATAMIENTO DEL AGUA POR CLORACIÓN  
<http://www.wikiwater.fr/e18-el-tratamiento-del-agua-por.html>
3. Texto RED AP Aguas Antofagasta  
[http://infota.siss.cl/concesiones/empresas/AguasdeAntofagasta/09%20Estudio%20Tarifario%20SISS/Anexos/Anexo%20SVI/TEXTOS/RED%20AP%20\(TEXTO\).pdf](http://infota.siss.cl/concesiones/empresas/AguasdeAntofagasta/09%20Estudio%20Tarifario%20SISS/Anexos/Anexo%20SVI/TEXTOS/RED%20AP%20(TEXTO).pdf)
4. Manuales M340 Schneider Electric.
5. Schneider Electric:  
<https://www.schneider-electric.cl/es/>
6. Librería de ayuda Vijeo Citec
7. Grundfos:  
<https://cl.grundfos.com/>



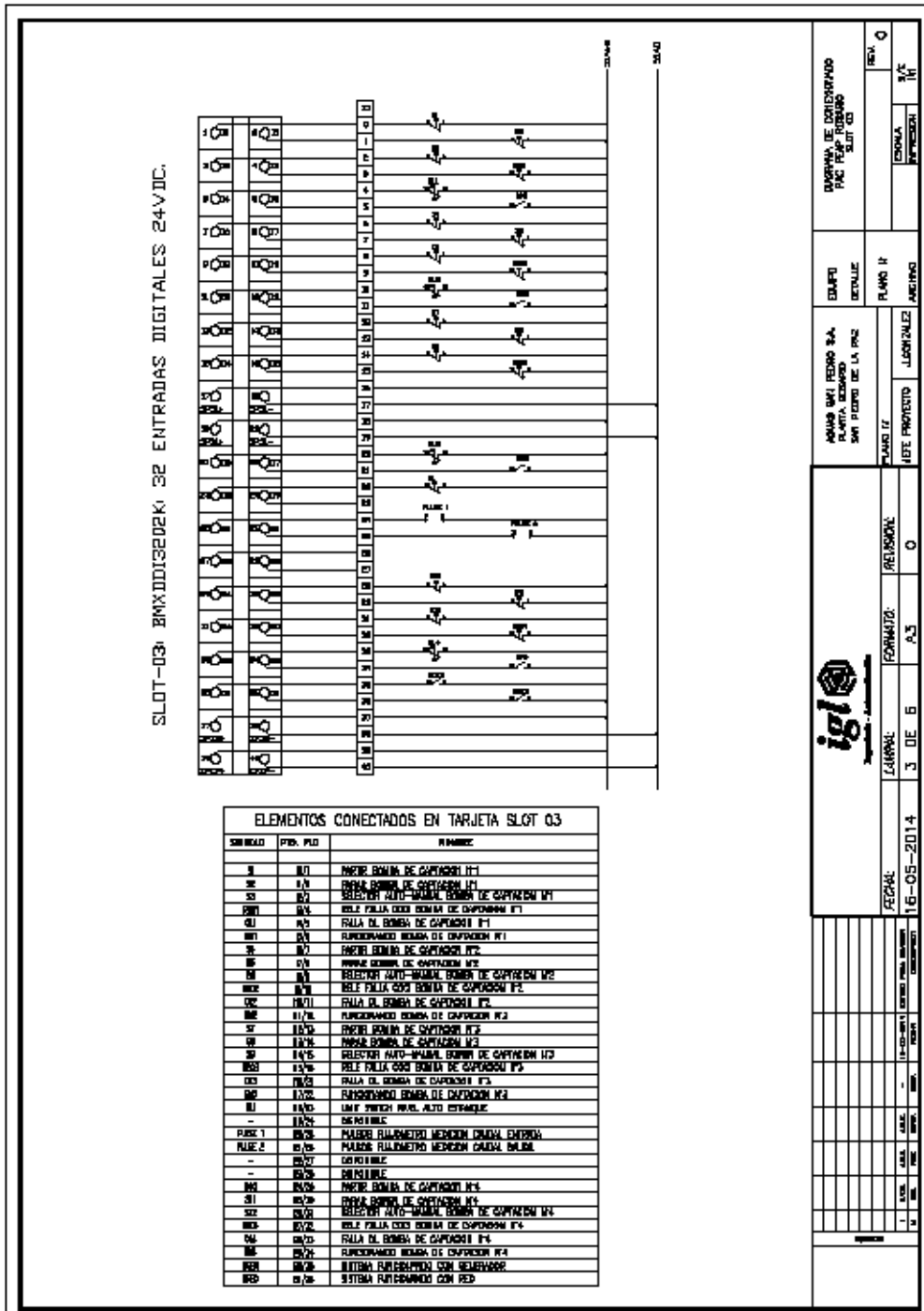




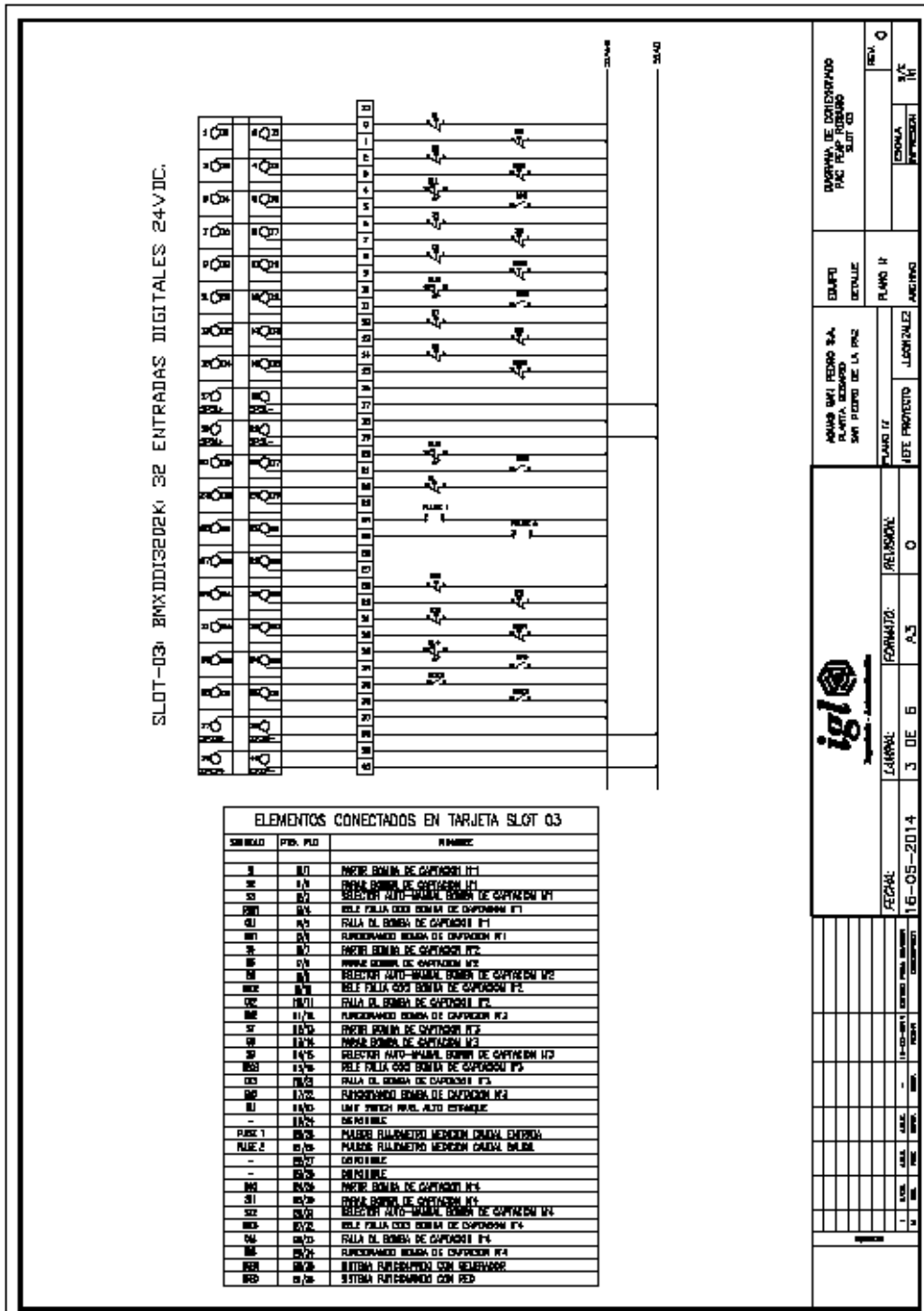
- Conexionado Slot 1 PAC



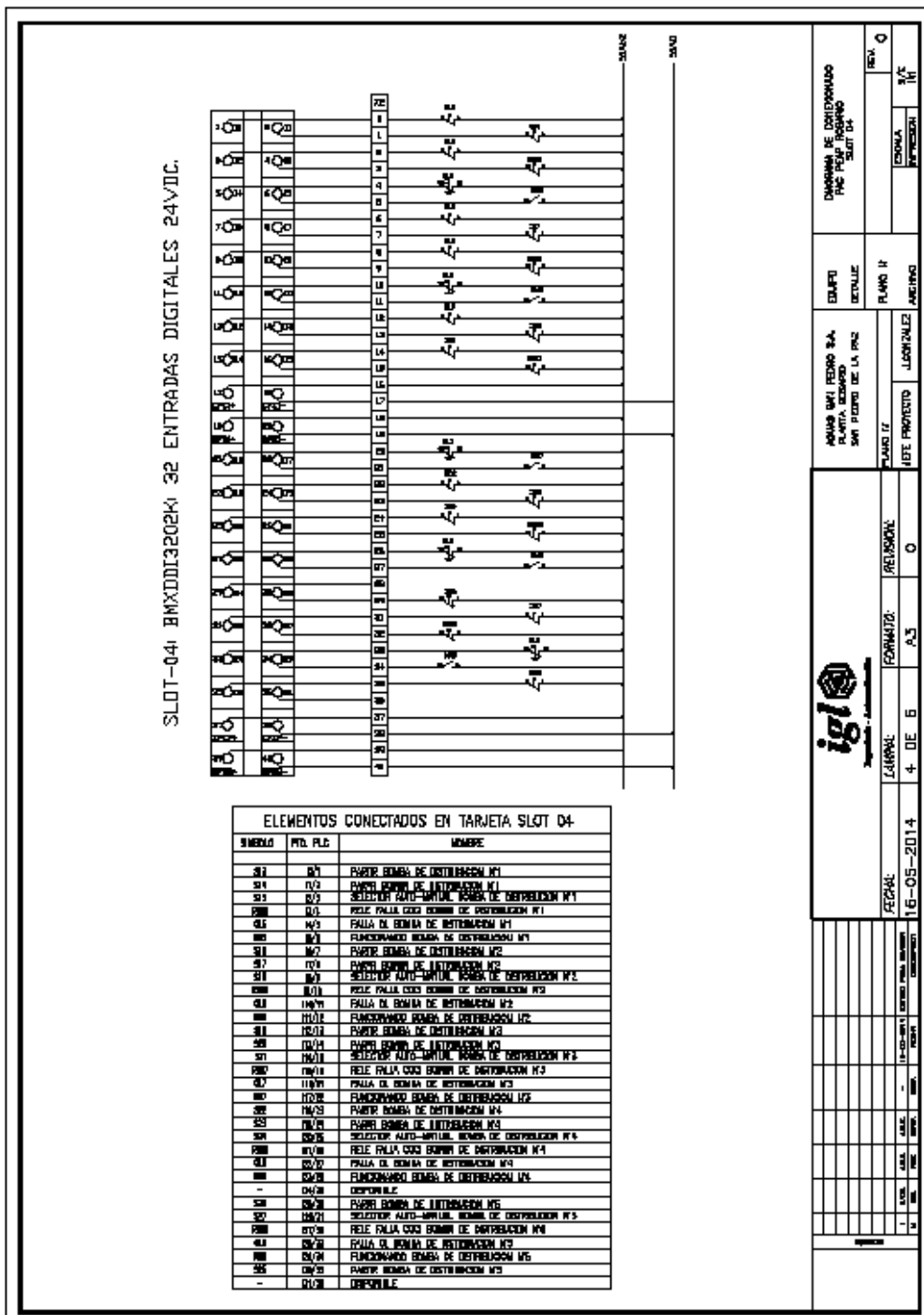
- Conexionado Slot 2 PAC



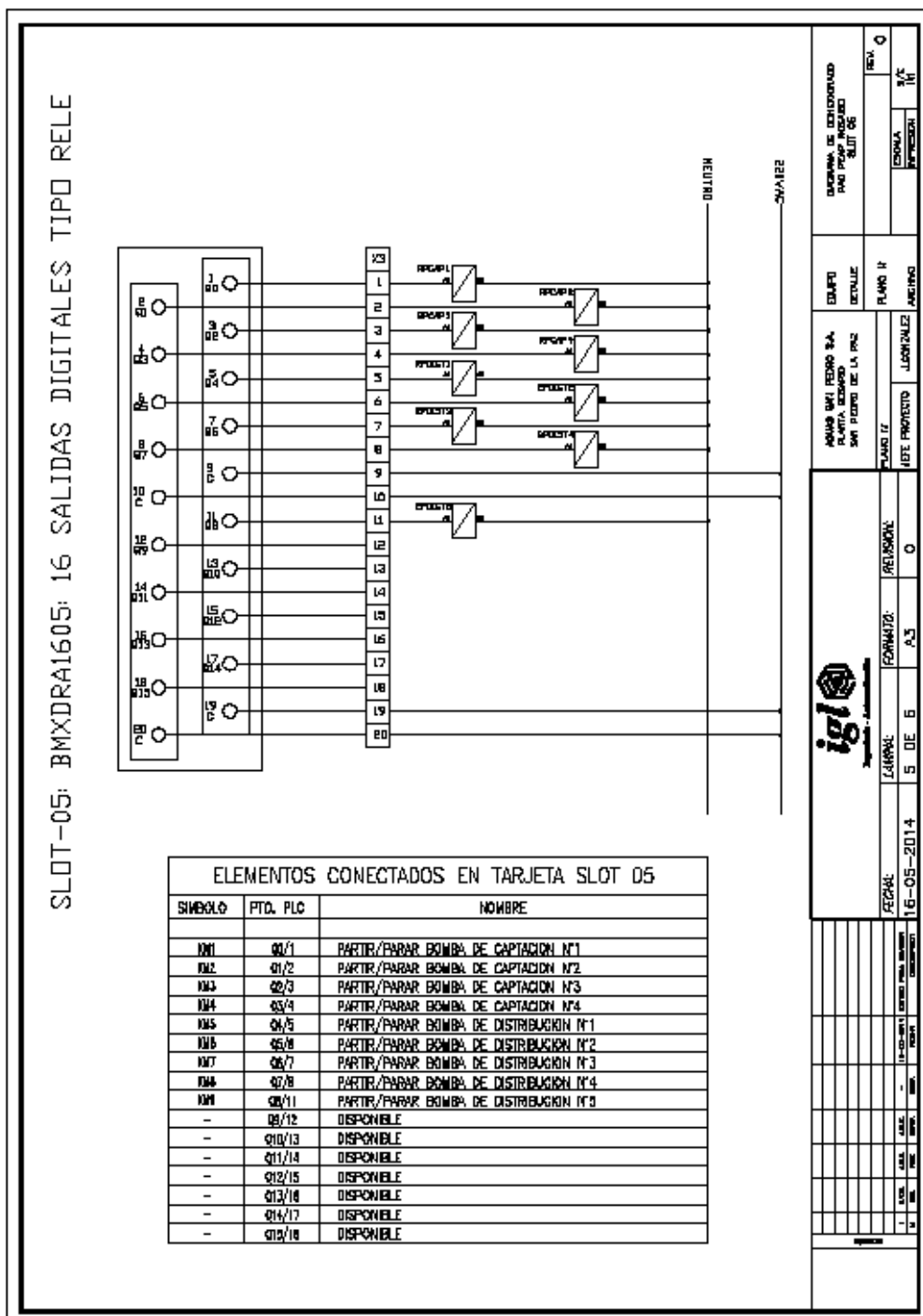
- Conexionado Slot 3 PAC



- Conexionado Slot 4 PAC

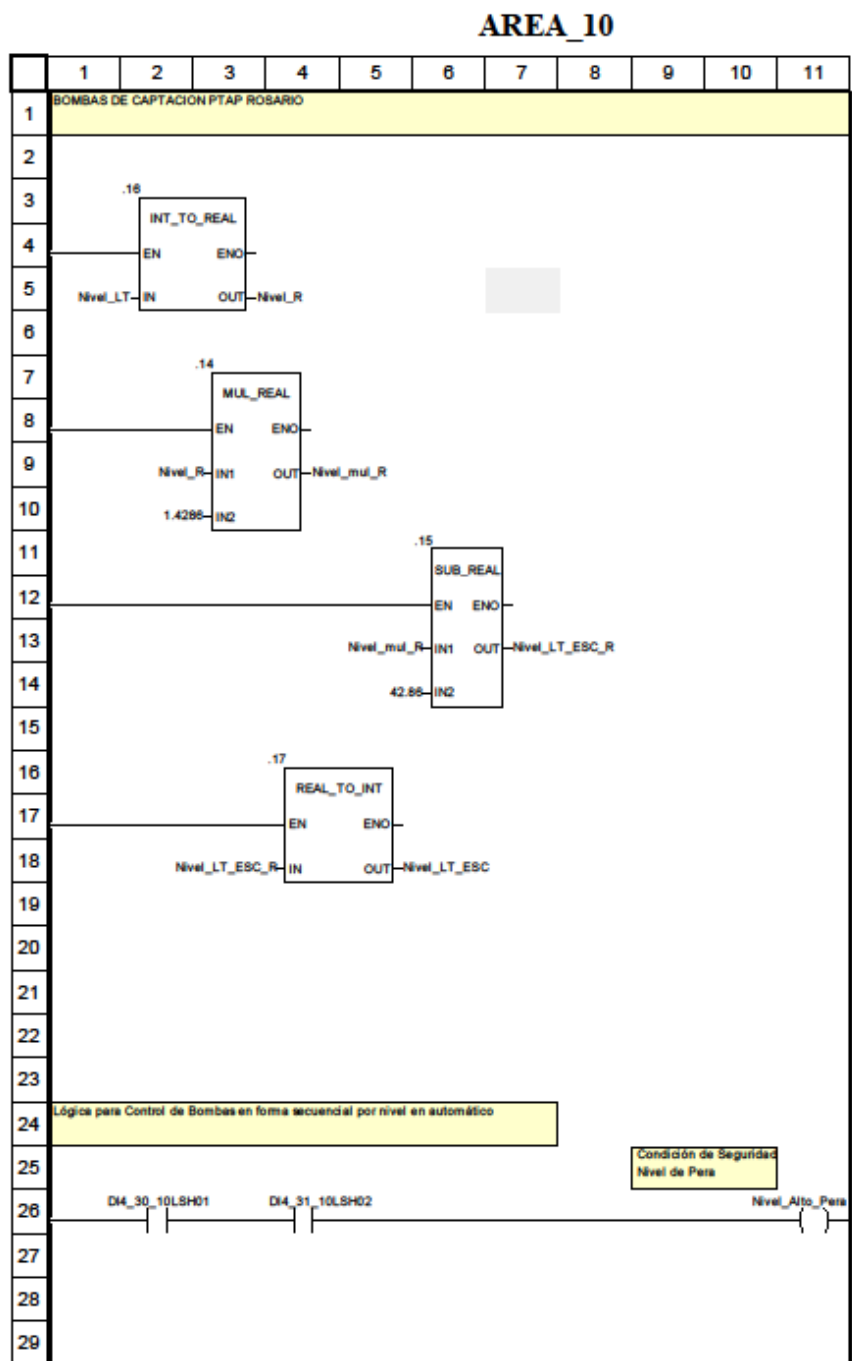


- Conexión Slot 5 PAC

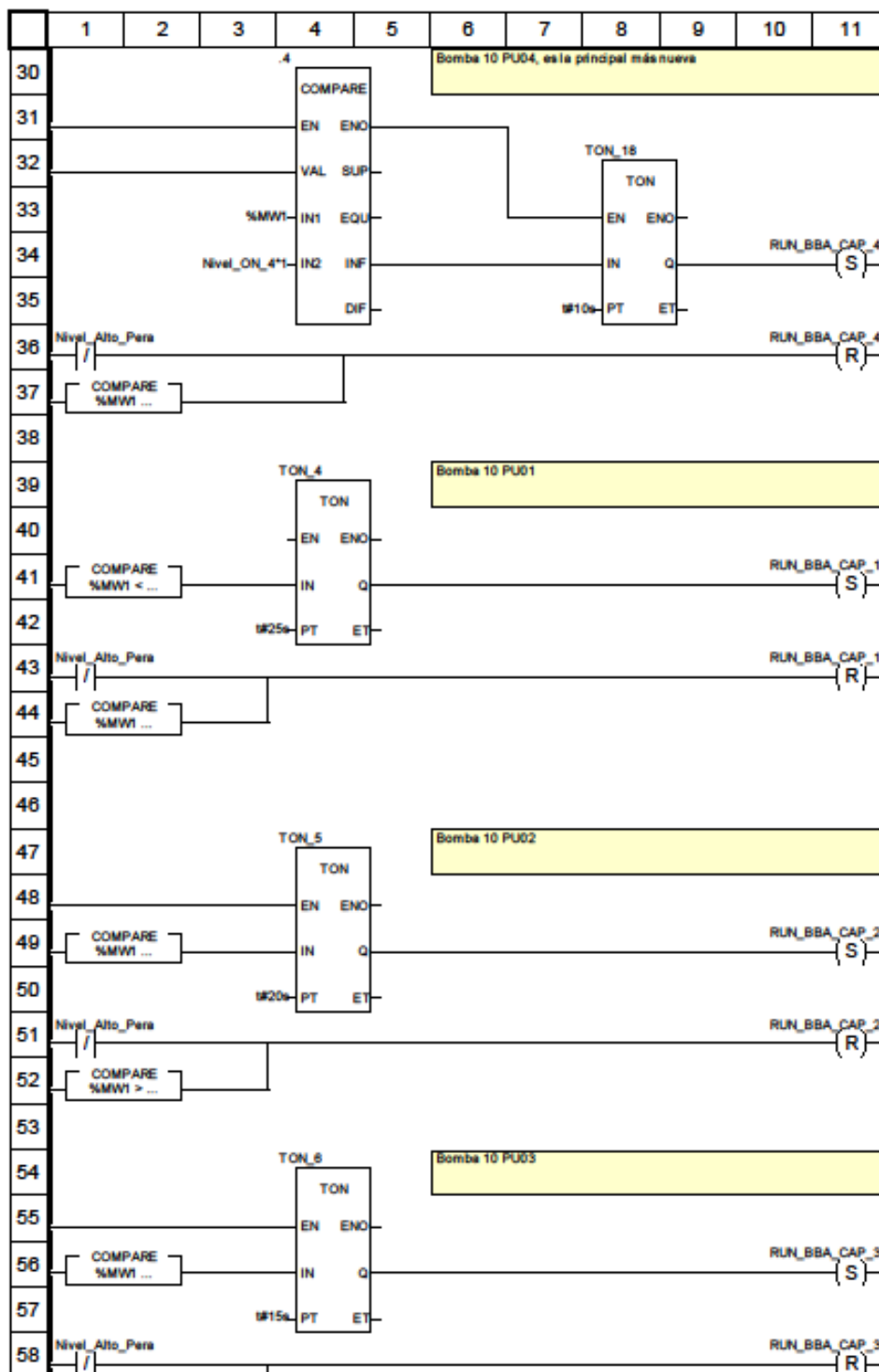


## Anexo N°3 Programa de PAC PAP Rosario

- Área 10

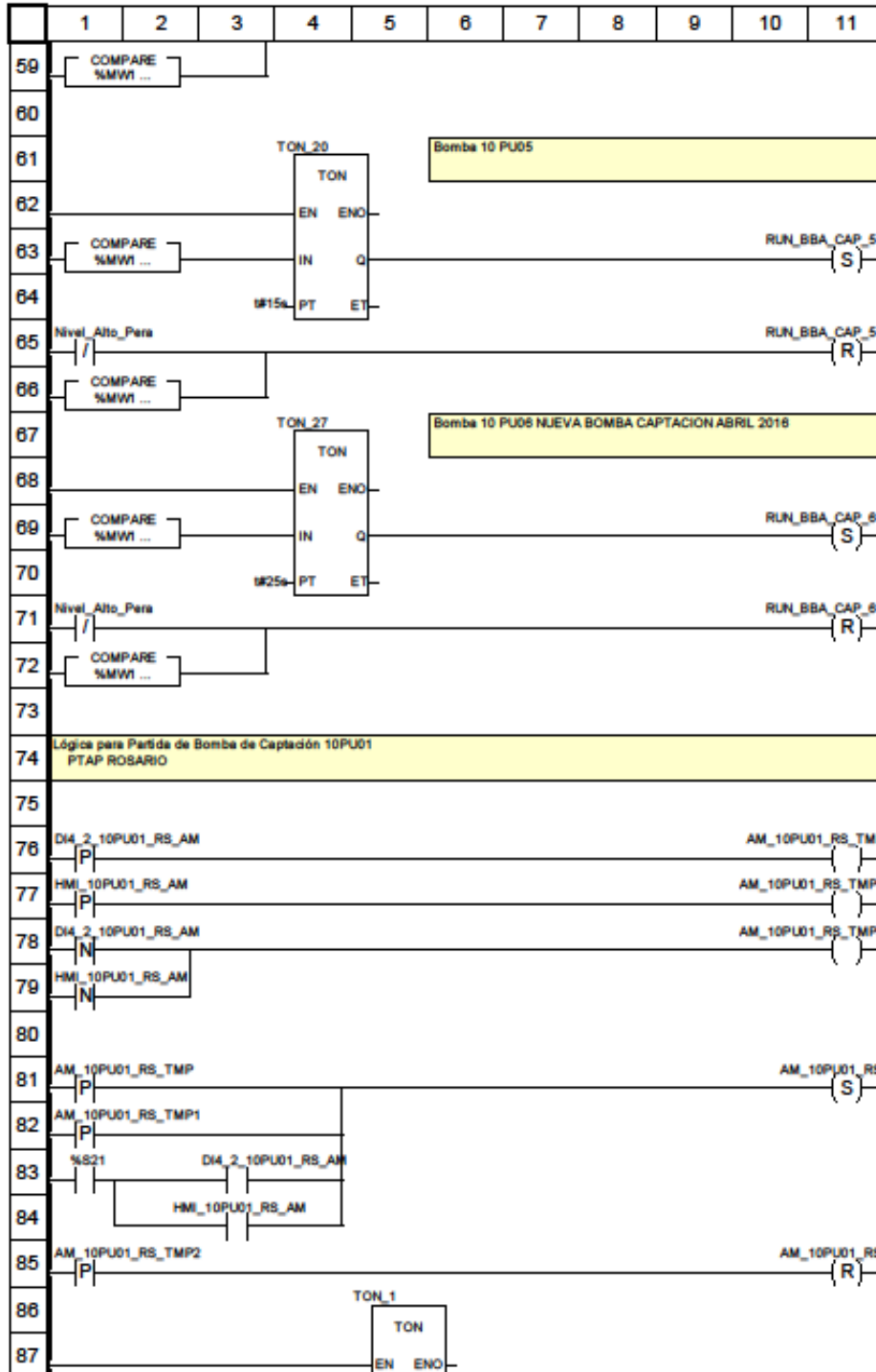


### AREA\_10

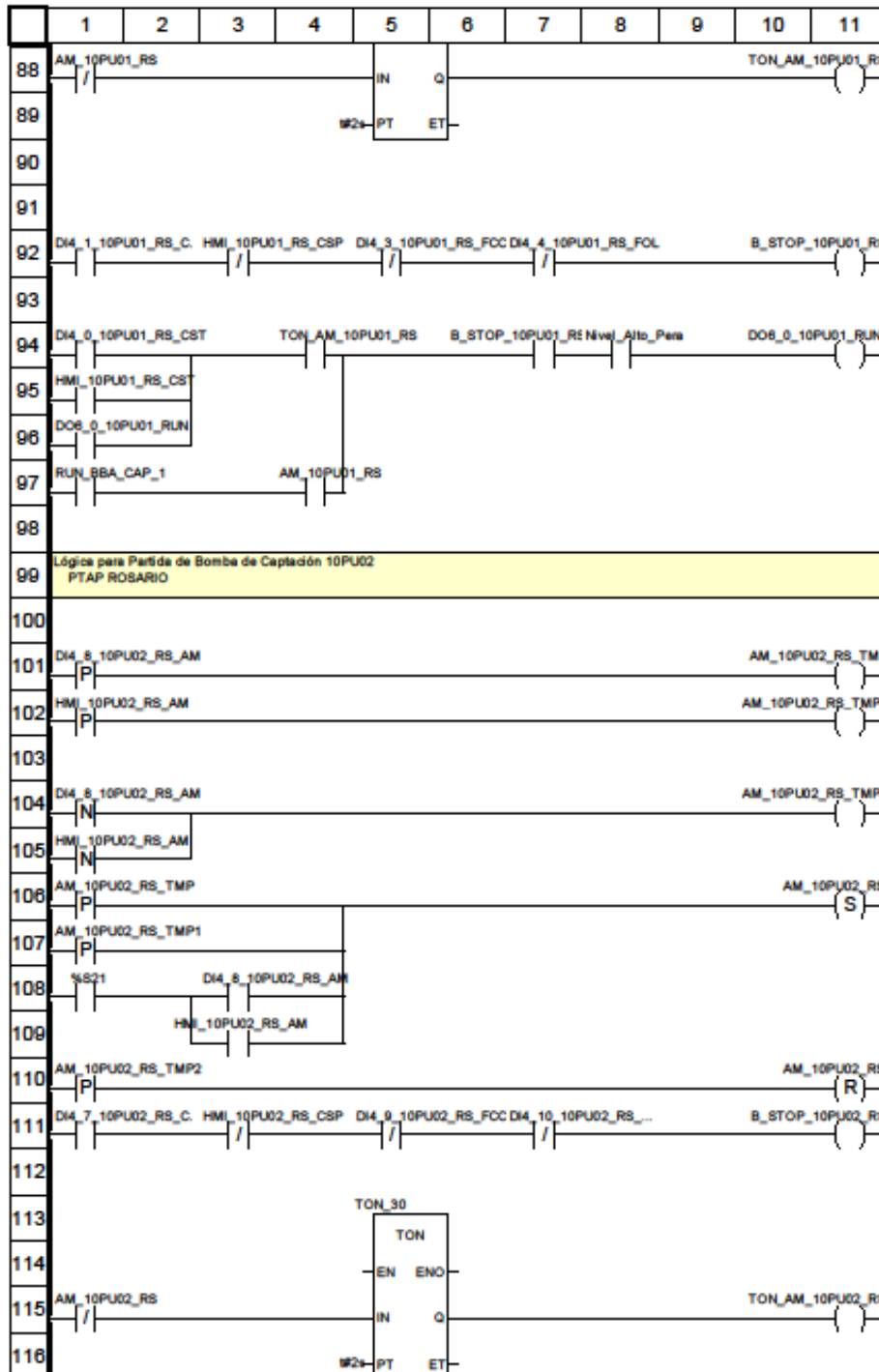




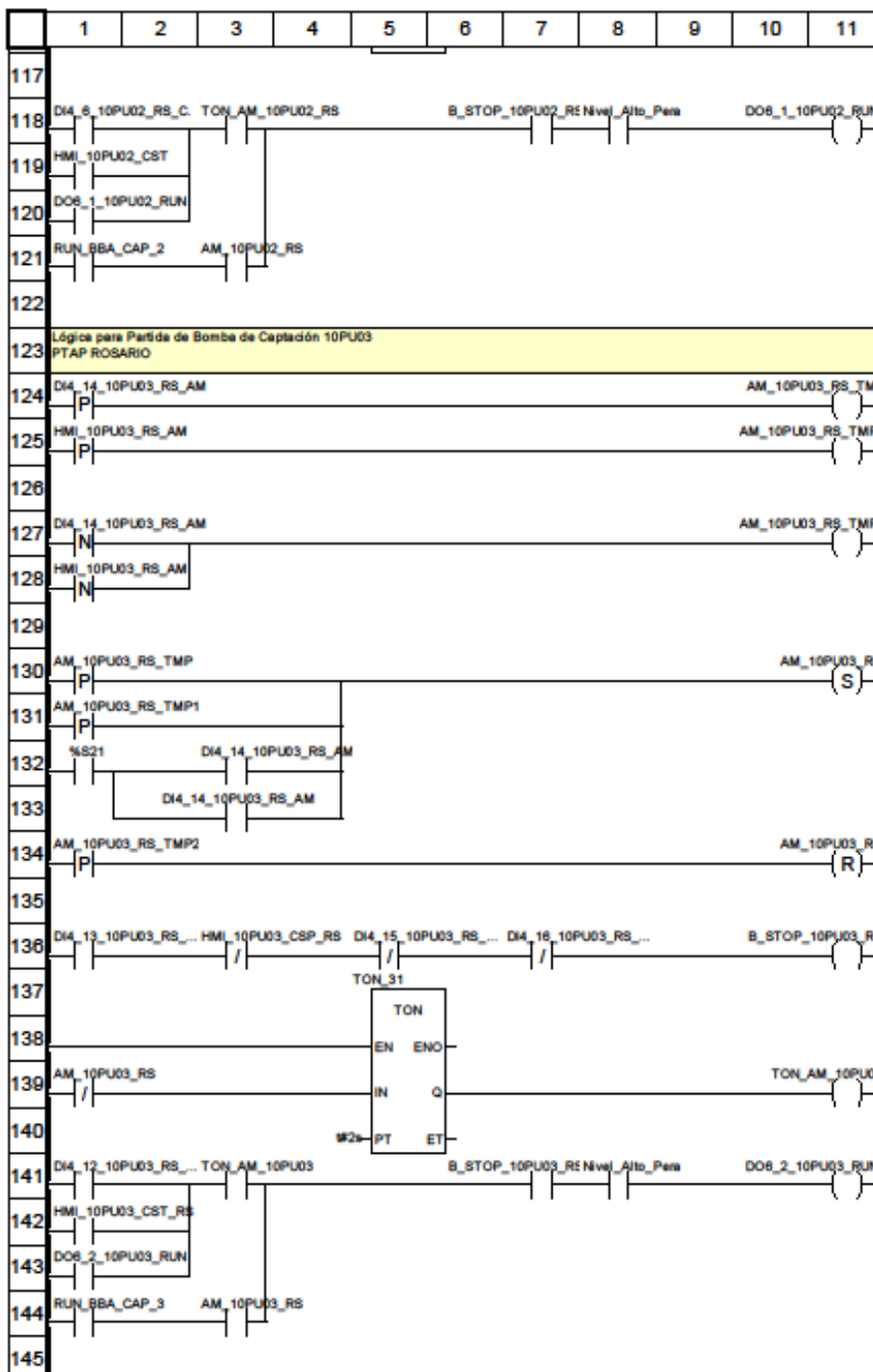
### AREA\_10



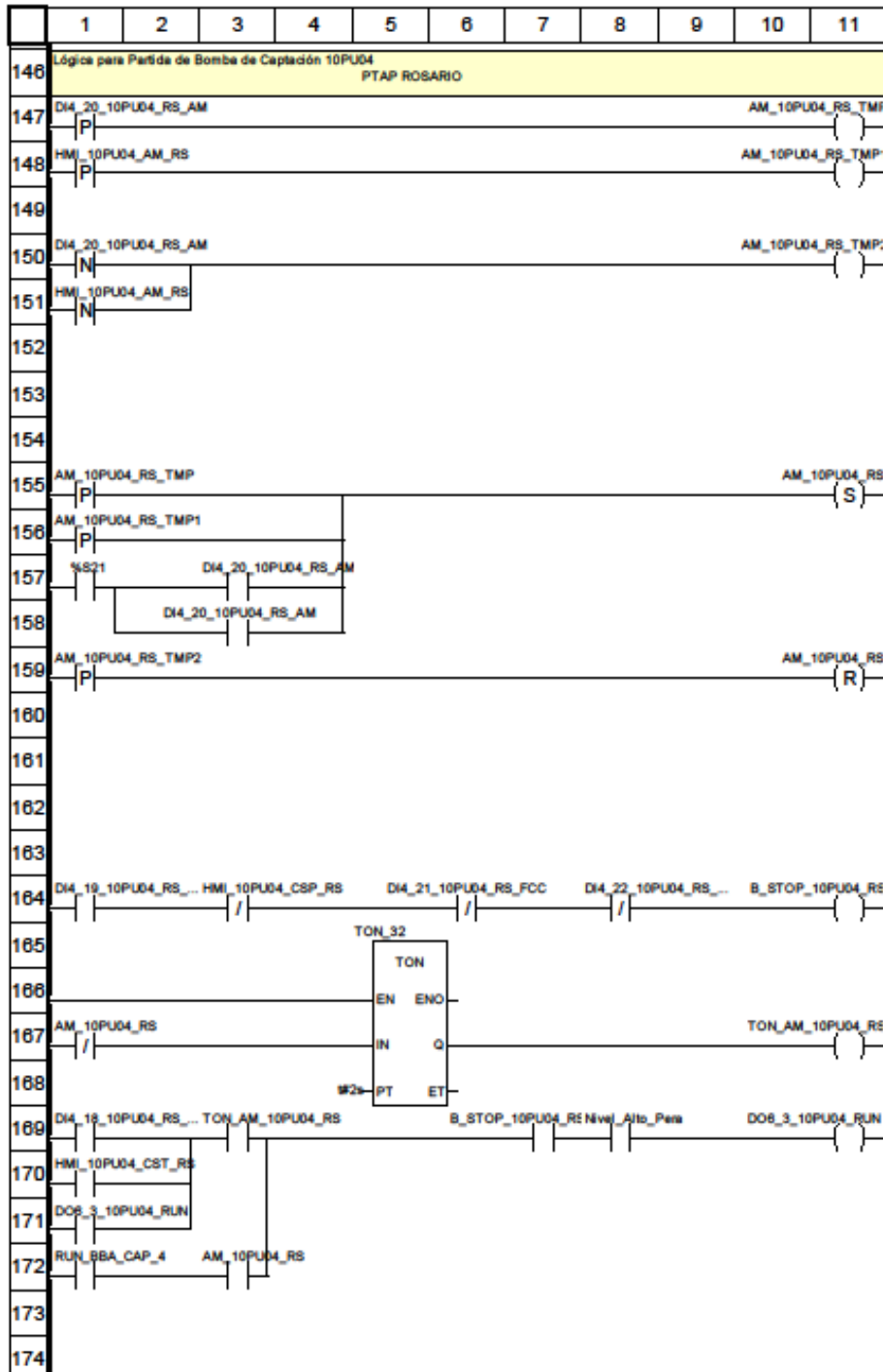
### AREA\_10



### AREA\_10

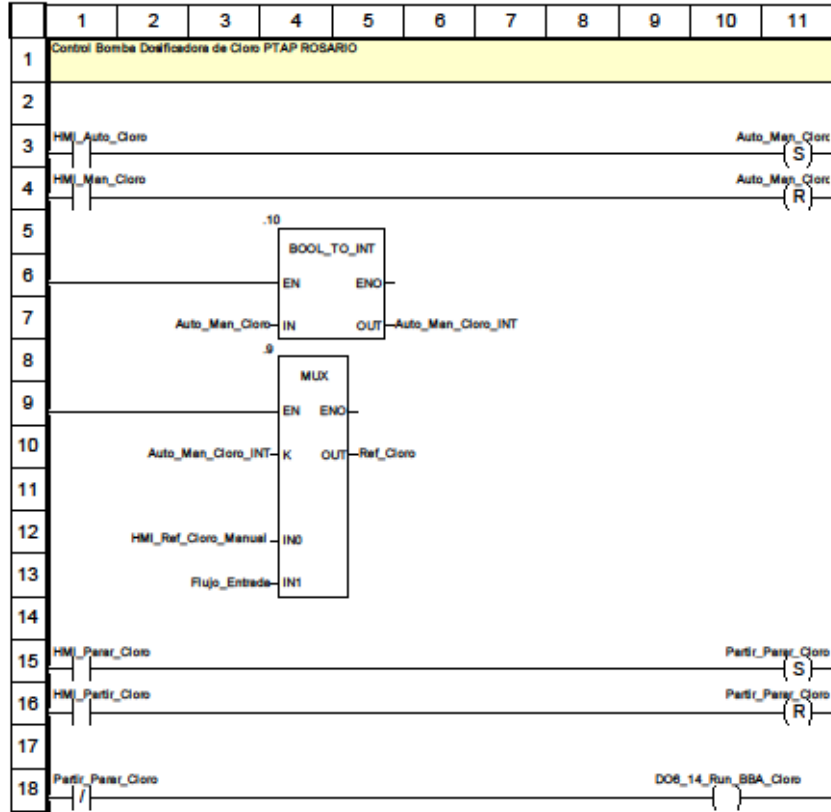


### AREA\_10

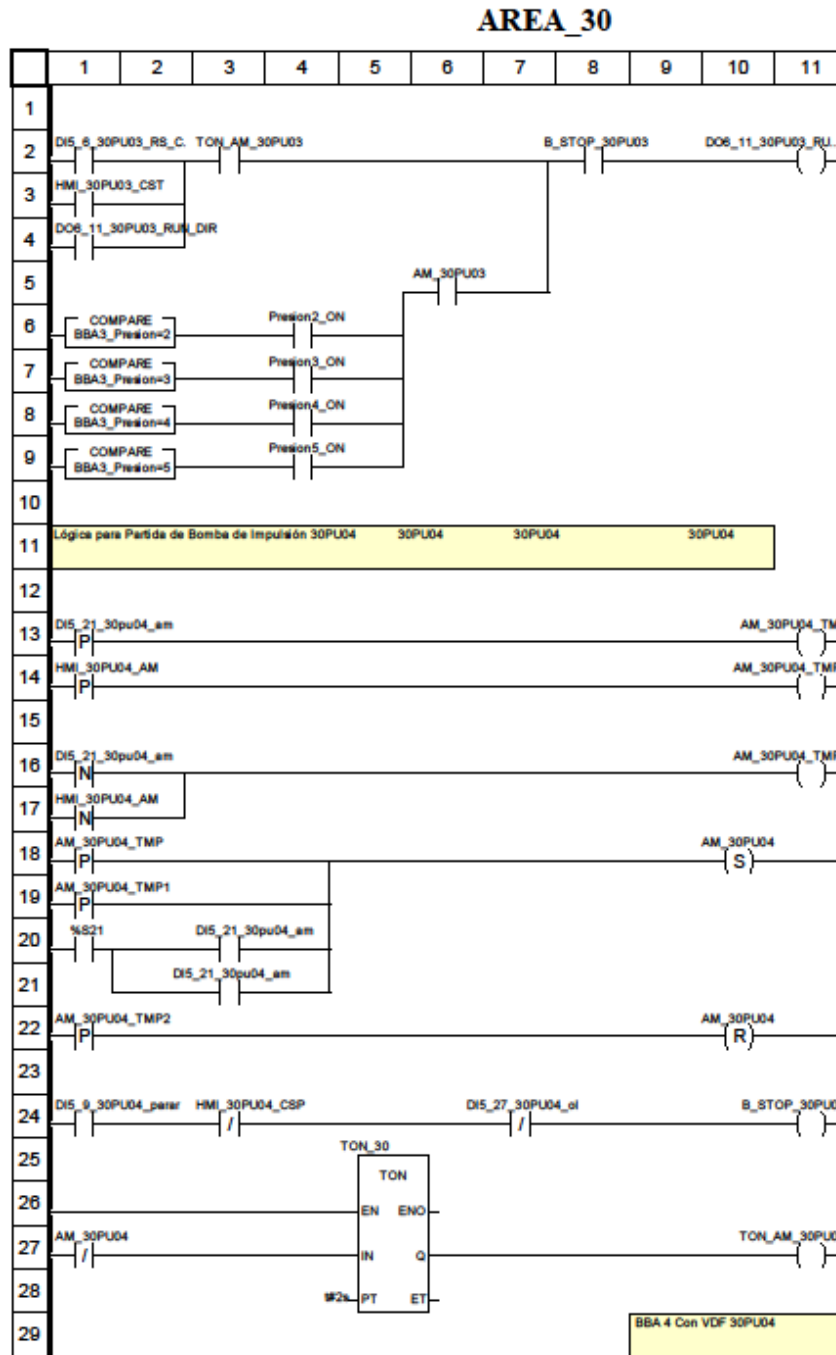


- Área 20

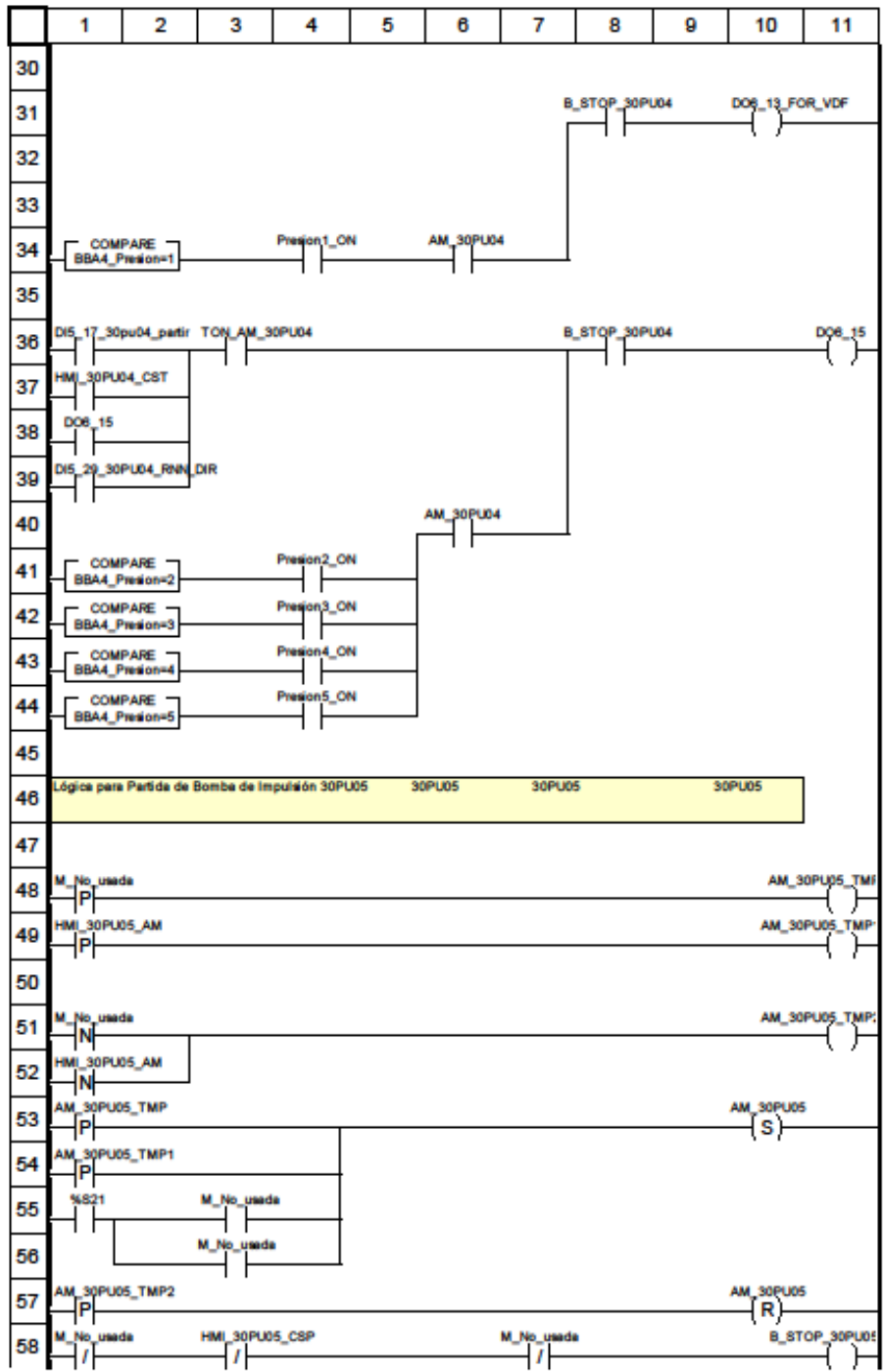
### AREA\_20



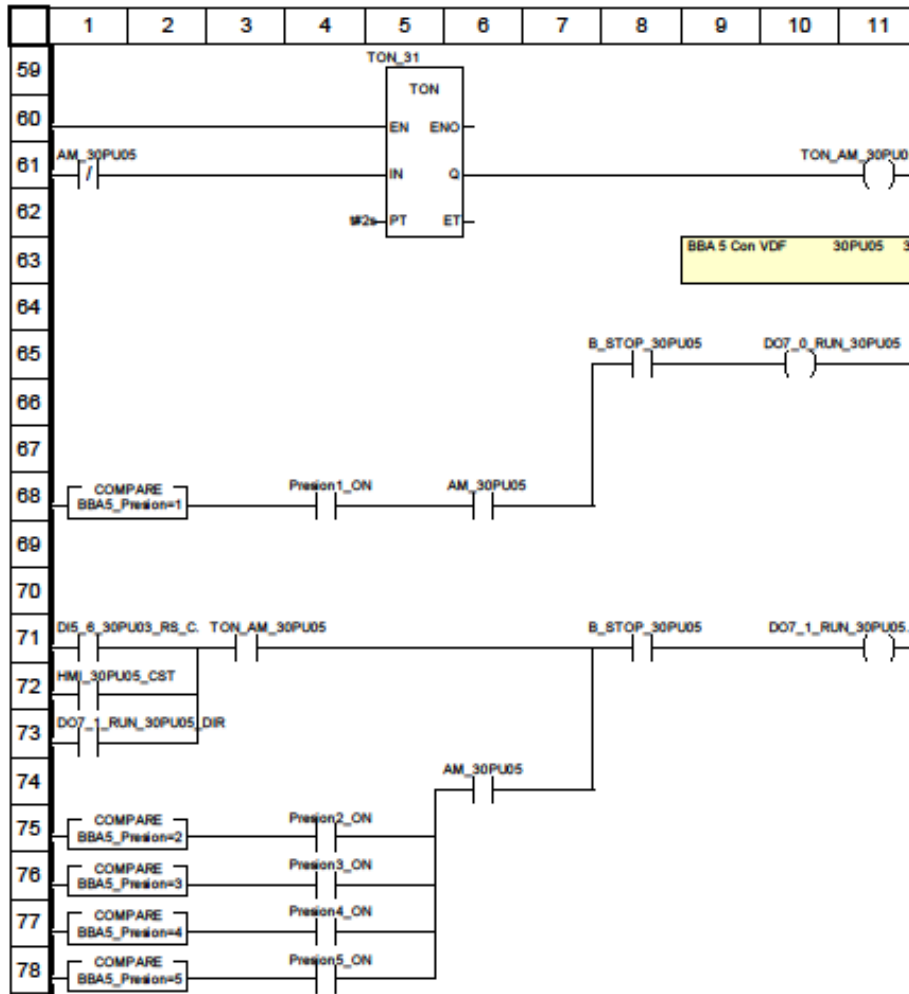
- Área 30



### AREA\_30



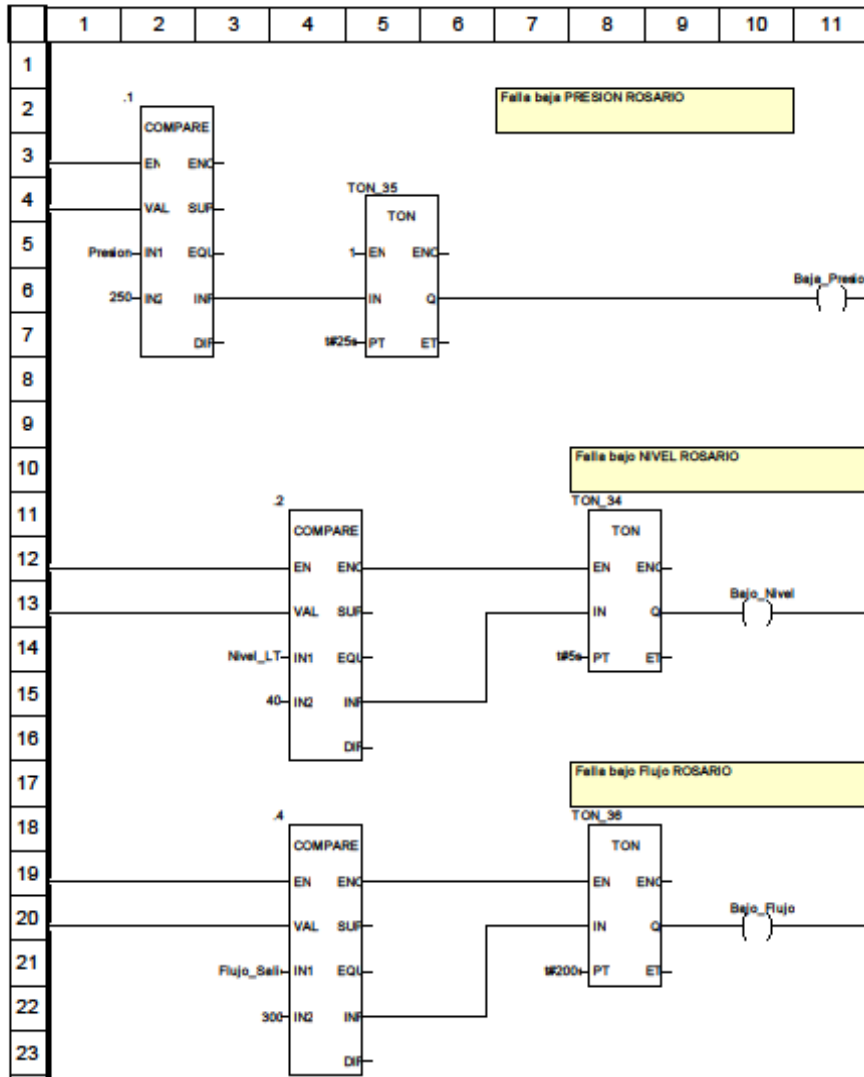
### AREA\_30





- Alarmas

### Alarmas

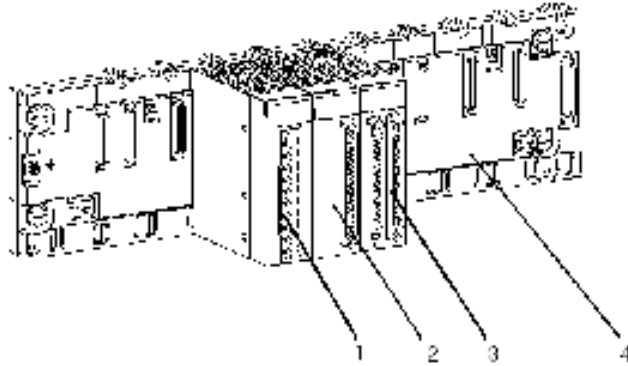


## **Anexo N°4 Conexión de las tarjetas digitales y análogas del PAC.M340**

- Diagrama módulos de entradas/salidas (Digitales) binarias montados en el bastidor

**Instalación**

El diagrama siguiente muestra los módulos de entradas/salidas binarias montados en el bastidor.



En la tabla siguiente se describen los distintos elementos que componen el conjunto.

Número	Descripción
1	Módulo de bloque de terminales de 20 pines
2	Módulo de conector de 40 pines
3	Módulo de 2 conectores de 40 pines
4	Bastidor estándar

- Entradas

**Entradas**

A continuación se detallan las recomendaciones de uso relativas a las entradas de módulos binarios:

- Para entradas de 24 VCC y acoplamiento de línea con red de corriente alterna:

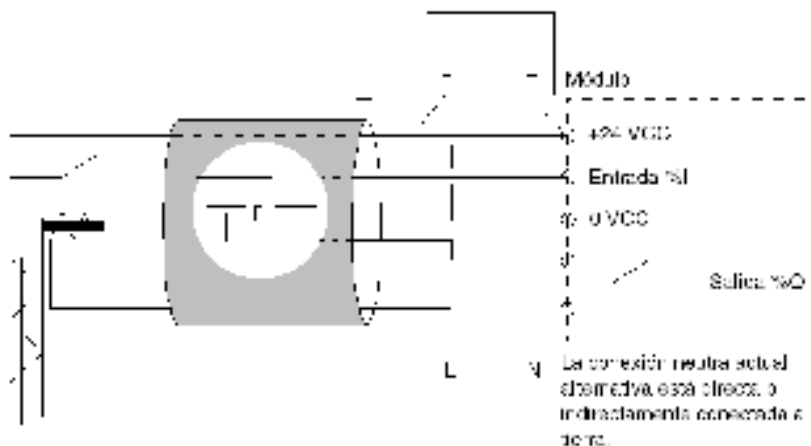
**⚠ ADVERTENCIA**

**FUNCIONAMIENTO INESPERADO DEL EQUIPO**

- Evite un acoplamiento excesivo entre los cables de CA y los cables que sirvan de relé de señales pensadas para entradas de corriente continua.
- Siga las reglas de rutas de cables.

**El incumplimiento de estas instrucciones puede causar la muerte, lesiones serias o daño al equipo.**

Este caso (acoplamiento excesivo) se muestra en el siguiente diagrama de circuito.



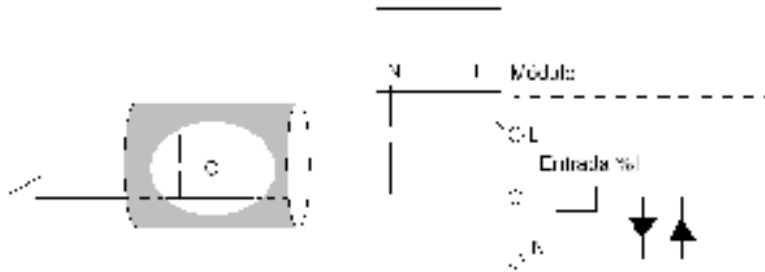
Cuando el contacto de entrada está abierto, las corrientes alternas podrían generar una corriente en la entrada que la colocaría en el estado 1. Para un acoplamiento de línea de 240 VCA/50 Hz, no sobrepase los valores de capacidad de línea que se facilitan en la tabla de resumen al final de esta sección. Para realizar un acoplamiento con una tensión distinta, utilice la siguiente fórmula:

$$Capacitance\ (microfarad) = (Capacity\ at\ 240VCA \times 2.0) / (Line\ voltage)$$

Reglas generales de instalación

• **Para entradas de 24 a 240 V CA y acoplamiento de línea:**

Cuando la línea que controla la entrada está abierta, la corriente pasa según la capacidad de acoplamiento del cable (consulte el diagrama del circuito a continuación).



No supere los valores de capacidad de línea que se facilitan en la siguiente tabla de resumen.

En la siguiente tabla de resumen se muestran los valores de capacidad de línea admitidos.

Módulo	Capacidad máxima de acoplamiento
<b>Entradas de 24 a 125 V CC</b>	
BMX DDI 1602 BMX DDI 1603 BMX DDI 1604T BMX DDM 16022 BMX DDM 16025	45 nF (1)
BMX DDI 3202 K BMX DDI 6402 K BMX DDM 3202 K	25 nF (1)
<b>Entradas de 24 a 140 V CA</b>	
BMX DAI 0805	50 nF
BMX DAI 1602	50 nF
BMX DAI 1603	60 nF
BMX DAI 1604	70 nF

(1) Capacidad de acoplamiento máxima permitida con línea de 240 VCA/50 Hz

**Ejemplo:** Un cable estándar de 1 m de longitud tiene una capacidad de acoplamiento entre 100 y 150 pF.

- Conexión Módulos de E/S

Reglas generales de instalación

**Cómo conectar módulos de E/S binarias: Conexión de módulos de bloque de terminales de 20 pins**


**Presentación**

Existen tres tipos de bloques de terminales de 20 pins:

- bloques de terminales con tornillos de presión BMX FTB 2010,
- bloques de terminales con compartimento BMX FTB 2000 y
- bloques de terminales de resorte BMX FTB 2020.

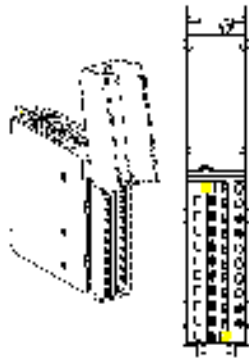
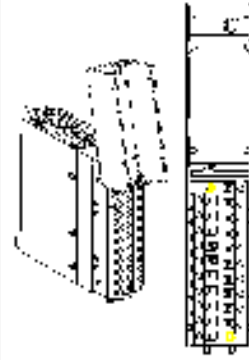

**Extremos y contactos de los cables**

Cada bloque de terminales admite:

- conductores sin revestimiento
- conductores con extremos de tipo DZ5-CE: 

**Descripción de los bloques de terminales de 20 pins**

En la tabla siguiente se ofrece la descripción de los tres tipos de bloques de terminales de 20 pins.

	Bloques de terminales con tornillo de presión	Bloques de terminales con compartimento	Bloques de terminales de resorte	
<b>Ilustración</b>				
<b>Número de conductores</b>	1 o 2	1	1	
<b>Calibre de conductores</b>	<b>mín.</b>	AWG 22 (0,34 mm <sup>2</sup> )	AWG 22 (0,34 mm <sup>2</sup> )	AWG 22 (0,34 mm <sup>2</sup> )
	<b>máx.</b>	AWG 15 (1,5 mm <sup>2</sup> )	AWG 18 (1 mm <sup>2</sup> )	AWG 18 (1 mm <sup>2</sup> )

Reglas generales de instalación

	Bloques de terminales con tornillo de presión	Bloques de terminales con compartimento	Bloques de terminales de resorte
<b>Limitaciones de cableado</b>	<p>Los tornillos de presión disponen de ranuras que aceptan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• destornilladores de punta plana con un diámetro de 5 mm y</li> <li>• destornilladores con punta de cruz n.º 1 Posidriv.</li> </ul> <p>Los bloques de terminales con tornillos de presión tienen tornillos de retención. Los bloques se entregan con los tornillos aflojados.</p>	<p>Los bloques de terminales con compartimento disponen de ranuras que aceptan: destornilladores de punta plana con un diámetro de 3 mm, los bloques de terminales con compartimento tienen tornillos de retención. Los bloques se entregan con los tornillos aflojados.</p>	<p>Los conductores se conectan pulsando el botón de color naranja situado junto a cada pin. Para pulsar el botón, debe utilizar un destornillador de punta plana con un diámetro máximo de 3 mm.</p>
<b>Par de tensión máximo del tornillo</b>	0,5 N•m (0.37 lb-ft).	0,5 N•m (0.37 lb-ft).	N/D

**⚠ PELIGRO**

**RIESGO DE DESCARGA ELÉCTRICA, DESTELLO DE ARCO VOLTAICO O EXPLOSIÓN**

El bloque de terminales debe conectarse o desconectarse tras cortar la tensión del sensor o preactuador.

**El incumplimiento de estas instrucciones podrá causar la muerte o lesiones serias.**

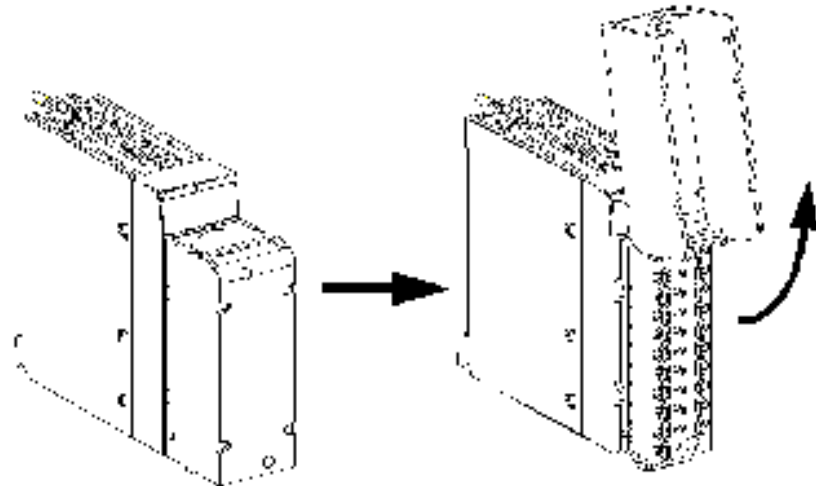
- Conexión de bloques de terminales.

#### Reglas generales de instalación

---

##### Conexión de bloques de terminales de 20 pins

El diagrama siguiente muestra el método de apertura de la compuerta de cableado del bloque de terminales de 20 pins.



Los cables de conexión de los bloques de terminales de 20 pins están disponibles en tres longitudes distintas:

- 3 metros: BMX FTW 301
- 5 metros: BMX FTW 501
- 10 metros: BMX FTW 1001

**NOTA:** El cable de conexión se instala y se fija mediante una abrazadera para cables, situada por debajo del bloque de terminales de 20 pins.

##### Etiquetado de bloques de terminales de 20 pins

Las etiquetas de los bloques de terminales de 20 pins se suministran con el módulo. El cliente deberá encargarse de insertarlos en la cubierta del bloque de terminales.

Cada etiqueta tiene dos lados:

- Uno que está visible desde el exterior, cuando la cubierta está cerrada. Este lado muestra las referencias comerciales de producto y una descripción abreviada del módulo, así como una sección en blanco para las etiquetas o notas del cliente.
- El otro lado está visible desde el interior, cuando la cubierta está abierta. Este lado muestra el diagrama de conexiones del bloque de terminales.



## Cómo conectar módulos de entradas/salidas binarias: Conexión de módulos de conector de 40 pins

### Introducción

Los módulos de conector de 40 pins se conectan a sensores, preactuadores o terminales que utilizan un cable diseñado para permitir una transición sin fallos del conductor al conductor en las entradas/salidas del módulo.

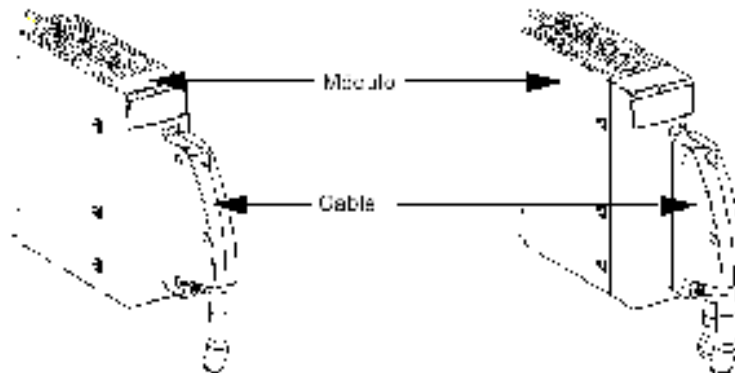
### ⚠ PELIGRO

#### PELIGRO DE DESCARGA ELÉCTRICA, DESTELLO DE ARCO VOLTAICO O EXPLOSIÓN

Los conectores de 40 pins deben conectarse o desconectarse tras cortar la tensión de los sensores y preactuadores.

**El incumplimiento de estas instrucciones podrá causar la muerte o lesiones serias.**

El diagrama siguiente muestra la conexión del cable al módulo.



### ⚠ ADVERTENCIA

#### FUNCIONAMIENTO INESPERADO DEL EQUIPO

Durante el proceso de instalación, asegúrese de que los conectores están identificados con los módulos correspondientes de modo que no pueda producirse una conexión incorrecta. La conexión del conector incorrecto en un módulo puede provocar un funcionamiento inesperado del equipo.

**El incumplimiento de estas instrucciones puede causar la muerte, lesiones serias o daño al equipo.**

Reglas generales de instalación

**Cables de conexión de BMX FCW •**

Están compuestos de los siguientes elementos:

- En un lado, un conector de 40 pins relleno de mástic desde el que se extienden 1 o 2 fundas de revestimiento, cada una de las cuales contiene 20 cables con un área de sección transversal de 0,34 mm<sup>2</sup> (AWG 24).



BMX FCW ↔1



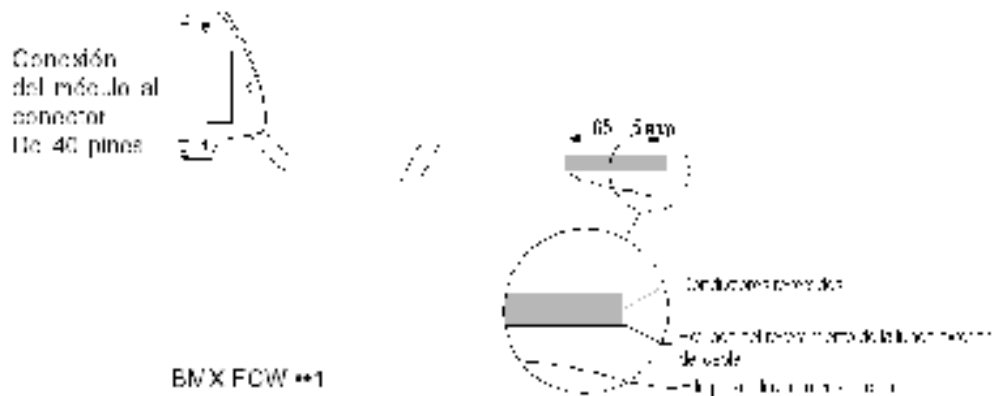
BMX FCW ↔2

- En el lado opuesto, extremos de conductores sueltos codificados por colores.

Los cables con un funda de 20 conductores, diseñados para conectar los conectores de 40 pins a los sensores o preactuadores, están disponibles en tres longitudes distintas:

- 3 metros: BMX FCW 301
- 5 metros: BMX FCW 501
- 10 metros: BMX FCW 1001

La imagen siguiente muestra los cables de BMX FCW ↔1.



Los cables con dos fundas de 20 conductores, diseñados para conectar los conectores de 40 pins a los sensores o preactuadores, están disponibles en tres longitudes distintas:

- 3 metros: BMX FCW 303
- 5 metros: BMX FCW 503
- 10 metros: BMX FCW 1003

La imagen siguiente muestra los cables de BMX FCW \*\*3.



**NOTA:** Un filamento de nylon incorporado al cable permite retirar la funda de revestimiento con facilidad.

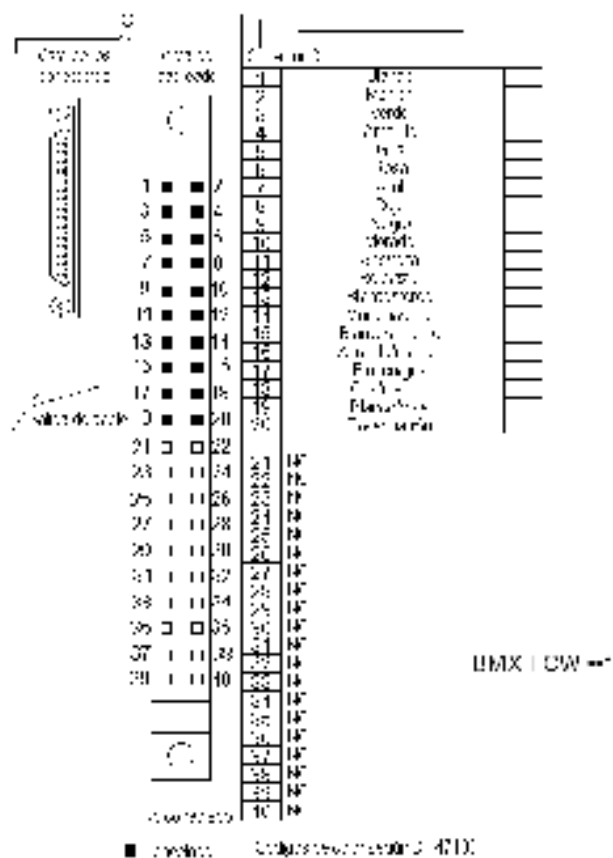
**NOTA:** El par máximo de tensión (apriete) de los tornillos de conexión de cables de BMX FCW \*\*\* es de 0,8 N\*m (0.59 lb-ft).

<b>ADVERTENCIA</b>
<p><b>FUNCIONAMIENTO INESPERADO DEL EQUIPO</b></p> <p>No supere el máximo par de tensión (apriete). Un par excesivo puede provocar la interrupción de un conductor, dando como resultado una conexión de mala calidad o intermitente.</p> <p><b>El incumplimiento de estas instrucciones puede causar la muerte, lesiones serias o daño al equipo.</b></p>

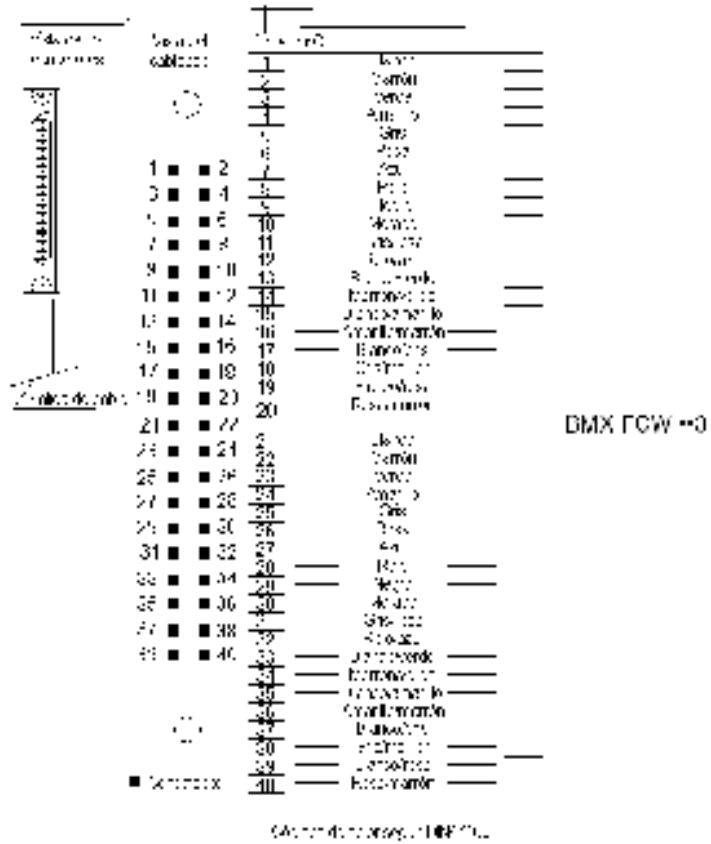
Reglas generales de Instalación

**Conexión de los cables de BMX FCW \***

El diagrama siguiente muestra la conexión de los cables de BMX FCW \*\*1:



El diagrama siguiente muestra la conexión de los cables de BMX FCW #3:



- Presentación tarjeta Análoga

BMX AMI 0810

---

### Presentación

#### Función

BMX AMI 0810 es un módulo analógico de entrada de alta densidad con 8 canales aislados.

Este módulo se utiliza junto con sensores o emisores; realiza funciones de vigilancia, medición y control continuo.

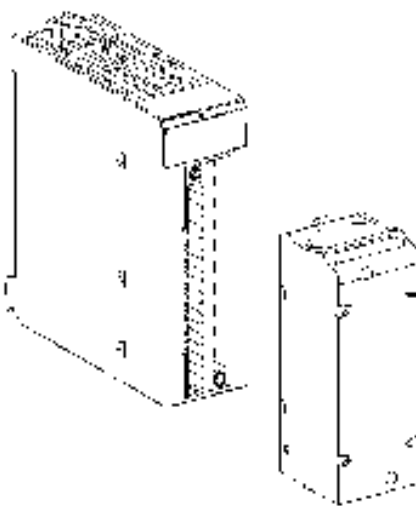
El módulo BMX AMI 0810 proporciona el rango siguiente para cada entrada, según la selección que se realice durante la configuración:

- Tensión de  $\pm 5$  V/ $\pm 10$  V/0 a 5 V/0 a 10 V/1 a 5 V
- Corriente de  $\pm 20$  mA/0 a 20 mA/4 a 20 mA

El módulo funciona con entradas de tensión. Incluye cuatro resistencias de lectura conectadas al bloque de terminales para posibilitar las entradas de corriente.

#### Ilustración

En el gráfico siguiente se muestra el módulo de entrada analógica BMX AMI 0810:



**NOTA:** El bloque de terminales se suministra por separado.

## Características

### Características generales

Las características generales de los módulos BMX AMI 0810 y BMX AMI 0810H (véase página 36) son las siguientes:

<b>Tipo de entradas</b>		Entradas rápidas aisladas de alto nivel
<b>Naturaleza de las entradas</b>		Tensión/corriente (resistencias internas protegidas de 250 Ω)
<b>Número de canales</b>		8
<b>Tiempo de ciclo de adquisición:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rápido (adquisición periódica para los canales utilizados)</li> </ul>		1 ms + 1 ms x número de canales utilizados
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Predeterminado (adquisición periódica para todos los canales)</li> </ul>		9 ms
<b>Resolución de visualización</b>		16 bits
<b>Filtrado digital</b>		1 <sup>o</sup> orden
<b>Separación de potencial:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Entre canales</li> </ul>		+/-300 V CC
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Entre los canales y el bus</li> </ul>		1.400 V CC
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Entre canales y puesta a tierra</li> </ul>		1.400 V CC
<b>Sobrecarga máxima autorizada para las entradas:</b>		Entradas de tensión: +/- 30 V CC Entradas de corriente: +/- 30 mA Protegido contra cableado accidental: de -19,2 a 30 VCC <b>NOTA:</b> La función <b>Protegido contra cableado accidental</b> no se admite cuando el módulo funciona con cualquier interfaz de Teletast.
<b>Consumo de alimentación (3,3 V)</b>	Típico	0,32 W
	Máximo	0,48 W
<b>Consumo de alimentación (24 V)</b>	Típico	0,82 W
	Máximo	1,30 W

- Precaución de cableado

BMX AMI 0810

## Precauciones de cableado

### Introducción

Con el fin de proteger la señal de interferencia exterior inducida en modalidad serie y de interferencia en modalidad común, se recomienda tomar las siguientes medidas de precaución.

### Blindaje del cable

Conecte el blindaje del cable a la barra de masa. Fije el blindaje a la barra de masa situada en el lateral del módulo. Utilice el kit de protección electromagnética BMX XSP 0400/0600/0800/1200 (véase *Modicon M340 con Unity Pro, Procesadores, bastidores y módulos de fuente de alimentación, Manual de configuración*) para conectar el blindaje.

**⚠ PELIGRO**

**PELIGRO DE DESCARGA ELÉCTRICA, EXPLOSIÓN O DESTELLO DE ARCO VOLTAICO**

Al montar/extraer los módulos:

- Asegúrese de que cada bloque de terminales continúa conectado a la barra de blindaje y
- desconecte la tensión de los sensores y preactuadores.

**Si no se siguen estas instrucciones provocará lesiones graves o incluso la muerte.**



- 1 BMX AMI 0810
- 2 Barra de blindaje
- 3 Abrazadera
- 4 A los sensores



- Diagrama de cableado

BMX AMI 0810

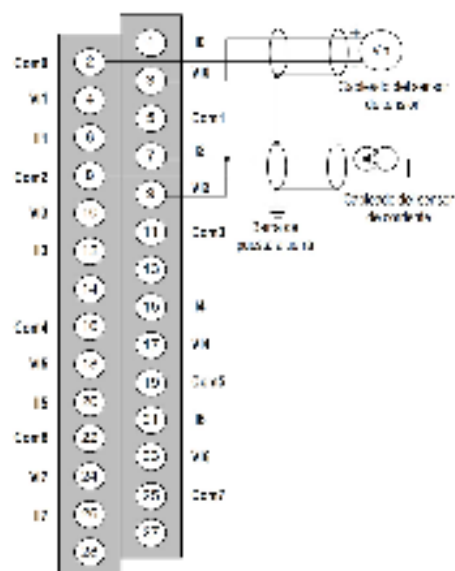
## Diagrama de cableado

### Introducción

El módulo BMX AMI 0810 está conectado mediante un bloque de terminales de 28 pins.

### Figura

Las conexiones del bloque de terminales y del cableado del sensor se realizan de la manera siguiente:



**Vix** entrada de polo + para el canal x  
**COM x** entrada de polo - para el canal x  
**Iix** entrada + de la resistencia de lectura actual  
**Via 0** sensor de tensión  
**Via 1** sensor de corriente de 2 conductores

### Accesorios de cableado

Se proporcionan dos cables BMXFTA150 (1,5 m (4,92 pies)) y BMXFTA300 (3 m (9,84 pies)) para conectar el módulo con las interfaces de Telefast ABE-7CPA02 (véase página 76), ABE-7CPA31 (véase página 76) o ABE-7CPA31E (véase página 76).

En caso de que la información de HART forme parte de la señal que va a medirse, se deberá utilizar una interfaz de Telefast ABE-7CPA31E (véase página 76) para filtrar esta información que interrumpiría el valor analógico.

## Anexo N°5 Conexionado bomba de cloro

English (GB)

### 2.6 Product overview

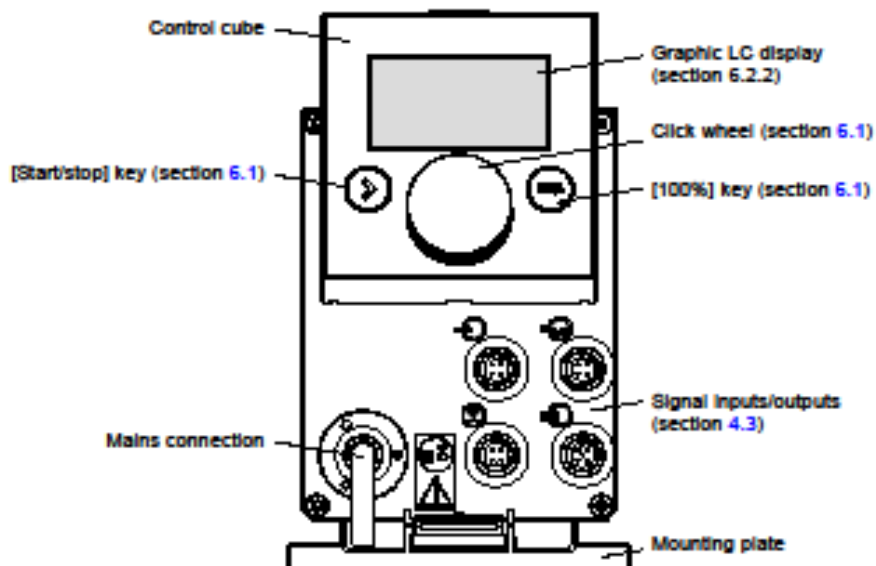


Fig. 2 Front view of the pump

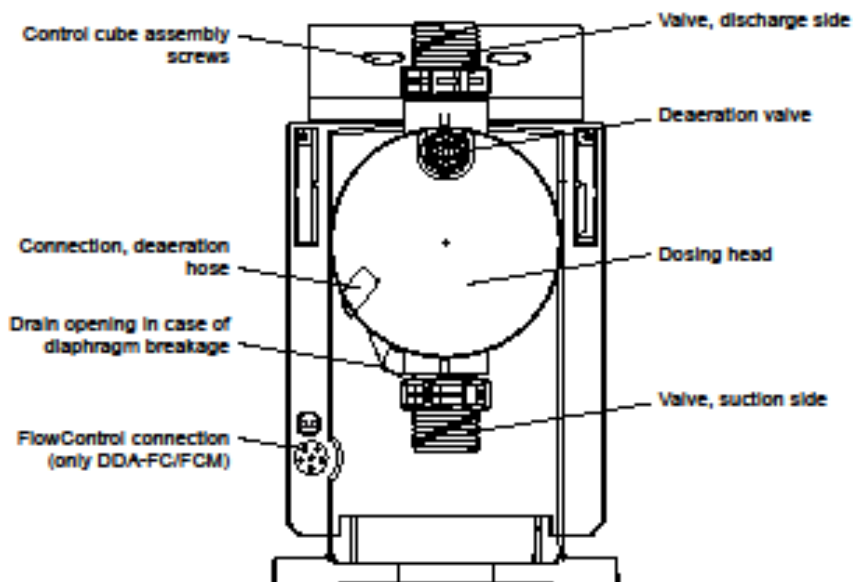


Fig. 3 Rear view of the pump

### 4.3 Electrical connection

**Warning**  
 The enclosure class (IP65/Nema 4X) is only guaranteed if plugs or protective caps are correctly installed!

**Warning**  
 The pump can start automatically when the mains voltage is switched on!  
 Do not manipulate mains plug or cable!

The mains plug is the separator separating the pump from the mains.

**Note**  
 The rated voltage of the pump, see section 2.4 Nameplate, must conform to local conditions.

#### Signal connections

**Warning**  
 Electric circuits of external devices connected to the pump inputs must be separated from dangerous voltage by means of double or reinforced insulation!

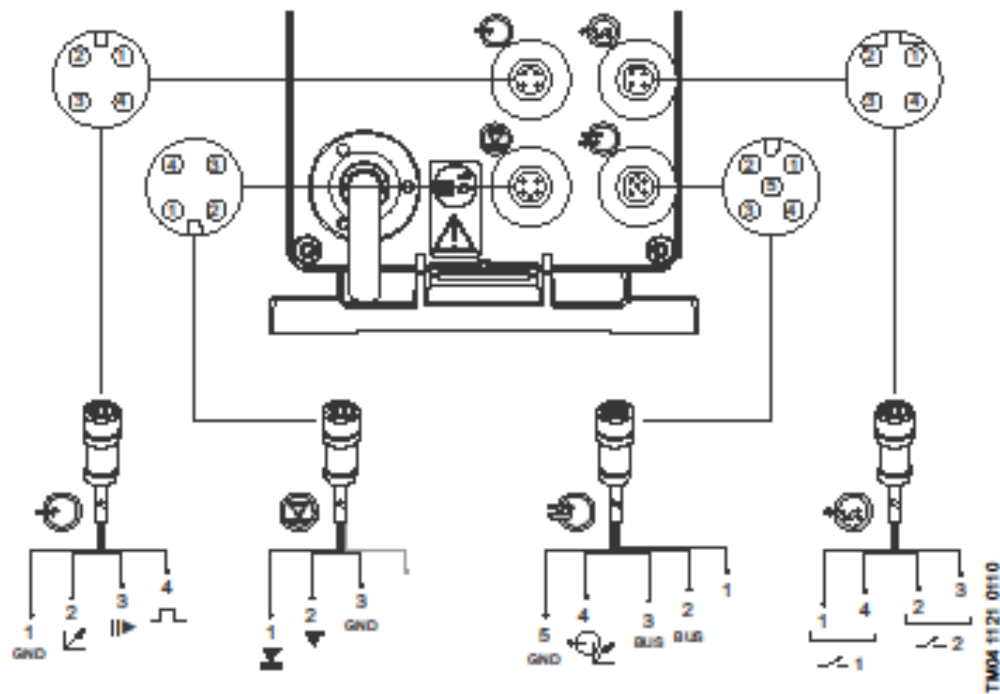


Fig. 10 Wiring diagram of the electrical connections

**Analog, External stop and pulse input**

Function	Pins			
	1/brown	2/white	3/blue	4/black
Analog	GND/(-) mA	(+) mA		
External stop	GND		X	
Pulse	GND			X

**Level signals: Empty signal and Low-level signal**

Function	Pins			
	1	2	3	4
Low-level signal	X		GND	
Empty signal		X	GND	

**GENibus, Analog output**

**Caution** Danger of damage to the product due to short circuit! Pin 1 supplies 30 VDC. Never short-circuit pin 1 with any of the other pins!

Function	Pins				
	1/brown	2/white	3/blue	4/black	5/yellow/green
GENibus	+30 V	RS-485 A	RS-485 B		GND
Analog output				(+) mA	GND/(-) mA

**Relay outputs**

Function	Pins			
	1/brown	2/white	3/blue	4/black
Relay 1	X			X
Relay 2		X	X	

**FlowControl signal connection**

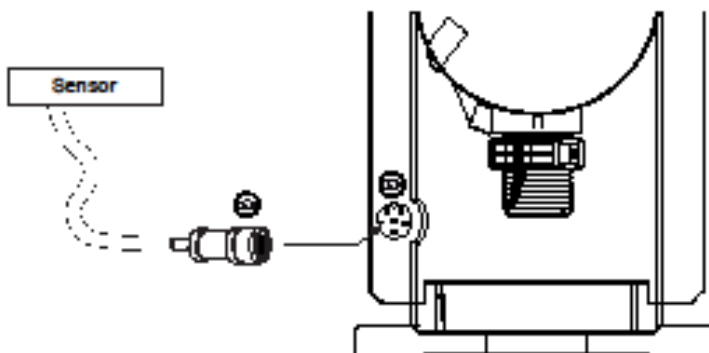
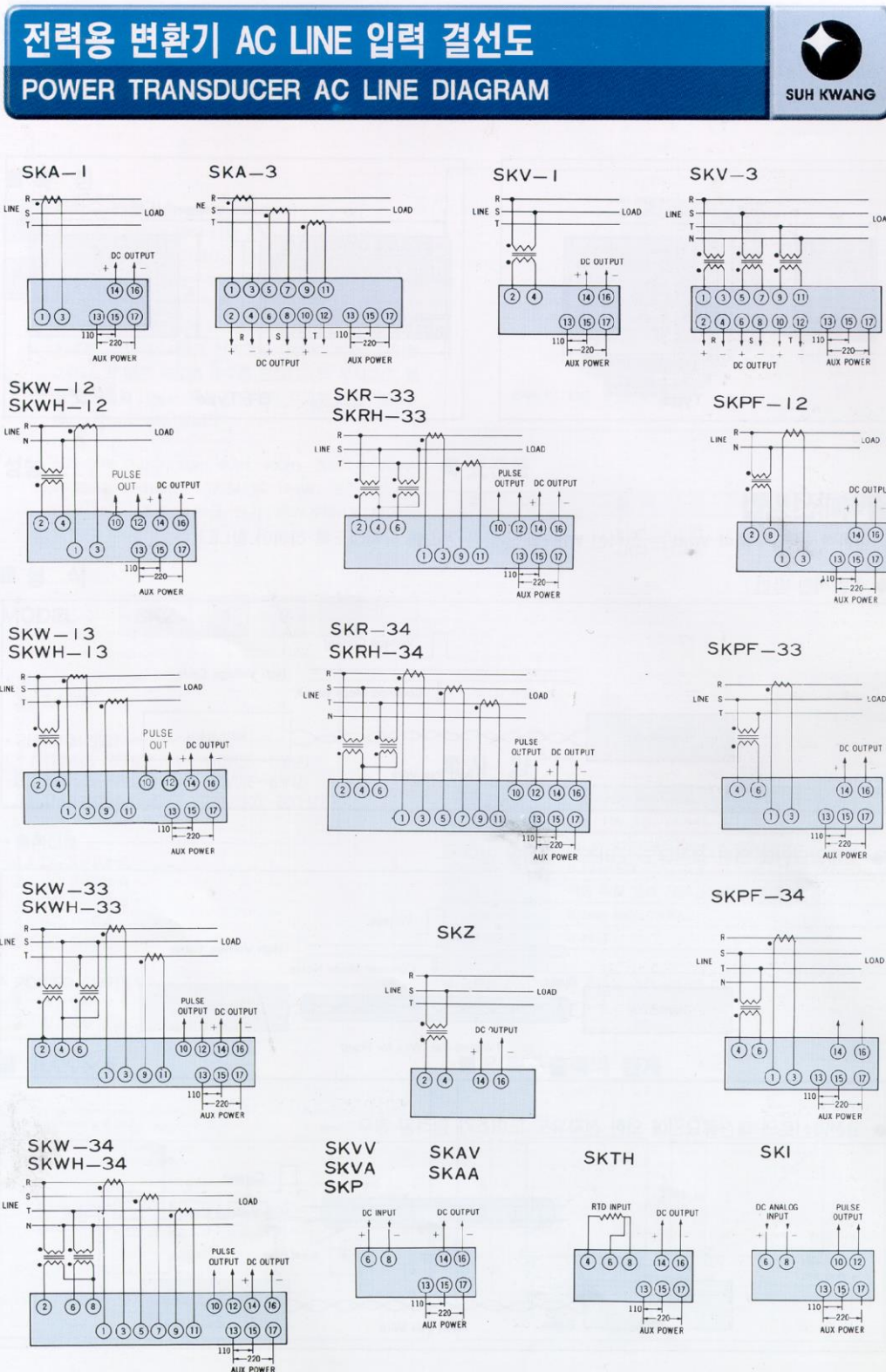


Fig. 11 FlowControl signal connection

TM04 11/03 17/16

# Anexo N°6 Conexión transductor de corriente

- SKA-1



## Anexo N°7 Conexionado Flujo metro

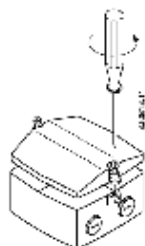
### Instalación y montaje

#### 4.3 MAG 5000/6000 compacto

### 4.3 MAG 5000/6000 compacto

#### Instalación del MAG 5000 / MAG 6000 versión compacta

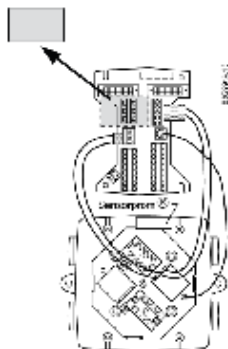
1. Retire y remueva la tapa de la caja de terminales.



2. Asegúrese de que la unidad de memoria SENSORPROM® esté instalada.
3. Utilice prensaestopas M20 o de 1/2" NPT para los cables de alimentación y de salida.
4. Retire de la caja de terminales los dos conectores negros para los cables de bobinas y de electrodos.
5. Conecte en la parte inferior de la caja de terminales el conductor a tierra proveniente de la placa de conexiones.
6. Conecte el conector de 2 pines y el conector de 3 pines como aparece indicado a los números de terminal correspondientes en la placa de conexiones como aparece en Conexión eléctrica (Página 36).

#### Nota

El sistema no registrará el caudal si los conectores negros no están conectados a la placa de conexiones.

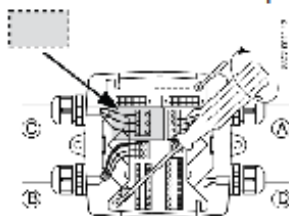


7. Introduzca los cables de alimentación y de salida a través de prensaestopas y conéctelos a la placa de conexiones como aparece en Conexión eléctrica (Página 36).
8. Monte la placa de conexiones en la caja de terminales.

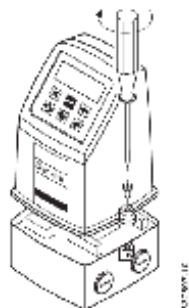
**Nota**

Compruebe que su placa de conexiones esté alineada con la unidad SENSORPROM®, de lo contrario mueva la unidad SENSORPROM® al otro lado de la caja de terminales.

Las conexiones de la unidad de memoria SENSORPROM® quedarán establecidas automáticamente cuando la placa de conexiones esté montada en la caja de terminales.



9. Apriete los prensaestopas del cable para obtener un sellado óptimo.
10. Monte el transmisor en la caja de terminales.



11. El transmisor está listo para ser energizado.

**ATENCIÓN**

Si el transmisor está expuesto directamente a la luz solar podría aumentar la temperatura de funcionamiento por encima del límite especificado y disminuiría la visibilidad de la pantalla.

Una cubierta protectora de sol está disponible como accesorio.



Conexión

5.1 Conexión eléctrica

5.1 Conexión eléctrica

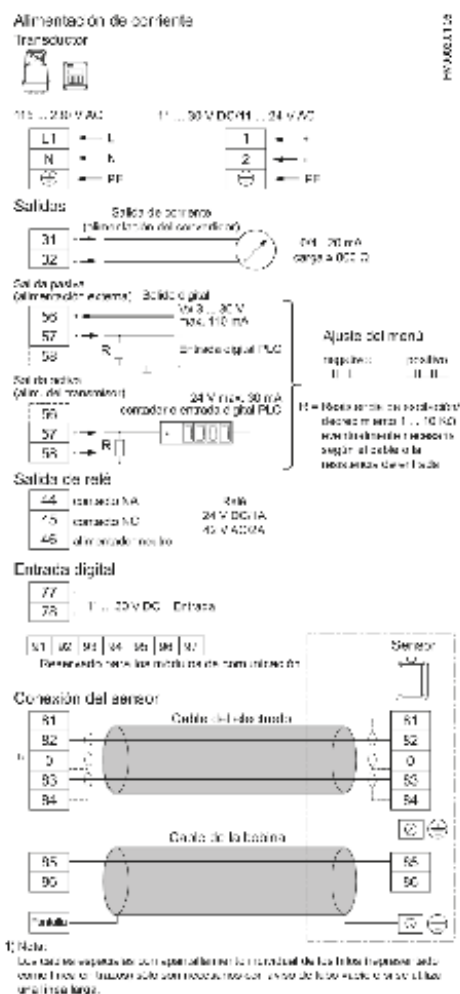


Figura 5-1 Diagrama de cableado

**Nota**


Los terminales 81 y 84 sólo se conectan si se utiliza un cable especial de electrodos con doble pantalla, p. ej. si se utilizan cables largos o la función de tubería vacía.

**Red de alimentación**

Red de alimentación 115 ... 230 V AC clase II para instalación en edificios.

**Nota**

Para instalaciones DC se recomienda instalar un relé de mínima tensión o un circuito de protección en el lugar de la instalación que sea susceptible de recibir una alimentación de tensión inferior a la especificada durante más de 10 minutos.

 **ADVERTENCIA**

**Puesta a tierra**

Conecte el conductor de puesta a tierra de protección de la red al terminal de PE de acuerdo con el esquema (debido a la fuente de alimentación clase 1).

**Contador mecánico**


Conecte un condensador de 1000 µF (condensador+ al terminal 56 y condensador- al terminal 58) si un contador mecánico está conectado a los terminales 57 y 58 (salida activa).

**Cables de salida**

Utilice cables apantallados si se utilizan cables largos en entornos con interferencias.

**Salida digital**

Si la resistencia interna de una carga excede 10 kΩ, conecte un resistor externo de carga de 10 kΩ paralelamente a esta carga.

 **ADVERTENCIA**

**Terminales intrínsecamente seguros**

Garantice siempre que la distancia entre cables/hilos sea de mínimo 50 mm para evitar que los hilos/terminales de circuitos intrínsecamente seguros entren en contacto con hilos de otros cables.

Fije los cables/hilos de manera que no puedan entrar en contacto los unos con los otros, ni siquiera por error. Los extremos de los cables deben ser lo más cortos posibles.

© Siemens AG 2007

## Instrumentos para medida de nivel SITRANS L Medición continua - Transmisores ultrasónicos

### SITRANS Probe LU

#### Datos técnicos

<b>Modo de operación</b>	
Principio de medición	Medida ultrasónica de nivel
Aplicaciones comunes	Medición de nivel en tanques de almacenamiento y proceso sencillo

<b>Entradas</b>	
Rango de medida	
• Modelo 6 m (20 ft)	0,25 ... 6 m (10' ... 20 ft)
• Modelo 12 m (40 ft)	0,25 ... 12 m (10' ... 40 ft)
Frecuencia	54 kHz

<b>Salidas</b>	
mA/HART®	
• Rango	4 ... 20 mA
• Precisión	± 0,02 mA
PROFIBUS PA	Clase B, perfil 3

<b>Rendimiento</b>	
Resolución	≤ 3 mm (0.12")
Precisión	± 0,15% del rango o 6 mm (0.24"), se aplica el valor más alto
Repetibilidad	≤ 3 mm (0.12")
Zona muerta	0,25 m (10")
Tiempo de actualización	
• Modelo 4 ... 20 mA/HART	≤ 5 segundos a 4 mA
• Modelo PROFIBUS	≤ 4 segundos, bucle de corriente 15 mA
Compensación de temperatura	Integrada, para compensar variaciones de temperatura
Ángulo de haz	10°

<b>Condiciones de aplicación</b>	
• Condiciones ambientales	
- Ubicación	Montaje interior/a prueba de intemperie
- Temperatura ambiente	-40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F)
- Humedad relativa/tipo de protección	A prueba de intemperie
- Categoría de instalación	I
- Grado de contaminación	4
• Condiciones de funcionamiento	
- Temperatura (brida/rosca)	-40 ... +85 °C (-40 ... +185 °F)
- Presión (depósito)	0,5 bar (7.25 psi)

<b>Diseño</b>	
Material (caja)	PBT (politereftalato de butileno)
Grado de protección	Carcasa Tipo 4X/NEMA 4X, Tipo 6/NEMA 6/IP67/IP68
Peso	2,1 kg (4.6 lbs)
Entrada de cables	2 x prensaestopas M20x1,5 o 2 x rosca 1/2" NPT
Sensor de ultrasónicos (2 opciones)	ETFE (etileno tetrafluoroetileno) o PVDF (fluoruro de polivinilideno)
Conexión al proceso	
• Conexión roscada	2" NPT [(cono), ANSI/ASME B1.20.1] R 2" [(BSP), EN 10226] o G 2" [(BSP), EN ISO 228-1]
• Conexión de brida	Brida universal 3" (80 mm)
• Otras conexiones	Soporte de montaje FMS 200 (ver página 5/143) o soporte proporcionado por el cliente

#### Indicación y manejo

Interfaz	Local: display de cristal líquido con gráfico de barras Remota: Disponible en HART (PROFIBUS PA)
----------	---

Configuración	Con Siemens SIMATIC PDM (PC), o comunicador portátil HART, o programador manual por infrarrojos Siemens Milltronics
---------------	---

Memoria	EEPROM (no volátil)
---------	---------------------

<b>Alimentación auxiliar</b>	
4 ... 20 mA/HART	Nominal 24 VCC, máx. 550 Ω; máx. 30 VCC 4 ... 20 mA

PROFIBUS PA	12, 13, 15, o 20 mA en base a la programación (modelo para uso general o intrínsecamente seguro) conforme IEC 61158-2
-------------	---

#### Certificados y homologaciones

Uso general	CSA <sub>USC</sub> , FM, CE
Uso naval (sólo con la opción de comunicación HART)	• Lloyd's Register of Shipping • Aprobación tipo ABS (American Bureau of Shipping)

Zonas clasificadas	
• Seguridad intrínseca (Europa)	ATEX II 1G EEx ia IIC T4
• Seguridad intrínseca (EE.UU./Canadá)	CSA/FM (con barrera) T4, Clase I, Div. 1, Grupos A, B, C, D; Clase II, Div. 1, Grupos E, F, G; Clase III
• Seguridad intrínseca (Australia/Nueva Zelanda)	ANZEx Ex ia IIC T4, Tamb -40 ... +80 °C (-40 ... 176 °F) IP67, IP68
• Seguridad intrínseca (Internacional)	IECEx TSA 04.0020X Ex ia IIC T4
• No incendiaria (EE.UU.)	FM (sin barrera) T5; Clase I, Div. 2, Grupos A,B,C y D

<b>Programador manual</b>	
• Programador manual intrínsecamente seguro Siemens Milltronics	Interface de infrarrojos
- Homologaciones (programador manual)	Modelo IS, ATEX EEx ia IIC T4 CSA/FM Clase I, Div. 1, Grupos A, B, C, D -20 ... +40 °C (-5 ... +104 °F)
• Temperatura ambiente	
• Interfaz	Señal de infrarrojos, diseño exclusivo
• Alimentación	Pila de litio 3 V (no sustituible)

5

5/90

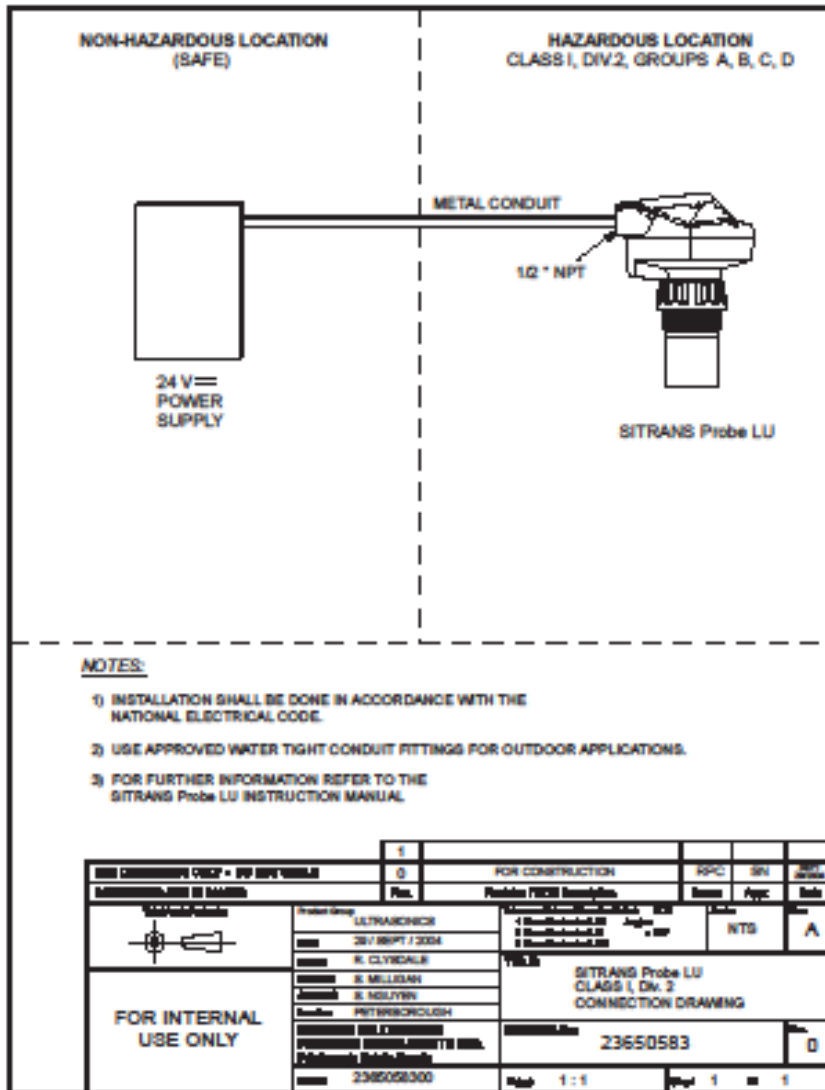
Siemens FI 01 - 2008

## Anexo N°8 Conexión sensor ultrasónico

## FM Class 1, Div. 2 connection drawing

**Note:** Reference drawing 23650583 is available from the product page of our website at <https://gja.khe.siemens.com/index.asp?Nr=11157>.

A: Connection Drawings



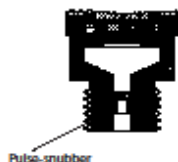
# Anexo N°9 Hoja de datos transmisor de presión



**Data sheet**

**Pressure transmitter for general purpose, type MBS 1700 and MBS 1750**

**Application and media conditions (MBS 1750)**



**Application**

Cavitation, liquid hammer and pressure peaks may occur in hydraulic systems with changes in flow velocity, e.g. fast closing of a valve or pump starts and stops.

The problem may occur on the inlet and outlet side, even at rather low operating pressures.

**Media condition**

Clogging of the nozzle may occur in liquids containing particles. Mounting the transmitter in an upright position minimizes the risk of clogging, because the flow in the nozzle is limited to the start-up period until the dead volume behind the nozzle orifice is filled. The media viscosity has only little effect on the response time. Even at a viscosities up to 100 cSt, the response time will not exceed 4 ms.

**Technical data**

**Performance (EN 60770)**

Accuracy (incl. non-linearity, hysteresis and repeatability)	≤ ± 0.5% FS (typ.)
	≤ ± 1.0% FS (max.)
Non-linearity BFSL (conformity)	≤ ± 0.2% FS
Hysteresis and repeatability	≤ ± 0.1% FS
Thermal zero point shift	≤ ± 0.1% FS/10K (typ.)
	≤ ± 0.2% FS/10K (max.)
Thermal sensitivity (span) shift	≤ ± 0.1% FS/10K (typ.)
	≤ ± 0.2% FS/10K (max.)
Response time	< 4 ms
	Air and gases (MBS 1750)
Overload pressure (static)	6 × FS (max. 1500 bar)
Burst pressure	6 × FS (max. 2000 bar)
Durability, P: 10 – 90% FS	> 10 × 10 <sup>6</sup> cycles

**Electrical specifications**

Nom. output signal (short-circuit protected)	4 – 20 mA
Supply voltage [U <sub>s</sub> ], polarity protected	9 – 32 V d.c.
Supply – current consumption	–
Supply voltage dependency	≤ ± 0.1% FS / 10 V
Current limitation	28 mA (typ.)
Output impedance	–
Load [R <sub>L</sub> ] (load connected to 0V)	R <sub>L</sub> ≤ (U <sub>s</sub> - 9V) / 0.02 A [C]



**Data sheet**

**Pressure transmitter for general purpose, type MBS 1700 and MBS 1750**

**Technical data**  
(continued)

*Environmental conditions*

Sensor temperature range	Normal	-40 – 85 °C
	ATEX Zone 2	-10 – 85 °C
Max. media temperature	115 - (0.35 x ambient temp.)	
Ambient temperature range	-40 – 85 °C	
Compensated temperature range	0 – 80 °C	
Transport / storage temperature range	-50 – 85 °C	
EMC – Emission	EN 61000-6-3	
EMC – Immunity	EN 61000-6-2	
Insulation resistance	> 100 MΩ at 100 V	
Mains frequency test	Based on SEN 361503	
Vibration stability	Sinusoidal	15.9 mm-pp, 5 Hz-25 Hz 20 g, 25 Hz – 2 kHz
	Random	7.5 g <sub>rms</sub> , 5 Hz – 1 kHz
Shock resistance	Shock	500 g / 1 ms
	Free fall	1 m
Enclosure	IP65	

*Explosive atmospheres*

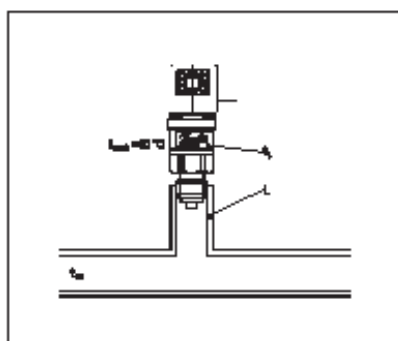
Zone 2 applications		EN60079-0; EN60079-15
---------------------	--	-----------------------

When used in ATEX Zone 2 areas at temperatures <10 °C the cable and plug must be protected against impact

*Mechanical characteristics*

Materials	Wetted parts	EN 10088-1; 1.4404 (AISI 316 L)
	Enclosure	EN 10088-1; 1.4404 (AISI 316 L)
	Electrical connections	Glass filled polyamid PA 6.6
Net weight	0.25 kg	

*Guideline for installations at high media temperature*



Medium temperature (t <sub>m</sub> ) 120 °C	
Heat isolator (L)	Transmitter temperature (t)
2 cm	85 °C
5 cm	75 °C
10 cm	70 °C



Data sheet

Pressure transmitter for general purpose, type MBS 1700 and MBS 1750

Electrical connections

Type code	1
	<p>EN 175301-803-A, Pg 9</p>
Ambient temperature	-40 – 85 °C
Enclosure (IP protection fulfilled together with mating connector)	IP65
Material	Glass filled polyamid, PA 6.6
Electrical connection, 4 – 20 mA output (2 wire)	<p>Pin 1: + supply Pin 2: + supply Pin 3: Not used</p> <p>Earth: Connected to MBS enclosure</p>

Danfoss can accept no responsibility for possible errors in publications, brochures and other printed material. Danfoss reserves the right to alter its products without notice. This also applies to products already on order provided that such alterations can be made without subsequent charges being necessary in specific cases already agreed. All trademarks in this manual are property of the respective companies. Danfoss and the Danfoss logo are trademarks of Danfoss A/S. All rights reserved.

## Anexo N°10 Hoja de datos Analizador de Red PM1000

Central de medida de la serie PM1000  
 Capítulo 1: Descripción del producto de la central de medida de la serie PM1000

NHA1696402ES

### Panel posterior

Los terminales de la central de medida están ubicados en el panel posterior. Hay 14 terminales, siete a cada lado:

- Seis terminales de intensidad, uno de **entrada** y otro de **salida** por fase.
- Cuatro terminales de tensión, para tres fases y neutro.
- Dos terminales para la fuente de alimentación auxiliar (suministro).
- Dos terminales para el puerto de comunicaciones RS-485 (PM1200).

Figura 1-2: Panel posterior







## Especificaciones técnicas

La serie PM1000 es un medidor de potencia y energía de alta precisión, económico y ultracompacto. Ofrece calidad, precisión y flexibilidad funcional conforme a ISO 9001. Determinados modelos de esta serie están dotados de capacidad de comunicaciones Modbus RTU. La unidad de serie se monta nivelada en un corte conforme a DIN 96 y cumple los estándares de producto UL.

Las centrales de medida han sido diseñadas para aplicaciones de readaptación, como la sustitución de medidores analógicos. Se pueden emplear como centrales independientes en paneles de alimentación eléctrica, unidades de distribución de potencia (PDU), tableros de distribución, sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI), conjuntos de generadores y sistemas de control de motores (MCC). También proporciona una comunicación sencilla para programar controles lógicos (PLC), sistemas de control distribuido (DCS), sistemas de gestión de edificios (BMS) y otros sistemas.

En la tabla siguiente se exponen las especificaciones técnicas de las presentes centrales de medida. Para obtener información adicional, consulte "Datos técnicos".

**Tabla 1-6: Especificaciones técnicas**

Descripción	Especificación
Detección/medición	Rms real, tiempo de actualización de un segundo, potencia y energía en cuatro cuadrantes
Precisión*	0,5 % de la lectura** de tensión e intensidad 1,0 % de la lectura de potencia y energía
Alimentación auxiliar (suministro)	De 44 VCA/VCC a 277 VCA/VCC 50/60 Hz
Carga	Entrada de tensión e intensidad < 0,2 VA por fase Alimentación auxiliar (suministro) < 3 VA a 240 V, 5 VA máx. < 2 W a 300 VCC
Pantalla	LED luminoso alfanumérico
Resolución	Cuatro dígitos para RMS; ocho dígitos para INTG
Tensión de entrada	Cuatro entradas de tensión (V1, V2, V3, VN) IEC: 80 a 480 V-LL (50 a 277 V-LN) CAT III 80 a 600 V-LL (50 a 350 V-LN) CAT II UL: 80 a 600 V-LL
Intensidad de entrada* (medición de energía)	Entradas de intensidad (A1, A2 y A3) Clase 1.0: De 50 mA a 6 A (el valor de inicio es 5 mA)
Frecuencia	De 45 Hz a 65 Hz
Sobrecarga	10 A máx. continua, 50 A (5 seg/hr), 120 A (1 seg/hr)
Entorno	Temperatura de funcionamiento: -10 °C a 60 °C Temperatura de almacenamiento: -25 °C a 70 °C Humedad: entre el 5 % y el 95 % sin condensación Altitud ≤ 2000 m
Estándar	 : Medición Nivel de contaminación II  : Doble aislamiento en las zonas al alcance del usuario
Peso	400 g aprox., sin el embalaje 500 g aprox., con el embalaje
Comunicación (PM1200)	Conexión de canal serie RS-485. Estándar del sector: Protocolo Modbus RTU.
Estándares que cumple la serie PM1000	Emisiones: CISPR11, Clase A Transitorio rápido: 4kV, IEC 61000-4-4 Resistencia a sobretensiones transitorias: IEC 61000-4-5 Oscilatorio amortiguado: IEC 61000-4-12 Descargas electrostáticas: IEC 61000-4-2 Tensión de impulsos: 6 kV, IEC 60060, 1,2/50 µs
Protección contra suciedad y agua	Pantalla delantera IP51 Cuerpo de la central de medida IP40 (excluyendo terminales)

**NOTA:**

- \* Error adicional del 0,05 % de la escala completa para una intensidad de entrada en centrales de medida inferior a 100 mA.
- \*\* Solo aplicable a la configuración de cableado en estrella.

## Instalación eléctrica

En esta sección se describen los aspectos siguientes:

- La necesidad y selección de transformadores de tensión (TT) y transformadores de intensidad (TI).
- Conexiones de alimentación auxiliar (suministro), de TT y de TI.

### AVISO

#### DAÑOS EN EL DISPOSITIVO

- Utilice solo la herramienta específica para apretar y aflojar el tornillo.
- No apriete excesivamente el tornillo por encima del par especificado.

**El incumplimiento de estas instrucciones puede causar desperfectos en el equipo.**

Para obtener resultados óptimos, asegúrese de atender a las especificaciones siguientes:

- Se prefiere una herramienta de apriete de par, si bien es aceptable un destornillador manual.
- PUNTA: Es preferible un destornillador de estrella; se aceptan destornilladores de punta plana. No utilice destornilladores buscapolos.



Tornillo M3.5; diámetro de la cabeza = 6 mm  
Diámetro del vástago de la PUNTA < 5 mm

**IMPORTANTE:** Los vástagos de destornillador que se inserten en ángulo o cuyo diámetro sea  $\geq 5$  mm se quedarán atrapados en la cubierta.  
Par de apriete: De 0,25 a 1 N.m

*NOTA: Si el par de apriete es superior a 1 N.m, podría dañarse el tornillo o la cabeza de este.*

Par de aflojamiento: 1,2 N.m

#### Recomendaciones de cables de conexión

Tabla 5-3: Cables de conexión

	Valor nominal de alambramiento	Valor nominal de Intensidad
Circuito de tensión	> 600 VCA	> 0.1 A
Circuito de Intensidad		> 7.5 A O bien 1,5-2,5 mm <sup>2</sup> /16-14 AWG mínimo

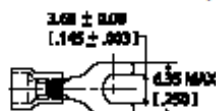
*NOTA: Las instalaciones deben incluir un dispositivo de desconexión, como un conmutador o un interruptor automático, con un etiquetado claro de ON/OFF para desconectar la alimentación auxiliar (suministro). El dispositivo de desconexión debe colocarse junto al equipo y al alcance del operario.*

## Conexión de terminales con lengüetas

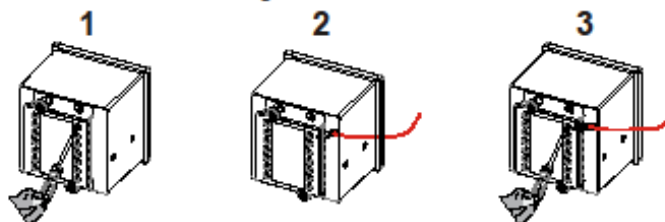
### Conexión de terminales con lengüetas en U

Tipo de lengüeta: lengüetas en U revestidas y aisladas

Sección transversal: 1,5-2,5 mm<sup>2</sup>/16-14 AWG



Es muy sencillo y fácil conectar los terminales empleando lengüetas en forma de U. Los pasos siguientes explican cómo conectar los terminales de la central de medida con lengüetas en forma de U.



1. Afloje el tornillo del terminal.
2. Conecte el hilo de la lengüeta en forma de U al terminal de la central de medida.
3. Apriete el tornillo del terminal.

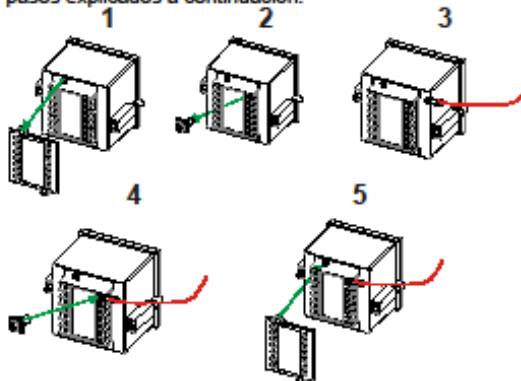
### Conexión de terminales con lengüetas en forma de anillo

Tipo de lengüeta: lengüetas en forma de anillo

Sección transversal: 1,5- 2,5 mm<sup>2</sup>/16-14 AWG



Para conectar los terminales mediante lengüetas en forma de anillo, siga los pasos explicados a continuación.



1. Desmonte de la central de medida la cubierta de protección.
2. Quite de la central de medida el tornillo de terminal.
3. Conecte el hilo de la lengüeta en forma de anillo al terminal de la central

de medida.

4. Vuelva a colocar el tornillo de terminal en su sitio y apriételo.
5. Ponga en su sitio la cubierta de protección y apriétela.

*NOTA: En el ejemplo anterior se explica la conexión de un solo terminal. Para conectar los otros terminales, repita los pasos 2 y 3 tantas veces como sea necesario. Después continúe con los pasos restantes.*

## Alimentación auxiliar (suministro)

La central de medida de la serie PM1000 requiere una alimentación auxiliar (suministro) CA/CC monofásica para activar su circuitería electrónica interna. Se precisan supresores de sobretensión transitoria en el circuito de alimentación auxiliar para su correcto funcionamiento en condiciones extremas de sobretensiones, en los casos en que estas superen los límites de la alimentación auxiliar (por ejemplo, zonas rurales y periféricas propensas a impactos de rayos).

### Rango:

- De 44 a 277 VCA/VCC.
- Consumo (carga) < 3 VA a 240 V, 5 VA máx.
- La central de medida puede derivarse desde las señales de tensión.
- Si tiene un sistema en triángulo de 3 hilos de 440 V y no dispone de un neutro fiable, utilice un transformador de alimentación de 440 V:240 V para suministrar alimentación auxiliar estándar de 240 V.

*NOTA: Resulta mucho más sencillo configurar la central antes de montarla en el panel. Para obtener información adicional, consulte "Configuración rápida".*

## TT y TI

Las instalaciones eléctricas de envergadura tienen tensiones e intensidades altas, lo cual podría sobrepasar el valor nominal de conexión directa de la central de medida. En tal caso, los transformadores de tensión (TT) y los transformadores de intensidad (TI) sirven precisamente para rebajar o reducir los niveles de tensión e intensidad al objeto de adaptarlos al valor nominal de la central de medida. Los transformadores de tensión suelen tener una salida a escala completa de 110 VCA rms fase a fase, mientras que los transformadores de intensidad suelen tener una salida a escala completa de 5 A o, a veces, 1 A.

Un contratista eléctrico deberá planificar, instalar y probar los TT y los TI antes de cablear la central de medida. La precisión de la medición también depende de la precisión y del error de ángulo de fase de los TT y TI. Se recomienda el uso de TT y TI que sean instrumentos de Clase 1 o más avanzados. No utilice TI de clase de protección (10P10, etc.) para alimentar las centrales de medida; sus características de fase y precisión son poco fiables.

Asegúrese de haber seleccionado el valor nominal del primario del TI de forma que la variación de carga normal esté entre el 40 % y el 80 % de su escala completa. Si el TI es de un rango superior al valor nominal, es decir la carga es siempre menor que el 10 % del valor nominal del primario del TI, la precisión se resentirá. En caso contrario, si el rango del TI es inferior al nominal, podría excederse su escala completa y quemar tanto el TI como la central de medida.

### Cableado del TT y del TI

Los TT y los TI deberán tener un valor nominal adecuado de VA para soportar el consumo (carga) de los secundarios. Quizás le convenga soportar la carga de la alimentación auxiliar a partir de uno de los TT. Es

posible que el cableado del TI imponga una carga adicional al TI. Por ejemplo, si el TI tiene un secundario de 5 A y la resistencia del hilo es de 1,0 Ω, entonces el TI tiene que soportar una carga adicional de 5 VA. Si la distancia de cableado desde el secundario del TI es mayor que la expuesta en la Tabla 5-5, el TI podría verse sobrecargado y generar errores graves. Si elige un secundario de TI de 1 A, este error podría mitigarse. El usuario deberá programar el valor del secundario del TI en la central de medida.

Las centrales de medida deben ubicarse convenientemente de modo que se faciliten las conexiones de señales de tensión (TT), intensidad (TI) y alimentación auxiliar (suministro).

*NOTA: Los valores del primario o secundario del TT y TI de las centrales de medida programables por el usuario podrán utilizarse para calibrar el error de amplitud de los TT y TI, incrementándose así su precisión.*

### Conexiones de las señales de tensión

Para conseguir un funcionamiento adecuado de la central de medida, se debe realizar mantenimiento de la conexión de tensión. La tensión deberá corresponderse con el terminal correcto. El cable necesario para terminar el circuito de detección de tensión debería tener un valor nominal de aislamiento superior a 480 VCA y un valor nominal de intensidad superior a 0,1 A. Hay cuatro terminales de tensión de entrada, marcados como "V1", "V2", "V3" y "Vn". Para obtener datos adicionales, consulte "Diagrama de conexiones" a continuación. Para una conexión en triángulo, el terminal Vn debe permanecer sin conexión.

#### Conexiones del TT

Las centrales de medida aceptan directamente entradas de tensión BT de hasta 480 VCA rms fase a fase (277 V L-N). Las tensiones superiores a esta, especialmente los sistemas de alta tensión, deberán conectarse a través de transformadores de tensión (TT). Las centrales de medida permiten que el usuario programe las tensiones del primario y del secundario del TT.

- Rango del primario del TT programable por el usuario: De 0,1 a 999 kVCA rms L-L
- Rango del secundario del TT programable por el usuario: De 80 a 481 VCA rms L-L
- Consumo de entrada de tensión de la central de medida: 0,2 VA por entrada

*NOTA: El usuario deberá programar los valores del primario y del secundario del TT antes de utilizar la central de medida. De lo contrario, las lecturas serán erróneas.*

#### Selección de los fusibles de tensión

Le recomendamos encarecidamente que utilice fusibles en cada una de las tensiones de detección (menos en el neutro) y en la alimentación auxiliar.

**Tabla 5-4: Recomendación de fusibles**

Fuente de alimentación	Tensión de fuente	Fusible (A)
Tensión de fase	De 80 a 480 V L-L	0.25
Alimentación auxiliar (suministro)	44 a 300 VAC/DC	0.25

## Conexiones de señal de intensidad

La central de medida acepta CA de hasta 6 A rms por canal directamente. Por encima de eso, se debe interponer un transformador de intensidad para rebajar la intensidad. Existen tres pares de terminales de entrada de intensidad, denominados "A1", "A2" y "A3". Cada par de terminales de entrada aparece etiquetado como "S1", "S2" y tiene una flecha que indica la dirección del flujo de intensidad. Para realizar mediciones adecuadas, deberán ser correctas la identificación de fase y la polaridad de las señales de intensidad. La dirección de intensidad del flujo de avance (importado por el consumidor) debe entrar en el terminal S1 y salir del terminal S2. Mantenga la secuencia y la polaridad correctas para evitar lecturas erróneas.

Cualquier terminal de entrada de intensidad sin utilizar deberá cortocircuitarse, por ejemplo en la conexión en triángulo los terminales A2 (S1, S2) deberán cortocircuitarse juntos. Los terminales cortocircuitados no tienen que por qué conectarse a tierra.

El cableado utilizado para las entradas de intensidad debe tener un valor nominal de aislamiento superior a 480 VCA. La conexión de cable debe tener un valor nominal de 7,5 A o superior y un área transversal de un mínimo de 1,5-2,5 mm<sup>2</sup>/16-14 AWG.

### Conexiones del TI

Monte los transformadores de intensidad (TI) tan cerca de la central de medida como sea posible para obtener la mejor precisión. La tabla siguiente ilustra las distancias máximas recomendadas para los diferentes tamaños de TI, suponiendo que la conexión se hace por medio de un cable de 1,5-2,5 mm<sup>2</sup>/16-14 AWG.

**Tabla 5-5: Tamaño y distancia máxima de TI**

Tamaño de TI de 5 A	Distancia máxima en metros (TI a central de medida PM1000)
2.5 VA	3.05 m
5.0 VA	4.6 m
7.5 VA	9.15 m
10.0 VA	12.2 m
15.0 VA	18.3 m
30.0 VA	36.6 m

- Rango del primario del TI programable por el usuario: De 1 A a 99 kA CA.
- Secundario del TI: 1 A o 5 A CA (programable)  
Si lo desea, también es posible programar otros valores de modo que se compensen los errores del TI.
- Consumo del TI de las centrales de medida: máximo de 0,2 VA por entrada.

Para obtener información adicional, consulte "Menú de configuración".

#### NOTA:

*El usuario deberá programar los valores del primario y del secundario del TI antes de utilizar la central de medida. De lo contrario, las lecturas serán erróneas.*

*Si dispone de TI de rango doble, seleccione el mejor rango con que programar la central de medida. Si después cambia el rango sin reprogramar la central de medida, esta leerá valores erróneos.*

**Polaridad de TI**

Al conectar la central de medida con los TI, deberá mantener las polaridades de TI correctas. Las polaridades de TI dependen de las conexiones correctas de los conductores de TI, así como de la dirección a la que están orientados los TI cuando se fijan alrededor de los conductores. El punto del TI deberá mirar hacia el lado de la línea; la conexión del secundario correspondiente deberá hacerse a la entrada adecuada de la central de medida.

No conectar los TI correctamente supondrá lecturas de tensión imprecisas. Si la central de medida no lee la tensión correctamente, es más que probable que el TI esté cableado incorrectamente. Si uno o dos TI están invertidos, los parámetros de energía acumulan el valor de una sola fase. Si están invertidas dos o todas las fases del TI, la energía no se acumulará. (La importación de energía tampoco se medirá.)

**Inversión de la conexión de TI**

Para comprobar la polaridad de TI después de haber instalado la central de medida, observe las lecturas de potencia activa (W, vatio) por fase y compruebe si son positivas (suponiendo que esté consumiendo electricidad). Si una de las lecturas de potencia activa es negativa, el TI de esa fase en particular está invertido y es obligatorio corregirlo. Si por el contrario exporta electricidad, todas las lecturas de potencia activa de las tres fases deberán ser negativas.