



Capítulo 1: Introducción

La empresa Aguas Riojanas SAPEM es la encargada de brindar el servicio para la Capital de La Rioja, Chamental, Olta y Chilecito, con eficiencia, calidad y transparencia, en la provisión de agua potable y el mantenimiento de redes de desagües cloacales.

A partir de una necesidad de la empresa Aguas Riojanas SAPEM de realizar la implementación del control y monitoreo de perforaciones y sistemas de supervisión en la ciudad de Chamental nace esta iniciativa. En la constante búsqueda de mejora en la calidad de sus prestaciones, nos propuso hacernos cargo del diseño y puesta en funcionamiento del sistema de control de las Perforaciones, Rebombes y Puntos de Supervisión de la ciudad de Chamental.

La Empresa nos brindó la oportunidad de realizar el Proyecto Final de la Carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Rioja, que se denomina "Control Automático, Comando y Monitoreo de Bombas de Profundidad".

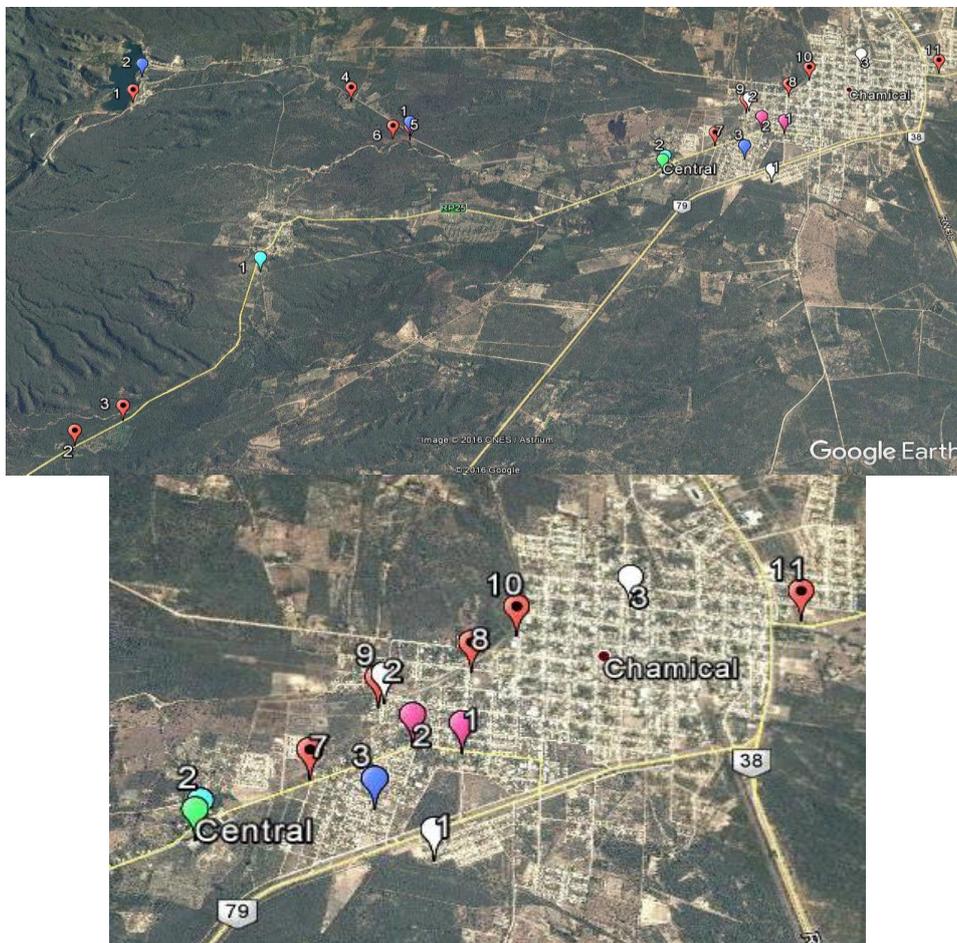


Fig. 1 Extracción y distribución de agua Ciudad de Chamental: vista general y detalle de zona urbana

Chamental es la localidad cabecera del departamento Chamental, provincia de La Rioja, Argentina. Este departamento de los Llanos Riojanos se halla atravesado por la sierra de los Llanos, que da nacimiento al Uadi Tirante y a numerosos arroyos que bajan desde los cerros para desaguar en el dique Carlos S. Menem (La Aguadita), el cual brinda tanto riego para las granjas aledañas como agua potable para el ejido urbano de Chamental.



El suministro hídrico a la ciudad es proporcionado por el dique La Aguadita, donde está instalada una bomba de desagote sumergida y además por las perforaciones de elevación de agua, mostradas con los indicadores de color rojo en la Fig. 1 y detallados en la Tabla 1. Se cuenta además con una planta de ósmosis para la desalinización del agua extraída de una serie de pozos cercanos a la ciudad, que poseen conductividad alta.

La presión de suministro es mantenida en zonas alejadas de la ciudad mediante estaciones de Rebombeo indicados en color rosa de la Fig. 1 y descriptos en la Tabla 2.

Además se utilizan caudalímetros y sensores de presión (Mostrados y detallados en Fig. 1 y Tabla 4, Fig. 1 y Tabla 3 respectivamente) con el objeto de monitorear la cantidad de agua que llega a los diferentes puntos de la ciudad y proteger el sistema de cañerías de presiones que puedan dañar su integridad.

El monitoreo y supervisión de la red de agua potable, requiere de la utilización de una red inalámbrica para la transmisión de datos a la central de comando ubicada convenientemente en la Ciudad (indicador color verde de la Fig. 1), donde el personal encargado puede llevar a cabo las maniobras necesarias empleando un HMI (interfaz hombre-máquina) que incorpora funciones de telemedición y telecomando.

Todos los puntos de extracción de agua cuentan con alarmas que utilizan una red GSM para comunicar vía mensaje de texto a los responsables operativos e informar de inmediato las fallas que puedan producirse en el subsistema.

Partiendo de los requerimientos de la Empresa, se planteó como objetivo dar eficiencia a la modalidad de trabajo de los Operadores, Encargados de Planta y Supervisores a cargo de la Unidad Operativa de Chemical, simplificando su trabajo en el monitoreo y control de perforaciones, puntos de supervisión de red de distribución (Puntos de Presión y Caudalímetro) y subsistemas de rebombeo.

Debido a que las perforaciones se encuentran en diferentes zonas, con distancias y perfiles de elevación variables, en la telemetría asociada mediante el enlace RF (radiofrecuencia) se calcularon las alturas de las distintas antenas emplazadas en cada perforación.

En el sistema general se utiliza un protocolo de comunicaciones unificado (Modbus RTU) compatible con los dispositivos usados en la red de suministro de agua.

| Indicador  | Pto. de Extracción |
|---|--------------------|
| 1 | La Balsa |
| 2 | Polco 1 |
| 3 | Polco 3 |
| 4 | Aguadita 4 |
| 5 | Aguadita 3 |
| 6 | Aguadita 2 |
| 6 | Aguadita 1 |
| 7 | AV3 |
| 8 | Hospital |
| 9 | 20 de Junio |



| | |
|----|---------|
| 10 | Osmosis |
| 11 | Planta |

Tabla 1 Puntos de Extracción

| Indicador  | Rebombeo |
|---|-------------|
| 1 | América |
| 2 | 20 de Junio |

Tabla 2- Rebombes

| Indicador  | Pto. de Presión |
|---|------------------|
| 1 | Pto de Presión 1 |
| 2 | Pto de Presión 2 |
| 3 | Pto de Presión 3 |

Tabla 3- Puntos de Presión

| Indicador  | Caudalímetro |
|--|--------------|
| 1 | Polco |
| 2 | Planta |

Tabla 4 - Caudalímetros

El presente informe se divide en 10 capítulos modulares, en cada uno de los cuales se hace referencia a los componentes utilizados y se presenta una introducción teórica, cálculos, selección y programación (en caso de ser necesario) de cada uno de ellos. Además se incluye un capítulo de costos y como anexo el manual de utilización de HMI.

- Capítulo 1 – Introducción
- Capítulo 2 – Enlaces de Comunicación.
- Capítulo 3 – HMI.
- Capítulo 4 – Controlador.
- Capítulo 5 – Electrobombas.
- Capítulo 6 – Convertidor de Frecuencia.
- Capítulo 7 – Tableros.
- Capítulo 8 – Protocolo de comunicación: Modbus RTU.
- Capítulo 9 – Caudalímetro y Sensor de Presión.
- Capítulo 10 – GSM
- Capítulo 11 – Costos.
- Capítulo 12 – Conclusión
- Anexo 1 – HMI Manual de Usuario



Capítulo 2: Enlaces de Comunicación

| | |
|---|----|
| Capítulo 2: Enlaces de Comunicación | 1 |
| 1 Introducción: Comunicaciones Inalámbricas..... | 2 |
| 1.1 Sistemas de Comunicación..... | 2 |
| 1.2 Ondas Electromagnéticas (OEM)..... | 2 |
| 1.2.1 Definición y Clasificación..... | 2 |
| 1.2.2 Propagación de Señales | 3 |
| 1.3 Transmisión de OEM..... | 3 |
| 1.3.1 Pérdidas por dispersión (en el espacio libre) | 3 |
| 1.3.2 Margen de Desvanecimiento..... | 4 |
| 1.3.3 Corrección por Curvatura | 4 |
| 1.3.4 Zona de Fresnel..... | 5 |
| 1.3.5 Curvatura de la Tierra | 6 |
| 1.4 Planificación de un Radio Enlace | 6 |
| 1.5 Balance Energético | 7 |
| 1.6 Estándares de Comunicación | 8 |
| 2 Descripción y Selección del Equipamiento | 9 |
| 2.1 Necesidad..... | 9 |
| 2.2 Selección | 9 |
| 2.3 Características Generales..... | 9 |
| 2.3.1 ELPRO | 10 |
| 2.3.2 CTM..... | 12 |
| 3 Cálculo de Enlaces y Antenas..... | 14 |
| 3.1 Perfiles de los saltos que componen cada enlace, altura y ubicación de las antenas.14 | |
| 3.2 Fórmulas para determinar la altura de la antena..... | 15 |
| 3.3 Antenas: Tipo, diámetro y ganancia | 17 |
| 3.4 Balance Energético | 18 |
| 4 Programación de los Equipos..... | 20 |
| 4.1 Programación Radio ELPRO..... | 20 |
| 4.2 Programación Radio CTM | 22 |
| 5 Bibliografía..... | 23 |
| 6 Índice de tablas y figuras | 24 |



1 Introducción: Comunicaciones Inalámbricas

1.1 Sistemas de Comunicación

“El objetivo fundamental de un sistema de comunicaciones, es transferir información de un lugar a otro. Por consiguiente, se puede decir que las comunicaciones son la transmisión, recepción y procesamiento de información entre dos lugares. La fuente original de información puede estar en forma analógica (continua), como por ejemplo la voz humana o la música, o en forma digital (discreta), como por ejemplo los números codificados binariamente o los códigos alfanuméricos. Sin embargo todas las formas de información se deben convertir a energía electromagnética antes de ser propagadas a través de un sistema electrónico de comunicaciones” Tomado de [1].

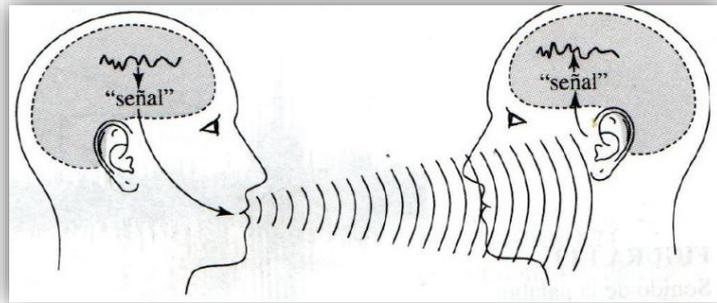


Fig. 1 Ejemplo de Comunicación

En general los elementos de un sistema de comunicación se pueden considerar como se muestra en la Fig. 2, por medio de diagramas de bloques.



Fig. 2 Esquema General de Transmisión

Fuente: Es el generador de los datos que se desea transmitir.

Transmisor: Transforma y codifica información, generando señales electromagnéticas susceptibles de ser transmitidas a través de algún sistema.

Sistema de transmisión (canal): Medio por el que viajan las señales portadoras de la información, puede ser un medio físico o no.

Receptor: Recibe la señal proveniente del sistema de transmisión y la transforma de tal manera que pueda ser manejada por el dispositivo destino.

Destino: Es quien toma los datos del receptor.

El objetivo de un sistema de comunicaciones es transferir información entre dos o más lugares, llamados estaciones. Esto se logra convirtiendo la información original en energía electromagnética, para transmitirla a continuación a una o más estaciones receptoras, donde se reconvierte a su forma original. La energía electromagnética se puede propagar en forma de voltaje o corriente, a través de un conductor o hilo metálico, o bien en forma de ondas de radio emitidas hacia el espacio libre, o como ondas luminosas a través de una fibra óptica.

1.2 Ondas Electromagnéticas (OEM)

1.2.1 Definición y Clasificación

Una OEM es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio alcanzando velocidades cercanas a 300,000 Km/s.



La radiación es la energía que viaja en ondas y que se propaga con la distancia, todas las OEM viajan a la misma velocidad que la luz en el vacío y tienen una longitud de onda (λ) y una frecuencia (f) características, que pueden determinarse utilizando la siguiente ecuación:

$$c = \lambda * f$$

Donde c es la velocidad de la luz.

Las OEM exhiben las siguientes propiedades:

- Refracción: cambio de dirección y velocidad que experimenta una onda al pasar de un medio a otro con distinto índice refractivo. Este a su vez es la relación entre la velocidad de propagación de la onda en un medio de referencia (por ejemplo el vacío para las ondas electromagnéticas) y su velocidad en el medio del que se trate.
- Reflexión: cambio de dirección o sentido de propagación por rebote de la OEM en una superficie. La reflexión puede ser especular o difusa.
- Difracción: esparcimiento de las ondas en los límites de una superficie.
- Dispersión: fenómeno que se presenta cuando la velocidad de propagación de una OEM en un medio dado depende de su frecuencia. En telecomunicaciones a menudo la fase absoluta de una OEM carece de interés, siendo sin embargo importante la propagación de pulsos (paquetes de ondas); en tal situación el interés se centra en la variación de la velocidad de grupo con la frecuencia (dispersión de grupo).

1.2.2 Propagación de Señales

“La propagación de las OEM por el espacio libre se suele llamar propagación de radiofrecuencia (RF). Aunque el espacio libre implica al vacío, con frecuencia la propagación por la atmósfera terrestre se llama propagación por el espacio libre, y se puede considerar casi siempre así. La diferencia principal es que la atmósfera de la tierra introduce pérdidas de la señal que no se encuentran en el vacío. Las OEM se propagan a través de cualquier material dieléctrico, incluyendo el aire” Tomado de [1]

El término radiofrecuencia (RF), se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 kHz y unos 300 GHz. Las OEM de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.

Las OEM de radio que viajan dentro de la atmósfera terrestre se pueden propagar de varias formas, dependiendo de la clase de sistema y el ambiente, realizan una trayectoria en línea recta, excepto cuando la curvatura de la tierra y su atmósfera influyen sobre la transmisión.

1.3 Transmisión de OEM

Al realizar un enlace con OEM se debe tener en cuenta los factores que influyen en su transmisión a través del espacio libre.

1.3.1 Pérdidas por dispersión (en el espacio libre)

Pérdidas incurridas por una onda electromagnética en línea recta a través del vacío, sin energías de absorción o reflexiones debidas a objetos cercanos, dependen de la frecuencia y la distancia, a través de la siguiente ecuación.

$$L_p = \left(\frac{4 * \pi * D}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4 * \pi * f * D}{c} \right)^2$$



L_p = Pérdida en la trayectoria por el espacio libre [adimensional]

D = Distancia [Kilómetros] f = Frecuencia [Hertz] λ = Longitud de onda [Km]

c = Velocidad de la luz en el espacio libre $3 \cdot 10^8$ [Km/s]

$$L_{P(dB)} = 92.45 dB + 20 \log(f \text{ GHz}) + 20 \log(D \text{ Km})$$

1.3.2 Margen de Desvanecimiento

Factor que se incluye como pérdida en la ecuación de ganancia del sistema, para tener en cuenta en las características no ideales y menos predecibles de la propagación de las ondas de radio, por ejemplo, la propagación por múltiples trayectorias (pérdida por múltiples trayectorias) y la sensibilidad del terreno.

Desprendido del análisis de las ecuaciones de confiabilidad de Barnett – Vignant para determinada disponibilidad anual de un sistema no protegido y sin diversidad, se obtiene la siguiente ecuación:

$$F_m = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Los términos corresponden al efecto de la trayectoria múltiple, la sensibilidad del terreno y objetivos de confiabilidad respectivamente, el factor constante se agrega como corrección de la fórmula

F_m = margen de desvanecimiento [dB] D = Distancia [Km]

f = Frecuencia [GHz] R = Confiabilidad (99,99% = 0,9999 de confiabilidad)

$1-R$ = objetivo de confiabilidad para una ruta de 400 Km en un sentido

A = Factor de aspereza (=4 sobre agua o terreno muy liso), (=1 sobre terreno promedio), (= 0,25 sobre terreno muy áspero y montañoso)

B = Factor para convertir la probabilidad del peor de los meses en probabilidad anual (=1 para convertir una disponibilidad anual a la base del peor de los meses), (=0,5 para áreas cálidas o húmedas), (=0,25 para áreas continentales promedio), (=0,125 para áreas muy secas o montañosas)

1.3.3 Corrección por Curvatura

“Cuando se diseña un radioenlace de larga distancia, es necesario tener en cuenta la orografía del terreno con el fin de identificar posibles obstáculos. Para ello se representa un perfil del radioenlace, en donde se puede apreciar fácilmente aquellos elementos que se encuentran más cercanos al haz radioeléctrico (primera zona de Fresnel) o que incluso pueden llegar a obstruirlo, provocando zonas de sombra con pérdidas de señal significativas. Resulta necesario corregir las alturas como paso previo a los cálculos de despejamiento y de pérdidas por difracción.

En un radioenlace de larga distancia el haz electromagnético se curva como consecuencia del fenómeno de refracción troposférica. Ello provoca que la trayectoria del rayo no sea rectilínea, lo que a su vez obliga a variar ligeramente el apuntado de las antenas en el plano vertical.

Resulta evidente que la curvatura de la Tierra provoca una mayor influencia de los obstáculos, hasta el punto que puede definirse un horizonte radioeléctrico por encima del cual se crea una zona de sombra.



En definitiva, ambos efectos pueden modelarse de forma conjunta aplicando una corrección sobre la curvatura terrestre, lo que se conoce como modelo de Tierra ficticia. En este último caso, el radio de la Tierra debe multiplicarse por el factor k , tal y como se representa en la siguiente figura". Tomado de [5]

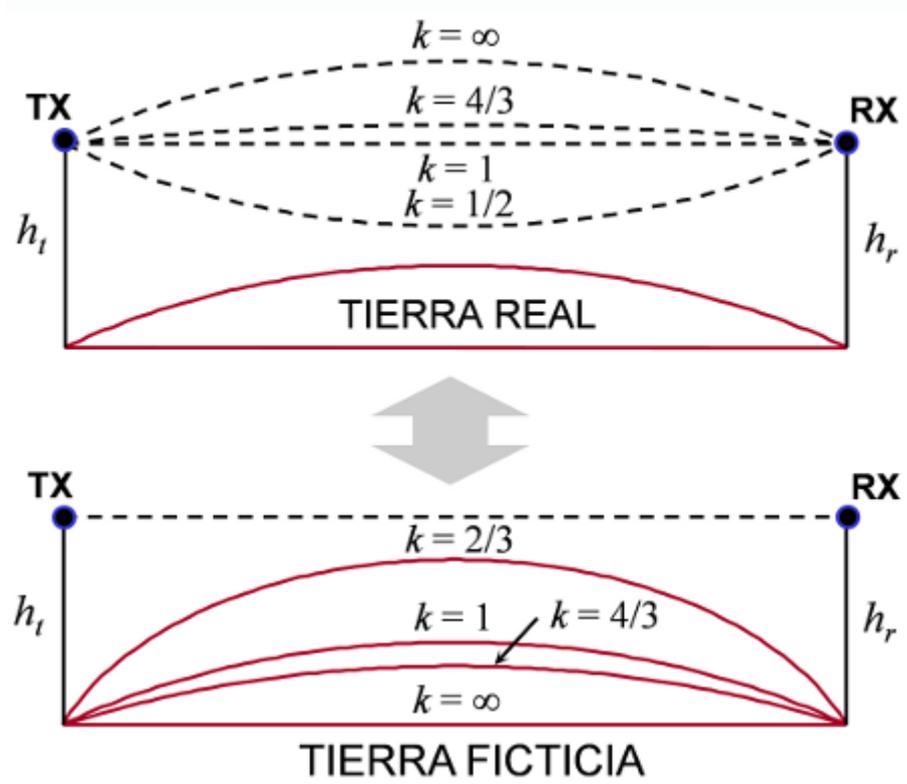


Fig. 3 Corrección por Curvatura. Tomada de [5]

Para el cálculo se emplea la siguiente fórmula

$$CC = \frac{d_1 * d_2}{2 * k * R}$$

k = Constante de Tierra ficticia (en general $4/3$, en condiciones de atmósfera estándar)

R = Radio de la Tierra (aproximadamente 6370 km)

d_1 y d_2 son las distancias del obstáculo a ambos extremos del radioenlace.

1.3.4 Zona de Fresnel

Despeje adicional entre el emisor y un receptor que se debe tener en consideración en radioenlaces punto a punto. Proviene del estudio de las OEM y se refiere a la forma de expandirse de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo, dando como resultado un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal recibida.

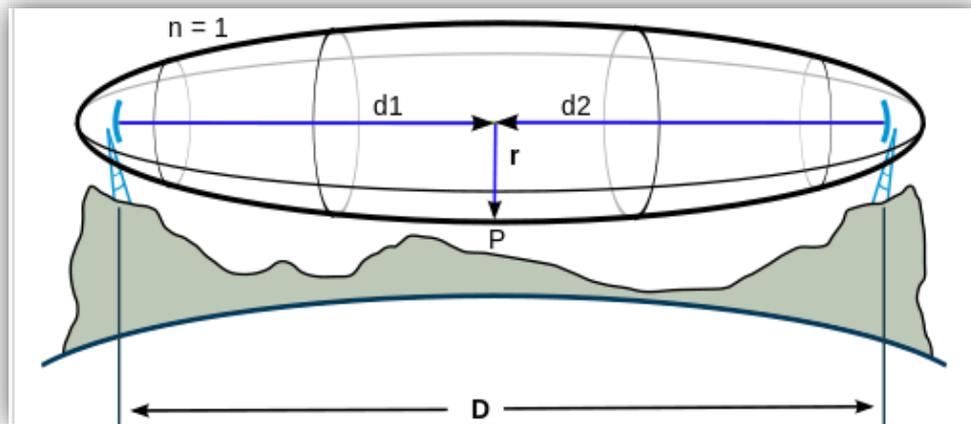


Fig. 4 Enésima Zona de Fresnel. Tomada de [1]

El radio del enésimo círculo de la zona de Fresnel es denominado R_n y está determinado por n , d_1 , d_2 .

$$R_n = \sqrt{n * \lambda * \left(\frac{d_1 * d_2}{d_1 + d_2}\right)}$$

d_1 = Distancia del transmisor al obstáculo

d_2 = Distancia del receptor al obstáculo

λ = longitud de onda

n = número que caracteriza a la elipse correspondiente

1.3.5 Curvatura de la Tierra

Problema visible en los enlaces superiores a 11 Km (7 millas). La línea de visión desaparece a los 25 Km (16 millas), es importante conocer el efecto de esta a la hora de determinar la altura a la que se instalará la antena. Puede afectar las zonas de Fresnel.

Se utiliza la siguiente fórmula para calcular la altura adicional:

$$\text{Altura añadida} = D \frac{2}{5}$$

Donde D es la distancia de la ruta, en kilómetros; la altura añadida se expresa en metros. Para tener en cuenta la obstrucción de la curvatura de la tierra, las antenas deben elevarse más que si la tierra fuera plana.

1.4 Planificación de un Radio Enlace

La planificación de un enlace inalámbrico implica la recopilación de información mediante el estudio del sitio físico y la toma de decisiones. Estas tareas de diseño del enlace son las siguientes:

- Levantar el punto de montaje de la antena.
- Construir una estructura nueva, como una torre de radio, suficientemente alta como para instalar la antena.
- Aumentar la altura de una torre existente.



- Localizar un punto de montaje diferente para la antena.
- Cortar los árboles problemáticos.

Estos son algunos de los detalles más importantes sobre la línea de visión y la zona Fresnel:

- La zona despejada necesaria se denomina zona Fresnel, que es una elipse imaginaria que rodea la ruta lineal entre las antenas, varía en función de la longitud de onda de la señal y de su frecuencia, como ya se detalló en el punto precedente.
- Las antenas tienen que ser suficientemente altas para que la primera zona de Fresnel franquee montañas, la curvatura de la tierra, edificios y árboles.

Las siguientes herramientas pueden ser útiles para conseguir una alineación precisa de las antenas:

- Globo atado a una cuerda: La cuerda debe marcarse a intervalos regulares (p. ej. cada 3 metros) a fin de poder establecerse una altura. Este valor ayudará a determinar la altura global de la torre o mástil necesario.
- Binoculares o Telescopio. Necesarios para los enlaces más distantes.
- Sistema de posicionamiento global (GPS). Para los enlaces de radio muy distantes, esta herramienta permite al instalador apuntar las antenas en la dirección correcta.
- Luz estroboscópica: se puede utilizar una luz estroboscópica de noche para determinar hacia dónde alinear la antena y estimar su altura.

1.5 Balance Energético

“Además de la elección de los equipos de radio y de sus parámetros de funcionamiento, los factores más importantes que determinan las prestaciones de un radioenlace son la buena localización de las antenas, la correcta planificación del enlace radioeléctrico y la elección de un canal libre de interferencias. Sólo con una buena planificación del radioenlace los operadores pueden controlar los efectos de los desvanecimientos de la señal, las interferencias y alcanzar una alta disponibilidad en su sistema.

La planificación del radioenlace comienza con el cálculo del balance de potencias. Para ello se deben conocer la banda de frecuencias, las características climáticas de la zona y las especificaciones técnicas de los equipos de radio: potencia del transmisor, ganancias de las antenas, distancia, sensibilidad del receptor, requisito de disponibilidad, etc. Este cálculo del balance de potencias del sistema constituye una primera estimación teórica que puede corroborarse posteriormente con la utilización de aplicaciones informáticas de simulación de radioenlaces” Tomado de [4]

$$ME = P_{TX} - PCT + Ga_{TX} - L_p + Ga_{RX} - PCR + SR - Fm$$

Donde

- P_{TX} = Potencia del Transmisor [dBm]
- PCT = Pérdidas en el Cable TX [dB]
- Ga_{TX} = Ganancia de Antena TX [dBi]
- L_p = Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre [dB]
- Ga_{RX} = Ganancia de Antena RX [dBi]
- PCR = Pérdidas en el Cable RX [dB]
- ME = Margen de enlace [dB]
- SR = Sensibilidad del Receptor [dB]



- F_m = Margen de Desvanecimiento

Un valor resultante entre 4 y 6 dB presenta una calidad moderada de las prestaciones del enlace, idealmente se necesita obtener un resultado superior a 10 dB.

1.6 Estándares de Comunicación

El estándar elegido para la realización del proyecto fueron las recomendaciones del UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

“La UIT es el organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

Se creó para controlar la interconexión internacional de estos sistemas de telecomunicación pioneros. La UIT ha hecho posible, desde entonces, el desarrollo del teléfono, de las comunicaciones por radio, de la radiodifusión por satélite y de la televisión y, más recientemente, la popularidad de las computadoras personales y el nacimiento de la era electrónica. La organización se convirtió en un organismo especializado de la ONU en 1947. Posteriormente, desde 1998 hasta 2003, absorbió a varias organizaciones internacionales responsables del desarrollo tecnológico, tales como la “Asociación de la Tecnología Informática de América” (ITAA) y el “Consejo Internacional para la Administración Tecnológica” (IBTA).

En general, la normativa generada por la UIT está contenida en un amplio conjunto de documentos denominados “Recomendaciones”, agrupados por “Series”. Cada serie está compuesta por las recomendaciones correspondientes a un mismo tema, por ejemplo: Tarificación, Mantenimiento, etcétera. Aunque en las recomendaciones nunca se “ordena”, solo se “recomienda”, su contenido es considerado como mandatorio por las administraciones y empresas operadoras a nivel de relaciones internacionales” Tomado de [7].

La sección aplicada es la **F.1567 (05/02)** disposición de radiocanales para los sistemas inalámbricos fijos digitales que funcionan en la banda de frecuencias 406,1-450 MHz 8pp E F S. Tomado de [8]



2 Descripción y Selección del Equipamiento

2.1 Necesidad

Se analiza a continuación el equipamiento que cubra las necesidades de comunicación existentes en el proyecto, para ello se realiza un relevamiento del terreno y las distancias existentes entre los puntos a ser interconectados, este estudio arrojó que todos los nodos que intervienen en el sistema se encuentran en línea de visión directa, lo que posibilita un amplio rango de equipos con las prestaciones necesarias para cubrir las expectativas.

“Para frecuencias o canales ubicados entre los 30 MHz y 1000 MHz, la asignación dependerá de la congestión de la banda de frecuencia en la zona geográfica o coordinada en torno a las cuales se realiza el estudio y del tipo de sistema o servicio radioeléctrico a instalar.

De esta forma toda asignación de canales está sujeta al estudio de compatibilidad electromagnética con sistemas o servicios autorizados en la zona en que se realiza el análisis, y dado que en estas bandas de frecuencias (VHF – UHF) predomina el modo de propagación por onda espacial (troposférica) dicho análisis se realiza en áreas de no más de 200 km. de radio.

En todos los casos, los equipos a emplear deberán estar inscriptos en los registros específicos de Enacom”. Tomado de [6]

2.2 Selección

Teniendo realizado el análisis de necesidad y posibles soluciones, se procede a la selección de los equipos de radios, la cual se hizo en base a dos limitantes presentados previo al proyecto, ya que el estudio del área de implementación permite ciertas flexibilidades:

- Los equipos disponibles en la empresa al momento de realizar el proyecto, con lo que se adaptaron los elementos existentes para cumplir con las especificaciones necesarias en el trabajo.
- El manejo del protocolo de comunicaciones MODBUS con el que se solicitó realizar el trabajo debido a que los demás elementos utilizados se intercomunican a través de este protocolo (controlador Zelio, variador de frecuencia ABB, radioenlace ADAMS y pantalla HMI)

2.3 Características Generales

A continuación se muestran y comparan las características principales de los radios existentes para los enlaces

| Características | CTM ADC 802 | ELPRO 905U-D |
|--------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Alimentación | Bornera / Plug In 5 VCC | 10 – 30 VCC |
| Consumo | 60 mA | 70 mA |
| Alcance | 3000 m | 32000 m |
| Buffer de Datos | 256 Bytes | 256 Bytes |
| Conexión para Antena | SMA Hembra | SMA Hembra |
| Impedancia Antena | 50 ohm | 50 ohm |
| Interfaz Comunicación | RS232 / RS 485 / UART TTL | RS232 / RS 485 |
| Conexión Comunicación | DB9 / Bornera | DB9 Hembra |
| Frecuencia | 418 a 455 MHz | 902 – 928 MHz |
| BaudRate | 2400 a 19200 bps | 1200 a 115000 bps |
| Potencia | 0 – 9 (10 = 500 mW) | 1 W |
| Software | RF MAGIC V4.2 | ELPRO 905U-D Configuration |
| Radio/Modem | NO | SI |
| Sensibilidad de Receptor | -80dBm | -106 dBm |

Tabla1 Radio CTM vs Radio ELPRO



Teniendo en cuenta las prestaciones de los radios disponibles, se determina el uso de cada uno, debido a que presentan diferencias apreciables.

Debido a que el máximo alcance de los radios CTM es de 3 Km, se utiliza para realizar distribuciones tipo estrella en lugares que cuenten con puntos de conexión que no superen esa distancia límite.

Los radios ELPRO son utilizados para llevar a cabo los enlaces de mayor distancia, estos son utilizados como enlace punto a punto para retransmitir la señal generada en la sala de control y es dirigida a los puntos más alejados.

Debido a que ambos equipos soportan el protocolo MODBUS, la combinación entre ambas tecnologías puede realizarse directamente realizando el conexionado entre los terminales de comunicación de cada uno de los equipos.

2.3.1 ELPRO

El Módem ELPRO 905U-D es un transceptor serie capaz de realizar comunicaciones de largo alcance para 32 km (20 millas). Funciona a 900 MHz y hasta 1W de potencia.

Proporciona alta velocidad RS-232 y RS-485 con conectividad de hasta 115 kbps, lo que proporciona una comunicación serie inalámbrica bidireccional robusta y segura comunicaciones en entornos difíciles típicos de la industria para seguimiento y control de aplicaciones. Tomado de [3]

Tiene integrado la corrección de errores hacia adelante y maximiza la tasa de error de bits, proporcionando mayor seguridad de transmisión con DTR-controlado configurable en modo bajo consumo.

El puerto serie es un DB9 hembra y proporcionado para la conexión a otro dispositivo, así como una terminal de PC para la configuración, pruebas de campo y para las pruebas de fábrica. Este puerto se comparte internamente con el RS485. La comunicación es por medio de señales RS232 estándar. El radio está configurado como equipo DCE con el pinout como se detalla a continuación.

1. Conector DB9
2. Bornera de alimentación
3. Indicadores de Funcionamiento



Tabla 2 Radio ELPRO. Tomada de [3]

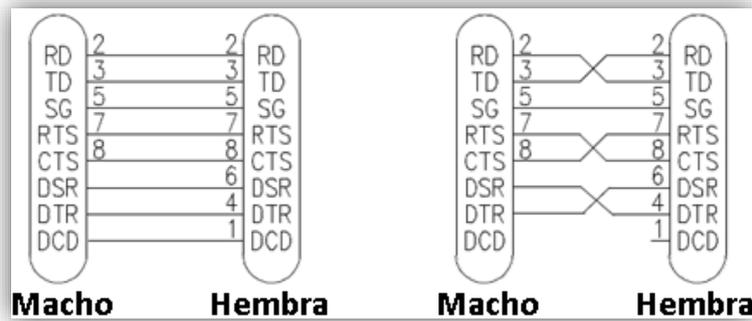


Fig. 5 Pines del Conector DB9. Tomada de [3]

| PIN | Nombre | Función |
|-----|--------|---|
| 1 | DCD | Datos a detectar <ul style="list-style-type: none"> • Cuando el vínculo se establece en modo controlado. • Siempre en modo transparente |
| 2 | RD | Salida de datos Serie |
| 3 | TD | Entrada de datos Serie |
| 4 | DTR | Terminal de datos preparado <ul style="list-style-type: none"> • Se puede configurar para iniciar el modo de baja potencia • Forzar una desconexión de enlace |
| 5 | SG | GND |
| 6 | DSR | Conjunto de datos preparado. Siempre es alta cuando la unidad está encendida. |
| 7 | RTS | Solicitud de envío. Control de flujo por hardware configurable |
| 8 | CTS | Listo para enviar. Control de flujo por hardware configurable |
| 9 | RI | Indicador de llamada. Indica otro módulo está intentando conectarse en modo controlado. |

Tabla 3 Descripción de Pines DB9

Cuando se conecta inicialmente el módulo, este lleva a cabo el diagnóstico interno para comprobar sus funciones. La siguiente tabla detalla el estado de los LED que indican en el panel frontal en condiciones normales de funcionamiento.

| Indicador | Condición | Indicación |
|-----------|------------------|--|
| OK | On | Operación Normal |
| Radio RX | Verde (Destello) | Recibiendo |
| | Rojo (Destello) | Señal Baja |
| Radio TX | Parpadeo | Transmitiendo |
| RX Serial | Verde (Destello) | Recepción Puerto Serie |
| | Rojo (Destello) | CTS baja |
| TX Serial | Verde (Destello) | Transmisión Puerto Serie |
| DCD | On | Modo Transparente. Siempre encendido. Modo controlado. Cuando se establece enlace de comunicaciones |
| | Off | Fallo en la Comunicación |

Tabla 4 Indicadores de Funcionamiento



2.3.2 CTM

El equipo de comunicación AD-802 tiene como objetivo la realización de enlaces inalámbricos de forma simple y automática para cualquier equipo industrial o comercial que posea interfaz RS232 o RS485. Además, el equipo cuenta con una entrada especial de comunicación UART TTL por bornera de tal forma de poder adaptar la placa a sistemas embebidos con micro controladores. Tomado de [2]

Para la conexión de datos cuenta con un conector DB9 y también por bornera. La alimentación del equipo es de 5Vcc por conector Plug y bornera.

El radio CTM cuenta con el siguiente layout, de los cuales se describen brevemente los más importantes

1. Bornera de conexión
2. Plug de alimentación
3. Jumper de configuración
4. Conector DB9 de comunicación
5. Módulo transceptor de RF
6. Conector SMA macho para antena

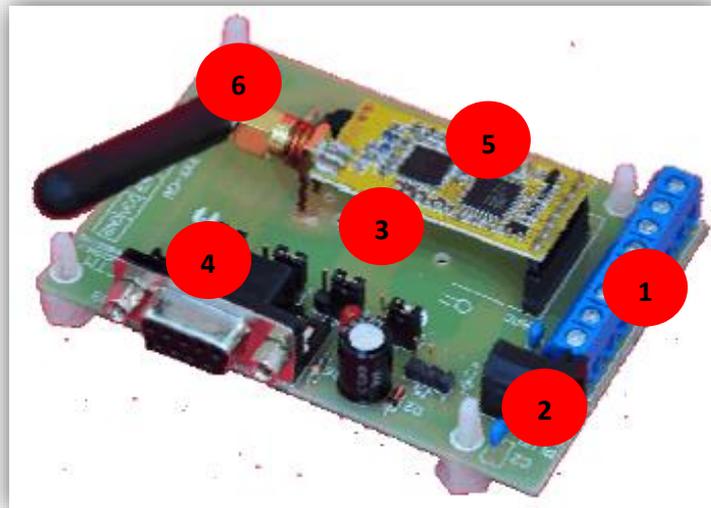


Fig. 6 Radio CTM. Tomada de [2]

Bornera

Las conexiones posibles a través de la bornera se muestran en la Tabla 5

| Borne | AD-802 |
|-------|---|
| 1 | Set: Pin que permite la programación ON LINE del dispositivo |
| 2 | A/TX: +RS485 / OUT RS232 (Según la interfaz utilizada) |
| 3 | B/RX: -RS485 / IN RS232 (Según la interfaz utilizada) |
| 4 | TX: OUT UART TTL |
| 5 | RX: IN UART TTL |
| 6 | EN: Pin de Habilitación, 0V bajo consumo, 5V normal |
| 7 | VCC: Alimentación (5 Volt) |
| 8 | GND: Tierra del Equipo |

Tabla 5 Bornera Radio CTM



Jumper de configuración

El equipo presenta tres modos de funcionamiento

1. Normal: Listo para recibir y transmitir datos.
2. Test: Retransmite los datos recibidos por el software “CTM ADTEST”
3. Prog. DB9: Toma los datos de configuración desde el conector DB9

| Modo | Jumper | Estado |
|--------------|----------------|--------|
| Normal | J1-J2-J3-J4-J5 | 1-2 |
| Test | J1-J3 | NC |
| | J2-J4-J5 | 1-2 |
| Programación | J1-J2-J3-J4-J5 | 2-3 |

Tabla 6 Configuración del Radio a través de los Jumper

Conector DB9 de comunicación

Este conector es utilizado para las interfaces RS232 o RS485, no pueden enviarse señales UART TLL a través del conector DB9.

En la siguiente tabla se puede observar la distribución de pines del conector DB9:

| PIN DB9 | Función |
|---------|---|
| 1 | NC |
| 2 | A/TX: +RS485 / OUT RS232 (Según interfaz utilizada) |
| 3 | B/RX: -RS485 / IN RS232 (Según interfaz utilizada) |
| 4 | NC |
| 5 | GND |
| 6 | NC |
| 7 | NC |
| 8 | NC |
| 9 | NC |

Tabla 7 Conector DB9



3 Cálculo de Enlaces y Antenas

3.1 Perfiles de los saltos que componen cada enlace, altura y ubicación de las antenas

En algunos de los puntos de interés se tomó la decisión de realizar un salto debido a que el paisaje urbano interrumpe la visión directa entre la central de control y los puntos a control, pero no fue necesario realizar elevación debido al terreno, como se ve en los perfiles de elevación obtenidos de la aplicación Google Earth.

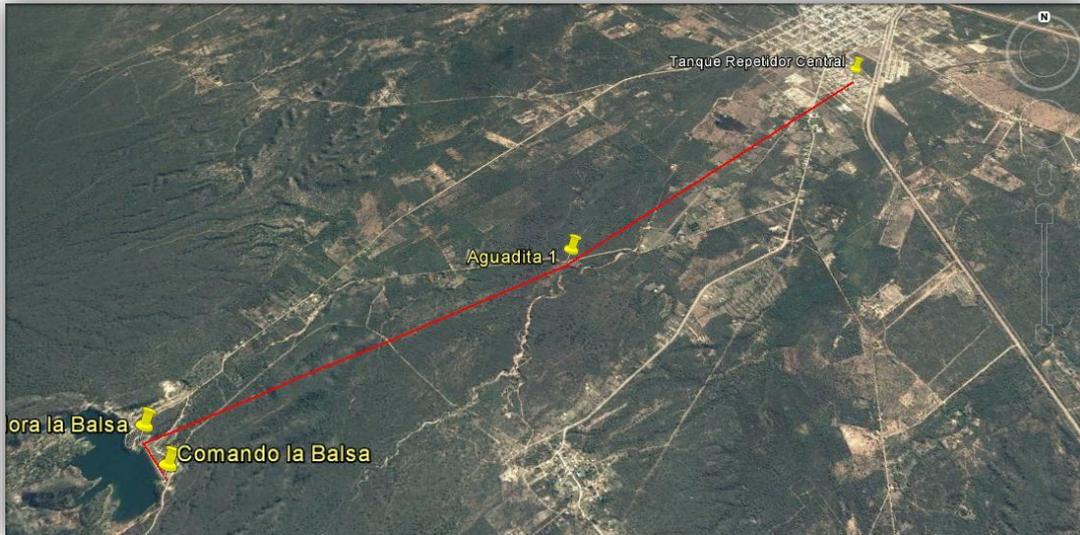


Fig. 7 Tramos de Enlaces entre La Balsa y El Tanque Repetidor



Fig. 8 perfil de Elevación: Tramo Tanque / Aguadita 1



Fig. 9 Perfil de Elevación: Tramo Aguadita 1 / Repetidor Balsa



Fig. 10 Perfil de Elevación: Tramo Repetidor Balsa / Balsa

| Referencia | Observación | Altura [m] | Distancia del Punto Anterior | Diferencia de Altura [m] |
|------------|-----------------------------|------------|------------------------------|--------------------------|
| 1 | Tranque Repetidor Central | 484 | 0 | 0 |
| 2-3 | Aguadita 1 | 522 | 3,92 | 38 |
| 4-5 | Repetidor Balsa | 596 | 3,33 | 74 |
| 6 | Elevación Balsa y Repetidor | 599 | 0,22 | 3 |
| 7 | Balsa | 594 | 384 (al repetidor) | 2 |

Tabla 8 Perfiles de Elevación

El punto de elevación entre la balsa y el repetidor es de una altura despreciable para el enlace, siendo limitante solamente en que las antenas superen una pequeña altura para obtener una línea de visión directa, por lo tanto no se considera para el cálculo.

3.2 Fórmulas para determinar la altura de la antena

Se aplican las fórmulas desarrolladas en la sección 1.3

Corrección de Curvatura

$$cc = \frac{d_1 * d_2}{2 * K * R} \rightarrow Cte: 2 * K * R = 17013333,33$$

Altura corregida con curvatura

$$Acc = h + cc \rightarrow h = altura$$

Altura corregida por naturaleza

$$Acn = Acc + 5$$

Rayo directo

$$Rd = (m * d) + x1 \rightarrow m = \frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1}$$



Zona de Fresnel

$$Rf = \sqrt{\frac{\lambda * d * (X_1 - d)}{X1}}$$

Altura a Librar

$$Al = Rd - (1 * Rf) \rightarrow 1 = 100\%$$

Altura mínima de la antena

$$Am = Acn - Al$$

| Altura Final X1 [m] | Altura Inicial X2 [m] | Distancia Total Y1 [m] | Distancia Mínima Y2 [m] | Constante 2*K*R | Pendiente m [m] | Corrección Naturalidad [m] | Frecuencia [MHz] |
|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|------------------|
| Tanque Repetidor / Aguadita 1 | | | | | | | |
| 484 | 522 | 3920 | 0 | 17013333,33 | 0,0096 | 0,9 | 950 |
| Aguadita 1 / Repetidor Balsa | | | | | | | |
| 522 | 596 | 3330 | 0 | 17013333,33 | 0,022 | 0,65 | 950 |
| Repetidor Balsa / Balsa | | | | | | | |
| 596 | 594 | 384 | 0 | 17013333,33 | 0,005 | 0,0083 | 434 |

Tabla 9 Parámetros de los Puntos de Enlace

| Altura [m] X | Distancia [m] Y | CC | Acc [m] | Acn [m] | Rayo Directo [m] | Radio Fresnel [m] | Altura a Librar [m] | Altura mínima de la Antena [m] | Ubicación |
|--------------|-----------------|------|---------|---------|------------------|-------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|
| 484 | 0 | 0 | 484 | 487 | 484 | 0 | 484 | 5 | Repetidor Central |
| 522 | 3920 | 0,9 | 522,9 | 527,9 | 522,9 | 0 | 522,9 | 5 | Aguadita 1 |
| 596 | 3330 | 0,65 | 596,65 | 601,65 | 596,65 | 0 | 596,65 | 5 | Rep. Balsa |
| 594 | 384 | <<1 | 594 | 599 | 594 | 0 | 594 | 5 | Balsa |

Tabla 10 Altura de Antenas

En las Tabla 9 y Tabla 10 se muestran los resultados de los cálculos realizados para calcular la zona de Fresnel en el enlace con mayor distancia, en la columna "Altura mínima de la antena" se muestra la información más importante ya que es allí donde se puede observar la altura a la que se podrán colocar las antenas para realizar un radio enlace efectivo, pero se tuvo también en cuenta un factor que pueda "anticipar" los posibles cambios en los alrededores de los lugares donde se ubican las antenas.



El resto de los cálculos no se presenta en la sección debido a ser similar al realizado, por consiguiente se muestra en la tabla las alturas de la antena y la frecuencia a la cual trabajará.

3.3 Antenas: Tipo, diámetro y ganancia

Las antenas necesarias para que sean viables los enlaces son antenas Yagi (pequeñas con su respectiva variante de elementos para mejorar la directividad), omnidireccionales y las que son las que vienen incluidas con los radios.

A continuación se muestra en la Fig. 11 y Tabla 11 los puntos de enlaces y las antenas utilizadas a para cada uno de ellos, en tabla también se presenta una columna con las alturas necesarias de las antenas, calculadas en el apartado anterior.

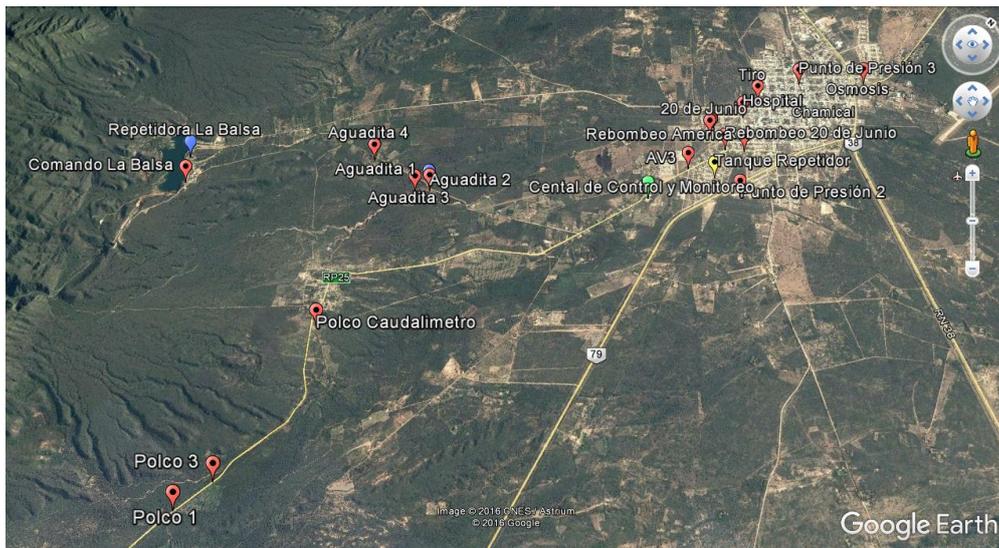


Fig. 11 Puntos de Enlaces

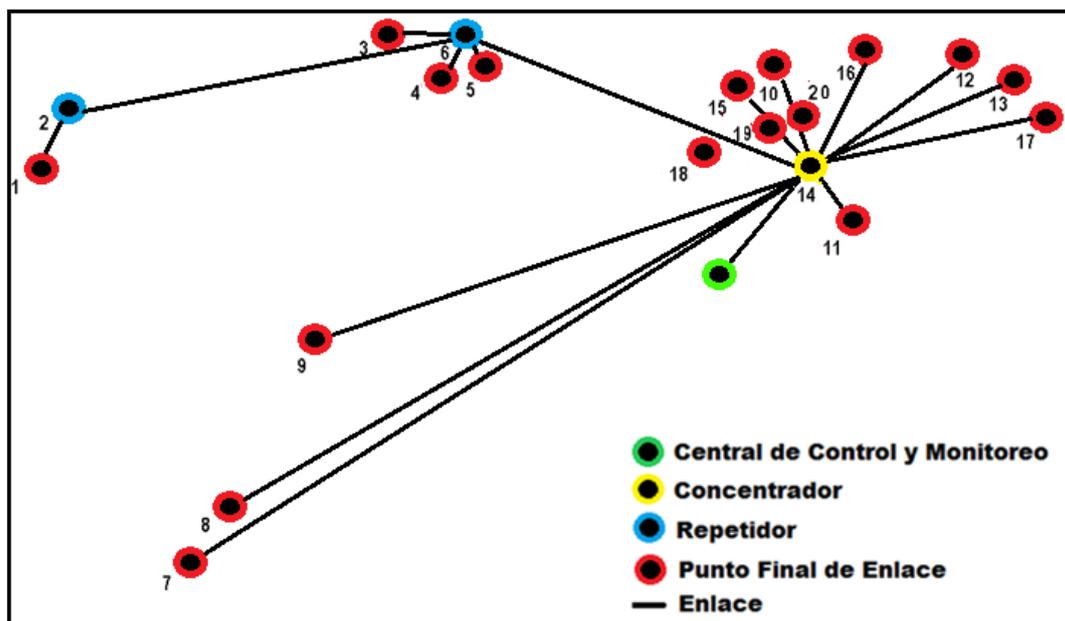


Fig. 12 Configuración Topológica de la Red (referencias en Tabla 11)



| Lugar | # | Tipo de Antena | Altura [m] |
|-----------------|----|---|------------|
| Balsa | 1 | Yagi 3 el. 450 MHz o Antena Pequeña | 6 |
| Rep. Balsa | 2 | Yagi 7 el. 950 MHz, | 6 |
| Aguadita 1 | 3 | Omnidireccional 950 MHz. 8,5 dBi | 10 |
| Aguadita 2 | 4 | Yagi 3 el. 450 MHz o Antena Pequeña | 6 |
| Aguadita 3 | 5 | Yagi 3 el. 450 MHz o Antena Pequeña | 6 |
| Aguadita 4 | 6 | Yagi 3 el. 450 MHz. | 6 |
| Polco 1 | 7 | Antena Pequeña | 6 |
| Polco 3 | 8 | Antena Pequeña o Yagi 3 el. 450 MHz. + Yagi 14 el. 950 MHz. | 10 |
| Polco Q | 9 | Yagi 7 el. 950 MHz. | 6 |
| Pto. Presión 1 | 10 | Yagi 3 el. 450 MHz. | 4 |
| Pto. Presión 2 | 11 | Yagi 3 el. 450 MHz. | 4 |
| Pto. Presión 3 | 12 | Yagi 3 el. 450 MHz. | 4 |
| Planta | 13 | Omnidireccional Blanca 950 MHz. | 10 |
| Tanque | 14 | Omnidireccional 950 MHz. 8,5 dBi | 20 |
| 20 de Junio | 15 | Yagi 3 el. 450 MHz. | 6 |
| Hospital | 16 | Yagi 3 el. 450 Mhz. | 6 |
| Osmosis | 17 | Yagi 3 el. 950Mhz. + Omn 450 Mhz. | 10 |
| AV3 | 18 | Yagi 3 el. 450 Mhz. | 6 |
| Rb. 20 de Junio | 19 | Omn Negra 950 Mhz. + Omn 450 Mhz. | 10 |
| Rb. América | 20 | Omn Negra 950 Mhz. + Omn 450 Mhz. | 10 |

Tabla 11 Tipos de Antenas y Altura

3.4 Balance Energético

En esta sección se calcula el margen de enlace para la comunicación entre “Tanque Repetidor” y “Aguadita 1” aplicando la expresión presentada en la sección 1.5

- $P_{TX} = 100 \text{ mW} = 20[\text{dBm}]$
- $PCT = 3 [\text{dB}]$
- $G_{aTX} = 8,5 [\text{dBi}]$
- L_p Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre [dB]



$$f = 0,928\text{GHz} \quad D = 3,920 \text{ km}$$

$$L_{P(dB)} = 92.45 \text{ dB} + 20 \log(0,928) + 20 \log(3,920)$$

$$L_{P(dB)} = 103,7 \text{ dB}$$

- $G_{a_{RX}} = 8,5$ [dBi]
- $PCR = 3$ [dB]
- $SR = -106$ [dBm]
- Margen de Desvanecimiento

$$R = 0,9999 \quad A = 1 \quad B = 0,125$$

$$F_m = 30 \log(3,920) + 10 \log(6 * 1 * 0,125 * 0,928 \text{ GHz}) - 10 \log(1 - 0,9999) - 70$$

$$F_m = -13,77 \text{ dB}$$

$$ME = P_{TX} - PCT + G_{a_{TX}} - L_P + G_{a_{RX}} - PCR + SR$$

$$ME = 20 \text{ dBm} - 3 \text{ dB} + 8,5 \text{ dBi} - 103,7 \text{ dB} + 8,5 \text{ dBi} - 3 \text{ dB} + 106 \text{ dBm} + 13,77$$

$$ME = 47.07 \text{ dB}$$

Con los datos arrojados se puede ver que el Margen de Enlace brinda seguridad para la comunicación y prestaciones necesarias.



4 Programación de los Equipos

A continuación se muestran los elementos necesarios y los programas empleados para realizar la programación de cada uno de los equipos de radio.

En ambos la conexión a la PC se realiza a través del conector DB9, por lo que es necesario utilizar el conversor mostrado en la Fig. 13



Fig. 13 Conector DB9 / USB

En ambos casos la conexión selecciona automáticamente el Puerto COM de la PC programadora y realiza el vínculo para la configuración de los equipos de radio.

4.1 Programación Radio ELPRO

El programa utilizado para la programación del Radio es el brindado por la empresa fabricante para dicho fin, y se muestra en la Fig. 14

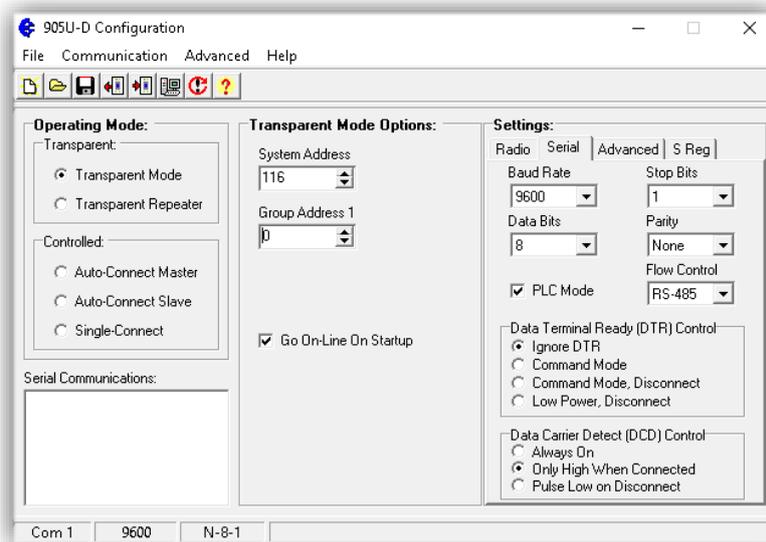


Fig. 14 Pantalla de Programación: Radios ELPRO. Tomada de [3]

La programación de los radios ELPRO es visual, cargando manualmente los valores necesarios de conexión en los lugares asignados para ello.

Antes de iniciar la configuración, se deben definir determinados parámetros. Los principales son:



- Cargar direcciones de grupo y de la unidad.
 - Seleccionar tipo de Dato de los dispositivos host conectados. El más común es de 8 bits de datos, sin paridad, 1 bit de inicio y 1 bit de parada.
 - Velocidad de datos Serie.
 - Velocidad de Datos RF.
-
- Modo de funcionamiento: Existen tres tipos
 1. *Modo Transparente: en este modo, los mensajes de radio se transmiten sin direccionamiento de la unidad. Las unidades no proporcionan funciones de enlace para controlar el flujo de datos. Cada unidad que reciba el mensaje de radio, y tenga las direcciones correctas del sistema y del grupo, emitirá los datos. El funcionamiento en modo transparente es efectivamente un sistema de difusión.*
 2. *Modo Repetidor: En este modo, el módulo funcionará como un módulo de modo transparente normal, además de que también retransmitirá los mensajes de radio que reciba. Sin embargo, cambiará la dirección de grupo en el mensaje retransmitido. El repetidor de modo transparente está configurado con dos direcciones de grupo. Cuando reciba un mensaje de radio con una de estas direcciones de grupo, volverá a transmitir el mensaje utilizando la dirección de otro grupo (suponiendo que la dirección del sistema es correcta).*
 3. *Modo Controlado: En modo controlado, los datos sólo se transfieren entre dos módulos (enlace punto a punto). Uno de los módulos está configurado como unidad "maestra" y la otra como "esclava". También puede haber hasta cinco repetidores intermedios en el enlace. Cada unidad 905U-D está configurada con una dirección de unidad. Sólo la unidad con una dirección que coincida con la dirección de destino del mensaje de radio procesará el mensaje y emitirá los datos en serie. Tomado de [3]*

Los demás parámetros de configuración no necesitan ser seleccionados, y se proporcionan como un medio de "ajuste fino" de la operación de las unidades 905U-D.

La configuración puede lograrse mediante tres métodos diferentes:

1. Utilizando un programa de configuración de Windows se ejecuta en un PC. Esta es la forma más común de la configuración.
2. Utilizando comandos Hayes AT. Este método se puede realizar manualmente por el usuario de un terminal de PC, o puede llevarse a cabo automáticamente por el dispositivo host.
3. Utilizando los cuatro interruptores DIP situados en la placa de extremo del módulo. Estos controles se utilizan normalmente como una forma rápida para tratar otros modos de configuración o velocidades de datos.



4.2 Programación Radio CTM

El programa utilizado para la programación del Radio es el brindado por la empresa fabricante para dicho fin, y se muestra en Fig. 15

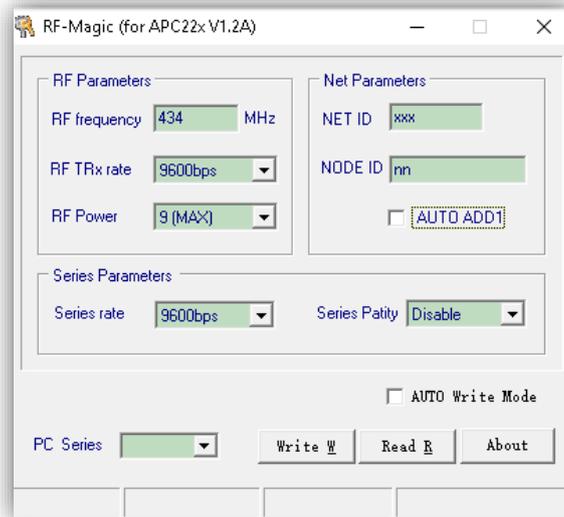


Fig. 15 Pantalla de Programación Radios CTM. Tomada de [2]

En este programador (Fig. 15) se puede cargar manualmente el valor de cada uno de los parámetros de transmisión, como son la frecuencia, el retardo deseado del transmisor, la potencia de transmisión, la velocidad de transferencia de los datos, el tipo de paridad a utilizar a través del protocolo de comunicación seleccionados. Estos parámetros son escritos directamente, cuando el equipo se encuentre conectado a la PC.

Para la programación de los radios, primero se realiza una configuración física para que estos permitan ingresar al modo de carga de parámetros, la cual se realiza colocando los jumper entre los pines 2 y 3, posterior a la programación se deben colocar en modo transmisión, que se puentean los pines 1 y 2, que se muestran en la Fig. 6.



5 Bibliografía

- [1] TOMASI, (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Phoenix, Arizona: Prentice Hall, Disponible en internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace:<https://hellsingge.files.wordpress.com/2014/08/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicion.pdf>
- [2] CTM Electrónica. AD-802 Manual de Programación e Instalación V1.1. Disponible en internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace:http://www.ctmelectronica.com.ar/documents/Descargables/ADXXX_V1_1.pdf
- [3] ELPRO Technologies Pty Ltd. User Manual 905U-D Radio Modem. Billabong Street, Australia. Disponible en internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace:<http://xceltra.com/wp-content/uploads/2015/08/manual3.pdf>
- [4] Francisco Ramos. (2012). Cálculo y diseño de radioenlaces: Radioenlaces.es. Disponible en internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace:<http://www.radioenlaces.es/articulos/balance-de-potencias-de-un-radioenlace/>
- [5] Francisco Ramos. (2011). Corrección de altura de los obstáculos: Radioenlaces.es. Disponible en internet, fecha de acceso: 03/11/2016, enlace:<http://www.radioenlaces.es/articulos/correccion-de-la-altura-de-los-obstaculos/>
- [6] ENACOM. (2011). Generalidades Sobre la Asignación de Frecuencias: enacom.gob.ar. Disponible en internet, fecha de acceso: 04/11/2016, enlace:https://www.enacom.gob.ar/generalidades-sobre-las-asignaciones-de-frecuencia_p548
- [7] Wikipedia. (2016). Unión Internacional de Telecomunicaciones: wikipedia.org. Disponible en internet, fecha de acceso: 05/11/2016, enlace:https://es.wikipedia.org/wiki/Unión_Internacional_de_Telecomunicaciones
- [8] UIT - R. (2009). Recomendación UIT-R F.1567: ITU.Ginebra Suiza. Disponible en internet, fecha de acceso: 05/11/2016, enlace:https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.1567-0-200205-!!!PDF-S.pdf



6 Índice de tablas y figuras

| | |
|--|----|
| Tabla1 Radio CTM vs Radio ELPRO | 9 |
| Tabla 2 Radio ELPRO. Tomada de [3] | 10 |
| Tabla 3 Descripción de Pines DB9..... | 11 |
| Tabla 4 Indicadores de Funcionamiento | 11 |
| Tabla 5 Bornera Radio CTM..... | 12 |
| Tabla 6 Configuración del Radio a través de los Jumper..... | 13 |
| Tabla 7 Conector DB9..... | 13 |
| Tabla 8 Perfiles de Elevación | 15 |
| Tabla 9 Parámetros de los Puntos de Enlace..... | 16 |
| Tabla 10 Altura de Antenas | 16 |
| Tabla 11 Tipos de Antenas y Altura | 18 |
| | |
| Fig. 1 Ejemplo de Comunicación..... | 2 |
| Fig. 2 Esquema General de Transmisión | 2 |
| Fig. 3 Corrección por Curvatura. Tomada de [5] | 5 |
| Fig. 4 Enésima Zona de Fresnel. Tomada de [1] | 6 |
| Fig. 5 Pines del Conector DB9. Tomada de [3] | 11 |
| Fig. 6 Radio CTM. Tomada de [2]..... | 12 |
| Fig. 7 Tramos de Enlaces entre La Balsa y El Tanque Repetidor..... | 14 |
| Fig. 8 perfil de Elevación: Tramo Tanque / Aguadita 1 | 14 |
| Fig. 9 Perfil de Elevación: Tramo Aguadita 1 / Repetidor Balsa | 14 |
| Fig. 10 Perfil de Elevación: Tramo Repetidor Balsa / Balsa | 15 |
| Fig. 11 Puntos de Enlaces | 17 |
| Fig. 12 Configuración Topológica de la Red (referencias en Tabla 11) | 17 |
| Fig. 13 Conector DB9 / USB | 20 |
| Fig. 14 Pantalla de Programación: Radios ELPRO. Tomada de [3]..... | 20 |
| Fig. 15 Pantalla de Programación Radios CTM. Tomada de [2]..... | 22 |



Capítulo 3: HMI

| | |
|--|----|
| Capítulo 3: HMI | 1 |
| 1 Introducción: Interfaz de Control | 3 |
| 1.1 Pantallas HMI..... | 3 |
| 2 Selección del Equipo | 5 |
| 2.1 Especificaciones de la HMI | 5 |
| 2.1.1 Monitor | 5 |
| 2.1.2 Panel táctil..... | 5 |
| 2.1.3 Memoria..... | 5 |
| 2.1.4 Procesador..... | 5 |
| 2.1.5 Puertos I/O | 5 |
| 2.1.6 Potencia..... | 5 |
| 2.1.7 Carcasa | 6 |
| 2.1.8 Ambiente..... | 6 |
| 2.1.9 Certificación..... | 6 |
| 2.1.10 Programación | 6 |
| 3 Programación | 9 |
| 3.1 Software utilizado..... | 9 |
| 3.2 Proceso de Programación | 10 |
| 3.2.1 Crear Nuevo proyecto..... | 10 |
| 3.2.2 Vinculo de Equipo con la HMI | 10 |
| 3.2.3 Creación de ventanas..... | 12 |
| 3.2.4 Programación de botones comando | 12 |
| 3.2.5 Programación de Tecla Función | 13 |
| 3.2.6 Reloj Indicador..... | 14 |
| 3.2.7 Objeto Visor Numérico | 16 |
| 3.2.8 Seguridad..... | 18 |
| 3.2.9 Compilar y Guardar..... | 19 |
| 3.2.10 Simulación en Línea o Fuera de Línea..... | 20 |



| | | |
|--------|---|----|
| 3.2.11 | Instalar Programa en HMI a través de USB/SD | 20 |
| 4 | Diagrama de Funcionamiento | 23 |
| 5 | Bibliografía..... | 27 |
| 6 | Índice de Tablas y Figuras..... | 28 |



1 Introducción: Interfaz de Control

En el siguiente capítulo se detallan conceptos de HMI y cuál es la interfaz de control utilizada en el proyecto, seguido de programación de la misma y diagrama de funcionamiento.

1.1 Pantallas HMI

Las siglas HMI significan “Human Machine Interface” (Interfaz humano-máquina), es decir es un dispositivo o sistema que permite la interacción entre personas y máquinas.

Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI versátiles y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con los procesos o máquinas.

Las señales del proceso son conducidas a la pantalla HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida, PLC's, RTU (Unidades remotas de I/O) o drivers (Variadores de velocidad de motores). La comunicación con cualquiera de estos dispositivos debe ser realizada bajo algún protocolo determinado.

El empleo de este tipo de interfaz permite el desarrollo de las siguientes funciones:

- **Monitoreo:** Es la capacidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permiten una lectura más fácil de interpretar.
- **Supervisión:** permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso.
- **Alarmas:** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y actuar según sea el caso. Las alarmas son activadas basadas en límites de control preestablecidos.
- **Control:** Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del procesos y así mantener parámetros dentro de determinados límites.

Las funciones descritas, permiten la ejecución de las tareas que se detallan a continuación:

- Permitir una comunicación con dispositivos remotos.
- Visualizar las variables mediante objetos animados en la pantalla.
- Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos, etc.



- Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites de operación normal.
- Controlar en forma limitada ciertas variables de proceso.

En cuanto al software, es una herramienta de diseño, programación y/o simulación, la cual se usa para configurar la aplicación deseada. Por otro lado, este software puede comunicarse directamente con los dispositivos externos (proceso) o bien hacerlo a través de un software especializado en la comunicación, lo que dependerá de cada fabricante y modelo en particular.



2 Selección del Equipo

La pantalla HMI fue seleccionada conociendo su capacidad de procesamiento, compatibilidad con el protocolo de comunicación modbus, con el que interacciona con otros elementos actuantes: Controlador zelio, variador, radios y su buen desempeño en estabilidad y confiabilidad. Logrando un correcto monitoreo y control del sistema en general.

La unidad utilizada para el proyecto es el modelo MT8150XE de la firma Weintek la cual fue adquirida por Aguas Riojanas SAPEM y puesta a disposición para su estudio, programación y montaje.

2.1 Especificaciones de la HMI

2.1.1 Monitor

- Monitor : 15" TFT
- Resolución: 1024 x 768
- Brillo (Cd / m²): 400
- Relación de contraste: 700:1
- Tipo de luz de fondo: LED
- Vida útil de luz de fondo: >50,000 hrs.
- Colores: 16.2M

2.1.2 Panel táctil

- Tipo: 4-wire Resistive Type
- Exactitud: Active Area Length(X)±2%, Width(Y)±2%

2.1.3 Memoria

- Flash: 256 MB
- RAM:256 MB

2.1.4 Procesador

- Procesador: 32 bits RISC Cortex-A8 1GHz

2.1.5 Puertos I/O

- Ranura para tarjeta SD: SD/SDHC
- Puerto USB: USB 2.0 x 1
- USB cliente: USB 2.0 x 1
- Ethernet : 10/100 Base-T x 1
- Puerto COM: COM 1 RS-232/RS-485 2W/4W
- COM3: RS-485 2W
- RS-485 aisladas

2.1.6 Potencia

- Alimentación: 24±20%VDC
- El aislamiento de energía Built-in
- El consumo de energía: 1000mA@24VDC
- La resistencia de tensión: 500VAC (1 min.)
- Resistencia de aislamiento: Exceed 50M_ at 500VDC



- Resistencia de vibración :10 to 25Hz (X, Y, Z direction 2G 30 minutes)

2.1.7 Carcasa

- PCB Revestimiento: si
- Recinto: Aluminio
- dimensiones LxAxP: 366 x 293 x 57 mm
- Sección del panel: 352 x 279 mm
- Peso: Aprox. 2.75 kg
- Montar: Panel mount, VESA mount 75 x 75 mm

2.1.8 Ambiente

- Estructura de Protección UL Type 4X (indoor use only) / NEMA4 / IP65
- Temperatura de almacenamiento: -20° - 60°C (-4° - 140°F)
- Temperatura de funcionamiento: 0° - 50°C (32° - 122°F)
- Humedad relativa: 10% - 90% (non-condensing)

2.1.9 Certificación

- CE: CE marked
- ATEX: ATEX Zone 2/22 Categoría 3 G/D
- UL. cULus Listed

2.1.10 Programación

- Software EasyBuilder Pro



Fig. 1 Vista Frontal. Tomada de [3]



Fig. 2 Vista Trasera. Tomada de [3]



Fig. 3 Vista Lateral Izquierda. Tomada de [3]



Fig. 4 Vista Lateral Derecha. Tomada de [3]

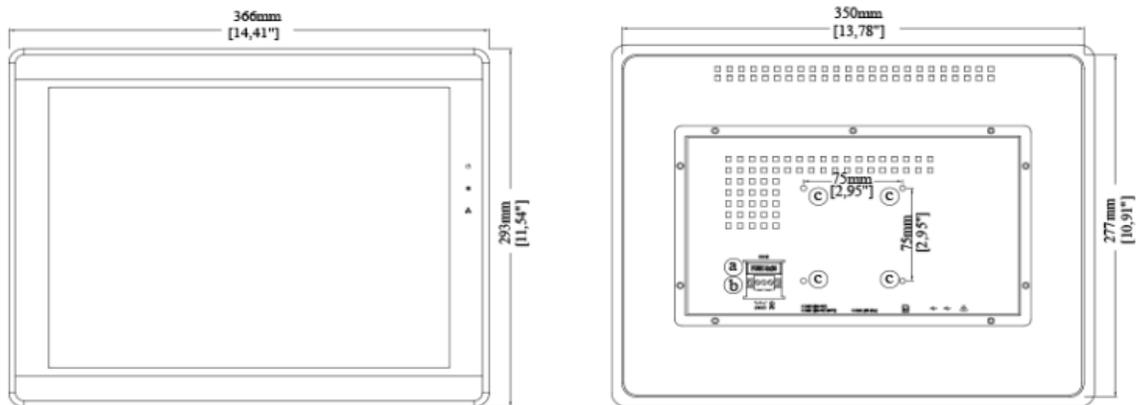


Fig. 5 Dimensiones. Tomada de [3]

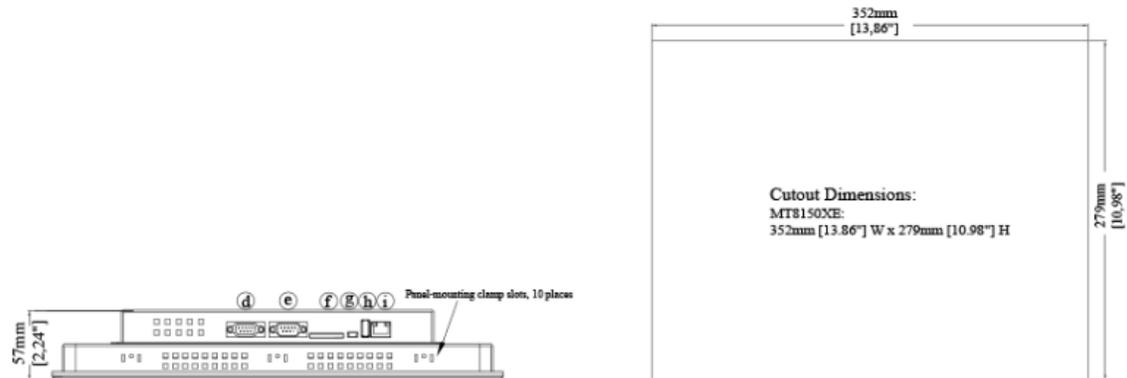


Fig. 6 Dimensiones y Conectores. Tomada de [3]

Referencias de las Fig. 5 y Fig. 6.

- A- Fusible
- B- Conector de alimentación
- C- Vesa 75mm orificios de los tornillos
- D- COM 1 RS-485 2W/4W, COM 3 RS485 2W
- E- COM 1 RS-232
- F- Tarjeta de memoria SD
- G- USB client
- H- USB host
- I- Ethernet



3 Programación

3.1 Software utilizado

El software que se utilizó para la programación de la HMI es **EasyBuilder Pro**. Se puede descargar de la página oficial de Weintek .Véase [4]

Este es un poderoso software que simplifica en gran medida la edición de proyectos ofreciendo funciones útiles que permiten alcanzar un diseño de pantallas intuitivo.

Tiene una interfaz amigable que permite visualizar al programador el sistema en general haciendo uso de simulación tanto on line como off line.

El programa en su entorno principal está compuesto por tres áreas principales:

Área 1: zona de barra de herramientas y sus botones de atajos. Las más utilizadas se detallaran a lo largo del capítulo.

Área 2: sector de trabajo donde se colocaran imágenes, botones, lámparas y gráfico. Para poder visualizar como quedara el programa en simulación real.

Área 3: lista de ventanas disponibles y direcciones internas de la HMI como así también las direcciones de los PLC vinculados.

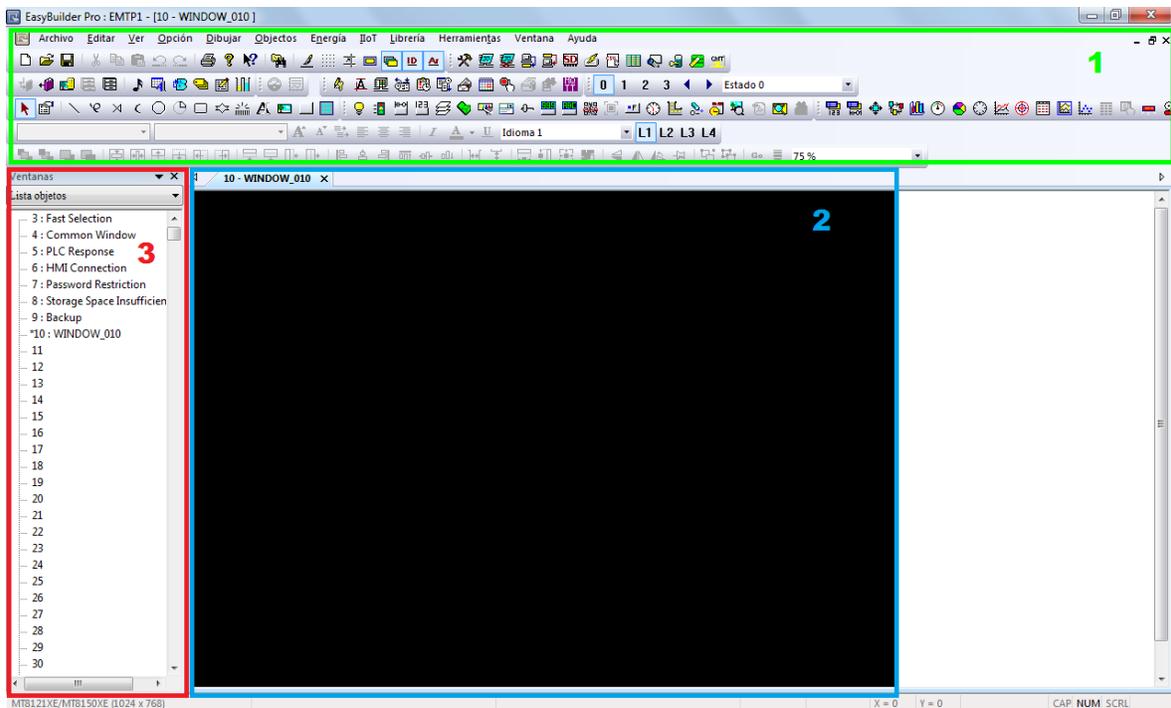


Fig. 7 Entorno Visual de Software EasyBuilder Pro



3.2 Proceso de Programación

La programación fue planteada para presentar una buena distribución visual de las variables a monitorear y comandar, también pensada para que el manejo pueda realizarse de manera intuitiva por el operador.

Comenzando la interacción con el EASYBUILDER PRO empezamos a explicar paso a paso como programar algunas de las funciones utilizadas en nuestro proyecto.

3.2.1 Crear Nuevo proyecto

Como primer paso vamos a nuevo  y tenemos la elección del modelo de la pantalla HMI que utilizamos, con su modo de visualización esta puede ser de forma apaisada o vertical. (Fig. 8)



Fig. 8 Ventana de Configuración

3.2.2 Vinculo de Equipo con la HMI

Procedemos a la configuración de los dispositivos que se va conectar a HMI.

1. En área uno a la barra superior que se encuentra **[Editar] >> [Parámetros del Sistema]**. En la Fig. 9, se puede apreciar que no hay ningún dispositivo vinculado a la HMI.

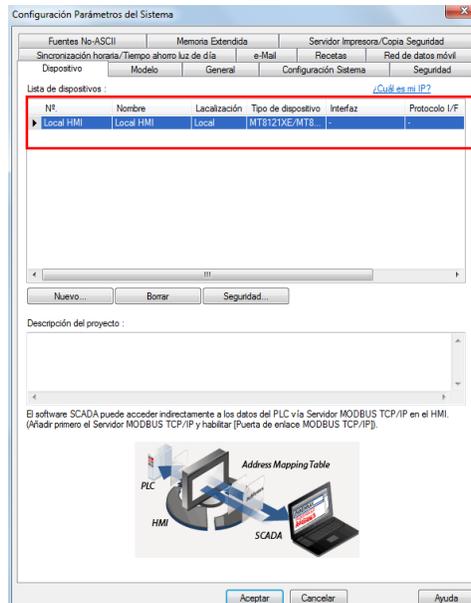


Fig. 9 Configuración de Parámetros



PROYECTO FINAL: CONTROL AUTOMÁTICO, COMANDO Y MONITOREO REMOTO DE BOMBAS DE PROFUNDIDAD

2. Para agregar un dispositivo, en la pestaña de dispositivos vamos a **Nuevo** y se nos abre una ventana como la que se muestra en la Fig. 10. Elegimos el **tipo de PLC** en nuestro caso vinculamos el tipo **Modbus RTU**. Y la forma de conexión que es RS-485.
3. En la ventana del punto anterior ingresamos en configuración donde se abrirá una nueva ventana como la mostrada en la Fig. 11. En la cual configuramos con parámetros establecidos para el vínculo con el PLC, como los muestra la figura.
4. En la Fig. 12 podemos ver cómo queda vinculado el dispositivo Modbus RTU.

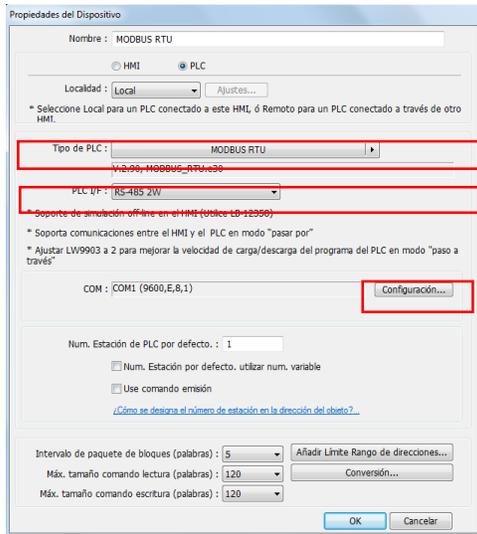


Fig. 10 Propiedades del Dispositivo

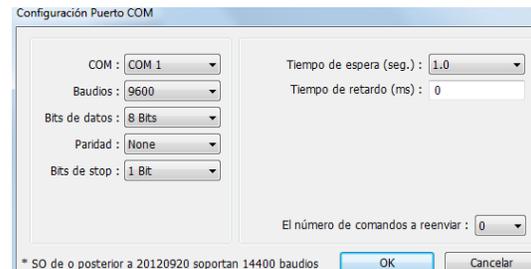


Fig. 11 Configuración del Puerto COM

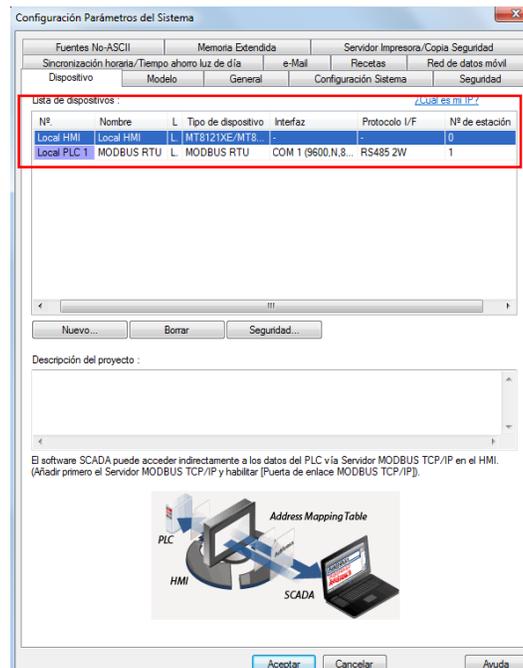


Fig. 12 Configuración de Parámetros



3.2.3 Creación de ventanas

Para crear una ventana se va a la solapa ventanas que se encuentra en el área uno (izquierda de la Fig. 13). En la numeración de la columna hacemos clic con el botón derecho en cualquier número disponible para dar de alta la ventana a través de “nuevo” y colocamos el nombre de referencia de la misma, de esta manera queda creada la ventana para su posterior configuración.

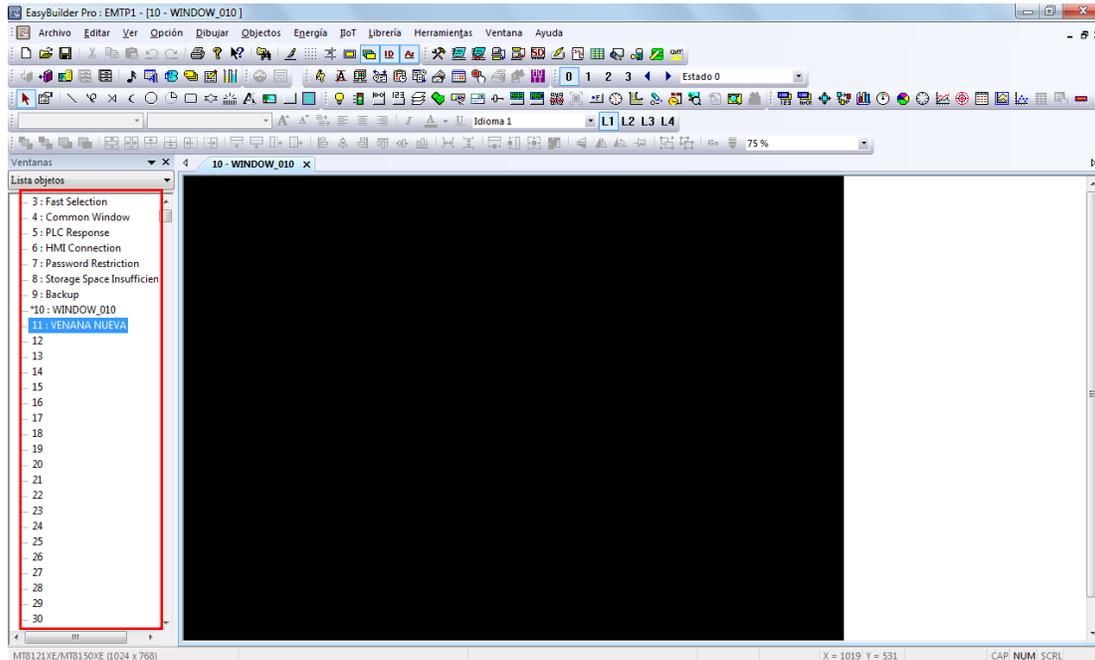


Fig. 13 Creación de Ventanas

3.2.4 Programación de botones comando

Para colocar un interruptor nos dirigimos a **[Objetos] >> [comando]**. Elegimos el tipo de botón necesario de los que se muestran en la siguiente lista mostrada en Fig. 14. Se elige el botón “bit de ajuste” ya que comandamos bits del controlador.

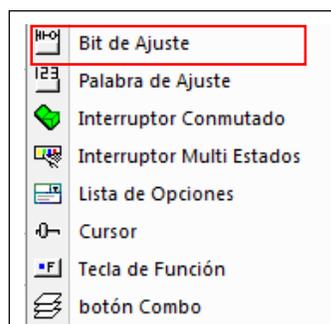


Fig. 14 Tipo de Botones

Establecer la dirección del bit a controlar. Primero se coloca el nombre del controlador ya vinculado en la sección 3.2.2, como así también la dirección y el atributo.



La sintaxis es la siguiente: NE# dirección

NE: número de estación puede ir de 0 a 255. Nuestro caso es la estación número 10

Dirección: dirección de registro del controlador. Nuestro caso utilizamos la dirección 0017 para el comando de marcha del mismo.

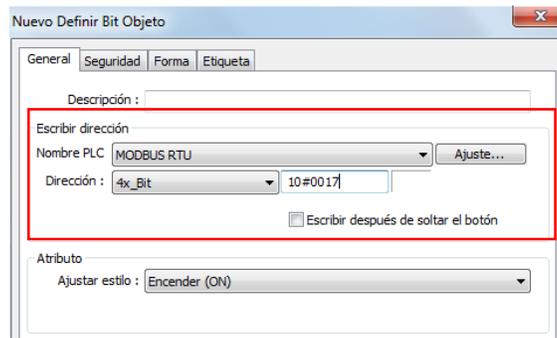


Fig. 15 Definir Bit de Objeto

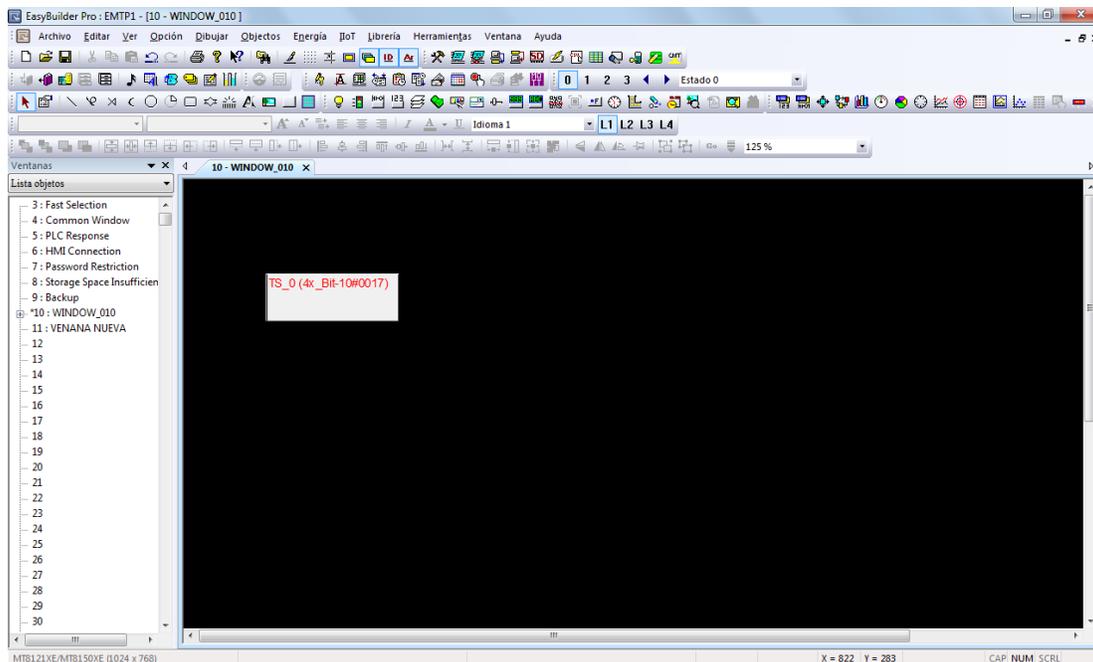


Fig. 16 Botón Direccionado

3.2.5 Programación de Tecla Función

Este botón cumple la función de cambiar de una ventana a otra. Para su configuración nos dirigimos a la barra de herramientas ubicada en área uno: **[objetos]>>[pulsadores]>>[tecla función]**.

Nos aparece una ventana de configuración en la cual se direcciona la ventana destino. Como lo muestra la Fig. 17 en el recuadro en rojo

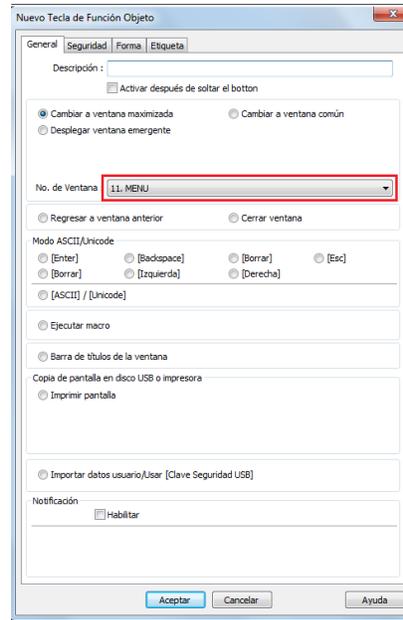


Fig. 17 Configuración de Botón Función

En la pestaña superior tenemos la solapa de seguridad que en el siguiente apartado se explica en detalle. También tenemos en la solapa “forma” para retocar el aspecto botón y por último en la solapa derecha “etiqueta” donde se le coloca el nombre al botón.

3.2.6 Reloj Indicador

Indicador del tipo reloj de aguja, es de suma importancia para visualizar valores variables en forma agradable.

Para colocar un reloj indicador ir a **Objetos >> Pantalla de Medición**.

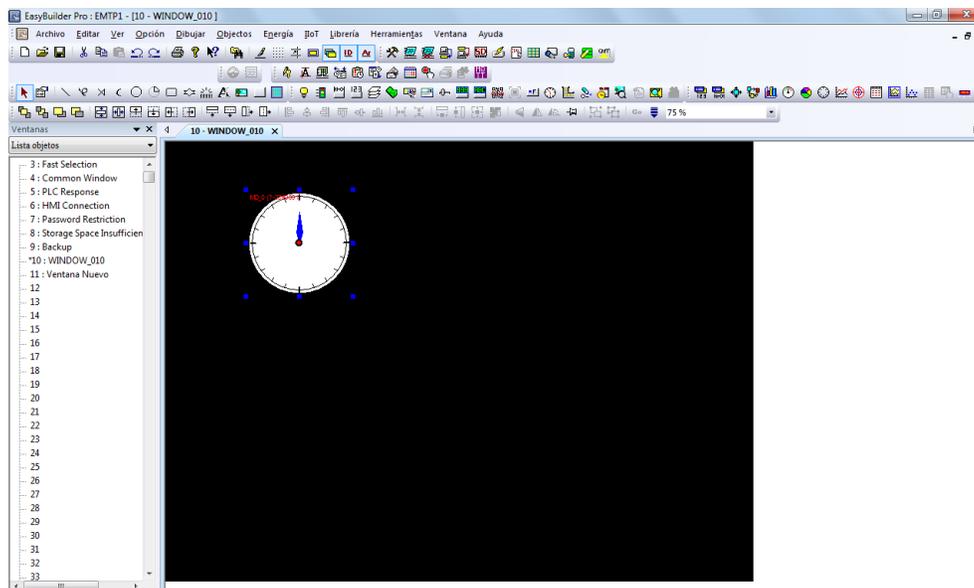


Fig. 18 - Reloj Indicador



PROYECTO FINAL: CONTROL AUTOMÁTICO, COMANDO Y MONITOREO REMOTO DE BOMBAS DE PROFUNDIDAD

Para configurar el indicador, comenzaremos haciendo clic derecho para ir atributo del objeto. Una vez que nos encontramos en propiedades, en la pestaña **General** procedemos con el direccionamiento como lo indica la Fig. 19.

Primero se coloca el nombre del controlador ya vinculado en la sección 3.2.2, como así también la dirección y el atributo.

La sintaxis es la siguiente: NE# dirección

NE: número de estación puede ir de 0 a 255. Nuestro caso es la estación número 21

Dirección: dirección de registro del controlador. Nuestro caso utilizamos la dirección 0001 para leer la variable del controlador que será mostrada por el reloj.

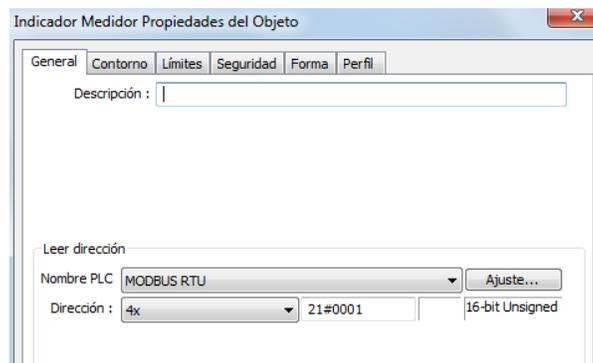


Fig. 19 - Direccionamiento

Definimos límites de ajuste. El cual será el rango desde de mínimo a máximo para ser convertida a giro de 0° a 360° de la aguja del reloj indicador.

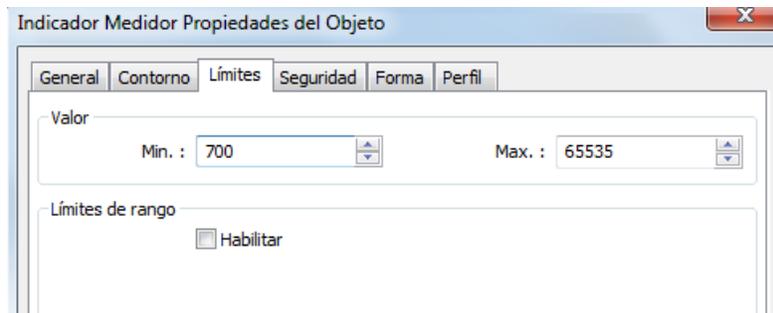


Fig. 20 – Límites

Configurando la pestaña **contorno** para tener una visualización a gusto. También se puede definir grado inicial y final de giro de la aguja.

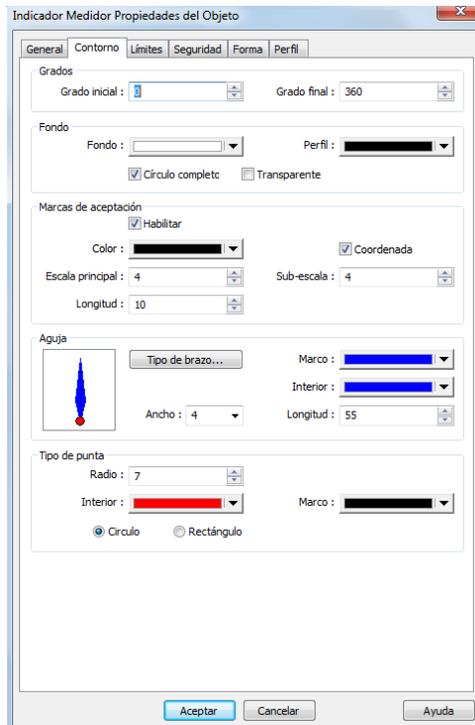


Fig. 21 – Estética del indicador

3.2.7 Objeto Visor Numérico

Visor digital de lectura, muy utilizado para observar valores de dispositivos monitoreados. Para colocar un visor de esta característica ir a barra de herramientas **Objetos >> Numérico**.

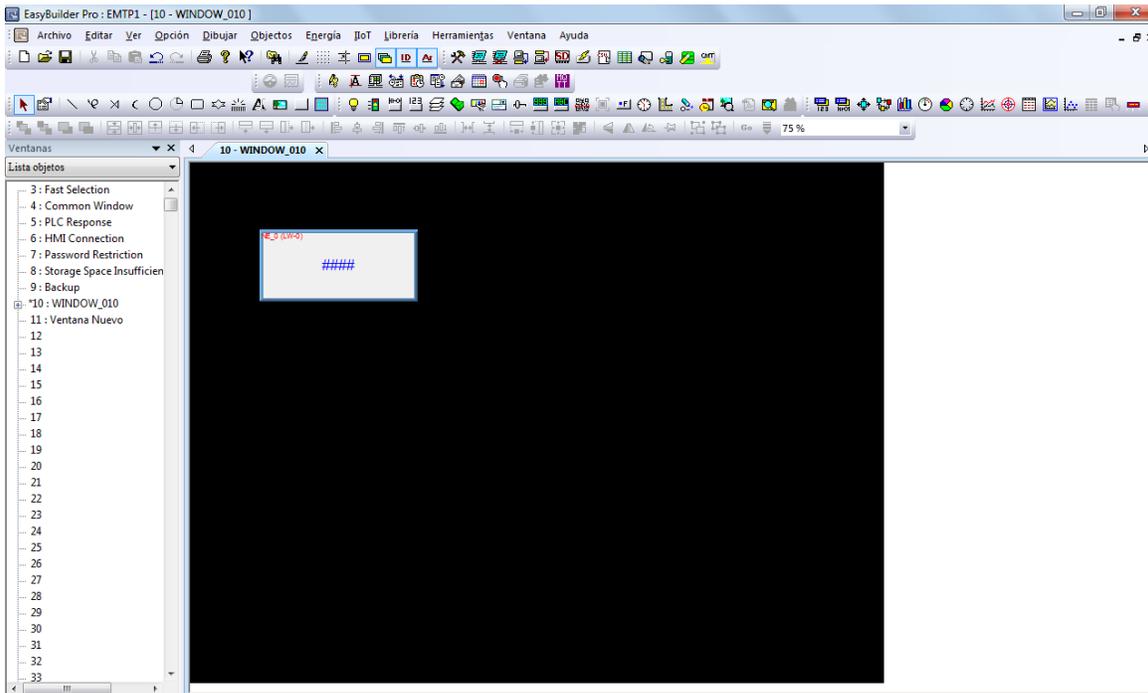


Fig. 22 - Visor Numérico



Comenzando con la configuración del visor. Ir con clic derecho al sector de atributos del objeto.

En la pestaña **General** encontramos el direccionamiento del visor que se procede de la misma forma que la sección 3.2.6.

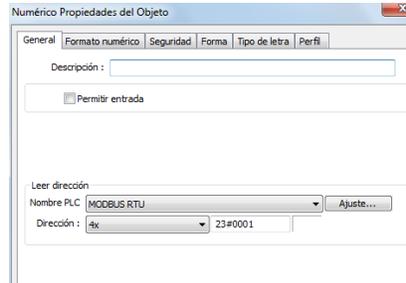


Fig. 23 - Direccionamiento. Visor

En la pestaña de **Formato numérico**. De la misma manera que la sección 3.2.6 definimos los límites. Como así también Formato de datos y numero de dígitos a visualizar. Fig. 24

En esta configuración también se puede proceder con el escalamiento de la variable de entrada, dependiendo nuestro dispositivo a monitorear. Ingresando en **Prueba** podremos verificar los datos de ingreso y egreso. Fig. 25

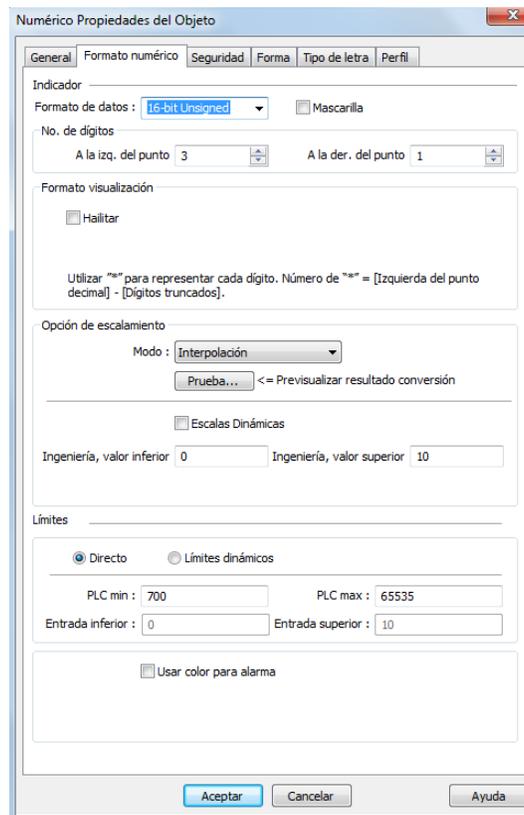


Fig. 24 - Formato numérico

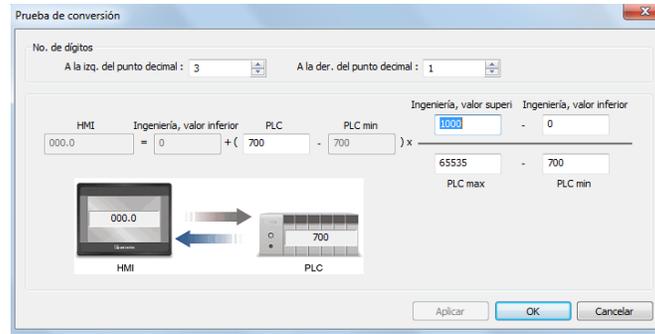


Fig. 25 - conversión

3.2.8 Seguridad

Para restringir el acceso a pantallas o botones para que solo el usuario autorizado pueda hacer su uso se realiza lo siguiente.

Lo primero es dar de alta cuentas de usuario, para ello ingresamos en barra de herramientas a [Editar] >> [Parámetros del Sistema]. En pestaña de **seguridad** definimos nombre usuario, contraseña, clase y la descripción correspondiente. Fig. 26.

Luego en el botón que se desea restringir, ingresar en propiedades y en la pestaña de seguridad colocamos la clase del usuario autorizado como lo muestra la Fig. 27. En este caso con Clase A, quedando restringido para el acceso a otro usuario con una clase diferente.

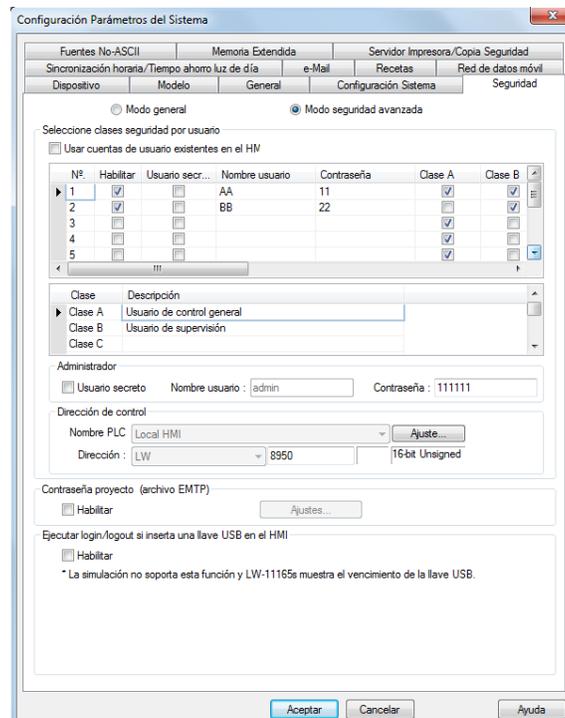


Fig. 26 - Configuración de Clases



Fig. 27 - Restringir botón [seguridad]

3.2.9 Compilar y Guardar

En la barra de herramientas Easy Builder Pro hacer clic en **[Archivo]** >> **[Guardar]**. Creando así el archivo con extensión .emtp.

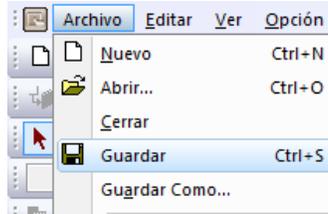


Fig. 28 Guardar



Fig. 29 Archivo [HMI.emtp]

Posteriormente en la barra superior hacer clic en **[Herramientas]** >> **[Compilar]**

Al compilar comprobamos si el proyecto puede funcionar correctamente y se genera un archivo .exob y una carpeta mt8000xe

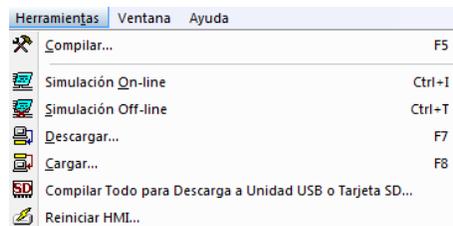


Fig. 30 Compilar



PROYECTO FINAL: CONTROL AUTOMÁTICO, COMANDO Y MONITOREO REMOTO DE BOMBAS DE PROFUNDIDAD

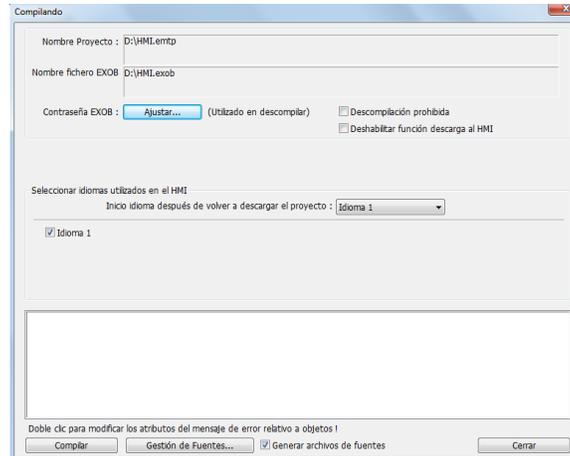


Fig. 31 Compilación en Proceso



Fig. 32 Archivos Generados en la Compilación

3.2.10 Simulación en Línea o Fuera de Línea

Simulación off line: Simulación de la operación del proyecto en la PC sin necesidad de conectar cualquier dispositivo.

Simulación on line: Simulación de la operación del proyecto en la PC sin necesidad de descargar el proyecto en la HMI. El PLC se conecta a la PC, con sus ajustes de parámetros correctos para una perfecta simulación. Cuando se utiliza este tipo de simulación, si el dispositivo de destino es el PLC hay un límite de simulación 10 minutos.

Para cualquier de las dos simulaciones vamos a barra de herramientas

[Herramientas] >> [Simulación on line]

[Herramientas] >> [Simulación off line]

3.2.11 Instalar Programa en HMI a través de USB/SD

A continuación se explica cómo descargar el archivo del proyecto mediante el uso de una unidad USB o tarjeta SD.

En la barra de herramientas clic en **[Herramientas] >> [compilar todo para descargar a SD / USB]**.



Colocamos la dirección de la carpeta en la que queremos alojar el proyecto y hacemos clic en crear. Luego nos saldrá una ventana con un mensaje confirmando que el proyecto ya se encuentra en la unidad extraíble.

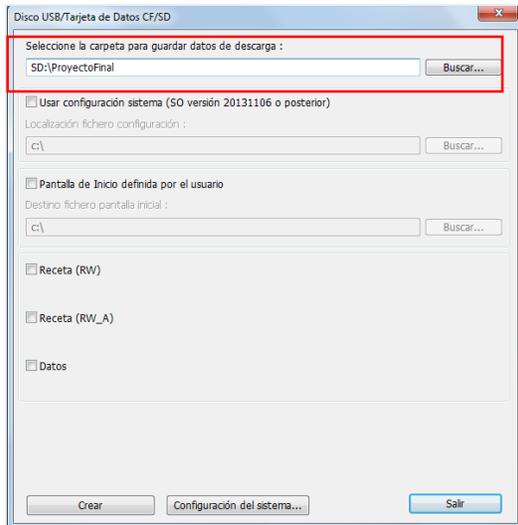


Fig. 33 Creación de Archivos en USB

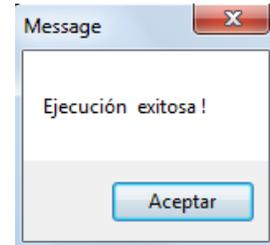


Fig. 34 Mensaje de Transferencia Correcta

Para la carga en la pantalla se debe insertar el dispositivo externo (tarjeta SD o disco USB) en la ranura correspondiente del HDMI. Ver Fig. 6

Luego de reconocer el disco USB o Tarjeta SD, en la pantalla del HMI aparece Fig. 35. Seleccione **[Download]** e introduzca la contraseña como lo muestra la Fig. 36.

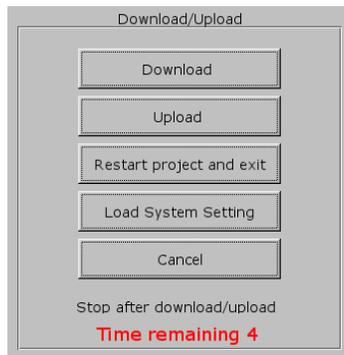


Fig. 35 Descargar Archivo al HMI

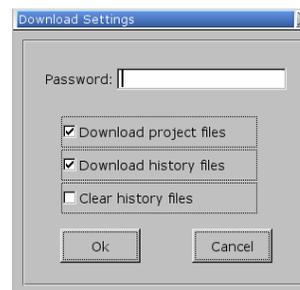


Fig. 36 Contraseña del Archivo

Después de que se confirme la contraseña, se mostrará los directorios en el dispositivo externo. Fig. 37

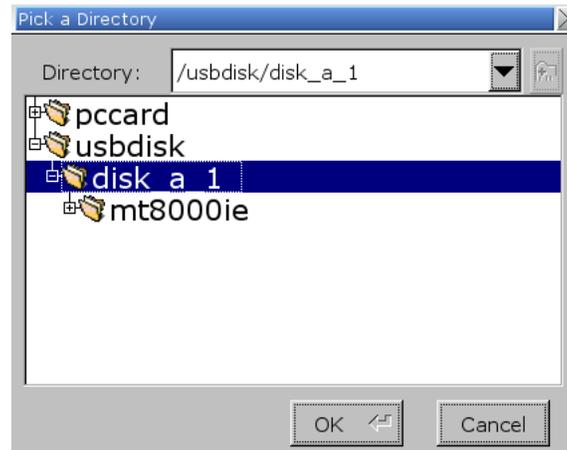


Fig. 37 Directorio de Instalación

Seleccione el directorio que contiene el proyecto y haga clic en [OK] para iniciar la descarga. Luego de esto el HMI se reinicia y arranca con el programa instalado. Con la primera pantalla listo para usarse.



4 Diagrama de Funcionamiento

El esquema de funcionamiento del sistema se presenta en la Fig. 38, en el que se especifica que el control realizado por el HMI presenta una variedad de puntos de control y comando, la programación de la misma se realizó adaptando las necesidades a estos diferentes tipos de sistemas:

Dentro de los mismos se pueden encontrar:

- Pozos de Extracción Simple (Fig. 39)
- Pozos con Variador de Frecuencia (Fig. 40)
- Puntos de Presión (Fig. 41)
- Caudalímetros (Fig. 42)
- Rebombes (Fig. 43)
- Planta de Ósmosis (Fig. 44)

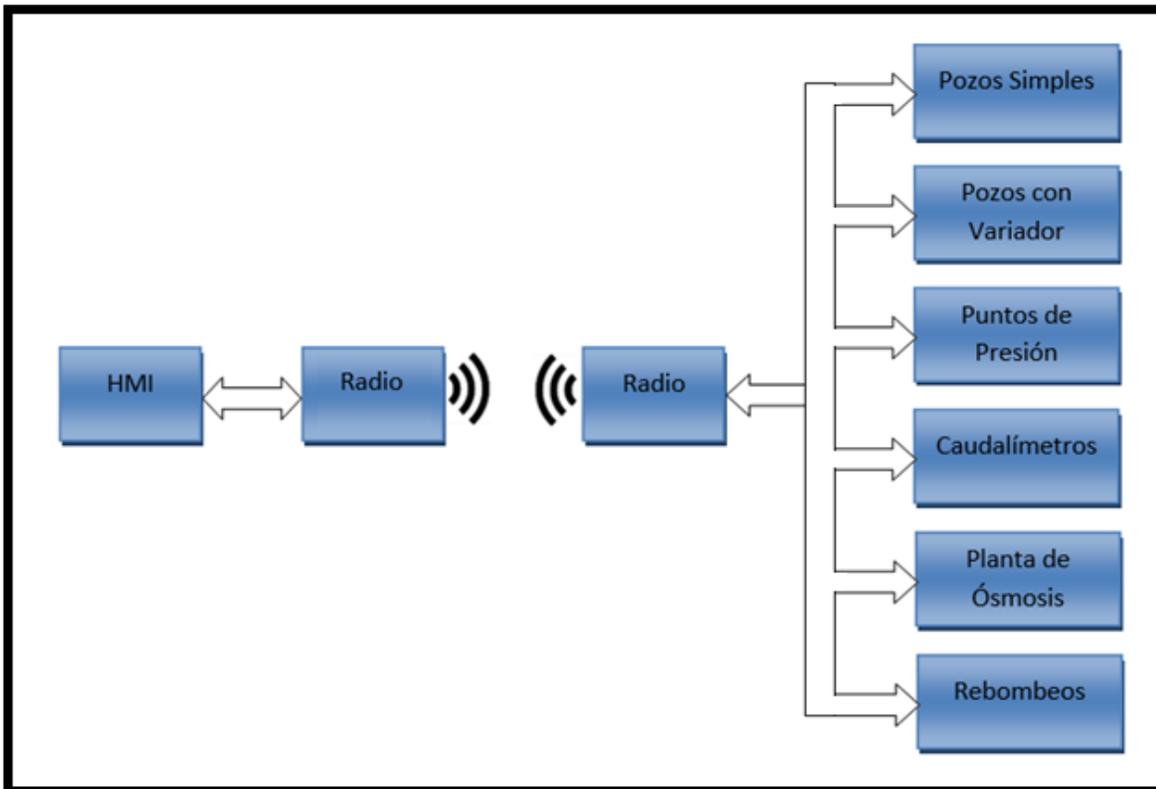


Fig. 38 Diagrama de Funcionamiento

A continuación se muestran las pantallas programadas para cada uno de los diferentes tipos de sistemas controlados, en cada caso se ejemplifica un lugar particular real.



Fig. 39 Pozo de Extracción Simple



Fig. 40 Pozo Comandado con Variador de Frecuencia

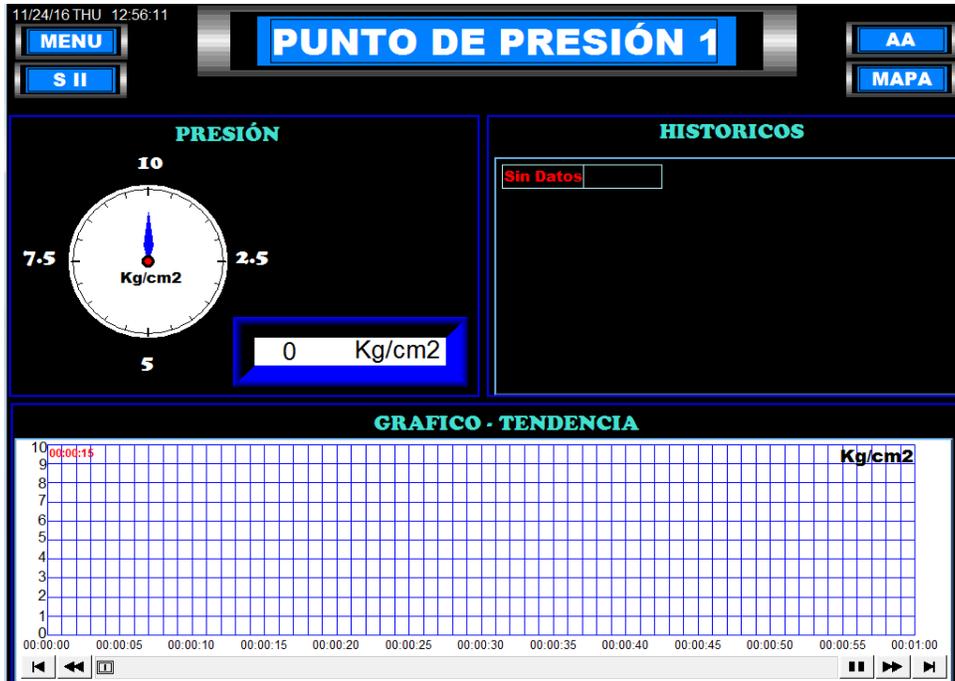


Fig. 41 Punto de Presión



Fig. 42 Caudalímetro



PROYECTO FINAL: CONTROL AUTOMÁTICO, COMANDO Y MONITOREO REMOTO DE BOMBAS DE PROFUNDIDAD



Fig. 43 Rebombeo



Fig. 44 Planta de Ósmosis

Los detalles operativos de cada una de las aplicaciones programadas en la HMI se encuentran en el *Manual de Usuario HMI*.



5 Bibliografía

- [1] EL ABC DE LA AUTOMATIZACION HMI, por Raúl Cobo. Disponible en internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>
- [2] Universidad Nacional de Quilmes. Cátedra Control y Automatización – HMI Disponible en internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>
- [3] HMI – Wientek MT 8150XE. Disponible en internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace: http://www.weintek.com/globalw/Product/Product_specXE.aspx
- [4] Easy Builder Pro. Download. Disponible en internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace: <http://www.weintek.com/globalw/Download/Download.aspx>
- [5] Easy Builder Pro. Manual de Usuario Disponible en internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace: [Http://www.weintek.com/download/EBPro/UserManual/eng/EasyBuilderPro_UserManual_en.pdf](http://www.weintek.com/download/EBPro/UserManual/eng/EasyBuilderPro_UserManual_en.pdf)
- [6] Especificaciones HMI – Weintek MT 8150XE. Disponible en internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace: http://www.weintek.com/download/MT8000iE/Brochure/iE_XE_mTV_Brochure_en.pdf



6 Índice de Tablas y Figuras

| | |
|--|----|
| <i>Fig. 1 Vista Frontal. Tomada de [3]</i> | 6 |
| <i>Fig. 2 Vista Trasera. Tomada de [3]</i> | 6 |
| <i>Fig. 3 Vista Lateral Izquierda. Tomada de [3]</i> | 7 |
| <i>Fig. 4 Vista Lateral Derecha. Tomada de [3]</i> | 7 |
| <i>Fig. 5 Dimensiones. Tomada de [3]</i> | 7 |
| <i>Fig. 6 Dimensiones y Conectores. Tomada de [3]</i> | 8 |
| <i>Fig. 7 Entorno Visual de Software EasyBuilder Pro</i> | 9 |
| <i>Fig. 8 Ventana de Configuración</i> | 10 |
| <i>Fig. 9 Configuración de Parámetros</i> | 10 |
| <i>Fig. 10 Propiedades del Dispositivo</i> | 11 |
| <i>Fig. 11 Configuración del Puerto COM</i> | 11 |
| <i>Fig. 12 Configuración de Parámetros</i> | 11 |
| <i>Fig. 13 Creación de Ventanas</i> | 12 |
| <i>Fig. 14 Tipo de Botones</i> | 12 |
| <i>Fig. 15 Definir Bit de Objeto</i> | 13 |
| <i>Fig. 16 Botón Direccional</i> | 13 |
| <i>Fig. 17 Configuración de Botón Función</i> | 14 |
| <i>Fig. 18 - Reloj Indicador</i> | 14 |
| <i>Fig. 19 - Direccional</i> | 15 |
| <i>Fig. 20 – Límites</i> | 15 |
| <i>Fig. 21 – Estética del indicador</i> | 16 |
| <i>Fig. 22 - Visor Numérico</i> | 16 |
| <i>Fig. 23 - Direccional. Visor</i> | 17 |
| <i>Fig. 24 - Formato numérico</i> | 17 |
| <i>Fig. 25 - conversión</i> | 18 |
| <i>Fig. 26 - Configuración de Clases</i> | 18 |
| <i>Fig. 27 - Restringir botón [seguridad]</i> | 19 |
| <i>Fig. 28 Guardar</i> | 19 |
| <i>Fig. 29 Archivo [HMI.empty]</i> | 19 |
| <i>Fig. 30 Compilar</i> | 19 |
| <i>Fig. 31 Compilación en Proceso</i> | 20 |
| <i>Fig. 32 Archivos Generados en la Compilación</i> | 20 |
| <i>Fig. 33 Creación de Archivos en USB</i> | 21 |
| <i>Fig. 34 Mensaje de Transferencia Correcta</i> | 21 |
| <i>Fig. 35 Descargar Archivo al HMI</i> | 21 |
| <i>Fig. 36 Contraseña del Archivo</i> | 21 |



| | |
|--|----|
| <i>Fig. 37 Directorio de Instalación</i> | 22 |
| <i>Fig. 38 Diagrama de Funcionamiento</i> | 23 |
| <i>Fig. 39 Pozo de Extracción Simple</i> | 24 |
| <i>Fig. 40 Pozo Comandado con Variador de Frecuencia</i> | 24 |
| <i>Fig. 41 Punto de Presión</i> | 25 |
| <i>Fig. 42 Caudalímetro</i> | 25 |
| <i>Fig. 43 Rebombeo</i> | 26 |
| <i>Fig. 44 Planta de Ósmosis</i> | 26 |



Capítulo 4: Controlador

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Controlador..... | 2 |
| 1.1 | Introducción | 2 |
| 2 | Selección del Equipo..... | 3 |
| 2.1 | Zelio Logic (Autómata), Concepto | 3 |
| 2.2 | Detalle del Autómata..... | 4 |
| 2.3 | Información Técnica | 5 |
| 3 | Programación..... | 6 |
| 3.1 | Realización de una aplicación Elemental | 6 |
| 3.2 | Lenguajes de Programación | 8 |
| 3.2.1 | Lenguaje LADDER..... | 8 |
| 3.2.2 | Lenguaje FBD o BDF: | 8 |
| 3.3 | Módulos de Expansión..... | 9 |
| 3.3.1 | Extensión MODBUS (SR3MBU01) | 9 |
| 3.3.2 | Extensión I/O (SR3XT61BD) | 10 |
| 3.4 | Implementación de Extensión en Zelio Soft..... | 10 |
| 3.5 | Cable de Programación (SR2USB01)..... | 11 |
| 3.6 | Software de Programación (ZelioSoft 2) | 11 |
| 4 | Implementación | 13 |
| 4.1 | Diagrama de Funcionamiento | 13 |
| 4.2 | Software Controlador de Prototipo de Prueba | 15 |
| 4.3 | Software Controlador de Pozo real con Electroválvulas..... | 15 |
| 4.4 | Software Controlador de Pozo real sin Electroválvulas | 16 |
| 5 | Bibliografía..... | 17 |
| 6 | Índice de Tablas y Figuras..... | 18 |



1 Controlador

1.1 Introducción

Los Autómatas Programables de la firma Schneider Electric son utilizados para realizar la inteligencia de las perforaciones, desde protecciones eléctricas hasta secuencias de operaciones de trabajo.

Cuando hablamos de protecciones eléctricas nos referimos concretamente a las restricciones que eviten el mal funcionamiento de la bomba, deterioro y en el peor de los casos su deceso. En tal caso podemos citar por ejemplo: la falla eléctrica (ausencia de fase), falla de bomba (protector térmico fuera de servicio), bajo nivel (bomba trabajando en vacío o nivel crítico de agua), falla de válvula (válvula defectuosa), etc. Lo cierto es que estas son entradas que inhiben la marcha o el funcionamiento normal de la bomba a través del software de programación.

En el caso particular de las secuencias de funcionamiento, este tipo de mini PLC como son llamados también, realiza la coordinación de las electroválvulas con la bomba si las tuviese. Vale la pena recordar que por cada perforación normalmente se utilizan dos cañerías de salida o impulsión, las cuales una de ellas es el “desagüe” para eliminar la suciedad que se acumula por mantener la bomba fuera de servicio, y la otra es la “red” donde se suministra el agua limpia. La conmutación entre estas cañerías es de la que se encarga el dispositivo utilizando tiempos determinados. Como así también se encarga de la secuencia de conmutación en el encendido y apagado de la electrobomba, teniendo en cuenta los posibles cortes de suministro eléctrico y/o arranque con electroválvulas defectuosas (o con mal funcionamiento).

Esto convierte a nuestro Autómata en el cerebro de los pozos de profundidad y en las estaciones de rebombeo de agua.



2 Selección del Equipo

Debido a la disponibilidad existente en la empresa, el controlador elegido para realizar la inteligencia del proyecto fue el Zelio Logic (Autómata)

2.1 Zelio Logic (Autómata), Concepto

Los Zelio Logic monitorean las tensiones, corrientes y frecuencias en el sistema eléctrico y envían señales de control a los dispositivos de protección, tales como disyuntores o interruptores. Estos pueden almacenar los datos de medición con información compleja sobre las condiciones del sistema eléctrico. Los ajustes de los módulos lógicos se pueden modificar de forma automática o de forma remota en respuesta a las cambiantes condiciones e instrucciones de control. Véase [1]

Para la inteligencia de los tableros controladores de bombas se seleccionó, de la familia de Zelio Logic, al modelo SR3B101BD puesto que ofrece numerosas ventajas. Entre ellas:

- Modular.
- Una solución que tiene en cuenta las variaciones de las especificaciones, gracias a una programación rápida y de alto rendimiento.
- Programación en FBD (diagrama de bloques de funciones) o LADDER (diagrama de contactos).
- Programación y parametrización para adaptarse a las necesidades operativas:
 - Directamente utilizando las teclas de control del relé programable mediante navegación contextual, con una excelente legibilidad en su pantalla LCD retro iluminada.
 - Mediante un PC con el software ergonómico Zelio Soft.

Se trata de un dispositivo con alimentación de 24v, 6 entradas digitales y 4 salidas a relay.



Fig. 1 Smart Relay. Tomada de [1]



2.2 Detalle del Autómata

A continuación se muestra el detalle del panel frontal:

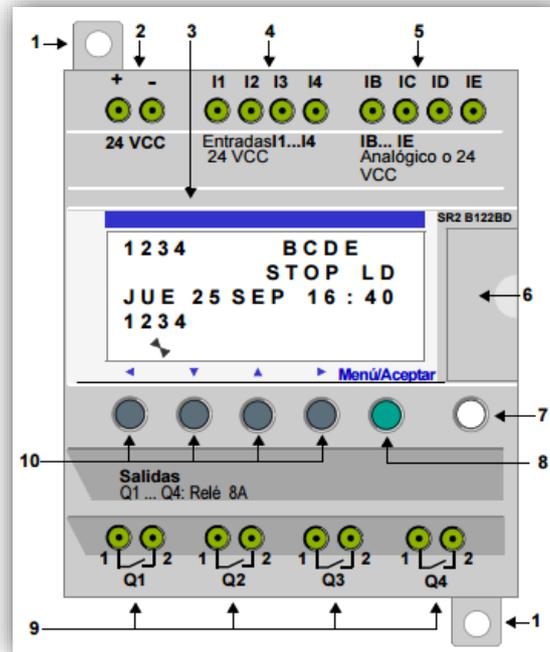


Fig. 2 Panel Frontal. Tomada de [4]

| Indicación | Elemento |
|------------|--|
| 1 | Pestañas de fijación retráctiles. |
| 2 | Bloque terminal de alimentación. |
| 3 | Pantalla LCD, 4 líneas, 18 caracteres. |
| 4 | Bloque terminal de entradas DIG. |
| 5 | Bloque terminal de entradas analógicas. 0-10 voltios utilizables en entradas DIG según el modelo. |
| 6 | Alojamiento de la memoria de copia de seguridad o cable conexión para PC. |
| 7 | Tecla Mayús (blanca). |
| 8 | Tecla Menú/Aceptar (verde) de selección y validación. |
| 9 | Bloque terminal de salida para relé. |
| 10 | Teclas de navegación (grises) o, después de la configuración, botones pulsadores Z. |

Tabla 1 Especificaciones Panel Frontal. Tomada de [4]

En la imagen siguiente, se muestra un ejemplo de los elementos de la pantalla LCD mientras se visualiza la pantalla ENTRADAS-SALIDAS:

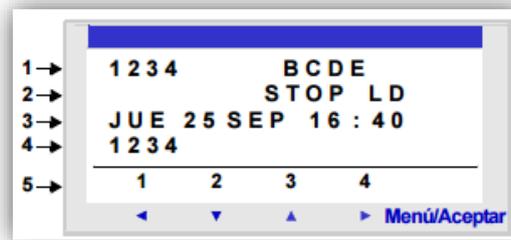


Fig. 3 Display. Tomada de [4]

| Indicación | Elemento |
|------------|---|
| 1 | Visualización del estado* de las entradas (B...E representan las entradas analógicas, también se pueden utilizar en Digital). |
| 2 | Visualización del modo de funcionamiento (RUN/STOP) y del modo de programación (BDF/LD). |
| 3 | Visualización de la fecha (día y hora para los productos con reloj). |
| 4 | Visualización del estado de las salidas. |
| 5 | Menús contextuales / botones pulsadores / iconos indicativos del modo de funcionamiento. |

Tabla 2 Especificaciones Display. Tomada de [4]

2.3 Información Técnica

A continuación se muestra las características principales simplificadas: Tomada de [1]

Principal

| | |
|--------------------------------|--|
| Rango de producto | Zelio Logic |
| Tipo de producto o componente | Relé inteligente modular |
| Visualización local | Donde |
| Tensión de alimentación | 24 V CC |
| Corriente de alimentación | 100 mA sin extensión 100 mA con extensiones |
| Número de entrada digital | 6 EN/IEC 61131-2 tipo 1 |
| Tipo de entrada digital | Resistivo |
| Corriente de entradas discreta | 4 mA |
| Número de salidas | 4 relé |

Complementario

| | |
|----------------------------------|-------------------------|
| Número de líneas esquema control | 120 Ladder ≤ 200 FBD |
|----------------------------------|-------------------------|

Tabla 3 Información Técnica. Tomada de [4]



3 Programación

El autómata se puede programar con el software Zelio Soft o mediante la introducción directa (lenguaje de contactos). Zelio Soft le permite programar la aplicación en lenguaje BDF o en lenguaje de contactos (Ladder). Para programar mediante el software, es necesario que se haya establecido una conexión con la PC. Dicha conexión se debe realizar en el puerto USB de esta por medio de un cable SR2CBL01. Tomado de [2].

3.1 Realización de una aplicación Elemental

Durante el arranque del software Zelio Soft, se abrirá la siguiente ventana de presentación:



Fig. 4 Pantalla de Inicio. Tomada de [4]

Hacer clic en Crear un nuevo programa para arrancar o Seleccionar Nuevo en el menú Archivo si ya ha arrancado el software. La ventana de selección del módulo lógico aparecerá del siguiente modo:

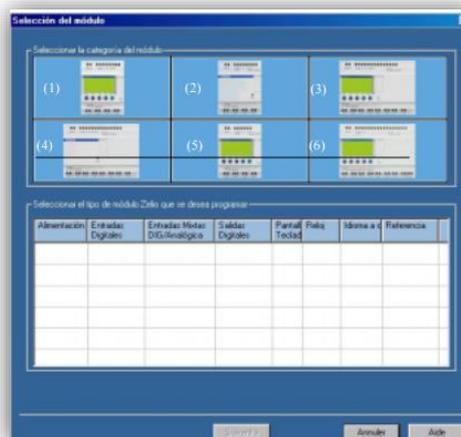


Fig. 5 Pantalla de Selección de Módulo 1. Tomada de [4]

En el siguiente ejemplo nos referimos al módulo genérico tipo (SR2 B121 BD): Hacer clic en la categoría (1) 10/12 ENTRADAS/SALIDAS SIN EXTENSIÓN. La categoría seleccionada aparece sobre fondo amarillo y la lista de los módulos correspondientes a esta categoría se muestra más abajo:

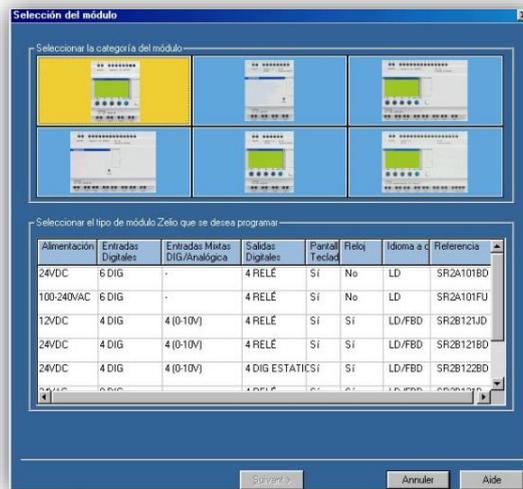


Fig. 6 Pantalla de Selección de Módulo 2. Tomada de [4]

Seleccionar el módulo de interés (SR2 B121 BD) mediante un clic en la fila correspondiente:



Fig. 7 Pantalla de Selección de Módulo 3. Tomada de [4]

A continuación, hacer clic en Siguiente. Aparecerá la pantalla de selección del tipo de programación:

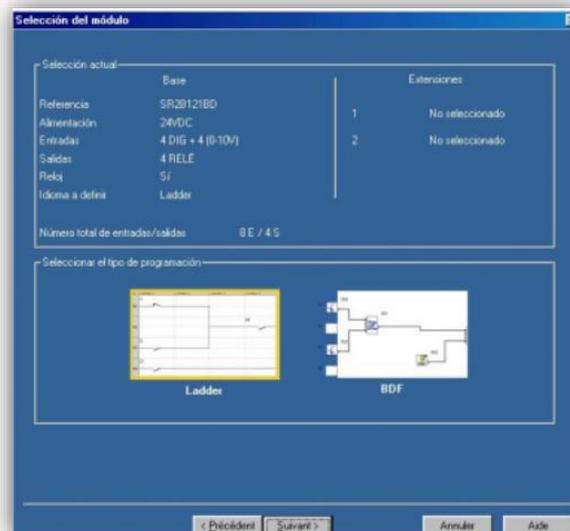


Fig. 8 Pantalla de Selección de Módulo 4. Tomada de [4]



El lenguaje de contactos (Ladder) está seleccionado de forma predeterminada (enmarcado en amarillo). Seleccionar lenguaje (Ladder o BDF) y hacer clic en Siguiente para programar en el lenguaje elegido.

3.2 Lenguajes de Programación

3.2.1 Lenguaje LADDER.

En el mundo de los Automatas Programables podemos encontrar distintas formas de programación como son Lenguaje de Contactos (LADDER/LD, Bloques de Funciones/BDF, GRAFCET /GRAPH o listas de Instrucciones en distintos idiomas de programación).

El lenguaje de contactos o LADDER, también identificado como KOP en PLCs Siemens y otras marcas, es un lenguaje cercano a los electricistas ya que está fundamentado en la asociación de contacto abierto / cerrado con las entradas y bobinas con las salidas.

Las entradas siempre se identificarán con la letra I (Input) y las salida con la letra Q (Quit), dependiendo del modelo de PLC con el que trabajemos tendremos más o menos entradas y algunas de ellas pueden ser digitales, con valores booleanos 0 o 1, o analógicas, donde puede tomar un valor dentro de un rango. Tomado de [3].

A continuación mencionamos las ventajas de este lenguaje en el autómata de la firma Schneider Electric:

- Modo de “introducción libre” muy intuitivo: LADDER o símbolos eléctricos.
- 120 líneas de esquemas de control.
- 5 contactos + 1 bobina por línea de programación.
- Funciones Particulares:
 - 16 bloques de función de texto.
 - 16 temporizadores.
 - 16 contadores/descontadores.
 - 1 contador rápido.
 - 16 comparadores analógicos.
 - 8 relojes.
 - 28 relés auxiliares.
 - 8 comparadores de contador.
- Pantalla LCD con retroiluminación programable.
- Cambio de reloj automático 1 hora: verano/invierno.
- Diversidad de funciones de bobina; con memoria (set/reset), control remoto, contactor.

3.2.2 Lenguaje FBD o BDF:

Es un lenguaje gráfico que permite al usuario construir procedimientos complejos mediante la unión de bloques funcionales prediseñados. Este lenguaje gráfico también describe una función entre las variables de entrada y variables de salida, como un conjunto de bloques elementales, que están conectados por líneas de conexión, al igual que un circuito eléctrico.

Generalmente utilizan símbolos lógicos para representar al bloque de función. Las salidas lógicas no requieren incorporar una bobina de salida, porque la salida es representada por una variable asignada a la salida del bloque.



El diagrama de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

Adicionalmente a las funciones lógicas estándares y específicas del vendedor, el lenguaje FBD de la Norma IEC 1131-3 permite al usuario construir sus propios bloques de funciones, de acuerdo a los requerimientos del programa de control. Véase en [5]

A continuación mencionamos las ventajas de este lenguaje en el autómatas de la firma Schneider Electric:

- Flexibilidad de programación y gran capacidad de procesamiento de hasta 200 bloques de función, que incluyen:
- 23 funciones preprogramadas.
- Funciones Grafset SFC (Sequential Function Chart): para los sistemas de automatización secuenciales.
- 6 funciones lógicas.

Entradas/salidas.

Destacamos que en el caso del proyecto, es el lenguaje seleccionado para la programación de los softwares. Haciendo referencia al programa de ensayos, aquel que contiene electroválvulas y el que no las posee. Los tres casos son realizados a conveniencia del personal técnico para hacer más accesible el entendimiento de los mismos en el caso de algún inconveniente, puesto que es más sencillo su seguimiento y monitoreo en el caso de algún defecto.

3.3 Módulos de Expansión

La gran versatilidad de nuestro sistema inteligente y su capacidad de trabajar con el protocolo de comunicación MODBUS, es la que nos llevó a seleccionarlo. Sin mencionar la capacidad de expandirse físicamente desde el punto de vista de entradas y salidas por medio de otra extensión. A continuación se detallan las expansiones con las que se trabajó en el proyecto.

3.3.1 Extensión MODBUS (SR3MBU01)

Este módulo esclavo se puede utilizar con un suministro eléctrico de 24Vdc. Las direcciones disponibles son 0-247; 4 entradas, 4 salidas y 4 bits de los parámetros.



Fig. 9 Módulo MODBUS. Tomada de [4]

Estas extensiones MODBUS son una ventaja a la hora de realizar la telemetría asociada y los enlaces de telecomunicación, puesto que la transmisión de datos a través de los radioenlaces se realizan mediante este protocolo.



3.3.2 Extensión I/O (SR3XT61BD)

Esta extensión sirve para realizar la expansión de entradas y salidas, en este caso se agregan cuatro entradas y dos salidas a relay. La expansión se incorpora por la cantidad de fallas a monitorear, las cuales ocupan entradas físicas del Automata el cual queda con faltante de ellas al ser elevada la cantidad de protecciones. Estas son necesarias poder realizar el monitoreo de los puntos vitales de los tableros eléctricos.



Fig. 10 Módulo de Expansión. Tomada de [4]

3.4 Implementación de Extensión en Zelio Soft

Si eligió un módulo con extensiones (gama SR3), aparecerá la pantalla siguiente (si escogió un modelo no extensible, la pantalla de selección del tipo de programación aparecerá directamente):

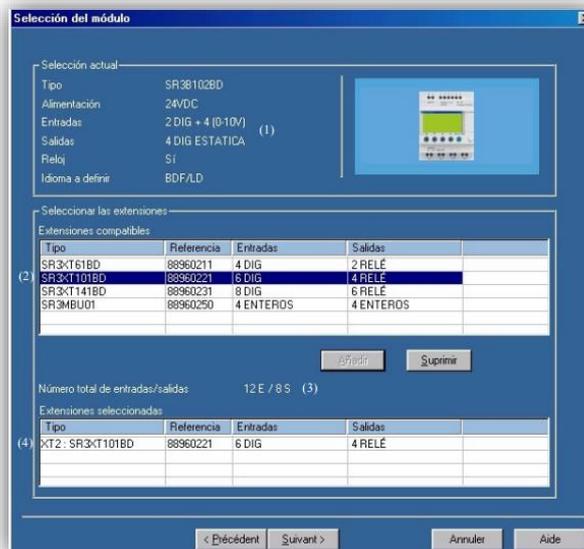


Fig. 11 Selección de Extensiones 1. Tomada de [4]

En la parte superior de la ventana aparecerán sintetizadas las características del módulo. Al hacer clic en Anterior se vuelve a la selección del módulo. Es posible añadir una extensión de entradas / salidas o una extensión de comunicación, como se propone en la lista. Basta con hacer doble clic en la extensión deseada y el número total de entradas / salidas se actualiza en la fila siguiente. La extensión seleccionada se podrá ver en la parte inferior de la ventana.



A continuación, haga clic en Siguiente. Aparecerá la pantalla de selección del tipo de programación:

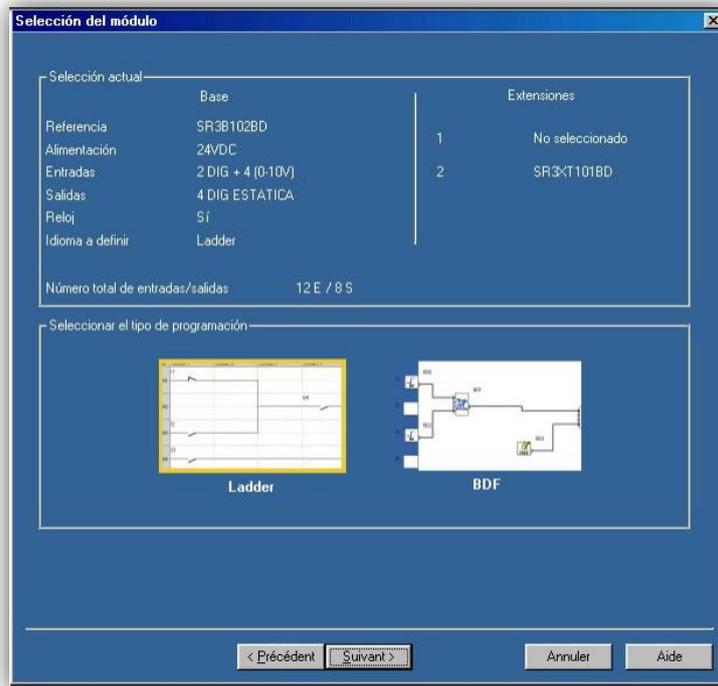


Fig. 12 Selección de Extensiones 2. Tomada de [4]

En la parte superior aparecerá un resumen de la selección actual (módulo escogido + posibles extensiones). En el cuadro inferior puede elegir el tipo de programación. Si desea programar en lenguaje de contactos, seleccione Ladder, y si desea programar en esquema de bloques funcionales, seleccione BDF.

3.5 Cable de Programación (SR2USB01)

El cable de programación es la interfaz de comunicación entre el Zelio Logic y la PC. Sirve para poder transferir la programación entre los pares.



Fig. 13 Cable de Programación. Tomada de [4]

3.6 Software de Programación (ZelioSoft 2)

El software de programación es gratuito y se puede descargar directamente de la página del Schneider Electric. Este es utilizado para realizar el software que implementa la inteligencia de los sistemas de bombeo. Es un entorno de programación muy sencillo, intuitivo y con la ventaja de dos lenguajes distintos de programación como se mencionó anteriormente. Los



PROYECTO FINAL: CONTROL AUTOMÁTICO, COMANDO Y MONITOREO REMOTO DE BOMBAS DE PROFUNDIDAD

.....
requerimientos de la pc son mínimos y es compatible con todos los sistemas operativos de la actualidad.

Como la mayoría de los PLCs este software nos permite simular la programación creada por el usuario como así también realizarlo en tiempo real en modo “monitoreo”, lo que es una ventaja a la hora de realizar ensayos previos al montaje.



Fig. 14 Software de Programación 2. Tomada de [4]



4 Implementación

4.1 Diagrama de Funcionamiento

El siguiente diagrama muestra el funcionamiento del controlador, el mismo se hace cargo de la inteligencia del sistema de comando de las perforaciones de profundidad y realiza la coordinación de los dispositivos de protección.

Se realiza el diseño e implementación de tres programas controladores con el mismo principio de funcionamiento pero a la vez ligeramente adaptados a las situaciones particulares de cada estación. Cabe destacar que estas son:

- Pozo sin comando de electroválvula
- Pozo con comando de electroválvula
- Software de ensayos de Laboratorio

El diagrama describe el comportamiento del sistema de inteligencia de manera simplificada y hace referencia al principio de funcionamiento de los tres programas. Concretamente se tiene en cuenta: el funcionamiento de la electrobomba y las condiciones para el correcto funcionamiento de ella.

La Electrobomba solo se pone en funcionamiento si sus protecciones están aptas para ello. Cuando se habla de protecciones se hace referencia a:

| | |
|---|---|
| Relay de Nivel | Falla de Nivel de Liquido de la Perforación |
| Relay de Fase | Falla Eléctrica (falta de fase) |
| Protector Térmico de Motores Trifásicos (Guardamotor) | Falla de Electrobomba |
| Válvula Eléctrica (Si la tuviese) | Falla de Válvula |

Tabla 4 Relación Protección - Falla

Estos son los dispositivos que imponen condiciones necesarias para la habilitación de puesta en marcha de la Electrobomba.

Por otro lado sirven como alarmas que acusan la deficiencia en el sistema de manera local y remota. Destacamos la transferencia de información de forma inalámbrica para su recopilación y procesamiento para el accionamiento de la bomba.

El sistema cuenta con una alarma la cual no pone en riesgo el funcionamiento de la electrobomba de manera directa, a pesar de su accionamiento no interrumpe el proceso de bombeo. Es la que permite alertar sobre ingreso de personal no autorizado al perímetro del pozo:

| | |
|--|---------------------|
| Sensor Magnético de Apertura de Puerta | Alarma de Intrusión |
|--|---------------------|

Tabla 5 Alarma de Intrusión

Teniendo en cuenta que el autómatas está leyendo cíclicamente las entradas y actuando sobre los acontecimientos que se producen en ellas, el programa solo da marcha a la electrobomba si las condiciones anteriormente mencionadas se encuentran satisfechas. De no ser así el mismo sigue ejecutándose hasta que las condiciones sean las apropiadas.

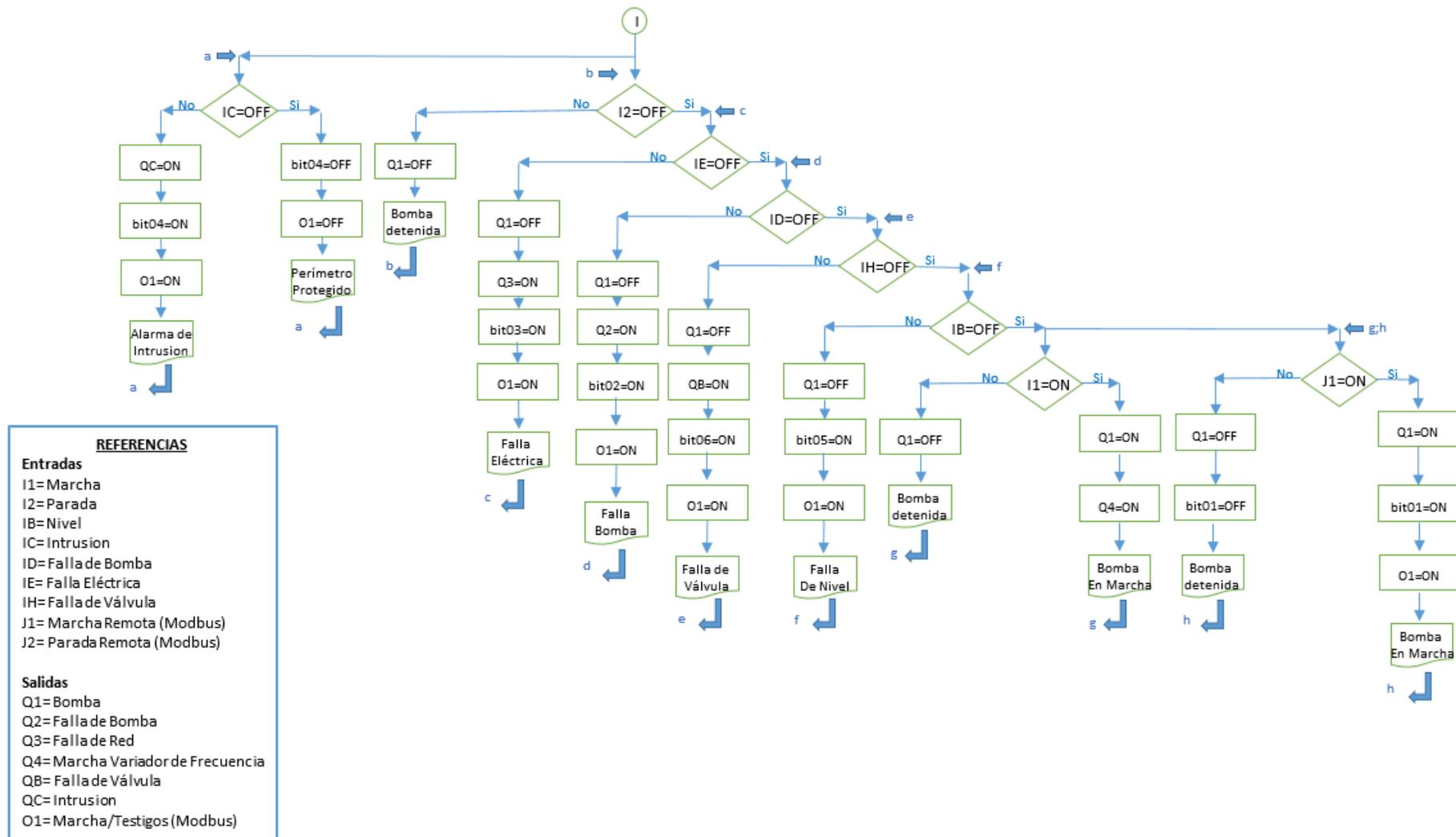


Fig. 15 Diagrama de Funcionamiento



4.2 Software Controlador de Prototipo de Prueba

A continuación se hace una captura del software utilizado para realizar los ensayos de laboratorio. Cabe destacar que la programación se realizó en bdf.

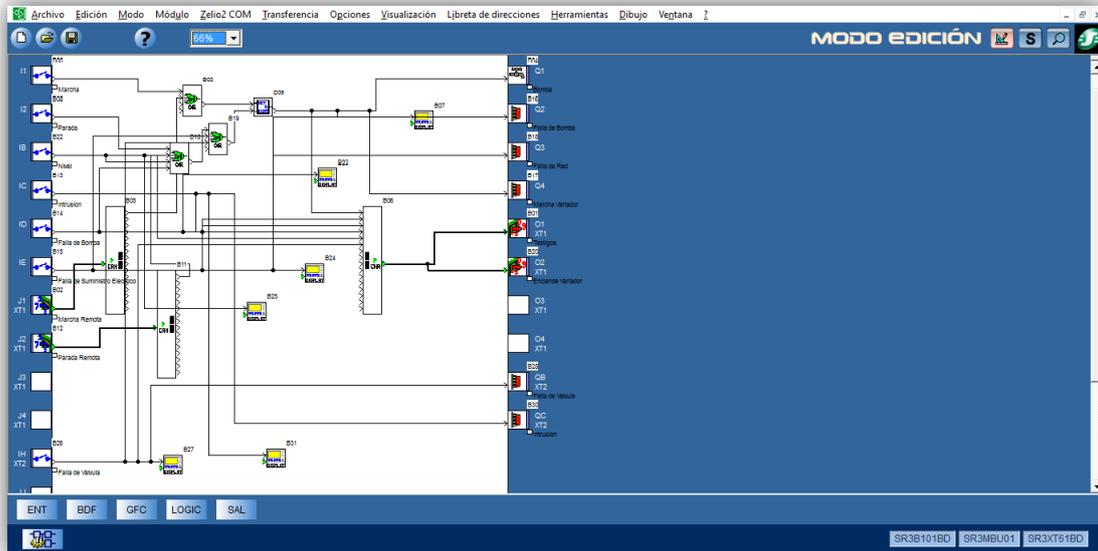


Fig. 16 Programación de Prototipo

4.3 Software Controlador de Pozo real con Electroválvulas

Este software es el que comanda un pozo con dos electroválvulas (A y B de la Fig. 17), las cuales tienen la función de separar los conductos de desagüe y red como se muestra en la Fig. 17. El programa es el que se muestra en la Fig. 18.

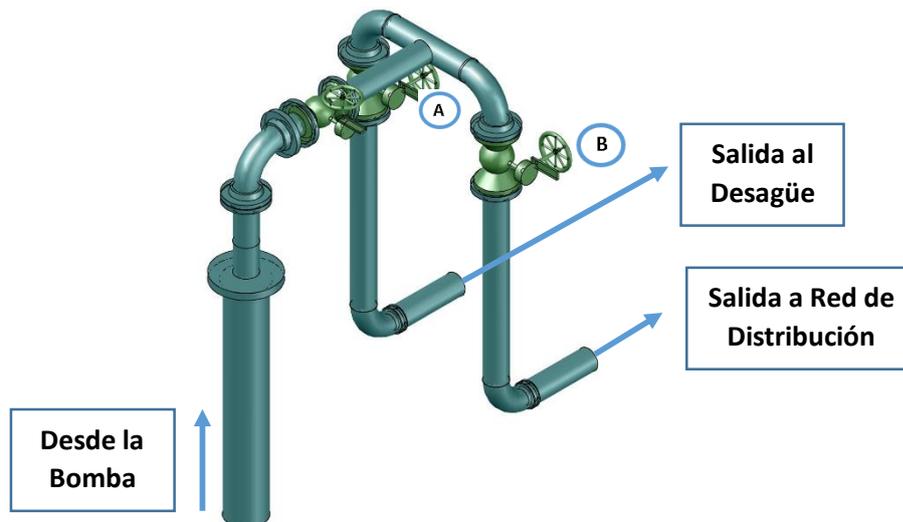


Fig. 17 Diagrama de Electroválvulas

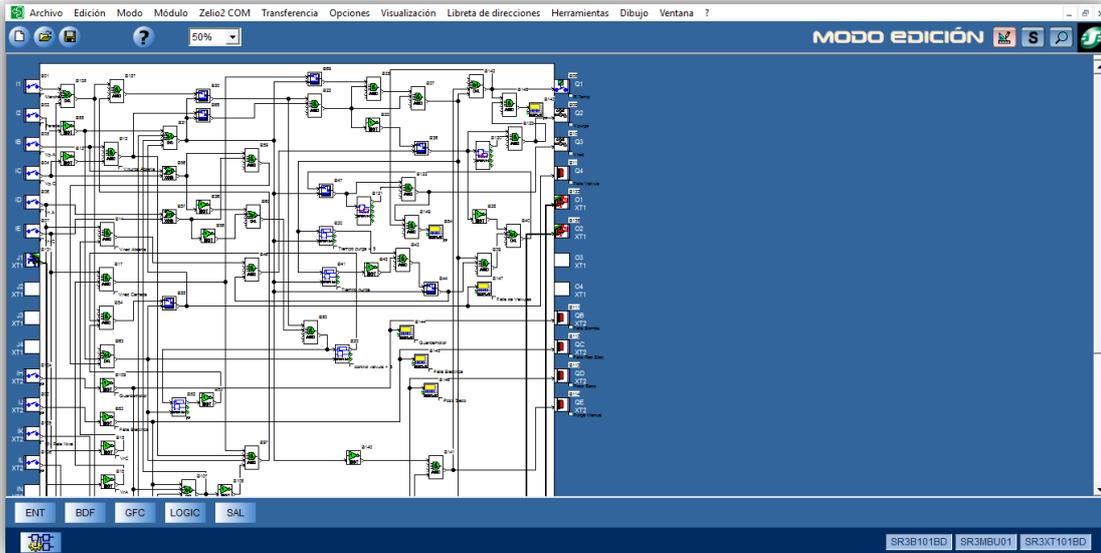


Fig. 18 Programación con Electroválvulas

4.4 Software Controlador de Pozo real sin Electroválvulas

Aquí se muestra el software controlador de pozos con apertura de válvulas manual, es decir, sin automatismo de válvulas pero con las protecciones correspondientes a la bomba de inmersión.

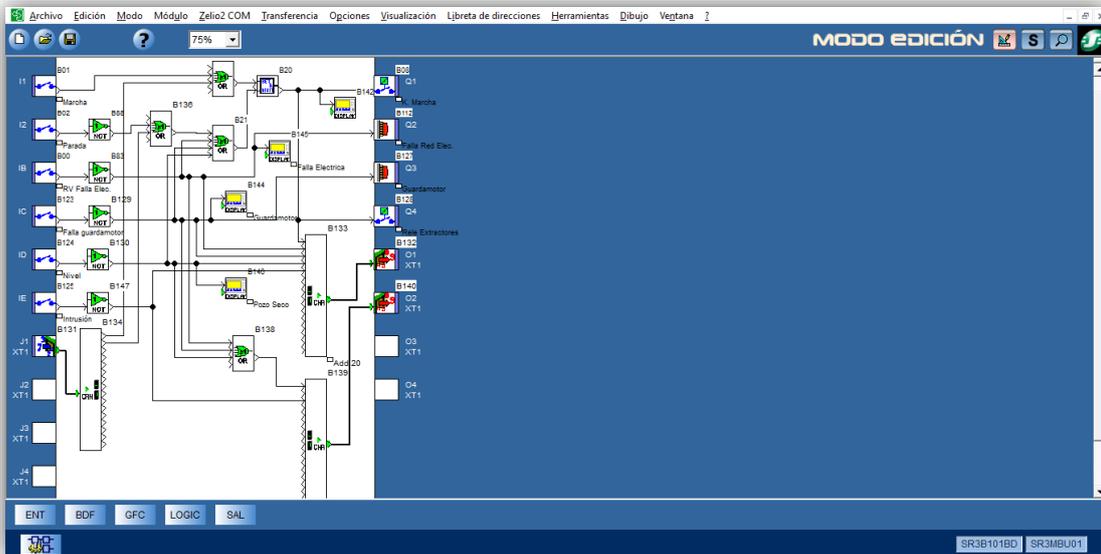


Fig. 19 Programación sin Electroválvulas



5 Bibliografía

- [1] Schneider Electric. (2016). Zelio Logic. Disponible en internet, fecha de acceso: 14/11/2016
<http://www.schneider-electric.com.ar/es/product-range-download/531-zelio-logic/?filter=business-1-automatizacion-y-control-industrial&parent-category-id=2800>
- [2] Schneider Electric. (2016). Tutorial Zelio Soft. Disponible en internet, fecha de acceso: 14/11/2016
<http://www.z-scada.com/dwnld/TutorialZelio.pdf>
- [3] Schneider Electric. (2015). Fundación para la Formación Profesional, Autómatas Programables: LADDER en Zelio Soft. Disponible en internet, fecha de acceso: 14/11/2016
<http://www.fundacionforpro.org/blog/automatas-programables-zelio-soft-ladder/>
- [4] Schneider Electric. (2016). Manual de Usuario. Disponible en internet, fecha de acceso: 14/11/2016
[http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER ELECTRIC/content/live/FAQS/141000/FA141724/es_ES/Manual%20de%20Usuario%20\(prog.%20esp\).pdf](http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/141000/FA141724/es_ES/Manual%20de%20Usuario%20(prog.%20esp).pdf)
- [5] Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2016). Lección 16.3.2 Diagrama de Bloques Funcionales. Disponible en internet, fecha de acceso: 14/11/2016
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150512/ContenidoLinea/leccin_1632_diagrama_de_bloques_funcionales_function_block_diagram_fbd.html



6 Índice de Tablas y Figuras

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Especificaciones Panel Frontal. Tomada de [4] | 4 |
| Tabla 2 Especificaciones Display. Tomada de [4] | 5 |
| Tabla 3 Información Técnica. Tomada de [4] | 5 |
| Tabla 4 Relación Protección - Falla | 13 |
| Tabla 5 Alarma de Intrusión | 13 |
| | |
| Fig. 1 Smart Relay. Tomada de [1] | 3 |
| Fig. 2 Panel Frontal. Tomada de [4] | 4 |
| Fig. 3 Display. Tomada de [4] | 5 |
| Fig. 4 Pantalla de Inicio. Tomada de [4] | 6 |
| Fig. 5 Pantalla de Selección de Módulo 1. Tomada de [4] | 6 |
| Fig. 6 Pantalla de Selección de Módulo 2. Tomada de [4] | 7 |
| Fig. 7 Pantalla de Selección de Módulo 3. Tomada de [4] | 7 |
| Fig. 8 Pantalla de Selección de Módulo 4. Tomada de [4] | 7 |
| Fig. 9 Módulo MODBUS. Tomada de [4] | 9 |
| Fig. 10 Módulo de Expansión. Tomada de [4] | 10 |
| Fig. 11 Selección de Extensiones 1. Tomada de [4] | 10 |
| Fig. 12 Selección de Extensiones 2. Tomada de [4] | 11 |
| Fig. 13 Cable de Programación. Tomada de [4] | 11 |
| Fig. 14 Software de Programación 2. Tomada de [4] | 12 |
| Fig. 15 Diagrama de Funcionamiento | 14 |
| Fig. 16 Programación de Prototipo | 15 |
| Fig. 17 Diagrama de Electroválvulas | 15 |
| Fig. 18 Programación con Electroválvulas | 16 |
| Fig. 19 Programación sin Electroválvulas | 16 |



Capítulo 5: Electrobombas

| | |
|---|---|
| Capítulo 5: Electrobombas | 1 |
| 1 Introducción: Electrobombas | 2 |
| 1.1 Bombas | 2 |
| 1.2 Potencia de una Bomba | 2 |
| 2 Tipos de bombas usadas en el proyecto | 4 |
| 2.1 Electrobomba Pedrollo CP 250..... | 4 |
| 2.1.1 Utilización | 4 |
| 2.1.2 Límites de Utilización | 4 |
| 2.1.3 Consumo..... | 5 |
| 2.1.4 Prestaciones | 5 |
| 2.1.5 Dimensiones y Peso | 5 |
| 2.2 Electrobomba de Desagote DWG 2200-6 T | 5 |
| 2.2.1 Características..... | 6 |
| 2.2.2 Condiciones de uso | 6 |
| 2.2.3 Prestaciones | 6 |
| 2.3 Bomba Motorarg BMS 4" Al - Antiarena..... | 7 |
| 2.3.1 Características..... | 7 |
| 2.3.2 Condiciones de Uso..... | 7 |
| 3 Bibliografía..... | 8 |
| 4 Índice de Tablas y Figuras..... | 9 |



1 Introducción: Electrobombas

En el presente capítulo se hará una descripción de los tipos de bombas que el proyecto cuenta en sus diferentes puntos de extracción y distribución de agua.

Estas bombas ya fueron calculadas y puestas en marcha por la empresa “Aguas Riojanas SAPEM” en la Ciudad de Chamental. Nuestro grupo de trabajo realizó el comando y monitoreo de las mismas a distancia desde la central vía enlaces de comunicación.

1.1 Bombas

La elevación e impulsión de líquidos hacia la superficie, ha sido un problema difícil de resolver satisfactoriamente en tiempos pasados y ocupa un amplio campo de aplicación en la ingeniería actual. Extraer agua de los pozos, almacenarla en la superficie e impulsarla a cotas convenientes, es el objeto y fin de las máquinas de bombeo.

Existen en estos momentos un gran número de diferentes tipos de bombas, para usarse en la elevación y transporte de agua, pero son pocos los tipos que puedan utilizarse en forma económica, ya que no todas cumplen con las necesarias condiciones de eficiencia.

Las bombas precisan de sellos hidráulicos para impedir que los fluidos que están siendo impulsados salgan al exterior de la máquina a través de la vía de transmisión de movimiento desde el motor a los elementos internos móviles de la bomba.

1.2 Potencia de una Bomba

Para lograr su objetivo la bomba debe realizar un trabajo T , es decir elevar un peso F a una altura H , y debe disponer de una potencia P , si este trabajo se efectúa en una unidad de tiempo t .

$$T = F * H \rightarrow P = \frac{F * H}{t} \quad y \quad F = \rho * V$$

Se define como potencia útil de la bomba a:

$$Pu = \frac{\rho * V * H}{t} \quad \text{si} \quad Q = \frac{V}{t} \quad \rightarrow \quad Pu = \rho * Q * H$$

Si, en vez del peso específico ρ se utiliza la densidad δ del líquido y recordando que $\rho = \delta * g$ donde g es la aceleración de la gravedad, se tendrá:

$$Pu = \delta * g * Q * H$$

Pu : Potencia útil en Watt Q : Caudal en m³/seg
 δ : Densidad del fluido en kg/m³ H : Altura en m
 g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)



La potencia necesaria para accionar la bomba en cuestión, o sea la potencia mecánica en el eje de la misma será:

$$P_m = \frac{P_u}{\eta_b} = \frac{\delta * g * Q * H}{\eta_b}$$

η_b : Rendimiento de la bomba

P_u : Potencia útil suministrada por la bomba

P_m : Potencia (mecánica) necesaria para accionarla.

Si la potencia mecánica es suministrada por un motor eléctrico, con un rendimiento η_e de conversión de energía eléctrica en energía mecánica, entonces la potencia eléctrica P_e que absorberá el conjunto motor + bomba será:

$$P_e = \frac{P_m}{\eta_e} = \frac{P_u}{\eta_e * \eta_b} = \frac{\delta * g * Q * H}{\eta_e * \eta_b}$$

Por último es necesario mencionar que en la práctica la altura H de elevación es igual al cambio de nivel físico a que debe sufrir el líquido, más la altura equivalente a las pérdidas de presión (de carga) a lo largo de la cañería de conducción.



2 Tipos de bombas usadas en el proyecto

A continuación se hace una referencia de los tipos bombas. Es válido recordar que las mismas se encontraban instaladas y en funcionamiento previo a la realización del proyecto por lo que en él solamente se realiza el control y monitoreo de las mismas, sin embargo es oportuno mencionarlas y listar sus características más salientes.

2.1 Electrobomba Pedrollo CP 250

Tipo de bomba recomendada para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Los rendimientos elevados y la adaptabilidad a las más variadas aplicaciones, la convierten en la elección ideal para el sector doméstico, civil e industrial, en particular para la distribución de agua acoplada a tanques de presurización para el aumento de la presión de la red.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

En el proyecto este tipo de bombas se utilizan en los rebombes América y 20 de Junio. Los cuales son de suma importancia para que el agua llegue a barrios alejados de las perforaciones



Fig. 1 Electrobomba Pedrollo. Tomada de [5]

2.1.1 Utilización

- Abastecimiento hídrico
- Presurización
- Irrigación
- Circulación de agua en instalaciones de refrigeración
- Instalaciones Anti incendios
- Industria
- Agricultura

2.1.2 Límites de Utilización

- Altura de aspiración manométrica hasta 7 metros.
- Temperatura del líquido de -10°C hasta +90°C.
- Temperatura ambiente de -10°C hasta +40°C.
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba 10 bar



2.1.3 Consumo

| MODELO | TENSION (trifásica) | | | | | |
|---------|---------------------|--------|-------|--------|--------|-------|
| | 230 V | 400 V | 690 V | 240 V | 415 V | 720 V |
| CP 250C | 28.6 A | 16.5 A | 9.5 A | 27.5 A | 16.0 A | 9.3 A |

Tabla 1 Consumos en Amperios. Tomada de [5]

2.1.4 Prestaciones

| MODELO | POTENCIA | | Q | H | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|----|----------|-------------------|-------|-----|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|----|
| | kW | HP | | m ³ /h | l/min | 0 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 |
| Trifásica | | | | | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | |
| CP 250C | 7.5 | 10 | H metros | | 57 | 56 | 54.5 | 52.5 | 49.5 | 46 | 41.5 | 35.5 | 30 | 24 | |

Tabla 2 Prestaciones de la Bomba Antiarena. Tomada de [5]

Potencia expresada en kW y HP.

Caudal [Q] expresados en m³/h y l/min.

Altura manométrica total [H] expresada en metros.

2.1.5 Dimensiones y Peso

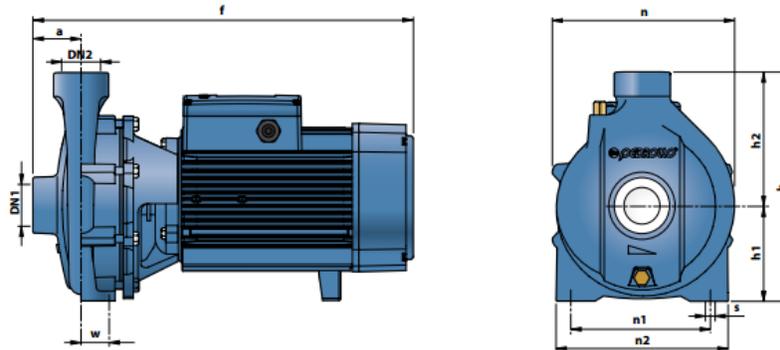


Fig. 2 Dimensiones. Tomada de [5]

| MODELO | | BOCAS | | DIMENSIONES mm | | | | | | | | | | kg | |
|------------|-----------|-------|-----|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|---|----|------|
| Monofásica | Trifásica | DN1 | DN2 | a | f | h | h1 | h2 | n | n1 | n2 | w | s | 1~ | 3~ |
| - | CP 250C | 2" | 2" | 65 | 507 | 392 | 160 | 232 | 322 | 230 | 294 | 45 | | - | 74.0 |

Tabla 3 Peso y Referencias de Fig. 2. Tomada de [5]

2.2 Electrobomba de Desagote DWG 2200-6 T

Brinda una óptima prestación hidráulica en el bombeo de aguas sucias o cargadas con sólidos en suspensión hasta 76 mm de diámetro. Es apta para el bombeo de aguas residuales, pluviales, fangos, efluentes industriales, sumergiéndola directamente en el lugar a desagotar.

Particularmente esta bomba es de suma importancia para el sistema en general y se encuentra en el dique de la ciudad de Chamental, donde se encuentra sumergida por medio de una balsa la cual extrae agua desde el dique y es impulsada a la red. Esta bomba se controla con un variador de frecuencia (ver capítulo 6) que se encuentra en el tablero de comando a orillas del dique.



2.3 Bomba Motorarg BMS 4" AI - Antiarena

La línea de electrobombas sumergibles “BMS 4” AI - ANTIARENA” con bridas de aspiración y descarga en acero inoxidable está diseñada para la extracción de agua en pozos profundos de 4” encamisados con caño de 110 mm de diámetro exterior y 102 mm interior. Ideales para riegos en general, elevación a tanques y cisternas, llenado de piscinas y bebederos, en el ámbito civil, industrial y agropecuario

Este particular tipo de bomba son las que se utilizan para la extracción de agua de los diferentes pozos de la Ciudad de Chemical.



Fig. 4 Bomba Sumergible Motorarg. Tomada de [4]

2.3.1 Características

- Bridas en acero inoxidable
- Carcasa de acero inoxidable
- Impulsores y difusores de NORYL® con carga de fibra de vidrio.
- Diseño hidráulico ANTIARENA de impulsores flotantes
- Motores eléctricos sumergibles REBOBINABLES y REPARABLES
- Opción motor 2 alambres: no requiere tablero de arranque
- Opción motor 3 alambres: incluye tablero de arranque
- Aislación clase F – IP 68
- Cumplen con las normas de seguridad eléctrica internacionales IEC

2.3.2 Condiciones de Uso

- Temperatura del fluido hasta +35°C
- Rango de PH del agua a bombear 6.5 a 8
- Agua con sólidos en suspensión hasta 150 gr/m³

Especificaciones

| MODELOS | Pot. HP | Altura manométrica (metros) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Boca de descarga | In (Amp) | | Etapas N° | Largo (mm) | Peso (Kg) |
|--------------|---------|-----------------------------|----|----|----|----|----|------|----|------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|----------|------|-----------|------------|-----------|
| | | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 140 | 170 | 180 | 190 | 200 | | 210 | 220V | | | |
| BMS 421AI/10 | 10 | | | | | | | 21,5 | 20 | 18,5 | 17 | 15 | 13 | 10 | 8 | 4 | | | | | | 2" | - | 19 | 28 | 3040 | 53 |

Tabla 5 Especificaciones Bomba Motorarg. Tomada de [4]



3 Bibliografía

- [1] Tecnología de Tierras y Aguas I - Teoría de Bomba, Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Univ. Nac. De Entre Ríos. Disponible en Internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace:
<http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/riego/Archivos/Cap%2009%20-%20Teoria%20de%20Bombas.pdf>
- [2] Balsa - Electrobomba Motorarg. Disponible en Internet fecha de acceso: 24/10/2016, enlace:
<http://www.motorarg.com.ar/website/hojas%20tecnicas/motorarg/desagote/DWG.pdf>
- [3] Bomba Hidráulica. Disponible en Internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace:
https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_hidr%C3%A1ulica#Tipos_de_bombas
- [4] Bombas Sumergibles, Motorarg Anti arena. Disponible en Internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace:
<http://www.motorarg.com.ar/website/hojas%20tecnicas/motorarg/sumergible/BMSAI.pdf>
- [5] Bomba Centrifuga Pedrollo. Disponible en Internet, Fecha de acceso: 24/10/2016, enlace:
<http://www.pedrollo.com/es/cp-fino-a-11-kw-electrobombas-centri-fugas/302>



4 Índice de Tablas y Figuras

| | |
|--|---|
| Tabla 1 Consumos en Amperios. Tomada de [5] | 5 |
| Tabla 2 Prestaciones de la Bomba Antiarena. Tomada de [5]..... | 5 |
| Tabla 3 Peso y Referencias de Fig. 2. Tomada de [5] | 5 |
| Tabla 4 Electrobomba de Desagote. Tomada de [2]..... | 6 |
| Tabla 5 Especificaciones Bomba Motorarg. Tomada de [4] | 7 |
| | |
| Fig. 1 Electrobomba Pedrollo. Tomada de [5] | 4 |
| Fig. 2 Dimensiones. Tomada de [5]..... | 5 |
| Fig. 3 Electrobomba de Desagote. Tomada de [2]..... | 6 |
| Fig. 4 Bomba Sumergible Motorarg. Tomada de [4]..... | 7 |



Capítulo 6: Convertidor de Frecuencia

| | |
|--|----|
| Capítulo 6: Convertidor de Frecuencia | 1 |
| 1 Introducción: Convertidores de Frecuencia | 2 |
| 1.1 Fundamentos Tecnológicos de la Regulación Electrónica de Velocidad | 2 |
| 1.1.1 Regulación de Velocidad por Modificación de la Frecuencia | 3 |
| 1.1.2 Funcionamiento del Convertidor | 4 |
| 2 Descripción y Selección del Equipamiento | 5 |
| 2.1 Características de Convertidor de frecuencia | 6 |
| 2.2 Panel de Control asistente | 6 |
| 2.3 Diagrama de Funcionamiento | 7 |
| 3 Configuración de los Equipos..... | 8 |
| 4 Bibliografía..... | 10 |
| 5 Índice de tablas y figuras | 11 |



1 Introducción: Convertidores de Frecuencia

La explicación siguiente se realiza tomando como referencia un apunte obtenido de la UTN – FRA. Tomada de [2]

En la mayoría de aplicaciones industriales, los impulsores de los accionamientos son motores eléctricos, entre los cuales los motores asíncronos con jaula de ardilla predominan las aplicaciones, acompañado de ventajas como: menor nivel de mantenimiento, relación peso potencia es mejor que el resto, capacidad de soportar sobrecargas y elevado rendimiento.

Gracias al elevado desarrollo de la electrónica de potencia y los microprocesadores ha permitido controlar la velocidad de estos motores, de una forma rápida, robusta y fiable, mediante los reguladores electrónicos de velocidad.

La elección de la instalación de un convertidor de frecuencia como método de ahorro energético supone:

- Reducción del consumo.
- Mejor control operativo, mejorando la rentabilidad y la productividad de los procesos productivos.
- Minimizan las pérdidas en las instalaciones.
- Ahorro en mantenimiento (el motor trabaja siempre en las condiciones óptimas de funcionamiento).

1.1 Fundamentos Tecnológicos de la Regulación Electrónica de Velocidad

La ecuación que rige el funcionamiento de un transformador eléctrico es la ecuación de la fuerza electromotriz inducida en el:

$$E = 4,44 * f * N * \Phi_{max}$$

Un motor asíncrono trifásico es un transformador con núcleo magnético con entrehierro, que es la separación entre primario (estator) y secundario (rotor)

Las N vueltas en el arrollamiento del transformador en el caso del motor se asemejan a Z, que es el número de conductores activos en ambos lados del bobinado, por lo tanto:

$$Z = 2 N$$

Por lo que la fórmula queda

$$E = 2,22 * f * Z * \Phi_{max}$$

La **velocidad** de rotación de un motor asíncrono es función de sus características y de la carga mecánica, es decir, de la curva par motor / velocidad impuesta por el principio de funcionamiento del motor y del par resistente, que a esa velocidad presenta la carga mecánica acoplada al eje.

Para variar la velocidad de rotación de un motor con un par dado, es necesario modificar su característica par motor / velocidad. En el caso del motor asíncrono dicha velocidad “n” está directamente ligada con la velocidad sincrónica y con el resbalamiento, según la expresión:



$$n = (1 - s) * ns \quad \rightarrow \quad ns = \frac{60f}{p} \quad y \quad s = \frac{Per}{Ps}$$

- ns: Velocidad sincrónica
- f: Frecuencia de la red de alimentación del motor [Hz]
- p: N° de pares de polos del arrollamiento estatórico del motor
- s: Resbalamiento
- Per: Potencia eléctrica rotórica, igual a la consumida en el arrollamiento rotórico más la entregada por el rotor a su circuito eléctrico exterior
- Ps: Potencia sincrónica del motor, que es la potencia transferida por el campo giratorio al rotor

Por lo tanto, la variación de la velocidad del motor asincrónico se puede obtener de las siguientes formas:

- Mediante variación de la frecuencia de la red de alimentación al motor.
- Mediante variación del número de polos del arrollamiento estatórico.
- Mediante variación del resbalamiento (cambio de la relación entre la potencia eléctrica rotórica y la potencia sincrónica del motor).

Como las dos primeras formas implican modificaciones de la red o del circuito estatórico, son aplicables a motores asincrónicos con rotor en cortocircuito. En cambio la tercera involucra la necesidad de modificar la potencia eléctrica rotórica y por ello es sólo aplicable a motores con rotor bobinado.

1.1.1 Regulación de Velocidad por Modificación de la Frecuencia

Partiendo de la relación

$$\Phi = \frac{v}{2,22 * k * Z * f} = K \frac{v}{f}$$

En la que se indica que el flujo magnético es directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional a la frecuencia, lo que sugiere que se puede emplear un convertidor de frecuencia, para que el motor trabaje a flujo magnético constante.

El convertidor es el encargado de manejar la tensión y frecuencia aplicada al motor, es decir, mantiene la relación tensión/ frecuencia constante para así mantener constante el par motor.

Se deben tener en cuenta dos situaciones a la hora de modificar la frecuencia de trabajo:

- Al trabajar con frecuencias bajas, es necesario mantener la relación con la tensión constante (disminuyéndola), no hacerlo implica una variación en el flujo, lo que lleva a una diferencia en el par motor y a la posibilidad de saturación del material magnético.
- Existe también una limitación al superar los 50 Hz de frecuencia, debido a que para mantener la relación es necesario incrementar la tensión por encima de los límites establecidos por el fabricante (nivel de aislación de diseño del motor), por no ser esto recomendable se manifiesta en una disminución del par motor.



1.1.2 Funcionamiento del Convertidor

El principio básico de funcionamiento es transformar la energía eléctrica de frecuencia de distribución en energía eléctrica de frecuencia variable, la cual se consigue a través de dos etapas en serie:

- Etapa rectificadora: transforma la corriente alterna en continua, con toda la potencia en el llamado circuito intermedio
- Etapa inversora u ondulator: transforma la corriente continua en alterna, con una frecuencia y una tensión regulables, que dependerán de los valores de consigna.

Todo el conjunto del convertidor de frecuencia recibe el nombre de inversor.

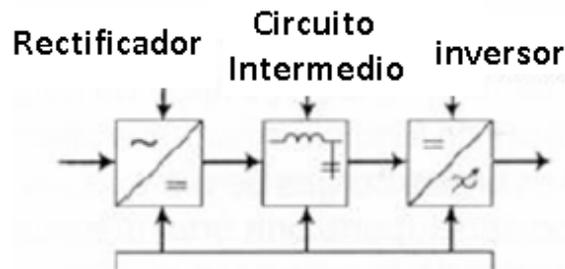


Fig. 1 Diagrama de Ondulador. Tomada de [2]

El modo de trabajo puede ser manual o automático, según las necesidades del proceso, dada la enorme flexibilidad que ofrecen, pueden ser manejados por ordenador, PLC, señales digitales o de forma manual.

La mayoría de las marcas incluyen dentro del propio convertidor protecciones para el motor, tales como protecciones contra sobreintensidad, sobretensión, contra desequilibrios, defectos a tierra, etc. Otro punto importante que presentan es el de proporcionar arranque y frenado suave.

Trae aparejado un potente ahorro de energía debido a que en muchas aplicaciones resulta innecesario el funcionamiento de los motores al 100% de su velocidad.

Características extras que aportan los convertidores:

- Mejora el proceso de control y por lo tanto la calidad del producto.
- Se puede programar un arranque suave, parada y freno (funciones de arrancador progresivo).
- Amplio rango de velocidad, par y potencia. (velocidades continuas y discretas).
- Bucles de velocidad.
- Puede controlar varios motores.
- Factor de potencia unitario.
- Respuesta dinámica comparable con los drivers de DC.
- Capacidad de by-pass ante fallos del convertidor.
- Protección integrada del motor.
- Marcha paso a paso (comando JOG).



2 Descripción y Selección del Equipamiento

Para la selección del equipo usado se tuvo en cuenta los equipos que se encontraban a disposición en la Empresa, a partir de ellos se realizó la elección tomando el que mejor se adaptara para cumplir los requerimientos provistos.

Dentro de los convertidores a disposición, la principal característica a tener en cuenta fue que el seleccionado soportara la comunicación bajo el protocolo MODBUS, que es el adoptado por la Empresa para realizar el comando y monitoreo desde la central a través de los enlaces.

Dentro de las características eléctricas, la selección se realizó teniendo en cuenta la potencia de la bomba que se comandaría, debido a que ello es fundamental para la implementación del control de la misma a través del convertidor.

El convertidor elegido fue el ABB ACS 555 (Fig. 1):



Fig. 2 ABB ACS 550. Tomada de [1]



2.1 Características de Convertidor de frecuencia

En la Tabla 1 se presentan las características más importantes provistas por el fabricante

| Conexión de red | |
|--|--|
| Rango de potencia y tensión | Trifásica, 380 a 480 V, +10/-15%, 0,75 a 355 kW Trifásica, 208 a 240 V, +10/-15%, 0,75 a 75 kW Autoidentificación de la línea de entrada |
| Frecuencia | 48 a 63 Hz |
| Factor de potencia | 0,98 |
| Conexión del motor | |
| Tensión | Trifásica, de 0 a U_{ALM} |
| Frecuencia | 0 a 500 Hz |
| Capacidad de carga continua (par constante a una temperatura ambiente máxima de 40 °C) | Intensidad de salida nominal I_{2N} |
| Capacidad de sobrecarga (a una temperatura ambiente máxima de 40 °C) | En uso normal: $1,1 \times I_{2N}$ durante 1 minuto cada 10 minutos En uso en trabajo pesado: $1,5 \times I_{2N}$ durante 1 minuto cada 10 minutos Independientemente del uso: $1,8 \times I_{2N}$ durante 2 segundos cada 60 segundos |
| Frecuencia de conmutación | Por defecto 4 kHz |
| Seleccionable | 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz, 12 kHz |
| Tiempo de aceleración | 0,1 a 1800 s |
| Tiempo de deceleración | 0,1 a 1800 s |
| Control de la velocidad | |
| Bucle abierto | 20% del deslizamiento del motor nominal |
| Bucle cerrado | 0,1% de la velocidad nominal del motor |
| Bucle abierto | < 1% con escalón de par del 100% |
| Bucle cerrado | 0,5% con escalón de par del 100% |
| Control del par | |
| Bucle abierto | < 10 ms con par nominal |
| Bucle cerrado | < 10 ms con par nominal |
| Bucle abierto | ±5% con par nominal |

| Conexiones de control programables | |
|--|--|
| Dos entradas analógicas | |
| Señal de tensión | 0 (2) a 10 V, $R_{in} > 312 \text{ k}\Omega$ sin diferencial |
| Señal de intensidad | 0 (4) a 20 mA, $R_{in} = 100 \Omega$ sin diferencial |
| Valor de referencia del potenciómetro | 10 V ± 2% máx. 10 mA, $R < 10 \text{ k}\Omega$ |
| Máxima demora de tiempo | 12 a 32 ms |
| Resolución | 0,1% |
| Precisión | ±1% |
| Dos salidas analógicas | |
| Precisión ±3% | |
| Tensión auxiliar | 24 V CC ±10%, máx. 250 mA |
| Seis entradas digitales | |
| 12 a 24 V CC con alimentación interna o externa, PNP y NPN | |
| Impedancia de entrada | 2,4 kΩ |
| Máxima demora de tiempo | 5 ms ± 1 ms |
| Tres salidas de relé | |
| Tensión máxima de conmutación | 250 V CA/30 V CC |
| Intensidad máxima de conmutación | 6 A/30 V CC; 1.500 V A/230 V CA |
| Intensidad continua máxima | 2 A rms |
| Comunicación serie | |
| EIA-485 | Protocolo Modbus |

Tabla 1 Características Principales Convertidor de Frecuencias ABB ACS 550. Tomada de [3]

2.2 Panel de Control asistente

Como se ve en la Fig. 2, el convertidor cuenta con un panel de control asistente, que se muestra en la Fig. 3, “este incluye una pantalla alfanumérica multilingüe. Además, el panel de control incluye varios asistentes y una función de ayuda integrada, un reloj en tiempo real que puede. El panel de control puede utilizarse para realizar copias de seguridad de los parámetros o para descargarlos en otros convertidores”. Tomado de [3]



Fig. 3 Panel de Control Asistente. Tomada de [3]



En la figura 3 se indican los botones de navegación, utilizados para la configuración mostrada en la sección 3.

Las principales características programables del convertidor son:

- Datos de arranque
- Datos de funcionamiento
- Historial de Fallos
- Comandos para Marcha/Parada
- Referencias de funcionamiento
- Velocidades constantes
- Entradas analógicas y digitales
- Salidas a relé y analógicas
- Controles de sistema
- Tipos y Configuración de Comunicación

2.3 Diagrama de Funcionamiento

El esquema de funcionamiento del sistema se presenta en la Fig. 4, en él se especifica que el control sobre la bomba es realizado conjuntamente por el HMI y el convertidor de frecuencia.

El variador se encarga de los parámetros de funcionamiento de la bomba, selecciona y monitorea la frecuencia de trabajo, selecciona el sentido de giro, etc.

El HMI se encarga de las órdenes de funcionamiento: marcha, parada.

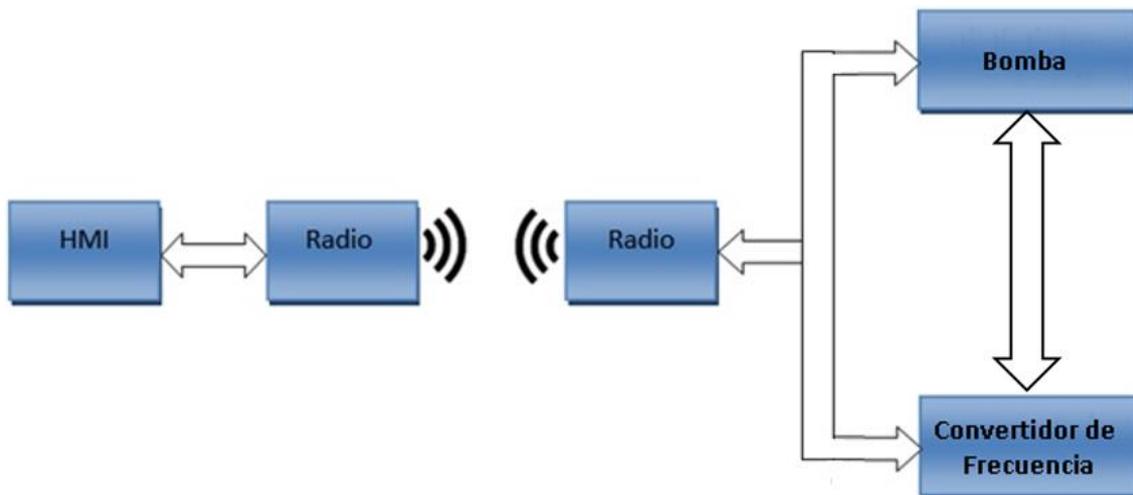


Fig. 4 Diagrama de Funcionamiento



3 Configuración de los Equipos

La configuración se realiza a través del panel de control mostrado en la Fig. 3 de la sección 2.2, navegando en con las teclas mostradas en la Fig. 5



Fig. 5 Teclas de Navegación del Panel de Control

Teniendo en cuenta los parámetros necesarios de controlar, se buscó la dirección de cada uno para cargar los valores precisos para su configuración

Lo primero que se debe configurar son los parámetros referidos a la bomba, la cual va a ser comandada por el convertidor. Al encender el convertidor se puede iniciar el asistente de configuración donde se cargan los parámetros referidos a la bomba, en la Tabla 2, se muestran las características tomadas del motor de prueba

| Parámetros | Valor |
|------------|-----------|
| Potencia | 5,5 HP |
| Corriente | 9,9 A |
| Tensión | 380-400 V |
| Frecuencia | 50 Hz |

Tabla 2 Parámetros del Motor

La siguiente configuración se realiza para el control de la bomba con el convertidor y a través de la HMI

10: Marcha/ Parada/ Dirección

A través de los parámetros se configuran los comandos de Marcha (1001), Parada (1002) y Dirección o Sentido de Giro (1003)

- 1001 - Comando externo 1 : Comunicación
- 1002 - Comando externo 2 : ED1
- 1003 - Dirección : Petición

11: Selección de Referencias

El parámetro selección EXT1/EXT2 indica cuál referencia para la selección de frecuencia se debe seguir, se encuentra comandada a través de la entrada digital ED6. La REF1 se encuentra comandada a través de comunicación, con ella seleccionamos el valor de frecuencia de salida del convertidor desde la HMI. La REF2 trabaja sobre el mismo parámetro pero en forma porcentual del máximo y mínimo

- 1102 - Selección EXT1/ EXT2 : ED6
- 1103 - Selección REF1 : Comunicación
- 1104 - REF1 min. : 3,6 Hz
- 1005 - REF1 máx. : 50 Hz
- 1106 - Selección REF2 : Comunicación
- 1107 - REF2 min. : 0%
- 1008 - REF2 máx. : 100%



16: Controles de Sistema

Debido a que la marcha y parada pueden ser accionadas localmente a través del panel de control el Permiso de Marcha es un elemento de seguridad que, no permite la acción que comanda el encendido de la bomba en caso de estar deshabilitada. La habilitación se comanda a través del HMI.

En caso de que ocurriera algunas de las fallas previstas en el convertidor y esta fuera subsanada, la marcha podrá realizarse luego de restaurar la falla (función rearme).

- 1601 - Permiso de Marcha : Comunicación
- 1604 - Selección Restaurar Falla : Comunicación (rearme)

52: Comunicación

Los parámetros de comunicación son los mismos que los seleccionados en los elementos interconectados con el convertidor.

- 5201 - ID estación : 1
- 5202 - Velocidad de Transmisión : 9.6 kb/s
- 5203 - Paridad : 8N1

53: Protocolo BCI

- 5301 - ID protocolo BCI : 0118 hex
- 5302 - ID Estación : 1
- 5303 - Velocidad de Transmisión : 9.6 kb/s
- 5304 - Paridad : 8N1
- 5305 - Perfil de Control BCI : DCU PROFILE

El resto de parámetros se encuentran con la configuración de fábrica, que es la recomendada por el proveedor para asegurar el óptimo funcionamiento, estos parámetros se encuentran en el apartado [1] de la bibliografía.

98: Opciones

- 9802 – Seleccionar Protocolo de Comunicación : 1 (MODBUS)



4 Bibliografía

- [1] ABB. (2014). ACS 550 User's Manual. Disponible en internet, fecha de acceso: 01/11/2016, enlace:
https://library.e.abb.com/public/313b6ebaf237059fc1257d0a0048fd68/EN_ACS550_01_UM_H_A4.pdf
- [2] UTN FRA. Variadores de Frecuencia. Disponible en internet, fecha de acceso: 24/10/2016, enlace:
http://www.fra.utn.edu.ar/download/carreras/ingenierias/electrica/materias/planestudio/quintonivel/electronicall/apuntes/variadores_de_frecuencia.pdf
- [3] ABB. (2014). Convertidores de Frecuencia de Uso General. Disponible en internet, fecha de acceso: 01/11/2016, enlace:
https://library.e.abb.com/public/42b1f1e8ebccf848c1257c3200314968/ES_ACS550catalogREVP.pdf



5 Índice de tablas y figuras

| | |
|--|---|
| Tabla 1 Características Principales Convertidor de Frecuencias ABB ACS 550. Tomada de [3] | 6 |
| Tabla 2 Parámetros del Motor..... | 8 |
| Fig. 1 Diagrama de Ondulador. Tomada de [2]..... | 4 |
| Fig. 2 ABB ACS 550. Tomada de [1]..... | 5 |
| Fig. 3 Panel de Control Asistente. Tomada de [3]..... | 6 |
| Fig. 4 Diagrama de Funcionamiento | 7 |
| Fig. 5 Teclas de Navegación del Panel de Control | 8 |



Capítulo 7: Tableros Eléctricos

| | |
|--|----|
| Capítulo 7: Tableros Eléctricos | 1 |
| 1 Introducción: Tableros Eléctricos..... | 2 |
| 1.1 Componentes Eléctricos | 2 |
| 1.1.1 Gabinetes | 2 |
| 1.1.2 Seccionador Bajo Carga..... | 3 |
| 1.1.3 Fusibles NH 00 | 3 |
| 1.1.4 Interruptor de Corte, Seccionador Automático..... | 4 |
| 1.1.5 Contactor de Potencia..... | 4 |
| 1.1.6 Porta Fusibles y Fusibles..... | 5 |
| 1.1.7 Descargador Atmosférico Bipolar DMP-1 | 5 |
| 1.1.8 Descargador Atmosférico Tetrapolar DMP-3 | 5 |
| 1.1.9 Descargador Gaseoso para Antena..... | 6 |
| 1.1.10 Zelio Logic SR3 B101BD + SR3MBU01 + SR3XT101BD..... | 6 |
| 1.1.11 Interruptor Termomagnético Bipolar | 7 |
| 1.1.12 Relay 24 VDC, 220 VAC y porta Relay | 7 |
| 1.1.13 Relay de Control de Fase..... | 8 |
| 1.1.14 Relay de Nivel | 8 |
| 1.1.15 Fuente de Alimentación | 9 |
| 1.1.16 Dispositivo de Radioenlace CTM..... | 9 |
| 2 Construcción de Tableros | 10 |
| 2.1 Tablero sin Accionamiento para Electroválvulas..... | 10 |
| 2.2 Tablero con Accionamiento para Electroválvulas | 11 |
| 2.3 Tablero Eléctrico con Variador de Frecuencia..... | 13 |
| 2.4 Tablero para Sensores e Interfaz Hombre-Maquina | 14 |
| 3 Bibliografía..... | 17 |
| 4 Índice de figuras..... | 18 |



1 Introducción: Tableros Eléctricos

Son componentes de sistemas eléctricos destinados a realizar tareas fundamentales, las cuales se mencionan a continuación:

- Conexión
- Comando
- Control
- Protección
- Maniobra
- Medición
- Alarma y Señalización

El dimensionamiento y la construcción de tableros se realizan teniendo en cuenta los siguientes ítems:

- Requerimientos de la carga
- Consumos estipulados (con respectivos márgenes de seguridad)
- Especificaciones del proveedor de los componentes a conectar (ej. Electrobombas)
- Protección de equipos de inteligencia y radiofrecuencia.
- Seguridad del Operador

1.1 Componentes Eléctricos

A continuación se hace mención de los dispositivos eléctricos típicos utilizados en los tableros que se usaron en el presente proyecto.

1.1.1 Gabinetes

Estos gabinetes han sido diseñados para ser utilizados a la intemperie. No son perjudicados por los efectos nocivos de las cambiantes condiciones atmosféricas y los rayos ultravioletas. Esta línea ha sido diseñada para alojar llaves termomagnéticas, disyuntores, guardamotores, etc, siempre respetando el formato DIN (definido por norma IEC 60715 «*Dimensions of low-voltage switchgear and controlgear. Standardised mounting on rails for mechanical support of electrical devices in switchgear and controlgear installations*») y brindando mayor espacio interior para acceso y pasaje de cables. Tomado de [10].



Fig. 1 Gabinetes



1.1.2 Seccionador Bajo Carga

El interruptor-fusible se utiliza como llave principal de los conmutadores de baja tensión de la industria para la distribución de potencia y la protección de los motores, cables y otros dispositivos contra cortocircuitos y sobrecargas. Tomado de [1].



Fig. 2 Seccionador ABB XLP. Tomada de [1]

1.1.3 Fusibles NH 00

Cartuchos fusibles de cuchilla (NH) clase gL/gG, alto poder de corte, para protección de uso general ante sobrecargas y cortocircuitos. Para protección de línea o equipos en tensiones nominales hasta 690V.

Construido sobre base cerámica de alta resistencia a la presión interna y a los choques térmicos, lo cual permite un alto poder de corte. Fabricados según normas IEC, EN y DIN. Tomado de [11].



Fig. 3 Fusibles NH 00. Tomada de [11]



1.1.4 Interruptor de Corte, Seccionador Automático

Son interruptores seccionadores de maniobra manual independiente, son utilizados en circuitos de distribución y en circuitos de motores de baja tensión.

Son capaces de cerrar, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales de operación, incluyendo condición de sobrecarga en el servicio, también así (por periodos de tiempo especificados) en condiciones anormales de operación, tales como corriente de cortocircuito. Su dimensión se especifica conforme a la corriente nominal de la bomba, en el caso que el tablero comande una sola bomba. Tomado de [3].



Fig. 4 Seccionador Automático. Tomado de [1]

1.1.5 Contactor de Potencia

Interruptor automático que sirve para restablecer los enlaces entre distintos circuitos o aparatos eléctricos. Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina. Tomada de [4].



Fig. 5 Contactor. Tomada de [1]



1.1.6 Porta Fusibles y Fusibles

Se utilizan los portafusibles y fusibles 10x38 mm para la protección del circuito de sobre corriente y cortocircuito.



Fig. 6 Porta Fusibles y Fusibles 10x38. Tomada de [1]

1.1.7 Descargador Atmosférico Bipolar DMP-1

El protector Bipolar DMP-1 ha sido desarrollado para ser un eficaz limitador de sobretensiones en Sistemas Integrales de Protección contra descargas eléctricas atmosféricas y transitorios eléctricos en general.

Basa su funcionamiento en varistores (resistores no lineales) de óxido metálico de alta capacidad de conducción de corriente y gran velocidad de operación. Tomado de [5].



Fig. 7 Descargador Atmosférico Bipolar. Tomada de [5]

1.1.8 Descargador Atmosférico Tetrapolar DMP-3

El Protector Tetrapolar DMP-3 ha sido desarrollado para ser un eficaz limitador de sobretensiones en Sistemas Integrales de Protección contra descargas eléctricas atmosféricas y transitorios eléctricos en general.

Basa su funcionamiento en varistores (resistores no lineales) de óxido metálico de alta capacidad de conducción de corriente y gran velocidad de operación. Tomado de [5].



Fig. 8 Descargador Atmosférico Tetrapolar. Tomada de [5]

1.1.9 Descargador Gaseoso para Antena

Los descargadores gaseosos protegen al equipo de corrientes transitorias destructivas. Pueden conducir pulsos de corrientes de 2,5 a 10 KA durante 10 ms sin dañarse el descargador. La baja capacitancia en shunt realiza de estos descargadores uno de los pocos dispositivos que pueden proteger circuitos en los cuales la frecuencia de la señal es mayor que 100 MHz. Tomado de [12].



Fig. 9 Descargador Gaseoso para Antena. Tomada de [12]

1.1.10 Zelio Logic SR3 B101BD + SR3MBU01 + SR3XT101BD

Estos controladores están diseñados para su uso en sistemas automatizados pequeños y se utilizan tanto en aplicaciones industriales y comerciales. Los controladores (Zelio) como son llamados también, se suministran con 10 o 26 E / S en función del modelo y pueden tener hasta 40 E / S extendida.

El módulo SR3MBU01 es un dispositivo de expansión al controlador el cual genera la posibilidad de utilizar un protocolo de comunicación, en este caso, MODBUS RTU.

Así como también es el SR3XT101BD un módulo de expansión para aumentar el número de entradas y salidas del Zelio Logic. Tomado de [2].

Estos dispositivos son utilizados para el control del tablero de comando de las perforaciones.



Fig. 10 Zelio Logic. Tomada de [2]

1.1.11 Interruptor Termomagnético Bipolar

Destinados principalmente a ofrecer protección contra sobrecarga y cortocircuito en una instalación eléctrica monofásica. Normalmente utilizado para los anexos de baja tensión como bombas dosificadoras o iluminación de la sala de comando. Tomado de [1].



Fig. 11 Interruptor Termomagnético Bipolar. Tomada de [1]

1.1.12 Relay 24 VDC, 220 VAC y porta Relay

En el caso de los relay de 24 VDC se utilizan para el comando de las electroválvulas, si bien el dispositivo inteligente Zelio Logic posee salidas a relay, se protege estas salidas con los Relay adicionales. Es decir, es más rentable la sustitución de un dispositivo de estos ante una eventual falla, que un dispositivo inteligente.

Los Relay de 220 VAC se utilizan con el mismo fin que los anteriores pero con dispositivos de corriente alterna. Tomado de [6]

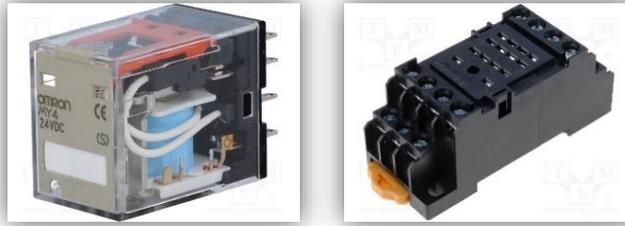


Fig. 12 Relay y Porta Relay OMRON. Tomada de [6]

1.1.13 Relay de Control de Fase

Son dispositivo para controlar el correcto suministro eléctrico, la posibilidad que ofrecen de conexionado de llaves NO (Normal Abierto) y NC (Normal Cerrado), facilitan la detección de la falla para la protección de los dispositivos de carga. Tomado de [2]. El relay de control de fase supervisa la secuencia de fase y la pérdida de una o más fases.



Fig. 13 Relay de Control de Fase. Tomada de [1]

1.1.14 Relay de Nivel

Dispositivo utilizado para el monitoreo de nivel de líquidos conductores. Sirve como protector debido a la posibilidad de control a través de sus llaves NO (Normal Abierto) y NC (Normal Cerrado). Impide el funcionamiento de la electrobomba en vacío. Tomado de [7].



Fig. 14 Relay de Nivel. Tomada de [7]



1.1.15 Fuente de Alimentación

Las fuentes de alimentación garantizan suministro de alta calidad para instalaciones o equipos que requieran una tensión continua filtrada y regulada. Están concebidas para ser utilizadas en aplicaciones industriales o profesionales. En el caso particular se utiliza para las electroválvulas, dispositivos de radioenlace, transductores, sensores y HMI.



Fig. 15 Fuente de Alimentación. Tomada de [8]

1.1.16 Dispositivo de Radioenlace

Dispositivo RF que hace posible realizar a distancia telemetría, control y supervisión de las perforaciones. Soportan protocolo MODBUS y trabajan a una frecuencia programable de 418 – 455 MHz (CTM) y 900 MHz (ELPRO). Tomado de [9].



Fig. 16 Dispositivos de Radioenlace. Izquierda CTM y Derecha ELPRO



2 Construcción de Tableros

En este caso particular, no se realizó el cálculo y la construcción de tableros debido a que ya se encontraban en funcionamiento previo a la realización del proyecto. No obstante, se informa a continuación detalles constructivos y de componentes presentes en los mismos debido a que es parte fundamental para la integración del sistema.

A continuación se puede ver el diseño topográfico y circuital de los tableros reales que se encuentran instalados en las perforaciones, rebombeos, puntos de presión, caudalímetros y central de control.

Para el comando de todos los subsistemas se cuenta con cuatro tipos de tableros realizados teniendo en cuenta las protecciones y comandos. Lo que establece la diferencia entre tipos, son accionamientos y comandos extras según el propósito del subsistema en cuestión, de esta manera se obtienen:

- Tablero común (Sin Comando de Electroválvulas).
- Tablero con Comando de Electroválvulas.
- Tablero con Convertidor de Frecuencias.
- Tablero para Sensores (presión y caudal) e Interfaz Hombre-Maquina

2.1 Tablero sin Accionamiento para Electroválvulas

La construcción de estos tableros, donde no se cuenta con el funcionamiento automático de apertura y cierre de válvulas, basa su funcionamiento a los sistemas de perforaciones, donde se realizan visitas periódicas para realizar las maniobras pertinentes de cambios entre red y desagüe.

Los dispositivos utilizados en estos tableros son:

- Seccionador Termo magnético
- Contactor de Potencia
- Porta Fusibles y Fusibles 10x38
- Descargador Atmosférico Tetra polar DMP3
- Zelio Logic SR3B101BD
- Extensión SR3MBU01
- Llave Termo magnética bipolar
- Relay Ventana
- Relay Nivel
- Relay 220v
- Relay Cuádruple Inversor
- Fuente de Alimentación 24v
- Radio (CTM o ELPRO)

En la Fig. 17 se observa la disposición eléctrica que se utiliza en estos tableros de comando de pozos simples, que no cuentan con electroválvulas. En la Fig. 18 se muestra el esquema topográfico del tablero, que es el formato con el que están realizados físicamente.

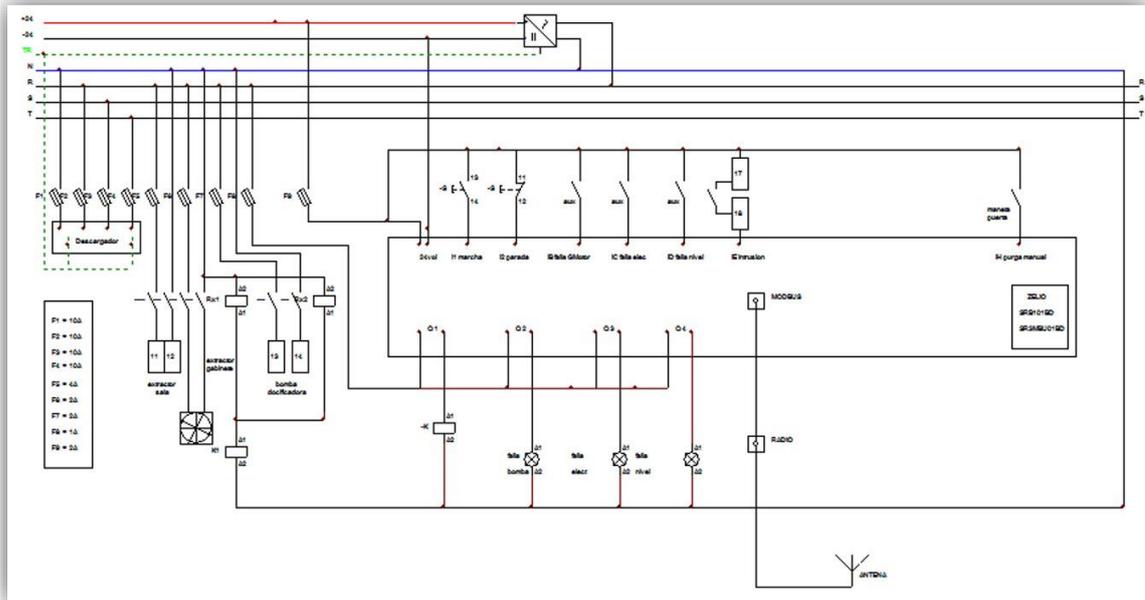


Fig. 17 Tablero Sin Electroválvulas

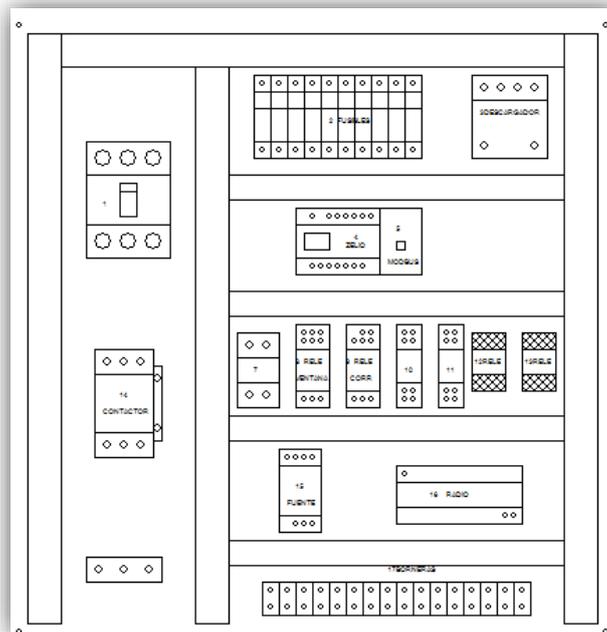


Fig. 18 Esquema Topográfico

2.2 Tablero con Accionamiento para Electroválvulas

Cuenta con la misma lógica y distribución de componentes empleados en la sección anterior, la diferencia radica en el agregado de Relay de 24 VDC, que son los que controlan el retorno de información de las electroválvulas para el accionamiento del autómatas programable que lleva a delante el control de las mismas.

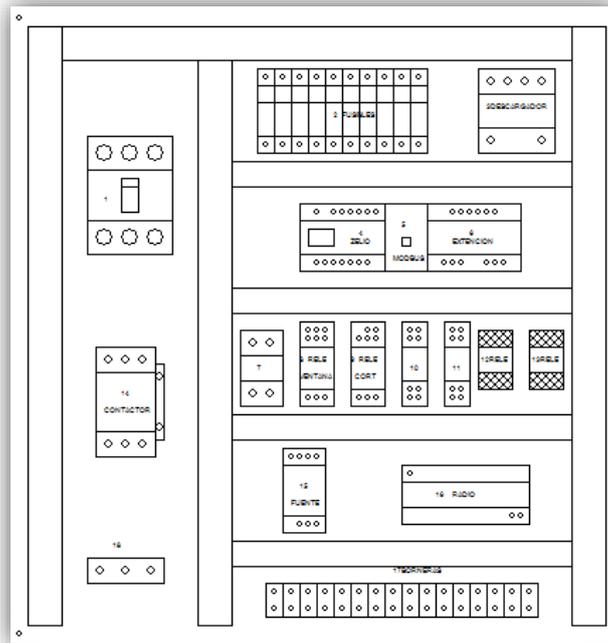


Fig. 20 Esquema Topográfico

2.3 Tablero Eléctrico con Variador de Frecuencia

Cuenta con la lógica y distribución de componentes empleados en los anteriores, con la diferencia de que las protecciones correspondientes a la electrobomba se realizan a través del variador de frecuencia, del cual se brinda la alimentación a la electrobomba correspondiente.

A continuación se hace una referencia a los dispositivos típicos utilizados en el tablero de potencia:

- Seccionador Termo magnético
- Porta Fusibles y Fusibles 10x38
- Descargador Atmosférico Tetra polar DMP3
- Zelio Logic SR3B101BD
- Extensión SR3MBU01
- Llave Termo magnética bipolar
- Relay Cuádruple Inversor
- Fuente de Alimentación 24 VCD
- Radio (CTM o ELPRO)
- Variador de Frecuencias

A continuación se muestran el diagrama circuital (Fig. 21) y esquema topográfico (Fig. 22) correspondiente a los tableros que contienen Variador de Frecuencia.

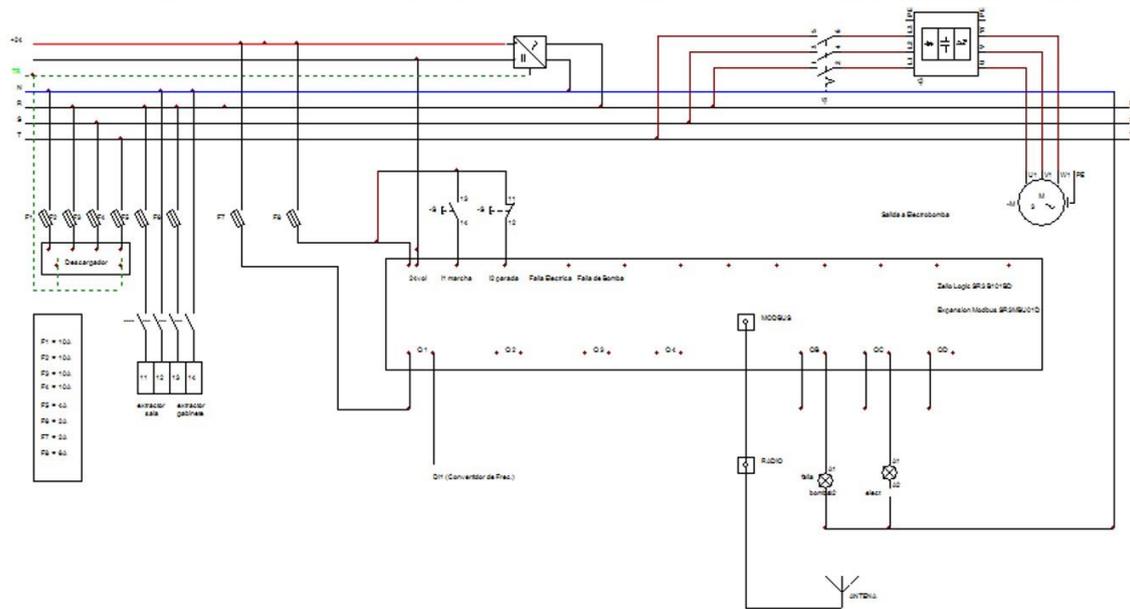


Fig. 21 Tablero con Variador de Frecuencia

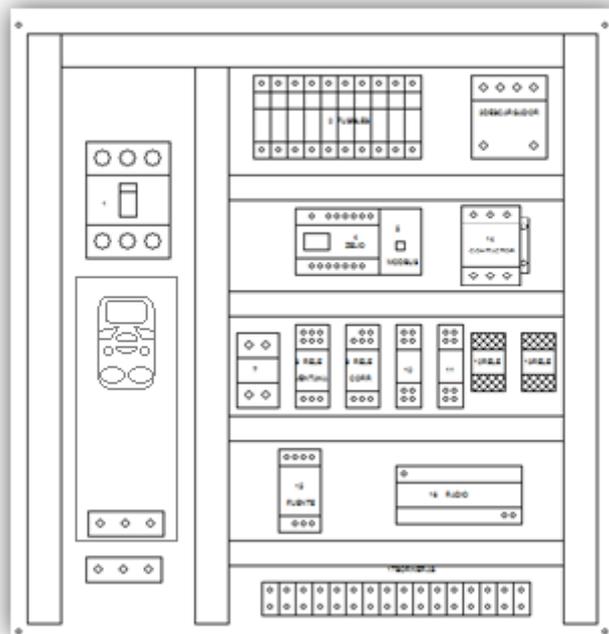


Fig. 22 Esquema Topográfico

2.4 Tablero para Sensores e Interfaz Hombre-Maquina

Cuenta con las protecciones empleadas en los anteriores con la salvedad de que su alimentación es Monofásica. Estos son similares pero para suministro eléctrico de dos tipos de dispositivos de medición:

- Sensor de Presión
- Medidor de Caudal (Caudalímetro)
- HMI



A continuación se hace una referencia a los dispositivos utilizados:

- Seccionador Termo magnético
- Porta Fusibles y Fusibles 10x38
- Descargador Atmosférico Bipolar DMP-1
- Zelio Logic SR3B101BD
- Extensión SR3MBU01
- Llave Termo magnética bipolar
- Relay Cuádruple Inversor
- Fuente de Alimentación 24 VCD
- Radio (CTM o ELPRO)
- Transductor ADAM 4017+

En la Fig. 23 y Fig. 24 se pueden observar el circuito eléctrico y disposición topográfica respectivamente de lo mencionado anteriormente:

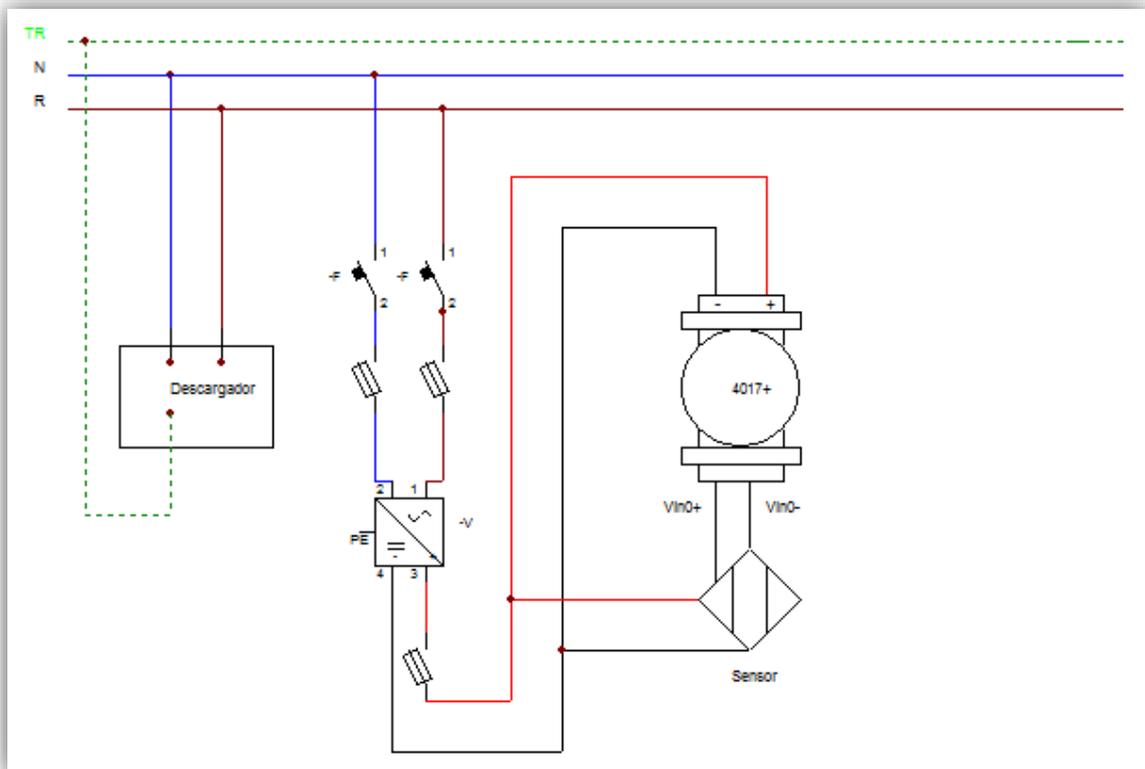


Fig. 23 Circuito Eléctrico de Sensores

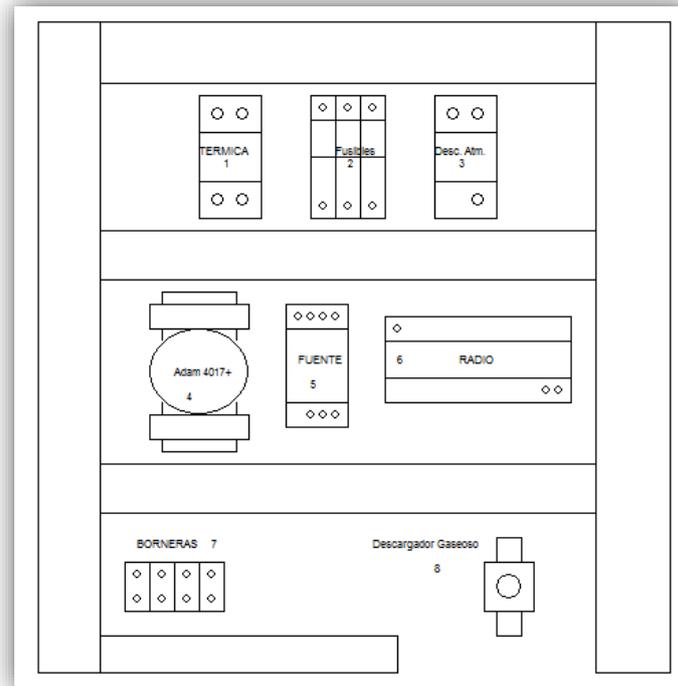


Fig. 24 Disposición Topográfica de Tablero de Medición



3 Bibliografía

- [1] ABB, Componentes de Potencia. Año 2016. Disponible en Internet. Fecha de acceso 15/11/2016, enlace:
<http://www.abb.com/product/es/9AAC30100009.aspx>
- [2] Schneider Electric, Automatización y Control Industrial. Año 2016. Disponible en Internet. Fecha de acceso 15/11/2016, enlace:
<http://www.schneider-electric.com.ar/es/>
- [3] Telergon, Interruptores Seccionadores. Año 2016. Disponible en Internet. Fecha de acceso 15/11/2016, enlace:
<http://www.maresa.com/pdf/04%20interruptores%20rotativos%20y%20conmutadores/p%204-1%20interruptores%20serie%205000.pdf>
- [4] Wikipedia, Enciclopedia Libre. Año 2016. Disponible en Internet. Fecha de acceso 15/11/2016, enlace:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
- [5] Landtec SRL Argentina. Año 2016. Disponible en Internet. Fecha de acceso 15/11/2016, enlace:
<http://www.landtec.com.ar/#!/-empresa/>
- [6] OMRON Electronics Components. Año 2016. Disponible en Internet. Fecha de acceso 15/11/2016, enlace:
<https://www.omron.com/ecb/>
- [7] Rhona. Año 2016. Disponible en Internet. Fecha de acceso 15/11/2016, enlace:
<http://www.rhona.cl/>
- [8] Zoloda. Año 2016. Disponible en Internet. Fecha de acceso 15/11/2016, enlace:
<http://www.zoloda.com.ar/es/>
- [9] CTM Electrónica. Año 2016. Disponible en Internet. Fecha de acceso 15/11/2016, enlace:
<http://www.ctmelectronica.com.ar/>
- [10] GABEXEL. Año 2016. Gabinetes Línea GEE/ Estructura de Potencia. Disponible en Internet. Fecha de acceso 24/11/2016, enlace:
<http://gabixel.com.ar/productos/productoG01-03.html>
- [11] NTE Electric. Año 2016. Disponible en Internet. Fecha de acceso 24/11/2016, enlace:
<http://nteelectric.com/48-cartuchos-fusibles-nh-apr-industriales>
- [12] Macro sistemas. Año 2016. Disponible en Internet. Fecha de acceso 24/11/2016, enlace:
http://www.macrosistemas.com.ar/ficha_producto.php?id_producto=466



4 Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Fig. 1 Gabinetes | 2 |
| Fig. 2 Seccionador ABB XLP. Tomada de [1] | 3 |
| Fig. 3 Fusibles NH 00. Tomada de [11] | 3 |
| Fig. 4 Seccionador Automático. Tomado de [1] | 4 |
| Fig. 5 Contactor. Tomada de [1] | 4 |
| Fig. 6 Porta Fusibles y Fusibles 10x38. Tomada de [1] | 5 |
| Fig. 7 Descargador Atmosférico Bipolar. Tomada de [5] | 5 |
| Fig. 8 Descargador Atmosférico Tetrapolar. Tomada de [5] | 6 |
| Fig. 9 Descargador Gaseoso para Antena. Tomada de [12] | 6 |
| Fig. 10 Zelio Logic. Tomada de [2] | 7 |
| Fig. 11 Interruptor Termomagnético Bipolar. Tomada de [1] | 7 |
| Fig. 12 Relay y Porta Relay OMRON. Tomada de [6] | 8 |
| Fig. 13 Relay de Control de Fase. Tomada de [1]..... | 8 |
| Fig. 14 Relay de Nivel. Tomada de [7]..... | 8 |
| Fig. 15 Fuente de Alimentación. Tomada de [8]..... | 9 |
| Fig. 16 Dispositivos de Radioenlace. Izquierda CTM y Derecha ELPRO | 9 |
| Fig. 17 Tablero Sin Electroválvulas..... | 11 |
| Fig. 18 Esquema Topográfico..... | 11 |
| Fig. 19 Tablero con Electroválvulas..... | 12 |
| Fig. 20 Esquema Topográfico..... | 13 |
| Fig. 21 Tablero con Variador de Frecuencia | 14 |
| Fig. 22 Esquema Topográfico..... | 14 |
| Fig. 23 Circuito Eléctrico de Sensores | 15 |
| Fig. 24 Disposición Topográfica de Tablero de Medición..... | 16 |



Capítulo 8: Protocolo de Comunicación: MODBUS RTU

| | |
|--|---|
| Capítulo 8: Protocolo de Comunicación: MODBUS RTU | 1 |
| 1 MODBUS | 2 |
| 1.1 Introducción: Protocolo de Comunicación Modbus | 2 |
| 1.1.1 Modo de Transmisión | 2 |
| 1.1.2 Formato General de las Tramas | 2 |
| 1.1.3 Direccionamiento | 3 |
| 1.1.4 Funciones Modbus | 3 |
| 1.2 Aplicaciones en el Proyecto | 6 |
| 2 Bibliografía | 8 |
| 3 Índice de tablas y figuras | 9 |



1 MODBUS

1.1 Introducción: Protocolo de Comunicación Modbus

Modbus es un protocolo industrial que fue desarrollado en 1979 para hacer posible la comunicación entre dispositivos de automatización. Es un protocolo de solicitud-respuesta implementado usando una relación maestro-esclavo.

En una relación maestro-esclavo, la comunicación siempre se produce en pares, un dispositivo debe iniciar una solicitud y luego esperar una respuesta, el dispositivo de inicio (el maestro) es responsable de iniciar cada interacción. Por lo general, el maestro es una interfaz humano-máquina (HMI) o sistema SCADA y el esclavo es un sensor, controlador lógico programable (PLC) o controlador de automatización programable (PAC). Tomado de [1].

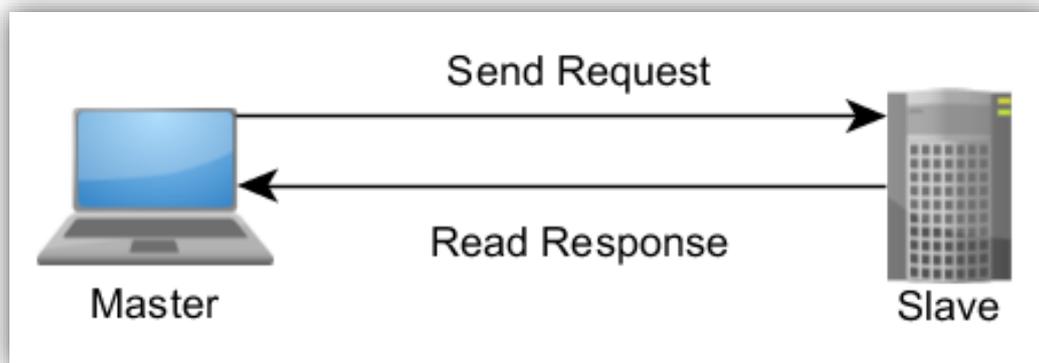


Fig. 1 Configuración Maestro/Esclavo. Tomada de 1

1.1.1 Modo de Transmisión

El modo de transmisión es la estructura de las unidades de información contenidas en un mensaje. El protocolo MODBUS define dos modos de transmisión: ASCII (American Standard Code for Information Interchange) y RTU (Remote Terminal Unit). En una red de dispositivos conectados mediante el protocolo Modbus, no se pueden compartir dispositivos utilizando diferentes modos de transmisión. Tomada de [3]

1.1.2 Formato General de las Tramas

Un mensaje consiste en una secuencia de caracteres que puedan ser interpretados por el receptor, como se muestra en la Fig. 2. Esta secuencia de caracteres define la trama, tal como se ilustran en la Tabla 1. Para sincronizar la trama, los dispositivos receptores monitorizan el intervalo de tiempo transcurrido entre caracteres recibidos. Si se detecta un intervalo mayor que tres veces y medio el tiempo necesario para transmitir un carácter, el dispositivo receptor ignora la trama y asume que el siguiente carácter que recibirá será una dirección.



Fig. 2 Trama de Comunicación. Tomada de [3]

| Comienzo de Trama | Dirección | Función | Datos | Control de Errores | Fin de Trama |
|-------------------|-----------|---------|-------------|--------------------|--------------|
| Tiempo de 3 bytes | 1 bytes | 1 bytes | N x 1 bytes | 2 bytes | |

Tabla 1 Trama de Datos. Tomada de [3]

1.1.3 Direccionamiento

El campo dirección es el primero de la trama después del tiempo de sincronización. Indica el dispositivo al que va dirigido el mensaje. Cada dispositivo de la red debe tener asignada una dirección única, diferente de cero. Conceptualmente lo llamamos “Número de Estaciones”.

Igualmente, cuando un dispositivo responde a un mensaje, debe enviar en primer lugar su dirección para que el master reconozca la procedencia del mensaje. MODBUS permite enviar mensajes a todos los dispositivos a la vez (broadcast) utilizando para ello la dirección cero. Tomada de [3].

1.1.4 Funciones Modbus

El campo función indica al dispositivo direccionado qué tipo de función ha de realizar. Estas funciones están definidas en la Tabla 2.

| Código | Función |
|---------|---------------------------|
| 01 o 02 | Leer N bits (máx 255) |
| 03 o 04 | Leer N registros (máx 52) |
| 05 | Escribir 1 bit |
| 06 | Escribir 1 registro |

Tabla 2 Funciones MODBUS. Tomada de [3]



1.1.4.1 Datos y Control de Errores

El campo datos contiene la información necesaria para que los dispositivos puedan ejecutar las funciones solicitadas, o la información enviada por los dispositivos al master como respuesta a una función.

El campo de control de errores es el último de la trama y permite al master y a los dispositivos detectar errores de transmisión. Ocasionalmente, debido a ruido eléctrico o a interferencias de otra naturaleza, se puede producir alguna modificación en el mensaje mientras se está transmitiendo. El control de errores asegura que los dispositivos receptores o el master no efectuarán acciones incorrectas debido a una modificación accidental del mensaje. El formato RTU utiliza el control de redundancia cíclica (CRC).

1.1.4.2 Funciones Modbus, Lectura de N Bits (Código de Función 01 o 02)

Esta función permite al usuario obtener los valores lógicos (ON/OFF) de los bits del dispositivo direccionado. Los datos de respuesta van en paquetes de bytes de manera que el primer bit solicitado ocupa el bit de menos peso del primer byte de datos. Los siguientes van a continuación de manera que si no son un número múltiplo de 8, el último byte se completa con ceros. Esta comunicación se ilustra en las Tablas 3 y 4. Tomada de [3].

| Dirección del dispositivo | Código de Función (01 o 02) | Dirección del primer bit | | Número de bits a leer (máx 255) | | CRC | |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----|----------------------------------|-----|-----|-----|
| | | MSB | LSB | MSB | LSB | MSB | LSB |
| 1 byte | 1 byte | | | | | | |

Tabla 3. Interrogación de Lectura Binaria. Tomada de [3]

| Dirección del dispositivo | Código de Función | Número de bytes leídos | Primer byte de datos | | Último byte de datos | CRC | |
|---------------------------|-------------------|------------------------|----------------------|-------|----------------------|-----|-----|
| | | | | | | MSB | LSB |
| 1 byte | 1 byte | 1 byte | 1 byte | | 1 byte | | |

Tabla 4. Respuesta a Lectura Binaria. Tomada de [3]

1.1.4.3 Leer N registros (Código de Función 03 o 04)

Esta función permite al usuario obtener los valores de los registros del dispositivo direccionado. Estos registros almacenan los valores numéricos de los parámetros y variables del controlado. El rango de los datos varía de 0 a 65536. Los datos correspondientes a direcciones de registros que pasan de la última dirección válida de parámetros se asignan a cero (00 00). Las tramas de comunicación para esta función están definidas en las Tablas 5 y 6. Tomada de [3].

| Dirección del dispositivo | Código de Función (03 o 04) | Dirección del primer registro | | Número de registros a leer (máx 51) | | CRC | |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|-----|-----|
| | | MSB | LSB | MSB | LSB | MSB | LSB |
| 1 byte | 1 byte | | | | | | |

Tabla 5. Interrogación para Lectura de Registros. Tomada de [3]



| Dirección del dispositivo | Código de Función | Número de bytes leídos | Valor del primer registro | | | Valor de último registro | | CRC | |
|---------------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|-----|-------|--------------------------|-----|-----|-----|
| 1 byte | 1 byte | 1 byte | MSB | LSB | | MSB | LSB | MSB | LSB |

Tabla 6. Respuesta a Lectura de Registros. Tomada de [3]

1.1.4.4 Función Para Escribir un Bit (Código de Función 05)

Esta función permite al usuario escribir los valores lógicos (ON/OFF) de los bits del dispositivo direccionado. Para desactivar el bit se debe enviar 00h, y para activarlo se debe enviar 01h o FFh. Éste valor se debe escribir en el byte más significativo. Como se muestra en las Tablas 7 y 8.

| Dirección del dispositivo | Código de Función (05) | Dirección del bit | | Valor del bit | | CRC | |
|---------------------------|------------------------|-------------------|-----|---------------|-----|-----|-----|
| 1 byte | 1 byte | MSB | LSB | MSB | LSB | MSB | LSB |

Tabla 7. Comando para escritura de un bit. Tomada de [3]

| Dirección del dispositivo | Código de Función (05) | Dirección del bit | | Valor del bit | | CRC | |
|---------------------------|------------------------|-------------------|-----|---------------|-----|-----|-----|
| 1 byte | 1 byte | MSB | LSB | MSB | LSB | MSB | LSB |

Tabla 8. Reporte de Escritura de un bit. Tomada de [3]

1.1.4.5 Función para escribir un Registro (Código de función 06)

Esta función permite al usuario modificar el contenido de los parámetros del dispositivo direccionado. Los valores se envían escalados según el factor de escala correspondiente a cada parámetro, en un rango entre 0000h y FFFFh. Tomada de [3].

Las tramas de comunicación para esta función están ilustradas en las Tablas 9 y 10.

| Dirección del dispositivo | Código de Función (06) | Dirección del registro | | Valor del registro | | CRC | |
|---------------------------|------------------------|------------------------|-----|--------------------|-----|-----|-----|
| 1 byte | 1 byte | MSB | LSB | MSB | LSB | MSB | LSB |

Tabla 9. Comando para escritura de Registro. Tomada de [3]

| Dirección del dispositivo | Código de Función (06) | Dirección del registro | | Valor del registro | | CRC | |
|---------------------------|------------------------|------------------------|-----|--------------------|-----|-----|-----|
| 1 byte | 1 byte | MSB | LSB | MSB | LSB | MSB | LSB |

Tabla 10. Reporte de escritura de Registro. Tomada de [3]



1.1.4.6 Códigos de Error

Comúnmente, los errores que aparecen durante las operaciones de acceso y programación de dispositivos tienen relación con datos no válidos en la trama, tal como se ve en la Tabla 11. Cuando un dispositivo detecta un error de esta naturaleza, la respuesta al master consiste en la dirección del dispositivo, el código de la función, el código de error y el CRC. Para indicar que la respuesta es una notificación de error, el bit de más peso del código de la función está activado a 1. Tomada de [3].

| Código | Tipo de Error | Significado |
|--------|-------------------------------|---|
| 01 | Función inválida | La función recibida no está permitida en el esclavo. |
| 02 | Dirección inválida | La dirección está fuera del rango permitido. |
| 03 | Dato inválido | El dato contiene un valor no válido. |
| 04 | Falla en el dispositivo | El controlador no responde o ha ocurrido un error. |
| 05 | Reconocimiento (ACK) | Se ha aceptado la función y se está procesando. |
| 06 | Ocupado | El mensaje ha sido recibido sin error, pero el dispositivo no puede procesarlo en este momento. |
| 07 | Reconocimiento Negativo (ACK) | La función solicitada no puede realizarse en este momento. |

Tabla 11. Códigos de Error. Tomada de [3]

1.2 Aplicaciones en el Proyecto

Por requerimiento de la empresa y contando con su experiencia en el uso del protocolo se trabajó particularmente con el modo MODBUS RTU, ya que las redes de comunicación se encuentran bajo este estándar.

Los antecedentes de MODBUS utilizado por la empresa fundamentan su aplicación por el uso en los equipos de radioenlace elpro 905u-1, 905u-2, 905u-k, 905u-g utilizados anteriormente.

Los equipos 905u-1, 905u-2 y 905u-k envían la información que se obtiene en las perforaciones de la ciudad hacia el Gateway (905u-g), este mediante el protocolo de comunicación MODBUS se comunica con el sistema de adquisición de datos (scada) de la compañía Pulse de Afcon, empleado para supervisión y comando de los pozos de la ciudad.

Los controladores están configurados para comunicarse en la red Modbus mediante el modo RTU (Remote Terminal Unit), con este, cada byte de 8 bits en un mensaje contiene dos caracteres hexadecimales de 4 bits. La principal ventaja de este modo es que su mayor densidad de caracteres permite un mejor rendimiento de datos que ASCII para la misma velocidad en baudios.



En la Fig. 3 se muestra un diagrama esquemático de las comunicaciones existentes en el proyecto, se muestra que las comunicaciones entre todos los dispositivos son interconectadas a través del protocolo mencionado, donde la interfaz controladora es la HMI que opera como Maestro de los dispositivos esclavos que son los Automatas, Variadores de Frecuencia y Sensores (Presión y Caudal).

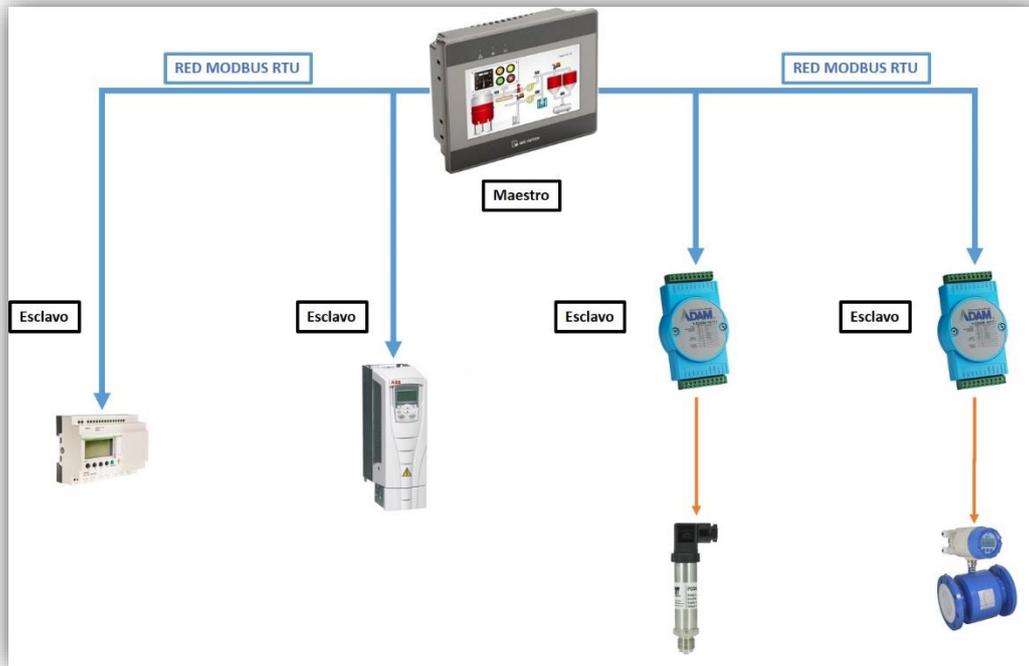


Fig. 3 Red MODBUS del Proyecto

Los números de estaciones fueron utilizados para diferenciar los distintos puntos de comunicación y poder particularizar el comando a un dispositivo particular. Por ejemplo el Variador de Frecuencia de LA Balsa lo identificamos con el Número de Estación 1.

El uso de accionamiento de nivel bits en el proyecto fue de gran utilidad, debido a que muchas de las variables controladas se comandaban mediante un bit, por ejemplo fue utilizada para dar marcha al variador de frecuencia, cambiar el sentido de giro de la electrobomba, detener el variador, etc.



2 Bibliografía

- [1] National Instruments. (2016). Información detallada sobre el Protocolo Modbus. Disponible en internet fecha de acceso 15/11/2016. Enlace:
<http://www.ni.com/white-paper/52134/es/>
- [2] MODICON Inc., Modicon Modbus Reference Guide, año 1996, fecha de ingreso 15/11/16, enlace:
http://modbus.org/docs/PI_MBUS_300.pdf
- [3] AXON Group, Teoria en Protocolo Modbus, año 2016, fecha de ingreso 15/11/16, enlace:
http://www.axongroup.com.co/protocolo_modbus.php



3 Índice de tablas y figuras

| | |
|---|---|
| Tabla 1 Trama de Datos. Tomada de [3] | 3 |
| Tabla 2 Funciones MODBUS. Tomada de [3] | 3 |
| Tabla 3. Interrogación de Lectura Binaria. Tomada de [3] | 4 |
| Tabla 4. Respuesta a Lectura Binaria. Tomada de [3] | 4 |
| Tabla 5. Interrogación para Lectura de Registros. Tomada de [3] | 4 |
| Tabla 6. Respuesta a Lectura de Registros. Tomada de [3] | 5 |
| Tabla 7. Comando para escritura de un bit. Tomada de [3] | 5 |
| Tabla 8. Reporte de Escritura de un bit. Tomada de [3] | 5 |
| Tabla 9. Comando para escritura de Registro. Tomada de [3] | 5 |
| Tabla 10. Reporte de escritura de Registro. Tomada de [3] | 5 |
| Tabla 11. Códigos de Error. Tomada de [3] | 6 |
| | |
| Fig. 1 Configuración Maestro/Esclavo. Tomada de 1 | 2 |
| Fig. 2 Trama de Comunicación. Tomada de [3] | 3 |
| Fig. 3 Red MODBUS del Proyecto | 7 |



Capítulo 9: Caudalímetro y Sensor de Presión

| | |
|---|----|
| Capítulo 9: Caudalímetro y Sensor de Presión | 1 |
| 1 Caudalímetros | 3 |
| 1.1 Criterio de Selección | 3 |
| 1.2 Principio de medida | 4 |
| 1.3 Cálculos | 7 |
| 1.3.1 Longitud de la tubería corriente arriba / corriente abajo | 7 |
| 1.3.2 Dimensionando..... | 7 |
| 1.4 Selección de Caudalímetro | 8 |
| 1.5 Posiciones de Montaje..... | 10 |
| 1.5.1 Entrada y salida | 10 |
| 1.5.2 Codos en 2 o 3 dimensiones..... | 10 |
| 1.5.3 Sección en T..... | 11 |
| 1.5.4 Codos | 11 |
| 1.5.5 Alimentación o descarga abierta..... | 12 |
| 1.5.6 Desviación de las bridas | 12 |
| 1.5.7 Bomba..... | 13 |
| 1.5.8 Válvula de control..... | 13 |
| 1.5.9 Purga del aire y fuerzas de vacío | 13 |
| 1.5.10 Posición de montaje | 14 |
| 1.6 Pares de apriete y presiones..... | 14 |
| 1.6.1 Apriete de Pernos | 14 |
| 1.7 Puesta a tierra..... | 15 |
| 2 Sensor de Presión..... | 19 |
| 2.1 Principio de Funcionamiento | 19 |
| 2.2 Datos Técnicos | 20 |
| 2.3 Conexión Eléctrica..... | 21 |
| 2.4 Puntos de Presión | 21 |
| 2.4.1 Punto de Presión Nº 1 | 21 |
| 2.4.2 Punto de Presión Nº 2 | 22 |
| 2.4.3 Punto de Presión Nº 3 | 22 |



| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| 2.5 | Sensores de Presión Utilizados | 23 |
| 3 | Bibliografía | 25 |
| 4 | Índice de Tablas y Figuras..... | 26 |



1 Caudalímetros

Los caudalímetros son de vital importancia en el registro del comportamiento de líquidos a través de una cañería. Se pueden hacer inferencias sobre el tipo de maniobras y pasos a seguir en una red de distribución conforme varíe la cantidad medida.

En el caso de la ciudad de Chamental es importante conocer estas medidas que acusan los instrumentos de medición. Su bajo nivel de precipitaciones durante toda época del año, sumado a la imposibilidad de realizar perforaciones en lugares donde la conductividad del agua supera ampliamente la norma, se convierten en un problema constante a la hora de la distribución del servicio en la ciudad. Es por esto que el caudal suministrado se convierte en una medida de vital importancia para el mejoramiento del estándar de vida del ciudadano.

1.1 Criterio de Selección

La selección de un caudalímetro (principio de medición y rango de medida) está condicionada por un conjunto de parámetros a tener en cuenta. Entre éstos se destacan las propiedades del fluido a medir: estado (gaseoso o líquido), viscosidad, pH (acidez), partículas en suspensión, etc. En el caso del agua potable, la selección se simplifica notablemente.

Según las siguientes tablas comparativas de los distintos tipos de caudalímetros se realizó la selección pertinente. Tomada de [3].

| Grupo | Tipo | Presión máxima (Bar) | Rango de Temp. (°C) | Nº de Re mínimo | Gas (G) o Líquido (L) | Dos o más fases |
|----------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | Orificio | 400 | < + 650 | $3 \cdot 10^4$ | L G | P |
| | Venturi | 400 | < + 650 | 10^5 | L G | P |
| | Boquilla | 400 | < + 650 | $2 \cdot 10^4$ | L G | N |
| 2 | Area variable | 700 | -80 a +400 | Sin datos | L G | N |
| | De blanco (Target) | 100 | -40 a +120 | $3 \cdot 10^4$ | L G | S |
| | Pitot Promediante | 400 | < +540 | 10^4 | L G | N |
| | Boquilla sónica | 400 | < +650 | $2.5 \cdot 10^4$ | G | N |
| 3 | Paleta deslizante | 100 | -30 a +200 | 10^3 | L | N |
| | Ruedas ovaladas | 100 | -15 a +290 | 10^2 | L | N |
| | Pistón giratorio | 170 | -40 a +170 | 10^2 | L | N |
| | Diafragma para gases | 200 | -30 a +200 | $2.5 \cdot 10^2$ | G | N |
| | Giratorio de gas | 100 | -40 a +150 | 10^3 | G | N |
| | 4 | Turbina | 3500 | -268 a +530 | 10^4 | L G |
| Pelton | | 3500 | -225 a +530 | 10^4 | L G | N |
| Medidor mecánico | | 600 | -25 a +200 | 10^4 | L G | N |
| Turbina de inserción | | 70 | -50 a +430 | 10^4 | L G | N |
| 5 | Vórtex | 260 | -200 a +430 | $2 \cdot 10^3$ | L G | P |
| | Tipo Coanda | 100 | -40 a +110 | Sin datos | L G | N |
| | Vórtex de inserción | 70 | -30 a +150 | $5 \cdot 10^3$ | L G | N |
| 6 | Electromagnético | 300 | -60 a +200 | Sin límites | L | S / P |
| | Electromagnético de inserción | 20 | +5 a +25 | Sin datos | L | N |
| 7 | Doppler | * | -20 a +110 | $5 \cdot 10^3$ | L | S |
| | Tiempo de Tránsito | 200 | -200 a +250 | $5 \cdot 10^3$ | L G | N / P |
| 8 | Coriolis | 390 | -240 a +400 | 10^2 | L | P |
| | Rotor de torsión | 400 | -240 a +350 | 10^4 | L | N |
| 9 | Anemómetro | 20 | -200 A + 400 | Sin datos | L G | N |
| | De masa térmica | 300 | 0 a +100 | Sin datos | L G | N |
| 10 | Trazador | Sin datos | Sin datos | Sin límites | L G | P |
| | Láser | * | Sin datos | Sin límites | L G | N |

S. Adecuado P. Posible N. No adecuado * Depende de la pared de la cañería

Tabla 1 Criterio de Selección I. Tomada de [3]

También para el caso, se tiene en cuenta las restricciones o no que se puedan tener en el momento de la instalación. Parámetros tales como la orientación, diámetros de cañerías, son



también puntos a tener en cuenta. Como sabemos desde un principio, la elección del dispositivo sensor está condicionado por el diámetro de la cañería en el que debe ser instalado.

| Grupo | Tipo | Orientación | Dir. | Tramos aguas arriba | Tramos aguas abajo | Filtro | Diámetros de cañería (mm) |
|-------|-------------------------------|-------------|------|---------------------|--------------------|--------|---------------------------|
| 1 | Orificio | H,VU,VD,I | U,B | 5D/80D | 2D/8D | N | 6 a 2600 |
| | Venturi | H,VU,VD,I | U | 0.5D/29.5D | 4D | N | > 6 |
| | Boquilla | H,VU,VD,I | U | 5D/80D | | | |
| 2 | Area variable | VU | U | 0D | 0D | P | 2 a 600 |
| | De blanco (Target) | H,VU,VD,I | U | 6D/20D | 3.5D/4.5D | N | 12 a 100 |
| | Pitot Promediante | H,VU,VD,I | U,B | 2D/25D | 2D/4D | P | > 25 |
| | Boquilla sónica | H,VU,VD,I | U | > 5D | > 0D | N | ≥ 5 |
| 3 | Paleta deslizante | H,VU,VD,I | U | 0D | 0D | R | 25 a 250 |
| | Ruedas ovaladas | H | U | 0D | 0D | R | 4 a 400 |
| | Pistón giratorio | H,VU,VD,I | U | 0D | 0D | R | 6 a 1000 |
| | Diafragma para gases | H | U | 0D | 0D | N | 20 a 100 |
| | Giratorio de gas | H,VU,VD,I | U,B | 0D/10D | 0D/5D | R | 50 a 400 |
| 4 | Turbina | H,VU,VD,I | U,B | 5D/20D | 3D/10D | P | 5 a 600 |
| | Pelton | H,VU,VD,I | U | 5D | 5D | R | 4 a 20 |
| | Medidor mecánico | H,VU,VD,I | U | 3D/10D | 1D/5D | R | 12 a 1800 |
| | Turbina de inserción | H,VU,VD,I | U,B | 10D/80D | 5D/10D | P | > 75 |
| 5 | Vórtex | H,VU,VD,I | U | 1D/40D | 5D | N | 12 a 200 |
| | Tipo Coanda | H,VU,VD,I | U | 3D | 1D | N | 12 a 400 |
| | Vórtex de inserción | H,VU,VD,I | U | 20D | 5D | N | > 200 |
| 6 | Electromagnético | H,VU,VD,I | U,B | 0D/10D | 0D/5D | N | 2 a 3000 |
| | Electromagnético de inserción | H,VU,VD,I | U,B | 25D | 5D | N | > 100 |
| 7 | Doppler | H,VU,VD,I | U,B | 10D | 5D | N | > 25 |
| | Tiempo de Tránsito | H,VU,VD,I | U,B | 0D/50D | 2D/5D | N | > 4 |
| 8 | Coriolis | H,VU,VD,I | U | 0D | 0D | N | 6 a 150 |
| | Rotor de torsión | H,VU,VD,I | U | 20D | 5D | N | 6 a 150 |
| 9 | Anemómetro | H,VU,VD,I | U,B | 10D/40D | Sin datos | R | > 25 |
| | De masa térmica | H,VU,VD,I | U | Sin datos | Sin datos | R | 2 a 300 |
| 10 | Trazador | H,VU,VD,I | U,B | # | # | N | Ilimitado |
| | Láser | H,VU,VD,I | U,B | 0D | 0D | P | |

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| H. Flujo horizontal | U. Flujo unidireccional |
| VU. Flujo vertical hacia arriba | B Flujo bidireccional |
| VD. Flujo vertical hacia abajo | R. Recomendable |
| I. Flujo inclinado | N. No necesario |
| # Longitud de mezcla | P. Posible |

Tabla 2 Criterio de Selección II. Tomada de [3]

Ahora si con algunos de los parámetros más importantes seleccionados como tipo de fluido, temperatura de trabajo, orientación, diámetro de cañería (DN), etc. y conforme a las disponibilidades financieras de la empresa, agregado a sus experiencias pasadas en la utilización constante de los dispositivos sensores, se concluyó con la elección de un Caudalímetro de tipo electromagnético.

Concretamente se eligieron dispositivos sensores de la firma Fiamengo que es el proveedor con el que trabaja la empresa AGUAS RIOJANAS SAPEM, cuyo diámetro interior (DN) en los 3 casos donde se implementan es de 200 mm. La salida de los dispositivos sensores es la estándar, 4 a 20 mA y 24v de alimentación. Tomado de [2].

1.2 Principio de medida

Un líquido eléctricamente conductivo fluye a lo largo de un tubo, eléctricamente aislado, a través de un campo magnético. El campo magnético es generado por una corriente que fluye a través de un par de bobinas magnéticas. Marco teórico. Tomado de [1].



Dentro del líquido se genera una tensión:

$$U: U = v * k * B * D$$

Ecuación 1. Tomada de [1]

Siendo: v = velocidad de líquido circulante, k = factor de corrección de la geometría, B=intensidad del campo magnético, D=diámetro interno del caudalímetro.

La tensión de señal U es recogida por los electrodos y es proporcional a la velocidad media del líquido "v" y, por consiguiente, al caudal volumétrico "Q". Por último, se utiliza un convertidor de señal para amplificar la tensión de señal, filtrarla y convertirla en señales para la totalización, el registro y el procesamiento de la salida.

Cuando el fluido (libre de burbujas) pasa a través de las bobinas, se induce un pequeño voltaje en los electrodos que es proporcional al cambio del campo magnético, el caudalímetro usa este valor para calcular el caudal del líquido. Es decir el sensor mide siempre que la cañería se encuentre llena y el líquido esté fluyendo.

"Los caudalímetros magnéticos modernos poseen un sistema de apagado del campo magnético midiendo el voltaje que continua induciéndose en los electrodos, luego encienden de nuevo el campo, miden el voltaje y lo restan del voltaje medido cuando estaba apagado. Haciendo esto varias veces por segundo, se reduce el ruido de interferencia electromagnética a prácticamente cero". Tomado de [4].

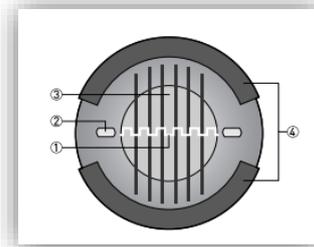


Fig. 1 Principio de Medición. Tomada de [1]

- 1- Tensión inducida (proporcional a la velocidad del flujo)
- 2- Electrodos
- 3- Campo magnético
- 4- Bobinas

El tamaño del medidor modifica la velocidad de flujo. Puede ser necesario seleccionar un medidor mayor o menor que la tubería para asegurar que la velocidad del fluido quede dentro del rango especificado para el sensor. En la Tabla 3, Tabla 4 y la Ecuación 2, se proporcionan recomendaciones y ejemplos para las dimensiones de velocidades normales en diversas aplicaciones. Es posible también obtener un funcionamiento aceptable al trabajar fuera de estas recomendaciones. Tomado de [1].



| Aplicación | Rango de velocidad (ft/s) | Rango de velocidad (m/s) |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Servicio normal | 0-39 | 0-12 |
| Servicio especial | 2-20 | 0,6-6,1 |
| Suspensiones acuosas abrasivas | 3-10 | 0,9-3,1 |
| Suspensiones acuosas no abrasivas | 5-15 | 1,5-4,6 |

Tabla 3 Recomendaciones para Dimensionamiento. Tomada de [1]

Para hacer la conversión de la medida del caudal a la velocidad del mismo, se aplica la siguiente ecuación y el factor adecuado de los mostrados en la Ecuación 2. Marco teórico en [1].

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Factor}}$$

Ejemplo: Unidades SI

Tamaño del magnético: 100 mm (factor de la Tabla 4 = 492,0)
 Caudal normal: 800 l/min

$$\text{Velocidad} = \frac{800 \text{ (L/min)}}{492,0}$$

Velocidad = 1,7 m/s

Ejemplo: Unidades del sistema Inglés

Tamaño del magnético: 4 in. (factor de la Tabla 4 = 39,679)
 Caudal normal: 300 GPM

$$\text{Velocidad} = \frac{300 \text{ (gpm)}}{39,679}$$

Velocidad = 7,56 ft/s

Ecuación 2: Velocidad. Tomada de [1]

| Tamaño nominal de tubería mm (in.) | Factor para galones/minuto | Factor para litros/minuto |
|------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 4 (0.15) | 0.055 | 0,683 |
| 8 (0.30) | 0.220 | 2,732 |
| 15 (½) | 0.947 | 11,745 |
| 25 (1) | 2.693 | 33,407 |
| 40 (1½) | 6.345 | 78,669 |
| 50 (2) | 10.459 | 129,7 |
| 65 (2½) | 14.922 | 185,0 |
| 80 (3) | 23.042 | 285,7 |
| 100 (4) | 39.679 | 492,0 |
| 150 (6) | 90.048 | 1,116 |
| 200 (8) | 155.94 | 1,933 |
| 250 (10) | 245.78 | 3,048 |
| 300 (12) | 352.51 | 4,371 |
| 350 (14) | 421.70 | 5,229 |
| 400 (16) | 550.80 | 6,830 |
| 450 (18) | 697.19 | 8,645 |
| 500 (20) | 866.51 | 10,745 |
| 600 (24) | 1,253.2 | 15,541 |
| 750 (30) | 2,006.0 | 24,877 |
| 900 (36) | 2,935.0 | 36,398 |

Tabla 4 Relación, Tamaño de Tubería y Factor de Conversión. Tomada de [1]



| Tamaño nominal de la tubería en mm (in.) | Velocidad mínima / máxima de caudal | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|----------------------------------|----------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------|----------------------------------|
| | Galones por minuto | | | | Litros por minuto | | | |
| | a 0.04 ft/s (Cutoff de caudal bajo) | a 1 ft/s (Ajuste mín. del rango) | a 3 ft/s | a 39 ft/s (Ajuste máx. del rango) | a 0,012 m/s (Cutoff de caudal bajo) | a 0,3 m/s (Ajuste mín. del rango) | a 1 m/s | a 12 m/s (Ajuste máx. del rango) |
| 4 (0.15) | 0.002 | 0.055 | 0.16 | 2.14 | 0.01 | 0.21 | 0.68 | 8.16 |
| 8 (0.30) | 0.009 | 0.220 | 0.66 | 8.58 | 0.03 | 0.83 | 2.73 | 32.76 |
| 15 (1/2) | 0.038 | 0.947 | 2.84 | 36.93 | 0.14 | 3.58 | 11.74 | 140.88 |
| 25 (1) | 0.108 | 2.694 | 8.08 | 105.07 | 0.41 | 10.18 | 33.40 | 424.80 |
| 40 (1 1/2) | 0.254 | 6.345 | 19.03 | 247.46 | 0.96 | 23.98 | 78.69 | 944.28 |
| 50 (2) | 0.418 | 10.459 | 31.37 | 407.90 | 1.58 | 39.54 | 129.7 | 1,556 |
| 65 (2 1/2) | 0.597 | 14.922 | 44.77 | 582.0 | 2.22 | 55.51 | 185.0 | 2,220 |
| 80 (3) | 0.922 | 23.042 | 69.12 | 898.64 | 3.49 | 87.10 | 285.7 | 3,428 |
| 100 (4) | 1.588 | 39.667 | 119.0 | 1547.0 | 6.00 | 138.6 | 492.0 | 5,904 |
| 150 (6) | 3.600 | 90.048 | 270.1 | 3511.8 | 13.61 | 340.3 | 1,116 | 13,400 |
| 200 (8) | 6.240 | 155.94 | 467.7 | 6081.7 | 23.59 | 589.4 | 1,933 | 23,204 |
| 250 (10) | 9.840 | 245.78 | 737.3 | 9585.4 | 37.20 | 929.0 | 3,048 | 36,576 |
| 300 (12) | 14.200 | 352.51 | 1,059 | 13,747 | 53.68 | 1,332 | 4,371 | 52,548 |
| 350 (14) | 16.800 | 421.70 | 1,265 | 16,446 | 63.50 | 1,594 | 5,230 | 62,755 |
| 400 (16) | 22.000 | 550.80 | 1,652 | 21,481 | 83.16 | 2,082 | 6,830 | 81,964 |
| 450 (18) | 27.800 | 697.19 | 2,091 | 27,190 | 105.0 | 2,635 | 8,646 | 103,750 |
| 500 (20) | 34.600 | 866.51 | 2,599 | 33,793 | 130.7 | 3,275 | 10,740 | 128,948 |
| 600 (24) | 50.200 | 1,253.2 | 3,759 | 48,874 | 189.7 | 4,737 | 15,540 | 186,496 |
| 750 (30) | 80.200 | 2,006.0 | 6,018 | 78,234 | 303.1 | 7,582 | 24,880 | 298,527 |
| 900 (36) | 117.40 | 2,935.0 | 8,805 | 114,465 | 443.7 | 11,094 | 36,390 | 436,779 |

Tabla 5 Relación, Tamaño de Tubería y Velocidad/Caudal. Tomada de [1]

1.3 Cálculos

1.3.1 Longitud de la tubería corriente arriba / corriente abajo

Para garantizar la precisión de las mediciones de un proceso, se debe instalar el sensor a una distancia mínima de cinco diámetros de tubería recta aguas arriba y a dos diámetros de tubería recta aguas abajo, desde el plano del electrodo. Consultar la Fig. 2. Este procedimiento debería resolver adecuadamente las perturbaciones creadas por codos, válvulas y reductores. Tomado de [1].

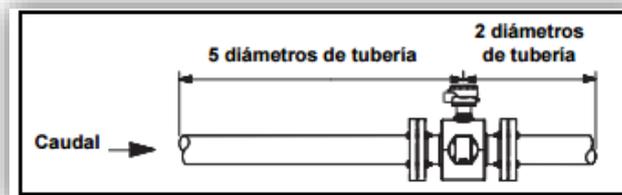


Fig. 2 Distancia Aguas Arriba y Aguas Abajo. Tomada de [1]

Se pueden realizar instalaciones con tramos rectos de tubería reducidos desde 0 hasta 5 veces su diámetro. En instalaciones en tramos rectos de tubería, es posible que existan desviaciones en el funcionamiento. Los caudales transmitidos seguirán siendo muy repetitivos.

1.3.2 Dimensionando

Se tuvieron en cuenta los factores y condiciones del terreno en donde se hará la colocación de uno de los instrumentos de medición. En este caso particular debido a los encauces de aguas tomados desde las vertientes de la montañas, se logró entubar y canalizar aguas abajo la recolección, tanto de afloración de agua como de lluvias y precipitaciones que se producen en las cercanías de las montañas. Se dimensionó y se seleccionó el Caudalímetro correspondiente para una cañería de PVC (policloruro de vinilo) de 200 mm. Ecuaciones tomadas de [1].

- Para tubería nominal de 200 mm.



Se calcula la velocidad máxima y mínima para los caudales superior e inferior del alcance del instrumento. Según hoja de datos, en este caso, de la firma Fiammengo:

➤ **Velocidad Máxima**

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Factor}}$$

Ecuación 3. Tomada de [1]

siendo: factor=1933 l/min

Caudal: 1 m³/h → 16,667 l/min

Caudal: 1000 m³/h → 16666,7 l/min

$$\text{Velocidad} = \frac{16666,7 \text{ l/min}}{1933 \text{ l/min}} = 8,6221 \rightarrow \text{según tabla 5: } 8,6221 \text{ m/s}$$

Ecuación 4

➤ **Velocidad Mínima**

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Factor}}$$

Ecuación 5. Tomada de [1]

siendo: factor=1933 l/min

Caudal: 1 m³/h → 16,667 l/min

Caudal: 160 m³/h → 2666,67 l/min

$$\text{Velocidad} = \frac{2666,67 \text{ l/min}}{1933 \text{ l/min}} = 1,3795 \rightarrow \text{según tabla 5: } 1,3795 \text{ m/s}$$

Ecuación 6

Haciendo uso de la Tabla 3, se observa que para el funcionamiento de “servicio normal”, sus velocidades, tanto la máxima como la mínima, están comprendidas entre 0 m/s y 12 m/s. Usando como referencia la Tabla 5 para la asignación de unidades de velocidad (m/s).

1.4 Selección de Caudalímetro

Según el diámetro interior de la cañería, los cálculos previamente obtenidos y la experiencia de la empresa se seleccionó el caudalímetro de DN 200 para la colocación de uno de ellos. A continuación la tabla de la marca seleccionada. Tomado de [2].



| DN | Minimum flow volume selection | Usual full range flow volume selection (m ³ /h) |
|------|-------------------------------|--|
| 10 | 0.1 | 0.4,0.5,0.6,0.8,1.0,1.2,1.6,2.0,2.5 |
| 15 | 0.20 | 1.0,1.2,1.6,2.0,2.5,3.0,4.0,5.0,6.0 |
| 20 | 0.35 | 2.0,2.5,3.0,4.0,5.0,6.0,8.0,10.0,12.0 |
| 25 | 0.55 | 3.0,4.0,5.0,6.0,8.0,10.0,12.0,14.0,16.0 |
| 32 | 1.0 | 5.0,6.0,8.0,10.0,12.16,20,25 |
| 40 | 1.5 | 6.0,10.0,12.16,20,25,30,40 |
| 50 | 2.5 | 12,16,20,25,30,40,50,60,70 |
| 65 | 4.0 | 20,25,30,40,50,60,80,100,120 |
| 80 | 5.5 | 25,30,40,50,60,80,100,120,160 |
| 100 | 8.5 | 40,50,60,80,100,120,160,200,250 |
| 125 | 14 | 60,80,100,120,160,200,250,300,400 |
| 150 | 20 | 100,120,160,200,250,300,400,500,600 |
| 200 | 35 | 160,200,250,300,400,500,600,800,1000 |
| 250 | 55 | 200,250,300,400,500,600,800,1000,1200,1600 |
| 300 | 80 | 300,400,500,600,800,1000,1200,1600,2000,2500 |
| 350 | 105 | 400,500,600,800,1000,1200,1600,2000,2500,3000 |
| 400 | 135 | 500,600,800,1000,1200,1600,2000,2500,3000,4000 |
| 450 | 175 | 600,800,1000,1200,1600,2000,2500,3000,4000,5000 |
| 500 | 215 | 800,1000,1200,1600,2000,2500,3000,4000,5000,6000 |
| 600 | 305 | 1000,1200,1600,2000,2500,3000,4000,5000,6000,10000 |
| 700 | 415 | 1200,1600,2000,2500,3000,4000,5000,6000,10000,12000 |
| 800 | 545 | 1600,2000,2500,3000,4000,5000,6000,10000,12000,16000 |
| 900 | 690 | 2000,2500,3000,4000,5000,6000,10000,12000,16000,20000 |
| 1000 | 850 | 2500,3000,4000,5000,6000,10000,12000,16000,20000,25000 |
| 1200 | 1250 | 6000,10000,15000,20000,25000,30000,35000 |
| 1400 | 1700 | 8000,10000,20000,30000,40000,50000 |
| 1600 | 2500 | 10000,20000,30000,40000,50000,65000 |
| 1800 | 3000 | 15000,20000,30000,40000,50000,60000,70000,80000 |
| 2000 | 3500 | 20000,40000,60000,80000,100000 |

Tabla 6 Tabla de Selección según DN. Tomada de [2]

Se puede observar en la Tabla 7, que los cálculos de velocidad corresponden al intervalo donde la medida se hace confiable, según las indicaciones del proveedor.

| |
|--|
| gauge preciseness: pipe style 0.5 grade, 1.0 grade; insert style 2.5 grade |
| Measure medium: two kinds of flowing substances: all of liquids and liquid-solids whose electric conductance ratio is less than 5US/CM |
| Flow speed range: 0.3~12m/s |
| Working pressure: 0.6~4.0 MPa(按口径分) |
| Environmental temperature: -10°C ~ +50°C |
| Medium temperature: PTFE linings≤150°C rubber linings≤65°C |
| Anti-explosion signal: Exd IBT4 |
| Electromagnetic interference: ≤400A/m |
| Shell protection, integration style: IP65; separation style: sensor IP68, Converter IP65 |
| Output signal: 4~20m, loading resistance0~750Ω |
| Transmission output: RS485 or CAN bus-line |
| Electrical connection: M20X1.5 female thread, ø10 cord hole |
| Electrical power voltage: 220±10%VAC、24VDC |
| Maximum power consumption: ≤10VA |

Tabla 7 Características del Caudalímetro. Tomada de [2]



Fig. 3 Caudalímetro Fiammengo I. Tomada de [2]



Fig. 4 Caudalímetro Fiammengo II. Tomada de [2]

1.5 Posiciones de Montaje

1.5.1 Entrada y salida

Utilizar recta de entrada y las secciones de salida de tubería, para evitar la distorsión de flujo o de remolino, causado por las curvas y empalmes T.

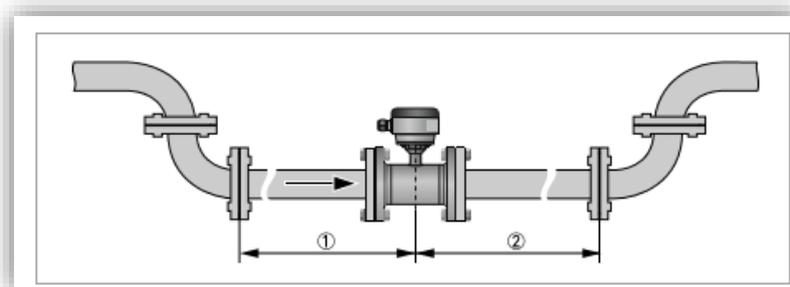


Fig. 5 Secciones de Entrada y Salida Recomendadas. Tomada de [1]

1.5.2 Codos en 2 o 3 dimensiones

- 1 Codos en 2 dimensiones: ≥ 5 DN
- 2 Codos en 3 dimensiones: ≥ 10 DN

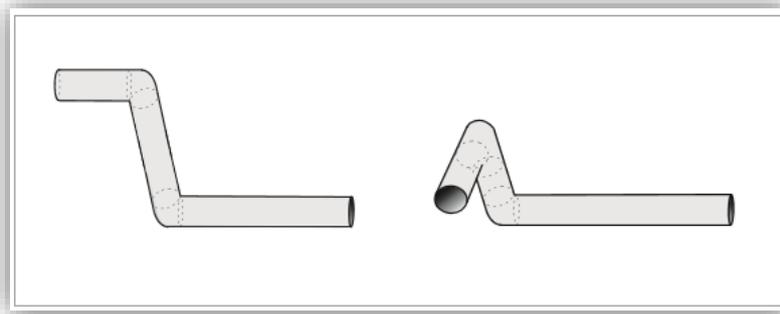


Fig. 6 Codos delante del Caudalímetro. Tomada de [1]

1.5.3 Sección en T

- $1 \geq 10 \text{ DN}$

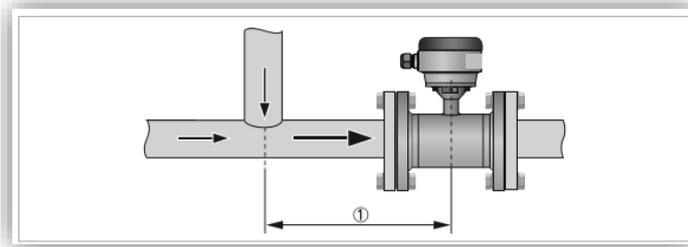


Fig. 7 Distancia detrás de Sección T. Tomada de [1]

1.5.4 Codos

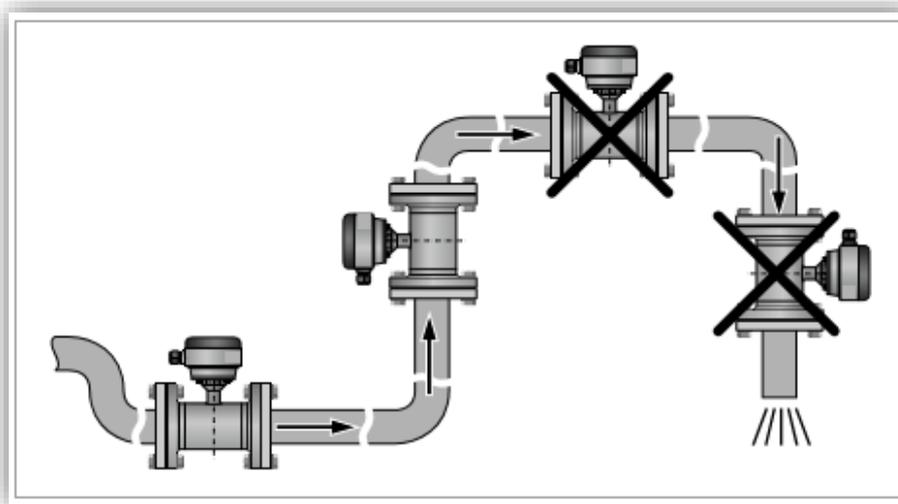


Fig. 8 Instalación en Tubos con Codos. Tomada de [1]

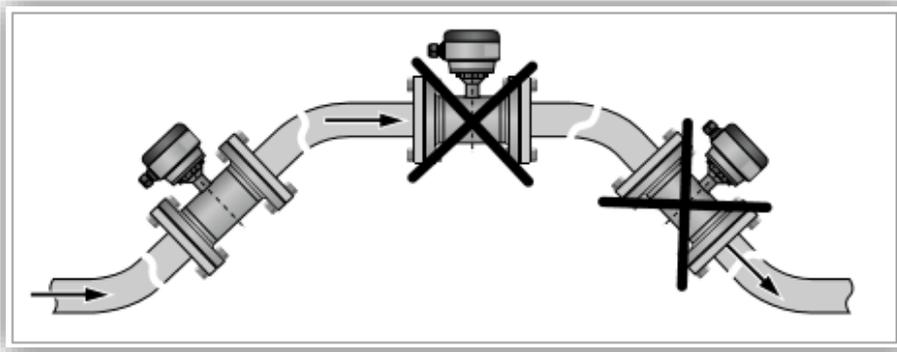


Fig. 9 Instalación en Tubos con Codos. Tomada de [1]

1.5.5 Alimentación o descarga abierta

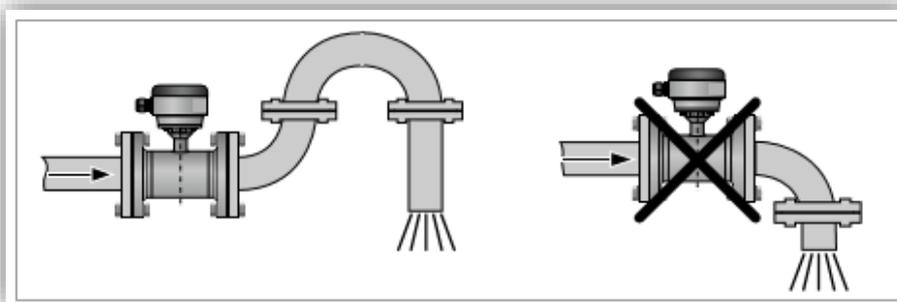


Fig. 10 Instalación Frente de una Descarga Abierta. Tomada de [1]

1.5.6 Desviación de las bridas

Desviación máx. permitida de caras de bridas de tubería: $L_{\text{máx.}} - L_{\text{mín.}} \leq 0,5 \text{ mm} / 0,02''$

- 1- $L_{\text{máx.}}$
- 2- $L_{\text{mín.}}$

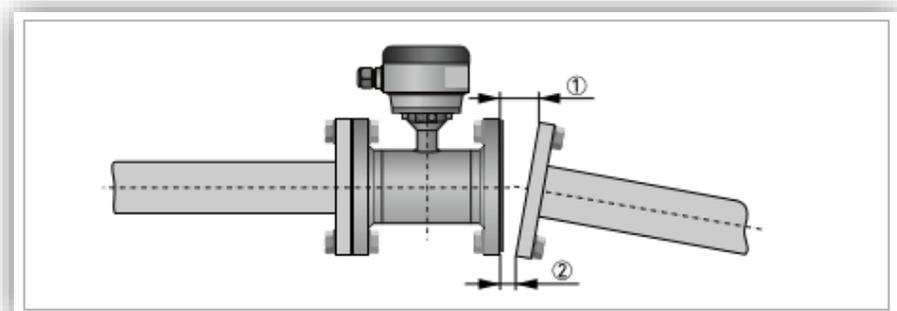


Fig. 11 Desviación Máxima. Tomada de [1]



1.5.7 Bomba

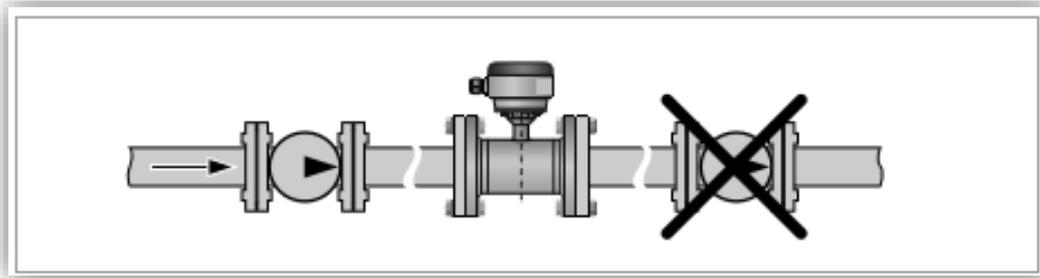


Fig. 12 Instalación Detrás de Bomba. Tomada de [1]

1.5.8 Válvula de control

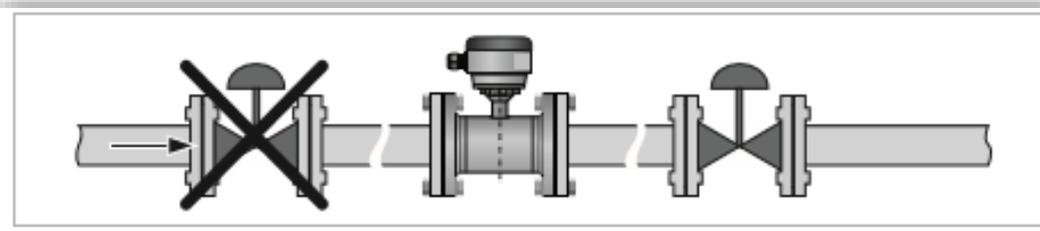


Fig. 13 Instalación Frente de Válvula de Control. Tomada de [1]

1.5.9 Purga del aire y fuerzas de vacío

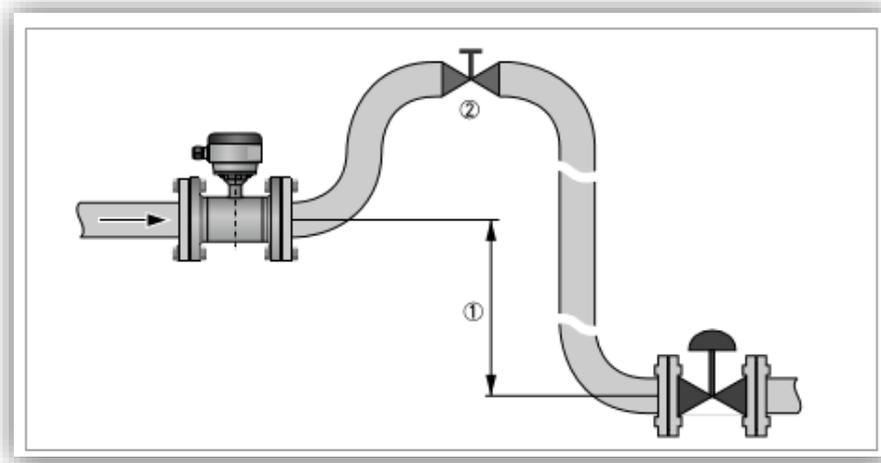


Fig. 14 Purga de Aire. Tomada de [1]

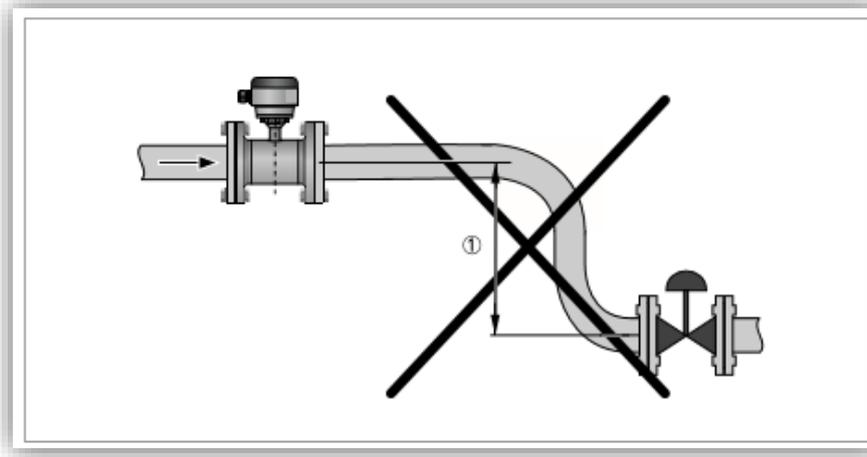


Fig. 15 Vacío. Tomada de [1]

1.5.10 Posición de montaje

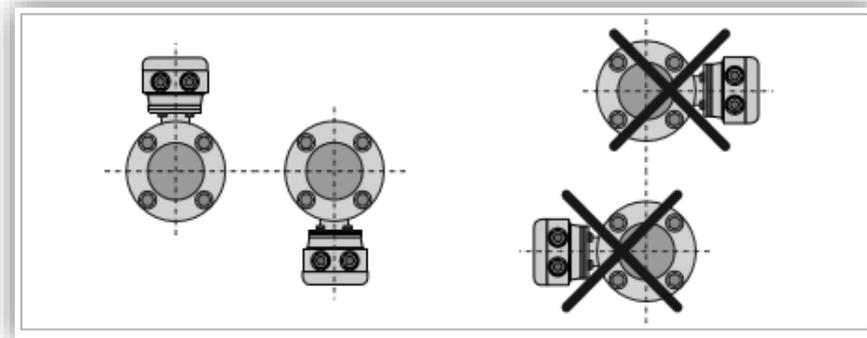


Fig. 16 Posición de Montaje. Tomada de [1]

1.6 Pares de apriete y presiones

Todos los valores son teóricos y calculados para el funcionamiento en condiciones óptimas y el uso con bridas de acero al carbono.

1.6.1 Apriete de Pernos

- Los pernos se aprietan de manera uniforme y en cruz.
- No se debe exceder el valor de par de apriete máximo.
- Paso 1: Aplicar aproximadamente el 50% del par de apriete máximo dado en la Tabla 8.
- Paso 2: Aplicar aproximadamente el 80% del máximo par de apriete dado en la Tabla 8.
- Paso 3: Aplicar el 100% del par de apriete máximo dado en la Tabla 8.

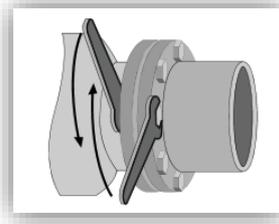


Fig. 17 Forma Correcta de Apriete. Tomada de [1]

| Tamaño nominal DN [mm] | Presión nominal | Pernos | Par de apriete máx. [Nm] ^① | | |
|------------------------|-----------------|-----------|---------------------------------------|---------------|-----------|
| | | | Polioléfina | Polipropileno | Goma dura |
| 25 | PN 40 | 4 x M12 | - | 22 | 11 |
| 32 | PN 40 | 4 x M 16 | - | 37 | 19 |
| 40 | PN 40 | 4 x M 16 | - | 43 | 25 |
| 50 | PN 40 | 4 x M 16 | - | 56 | 31 |
| 65 | PN 16 | ② x M 16 | - | 51 | 42 |
| 65 | PN 40 | 8 x M 16 | - | 38 | 21 |
| 80 | PN 40 | 8 x M 16 | - | 47 | 26 |
| 100 | PN 16 | 8 x M 16 | - | 39 | 30 |
| 125 | PN 16 | 8 x M 16 | - | 53 | 40 |
| 150 | PN 16 | 8 x M 20 | - | 68 | 47 |
| 200 | PN 10 | 8 x M 20 | 68 | - | 68 |
| 200 | PN 16 | 12 x M 20 | 45 | - | 45 |
| 250 | PN 10 | 12 x M 20 | 66 | - | 66 |
| 250 | PN 16 | 12 x M 24 | 78 | - | 78 |
| 300 | PN 10 | 12 x M 20 | 76 | - | 76 |
| 300 | PN 16 | 12 x M 24 | 106 | - | 106 |
| 350 | PN 10 | 16 x M 20 | 76 | - | 76 |
| 400 | PN 10 | 16 x M 24 | 104 | - | 104 |
| 450 | PN 10 | 20 x M 24 | 93 | - | 93 |
| 500 | PN 10 | 20 x M 24 | 107 | - | 107 |
| 500 | PN 10 | 20 x M 27 | 138 | - | 138 |
| 700 | PN 10 | 24 x M 27 | 163 | - | 163 |
| 800 | PN 10 | 24 x M 30 | 219 | - | 219 |
| 900 | PN 10 | 28 x M 30 | 206 | - | 206 |
| 1000 | PN 10 | 28 x M 33 | 261 | - | 261 |

Tabla 8 Pares de Apriete según DN. Tomada de [1]

1.7 Puesta a tierra

El aparato debe estar conectado a tierra según se indica en la Tabla 9 y las Fig. 18, Fig. 19 y Fig. 21 asociadas a ella.

Como se explica en [5], la puesta a tierra del sensor respecto al proceso (es decir, que el sensor esté conectado al potencial del proceso) es uno de los detalles más importantes de la instalación del sensor. Una conexión a tierra correcta respecto al proceso garantiza que el amplificador del transmisor tenga como referencia al potencial del proceso. Esto crea el entorno con el nivel de ruido más bajo para que el transmisor realice una lectura estable. Usar la Tabla 9 para determinar qué opción de conexión a tierra seguir para una instalación adecuada.

La caja del sensor siempre debe estar conectada a tierra. El incumplimiento de este requisito puede perjudicar la protección proporcionada por el equipo. El método más efectivo de conexión a tierra es directamente del sensor a tierra física con una impedancia mínima.



| Opciones de Conexión a Tierra | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Tipo de Tubería | Sin Opciones de Conexión a Tierra | Aros de Conexión a Tierra | Electrodos de Conexión a Tierra | Protectores del Revestimiento |
| Tubería conductora sin revestimiento | Consultar figura Fig. 18 | No se requiere | No se requiere | Consultar figura Fig. 19 |
| Tubería conductora con revestimiento | Conexión a tierra insuficiente | Consultar figura Fig. 19 | Consultar figura Fig. 18 | Consultar figura Fig. 19 |
| Tubería no Conductora | Conexión a tierra insuficiente | Consultar figura Fig. 19 | Consultar figura Fig. 21 | Consultar figura Fig. 19 |

Tabla 9 Instalación de Conexión a Tierra. Tomada de [5]

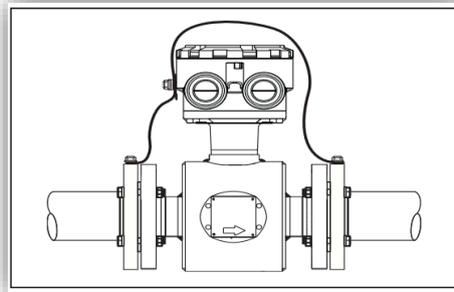


Fig. 18 Tubería con Revestimiento sin opciones de Conexión a Tierra. Tomada de [5]

A continuación se puede observar el sistema adoptado para la puesta a tierra del dispositivo de medición. La tubería de plástico que posee, nos permite llevar a cabo la selección de este modo de conexionado con el sistema de electrodo conductor.

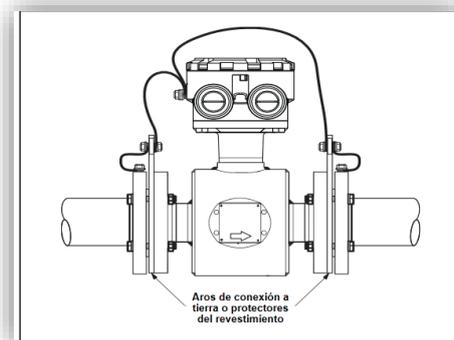


Fig. 19 Conexión a Tierra con aros de conexión. Tomada de [5]



En la siguiente imagen se observa la forma de conexión del electrodo conductor adoptado por la empresa en la mayoría de las instalaciones eléctricas, según norma NEMA 250.52(A) (5).

Electrodos de barra y tubería

Electrodos de tubería

- Con longitud mínima de 2.44m (8 pies)
- Con diámetro mínimo de $\frac{3}{4}$ " (tamaño comercial)
- Ser de hierro o acero y deben tener la superficie exterior galvanizada o de lo contrario recubiertos de metal para protección contra la corrosión

Electrodos de barra

- Con longitud mínima de 8 pies (2,44 m.)
- Con diámetro mínimo de $\frac{5}{8}$ "
- Con diámetro mínimo de $\frac{1}{2}$ ". (0.500") para acero inoxidable y acero recubierto de cobre o de cinc

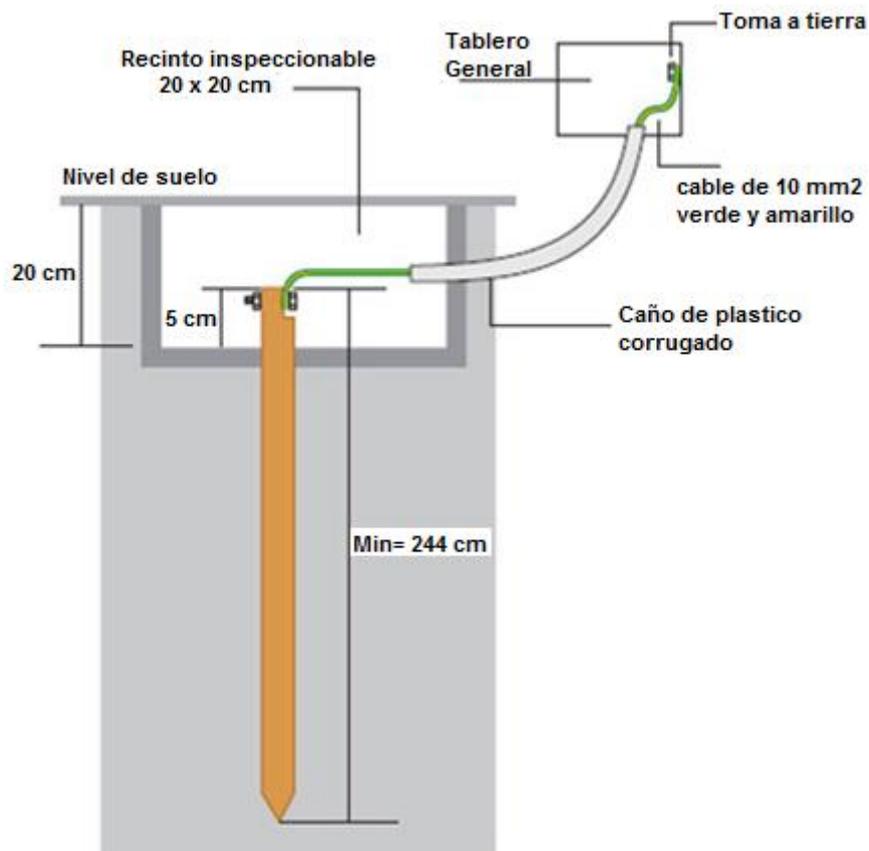


Fig. 20 Electrodo Conductor - Puesta a tierra.

Se puede instalar un electrodo opcional para conexión a tierra través del revestimiento de los sensores 8705. Está disponible en todos los materiales de electrodo (Fig. 21).

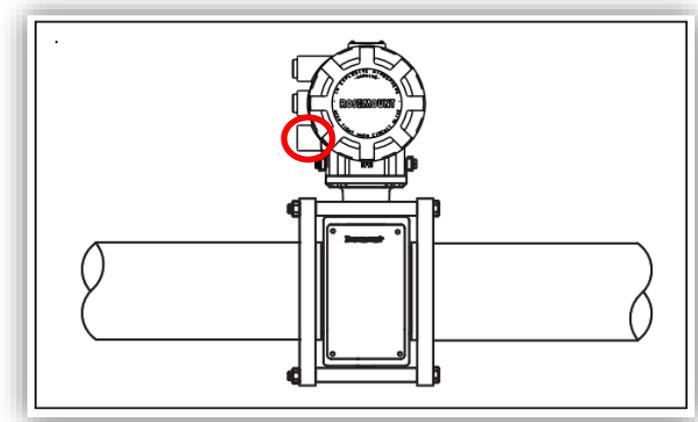


Fig. 21 Conexión a Tierra con electrodos de Conexión a tierra. Tomada de [5]



2 Sensor de Presión

Los sensores de presión son utilizados por dos motivos fundamentales. En primer lugar para evitar la rotura de cañería de la red, en el caso de lugares de la ciudad donde se maneja una presión de agua considerable que por lo general suele llegar como máximo a los 2 Kg/cm², como también para facilitar el arranque de rebombes para el auxilio a los puntos que sufren baja presión de la misma.

El corazón del transmisor de presión es la celda de medida, que transforma la presión aplicada en una señal eléctrica. Esa señal en función de la presión es evaluada por la electrónica integrada y convertida en una señal de salida normalizada.

2.1 Principio de Funcionamiento

En el dispositivo, cualquier variación de presión que logre mover el diafragma transductor cambia la resistencia de la galga y desequilibra el puente de Wheatstone. Cuando no hay presión, las tensiones E1 y E2 son iguales, al aplicar la presión del proceso Rb y Rc disminuyen su resistencia y Ra y Rd la aumentan dando lugar a caídas de tensión distintas y a una diferencia entre E1 y E2. Esta diferencia se aplica a un amplificador diferencial de alta ganancia que controla un regulador de corriente variable.

Esta corriente circula a través de la resistencia de realimentación R_{FB} y produce una caída de tensión que equilibra el puente. Como esta caída es proporcional a R_{FB}, esta resistencia fija el intervalo de medida del transductor. El cero del instrumento se varia intercalando resistencia fijas en el extremo izquierdo del puente y un potenciómetro en el extremo derecho. Tomado de [6].

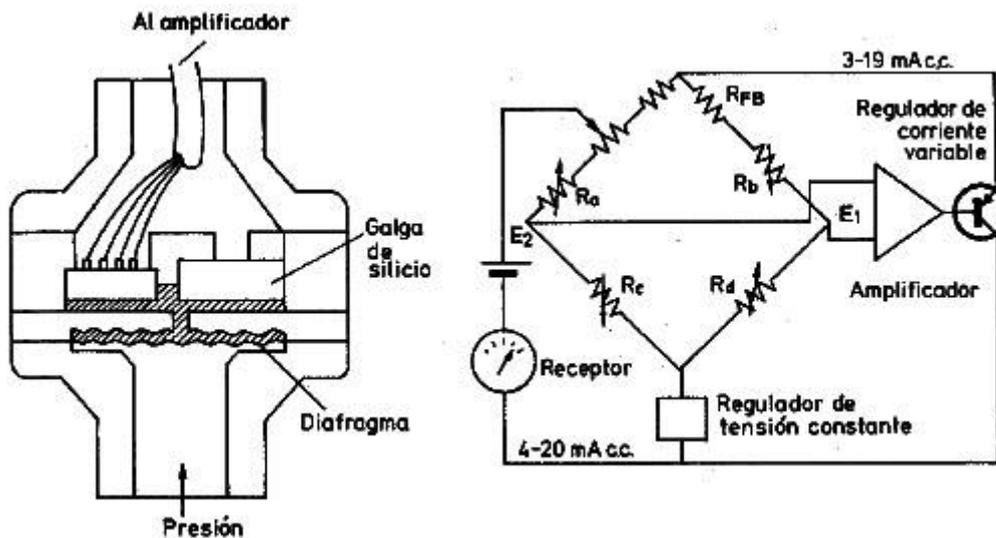


Fig. 22 Marco teórico. Sensor de Presión. Tomada de [6]

Superficialmente la carcasa está equipada con conector según ISO 4400, M12 x 1 o con salida de cable directa. Está disponible en los tipos de protección IP 67.



Fig. 23 Sensor de Presión. Encapsulado.

2.2 Datos Técnicos

Particularmente para el proyecto en cuestión se seleccionó un sensor de 0 a 10 bares, puesto que la presión en las redes de distribución rara vez excede los 2 kg/cm² (2 bar) que es la unidad de expresión de la medida mayormente utilizada por la empresa. Cabe destacar que son de salida normalizada de 4 a 20 mA.

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | |
|---|--|
| TPR-16/LP .../HP | TPR-18 |
| - Presión (mbar): | - Gases y líquidos: compatibles con A-316 y sensor de cerámica alumina |
| Rango: 10 20 40 60 100 160 250 400 600 1000 | - Rangos de medidas normalizadas: |
| Sobrepres. (mbar): 60 300 1000 3000 | Depresión y presión: -1...0, -1...0.6, -1...1.5, -1...3, -1...5, -1...9, -1...15, -1...24, -1...39 bar |
| TPR-16/D | Presión relativa 0.25, 0.4, 0.6, 1, 1.6, 2.5, 4, 6, 10, 16, 25, 40, 60, 100, 160, 250, 400 y 600 bar |
| - Pt. absoluta (bar): -1.0 0.6 1 1.6 2.5 4 6 10 16 25 40 60 100 160 250 400 600 | - Exactitud: ± 0.2 % del Span |
| - Sobrepres. (bar): 3 3 3 7 7 12 12 25 50 50 120 120 250 500 500 600 750 | - Conexión a proceso: 1/2" GAS DIN 3852 |
| - Exactitud: ≤ ± 0.5 % FSO | - Protección encapsulado: IP-65 |
| - Conexión a proceso: 1/2" GAS DIN 3852 | - Salida: 4-20 mA 2 hilos / 0-20 mA 3 hilos (opción 0-5 / 0-10 V) |
| - Protección encapsulado: IP-65 | - Conexión eléctrica: conector DIN 43650 |
| - Salida: 4-20 mA 2 hilos / 0-20 mA 3 hilos (opción 0-5 / 0-10 V) | - Tensión alimentación: entre 12 y 36 Vcc |
| - Conexión eléctrica: conector DIN 43650 | - Carga máxima: 2 hilos [U _s (V) -12 V] / 0.02 A |
| - Tensión alimentación: entre 12 y 36 Vcc | 3 hilos >500 Ω |
| - Carga máxima: 2 hilos [U _s (V) -12 V] / 0.02 A | - Deriva térmica: ≤ ± 0.2 % FSO / año |
| 3 hilos >500 Ω | - Temperatura de trabajo |
| - Deriva térmica: ≤ ± 0.2 % FSO / año | Sensor: -25 a +90 °C |
| - Temperatura de trabajo | Ambiente: -25 a +85 °C |
| Sensor: -25 a +90 °C | Almacenaje: -40 a +100 °C |
| Ambiente: -25 a +85 °C | - Tiempo de respuesta: < 5 ms |
| Almacenaje: -40 a +100 °C | - Resistencia a vibraciones: 10 g / 20 a 2000 Hz |
| - Tiempo de respuesta: < 5 ms | - Resistencia a choques: 100 g / 11 ms |
| - Resistencia a vibraciones: 10 g / 20 a 2000 Hz | - Materiales: |
| - Resistencia a choques: 100 g / 11 ms | Caja: Acero Inox. 1.4571 |
| - Materiales: | Sensor: Cerámica Al ₂ O ₃ 96%, silicio, RTV |
| Caja: Acero Inox. 1.4571 | Juntas: FKM |
| Sensor: Cerámica Al ₂ O ₃ 96%, silicio, RTV | |
| Juntas: FKM | |

Tabla 10 Datos Técnicos. Tomado de [7]

A continuación se puede apreciar topográficamente el cuerpo del sensor que se utiliza en el proyecto.

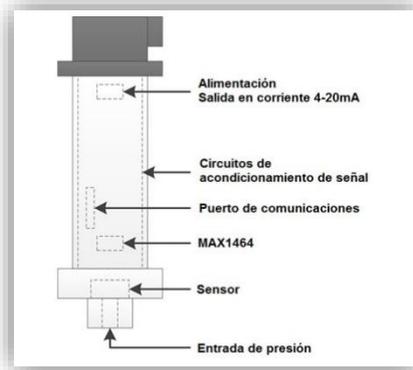


Fig. 24 Disposición Topográfica del Dispositivo.

2.3 Conexión Eléctrica

Esquema de conexión eléctrica adoptada para el dispositivo sensor según DIN 4400.

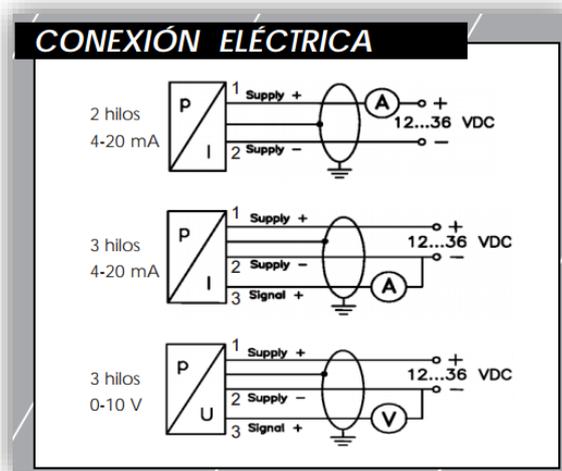


Fig. 25 Conexión Eléctrica. Tomado de [7]

2.4 Puntos de Presión

A continuación se muestran los puntos de presión que intervienen en el proyecto

2.4.1 Punto de Presión Nº 1

El primer punto se encuentra en las coordenadas Lat.: 30°22'17.74"S; Long: 66°19'17.21"O aproximadamente y se encuentra cercano a la perforación denominada 20 de Junio o Don Miranda.



Fig. 26 Ubicación Geográfica Punto de Presión 1

2.4.2 Punto de Presión Nº 2

El segundo punto se encuentra en las coordenadas Lat.: 30°22'36.02"S; Long: 66°18'44.68"O aproximadamente. Este se encuentra en el barrio América, el cual en situaciones de baja presión se realiza el auxilio desde el Rebombeo América el cual es comandado y monitoreado desde la central por medio de la HMI dispuesta para el proyecto.



Fig. 27 Ubicación Geográfica Punto de Presión 2

2.4.3 Punto de Presión Nº 3

El tercer punto se encuentra en las coordenadas Lat.: 30°21'28.87"S; Long: 66°18'59.47"O aproximadamente. Aquí se puede monitorear el estado de la presión de agua en pleno centro de la ciudad de Chemical, para así poder realizar las maniobras de distribución acordes al valor acusado por el punto.



Fig. 28 Ubicación Geográfica Punto de Presión 3

2.5 Sensores de Presión Utilizados

En los tres puntos de medición fueron empleados los sensores de Design Instruments TPR 16/LP, cuyas características se mencionan en la bibliografía [7]

El modo de conexionado es el que se muestra en la Fig. 29, empleando 24 VDC de alimentación

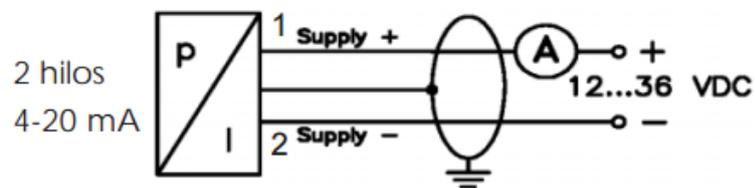


Fig. 29 Esquema de Conexión

Con este modo de conexionado se toma la lectura de 4 a 20 mA, las cuales son ingresadas al transductor para poder convertir estas señales al formato de comunicación y con ello ingresarla a los equipos de transmisión respectivos.

El transductor utilizado es el ADAM 4017+ (Fig. 30) el cual se alimenta con 24 VCC. En las entradas analógicas del mismo (marcadas en rojo en la Fig. 30) se conecta la señal proveniente del Sensor de Presión y este convierte la misma al formato MODBUS. Las salidas (marcadas en amarillo en la Fig. 30) son las señales DATA + y DATA - correspondientes al protocolo de comunicación mencionado, las cuales se conectan a los equipos de comunicación.



Fig. 30 Transductor ADAM 4017+



3 Bibliografía

- [1] Caudalímetros Magnéticos Rosemount, Serie Rosemount 8700, año 2014, fecha de acceso 23/05/2016, enlace:
<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm%20rosemount%20documents/00813-0109-4727.pdf>
- [2] Caudalímetros Magnéticos Fiammengo, Electromagnetic Flowmeter, año 2010, fecha de acceso 24/05/2016, enlace:
<http://www.fiammengo.com.ar/images/caudalimetro/pdf/electromagnetico.pdf>
- [3] Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Control de Procesos, FACET, Criterio de Selección de Caudalímetros, fecha de acceso 20/05/2016, enlace:
http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/tema_3/tp3b.pdf
- [4] Juan David Corchuelo Moreno, Universidad Nacional de Colombia, Caudalímetro Electromagnético, Electromagnetic Flowmeters, año 2006, fecha de acceso 26/09/2016, enlace:
<https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&sqi=2&ved=0ahUKEwiEzd6OzbnPAhXEjpAKHfgdB9oQFgghMAE&url=https%3A%2F%2Felectromagnetismo2010a.wikispaces.com%2Ffile%2Fview%2FCaudalimetro%2Belectromagn%25C3%25A9tico.doc&usg=AFQjCNETSukwyft97OLGc4Bj2mrBtjQ-g&sig2=U-6QLRW60njCbME532dbpQ&bvm=bv.134495766,d.Y2I&cad=rja>
- [5] Caudalímetros Magnéticos Rosemount, Serie Rosemount 8700, año 2014, fecha de acceso 24/05/2016, enlace:
<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm%20rosemount%20documents/00809-0109-4663.pdf>
- [6] Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica, año 2016, fecha de acceso 14/11/2016, enlace:
<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica35.htm>
- [7] Desin Instrumens SA, Transmisores de Presión, año 2016, fecha de acceso 14/11/2016, enlace:
<http://www.desin.com/pdf/HT-TPR-16-TPR-18-LP-HP-D-es-0321-H127-44-0.pdf>
- [8] ADVANTECH. (2016).ADAM 4017. Disponible en Internet. Fecha de acceso 18/11/2016, enlace:
<http://downloadt.advantech.com/ProductFile/PIS/ADAM-4017+/Product%20-%20Datasheet/ADAM-4017+20160804092916.pdf>



4 Índice de Tablas y Figuras

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Criterio de Selección I. Tomada de [3]..... | 3 |
| Tabla 2 Criterio de Selección II. Tomada de [3]..... | 4 |
| Tabla 3 Recomendaciones para Dimensionamiento. Tomada de [1] | 6 |
| Tabla 4 Relación, Tamaño de Tubería y Factor de Conversión. Tomada de [1] | 6 |
| Tabla 5 Relación, Tamaño de Tubería y Velocidad/Caudal. Tomada de [1]..... | 7 |
| Tabla 6 Tabla de Selección según DN. Tomada de [2] | 9 |
| Tabla 7 Características del Caudalímetro. Tomada de [2] | 9 |
| Tabla 8 Pares de Apriete según DN. Tomada de [1] | 15 |
| Tabla 9 Instalación de Conexión a Tierra. Tomada de [5] | 16 |
| Tabla 10 Datos Técnicos. Tomado de [7] | 20 |
| | |
| Fig. 1 Principio de Medición. Tomada de [1]..... | 5 |
| Fig. 2 Distancia Aguas Arriba y Aguas Abajo. Tomada de [1] | 7 |
| Fig. 3 Caudalímetro Fiammengo I. Tomada de [2] | 10 |
| Fig. 4 Caudalímetro Fiammengo II. Tomada de [2] | 10 |
| Fig. 5 Secciones de Entrada y Salida Recomendadas. Tomada de [1]..... | 10 |
| Fig. 6 Codos delante del Caudalímetro. Tomada de [1] | 11 |
| Fig. 7 Distancia detrás de Sección T. Tomada de [1] | 11 |
| Fig. 8 Instalación en Tubos con Codos. Tomada de [1] | 11 |
| Fig. 9 Instalación en Tubos con Codos. Tomada de [1] | 12 |
| Fig. 10 Instalación Frente de una Descarga Abierta. Tomada de [1] | 12 |
| Fig. 11 Desviación Máxima. Tomada de [1] | 12 |
| Fig. 12 Instalación Detrás de Bomba. Tomada de [1] | 13 |
| Fig. 13 Instalación Frente de Válvula de Control. Tomada de [1] | 13 |
| Fig. 14 Purga de Aire. Tomada de [1] | 13 |
| Fig. 15 Vacío. Tomada de [1] | 14 |
| Fig. 16 Posición de Montaje. Tomada de [1] | 14 |
| Fig. 17 Forma Correcta de Apriete. Tomada de [1]..... | 15 |
| Fig. 18 Tubería con Revestimiento sin opciones de Conexión a Tierra. Tomada de [5] | 16 |
| Fig. 19 Conexión a Tierra con aros de conexión. Tomada de [5] | 16 |
| Fig. 20 Electrodo Conductor - Puesta a tierra. | 17 |
| Fig. 21 Conexión a Tierra con electrodos de Conexión a tierra. Tomada de [5] | 18 |
| Fig. 22 Marco teórico. Sensor de Presión. Tomada de [6] | 19 |
| Fig. 23 Sensor de Presión. Encapsulado. | 20 |
| Fig. 24 Disposición Topográfica del Dispositivo. | 21 |
| Fig. 25 Conexión Eléctrica. Tomado de [7] | 21 |
| Fig. 26 Ubicación Geográfica Punto de Presión 1 | 22 |
| Fig. 27 Ubicación Geográfica Punto de Presión 2 | 22 |
| Fig. 28 Ubicación Geográfica Punto de Presión 3 | 23 |
| Fig. 29 Esquema de Conexión | 23 |
| Fig. 30 Transductor ADAM 4017+ | 24 |



Capítulo 10: GSM RTU

| | |
|--|----|
| Capítulo 10: GSM RTU | 1 |
| 1 Introducción: GSM RTU, Supervisión Remota Vía Red de Telefonía Celular | 2 |
| 1.1 GSM y Red de Telefonía Celular, Conceptos | 2 |
| 1.2 Arquitectura de la Red GSM..... | 3 |
| 2 Selección del Equipo..... | 5 |
| 2.1 Características y Especificaciones GSM RTU | 6 |
| 2.1.1 Diagrama de Conexionado | 6 |
| 3 Programación del Equipo | 8 |
| 3.1 Software utilizado..... | 8 |
| 3.2 Proceso de Programación | 8 |
| 3.2.1 Configuración “Basic Params” | 8 |
| 3.2.2 Configuración Inputs_Outputs | 9 |
| 4 Bibliografía..... | 11 |
| 5 Índice de tablas y figuras | 12 |



1 Introducción: GSM RTU, Supervisión Remota Vía Red de Telefonía Celular

En el siguiente capítulo se detallan conceptos del dispositivo utilizado, el cual realiza el seguimiento de las alarmas de las distintas perforaciones y subsistemas de rebombeo de la Ciudad de Chamental. Se destaca el uso de la red de telefonía celular. Seguimiento de programación de la misma.

1.1 GSM y Red de Telefonía Celular, Conceptos

El sistema global para las comunicaciones móviles (del inglés Global System for Mobile communications, GSM, y originariamente del francés groupe spécial mobile) es un sistema estándar, libre de regalías, de telefonía móvil digital.

Un cliente GSM puede conectarse a través de su teléfono con su computador, enviar y recibir mensajes por correo electrónico, faxes, navegar por Internet, acceder con seguridad a la red informática de una compañía (red local/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el servicio de mensajes cortos (SMS) o mensajes de texto tal y como ocurre con el proyecto, para la supervisión de alarmas de los subsistemas. Tomado de [1].

En el caso de Argentina, las bandas están comprendidas entre 850 y 1900 Mhz.

Las redes de telefonía móvil se basan en el concepto de celdas, es decir zonas circulares que se superponen para cubrir un área geográfica.

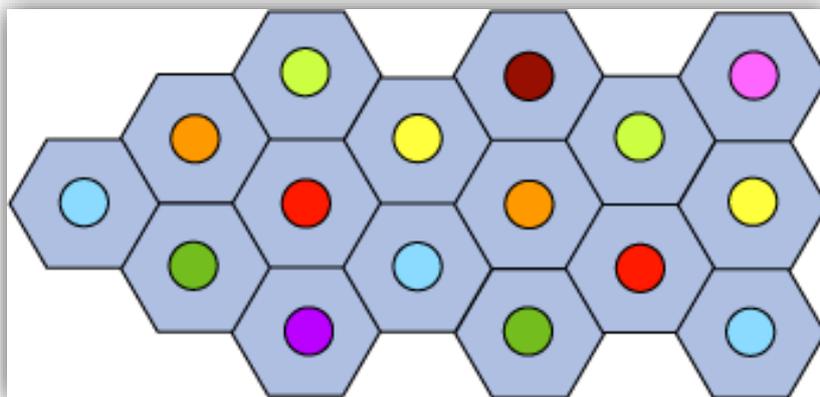


Fig. 1 Celdas. Tomada de [2]

Las redes celulares se basan en el uso de un transmisor-receptor central en cada celda, denominado "estación base" (o Estación base transceptora, BTS).

Cuanto menor sea el radio de una celda, mayor será el ancho de banda disponible. Por lo tanto, en zonas urbanas muy pobladas, hay celdas con un radio de unos cientos de metros mientras que en zonas rurales hay celdas enormes de hasta 30 kilómetros que proporcionan cobertura.

En una red celular, cada celda está rodeada por 6 celdas contiguas (por esto las celdas generalmente se dibujan como un hexágono). Para evitar interferencia, las celdas adyacentes no pueden usar la misma frecuencia. En la práctica, dos celdas que usan el mismo rango de frecuencia deben estar separadas por una distancia equivalente a dos o tres veces el diámetro de la celda. Tomado de [2].



1.2 Arquitectura de la Red GSM

En una red GSM, la terminal del usuario se llama estación móvil. Una estación móvil está constituida por una tarjeta SIM (Módulo de identificación de abonado), que permite identificar de manera única al usuario y a la terminal móvil, o sea, al dispositivo del usuario (normalmente un teléfono portátil o en el caso del proyecto, un dispositivo dedicado al monitoreo).

Las terminales (dispositivos) se identifican por medio de un número único de identificación de 15 dígitos denominado IMEI (Identificador internacional de equipos móviles). Cada tarjeta SIM posee un número de identificación único (y secreto) denominado IMSI (Identificador Internacional de Abonados Móviles). Este código se puede proteger con una clave de 4 dígitos llamada código PIN.

Por lo tanto, la tarjeta SIM permite identificar a cada usuario independientemente de la terminal utilizada durante la comunicación con la estación base. Las comunicaciones entre una estación móvil y una estación base se producen a través de un vínculo de radio, por lo general denominado interfaz de aire.

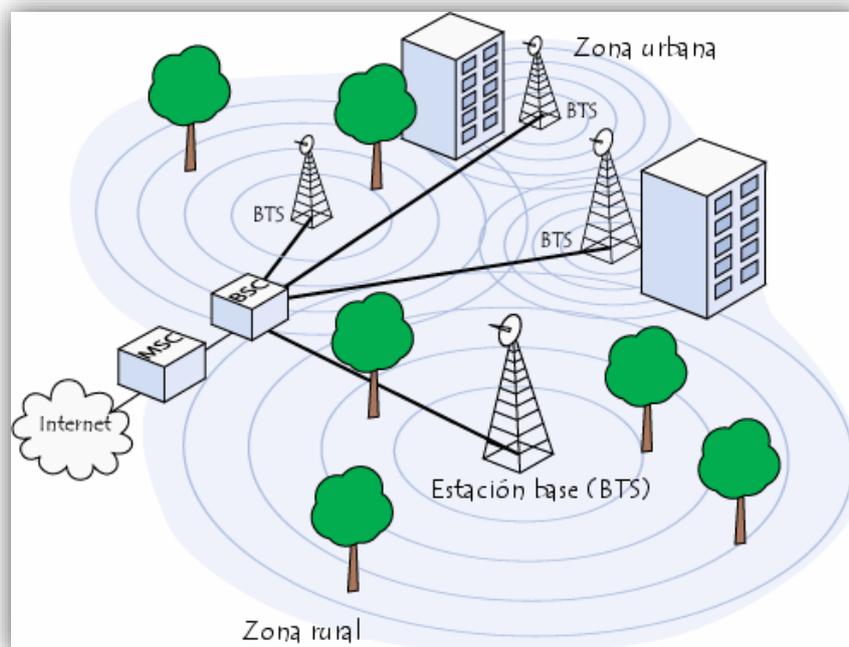


Fig. 2 Arquitectura de Red Móvil. Tomada de [2]

Todas las estaciones base de una red celular están conectadas a un controlador de estaciones base (o BSC), que administra la distribución de los recursos. El sistema compuesto del controlador de estaciones base y sus estaciones base conectadas es el Subsistema de estaciones base (o BSS).

Por último, los controladores de estaciones base están físicamente conectados al Centro de conmutación móvil (MSC) que los conecta con la red de telefonía pública y con Internet; lo administra el operador de la red telefónica. El MSC pertenece a un Subsistema de conmutación de red (NSS) que gestiona las identidades de los usuarios, su ubicación y el establecimiento de comunicaciones con otros usuarios.

Generalmente, el MSC se conecta a bases de datos que proporcionan funciones adicionales:



- El Registro de ubicación de origen (HLR): es una base de datos que contiene información (posición geográfica, información administrativa, etc.) de los abonados registrados dentro de la zona del conmutador (MSC).
- El Registro de ubicación de visitante (VLR): es una base de datos que contiene información de usuarios que no son abonados locales. El VLR recupera los datos de un usuario nuevo del HLR de la zona de abonado del usuario. Los datos se conservan mientras el usuario está dentro de la zona y se eliminan en cuanto abandona la zona o después de un período de inactividad prolongado (terminal apagada).
- El Registro de identificación del equipo (EIR): es una base de datos que contiene la lista de terminales móviles.
- El Centro de autenticación (AUC): verifica las identidades de los usuarios.

La red celular compuesta de esta manera está diseñada para admitir movilidad a través de la gestión de *traspasos* (movimientos que se realizan de una celda a otra).

Finalmente, las redes GSM admiten el concepto de roaming: el movimiento desde la red de un operador a otra. Tomado de [2].



2 Selección del Equipo

El dispositivo GSM fue seleccionado por sus características principales que cubren las necesidades de monitoreo de los subsistemas propuestos (Perforaciones y Rebombes). El cual se utiliza en siguientes puntos de supervisión de la ciudad:

- Hospital
- AV3
- Aguadita 1
- Aguadita 2
- Aguadita 3
- Aguadita 4
- Planta
- La Balsa
- Polco 1
- Polco 3
- 20 de Junio
- Rebombes América
- Rebombes 20 de Junio
- Perforación Ósmosis

El dispositivo realiza el envío de mensajes SMS a los siguientes empleados de la empresa:

| Dispositivo Móvil | Personal |
|-------------------|-----------------------------|
| 1 | Encargado de Planta Turno 1 |
| 2 | Encargado de Planta Turno 2 |
| 3 | Encargado de Planta Turno 3 |
| 4 | Supervisor de Distribución |
| 5 | Jefe de Distribución |
| 6 | Gerente de Producción |

Tabla 1. Destinatarios de SMS

Las principales características que se pueden nombrar son la sencilla programación del dispositivo, sus entradas digitales y salidas a Relay accionables, la ventaja de utilizar una red primitiva que está siendo cada vez menos utilizada por dispositivos móviles. Así logramos un sistema de monitoreo remoto alternativo al que corresponde al general de alarmas que se muestra en el Capítulo 4 (Controlador).

La unidad utilizada para el proyecto es el modelo GSM RTU CWT 5010 el cual fue adquirido por Aguas Riojanas SAPEM y puesto a disposición para su estudio, programación y montaje.



Fig. 3 Dispositivo GSM. Tomado de [3]



2.1 Características y Especificaciones GSM RTU

Entre las características más importantes del terminal, destacamos:

- Fácil instalación con cualquier terminal.
- Software de emulación sencillo y gratuito.
- Mensajes de configuración sencillos y flexibles.
- Tiempos configurables de mensajes y alarmas.
- Funcionamiento autónomo dedicado.
- La posibilidad de contar con 10 receptores de alarma SMS (grupo de operación).
- Transmisión de datos bidireccional.
- 4 salidas de relé accionables (12 - 24 V)
- 4 entradas digitales protegidas universales. Acepta contacto seco o entrada de tensión de hasta 5 V.
- Batería en el interior.
- Timbre de alarma (opcional).
- Ajuste remoto de los teléfonos / consulta remota del estado del grupo de telefonía, Entrada y salida.
- Control de encendido / apagado.
- Configuración de todos los mensajes de entrada y de salida.

Las especificaciones técnicas del dispositivo son las que se muestran en la Tabla 2

| Parameter | |
|----------------------|--|
| DC Power supply | 12-24V DC (Standard adapter: DC 12V/1.5A) |
| Power consumption | 12V input Max. 150mA/Average 50mA |
| Frequency range | Quad-frequency 900/1800/850/1900HMz |
| SIM Card | Supporting 3V SIM Card |
| Antenna | 50 Ω SMA Antenna interface |
| Serial | RS232 |
| Temperature range | -30°C ~ +70 °C |
| Humidity range | Relative humidity 95% |
| Digital Input | 4 digital inputs(Dry contact) |
| output | 4 drivable relay outputs(open-collector outputs) |
| Output drive voltage | Equal to input DC voltage |
| Output drive power | Drive voltage \leq 35V, drive current \leq 500mA |
| Exterior dimension | 95×63×25mm |
| Weight | 256 g |

Tabla 2. Especificaciones Técnicas. Tomada de [3]

2.1.1 Diagrama de Conexionado

Conexión típica en Borneras de control del dispositivo.

1. Bornes de Alimentación.
2. Bornes de Comunicación serie para la programación del dispositivo.
3. Bornes de salidas a Relay para el accionamiento de dispositivos externos.
4. Bornes de Entradas Digitales para acontecimientos a monitorear.

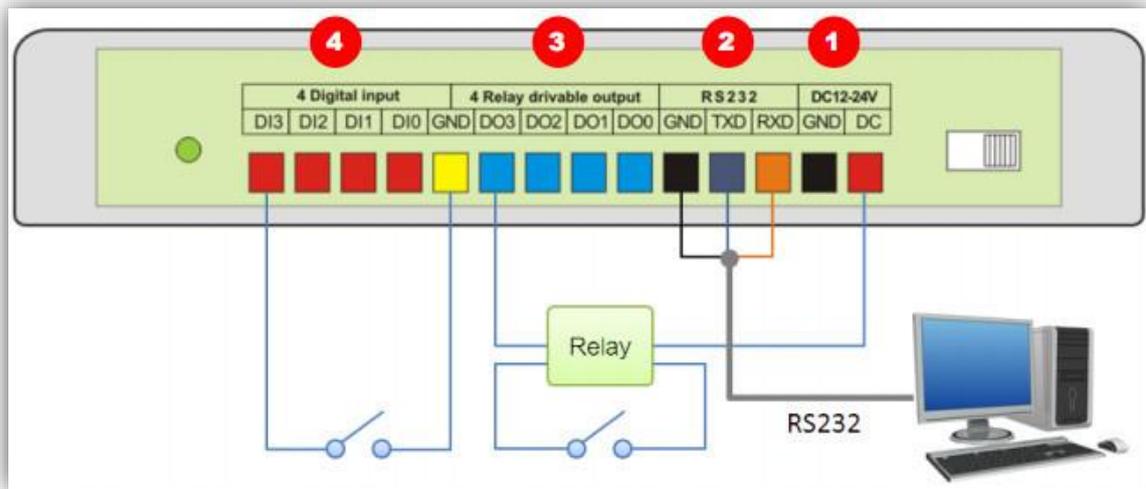


Fig. 4 Conexión de Bornera. Tomada de [4]



3 Programación del Equipo

3.1 Software utilizado

El software utilizado es el GSM RTU V3.0 que se puede instalar en el ordenador a través del CD que viene con el equipo.

Este es de programación sencilla y muy intuitiva por medio de comunicación serie. En la pantalla principal se destacan 4 ventanas principales además de las características de comunicación serie para su programación. Estas ventanas son: Basic Params, Inputs_Outputs, i-Sensors, Others.

El programa en su entorno principal está compuesto por cuatro áreas principales:

Área 1: Barra de herramientas y sus botones de atajos.

Área 2: Comunicación serie. Aquí se seleccionan los parámetros de comunicación para la configuración del equipo. En el proyecto se utilizan los parámetros por defecto.

Área 3: Lista de 4 ventanas principales de programación ya nombradas anteriormente. Allí se encuentran los parámetros más importantes y se realiza la programación del modo de funcionamiento del equipo.

Área 4: Configuración de parámetros.

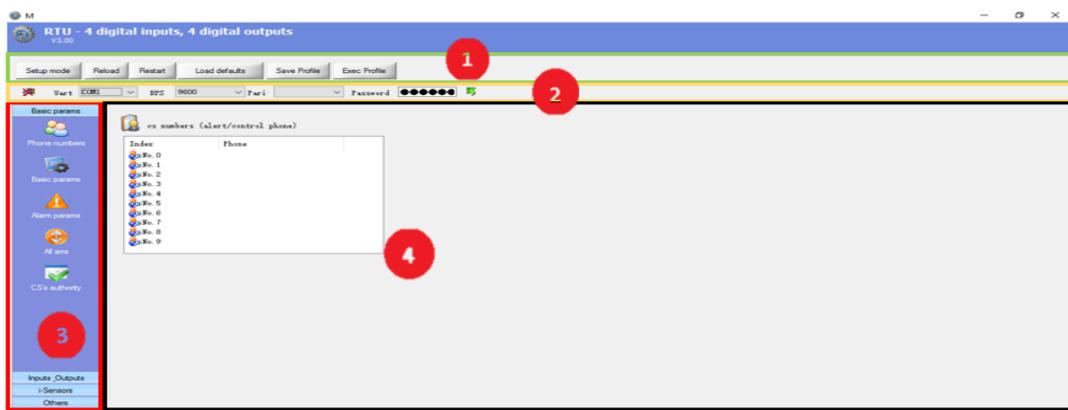


Fig. 5 Áreas Principales del Entorno de Programación

3.2 Proceso de Programación

La programación fue planteada para realizar el envío de alarmas SMS a los números de teléfono que corresponden a encargados y supervisores del área de distribución y mantenimiento de redes de la Ciudad de Chical.

Comenzando la interacción con el Software empezamos a explicar paso a paso como programar algunas de las funciones utilizadas en nuestro proyecto.

3.2.1 Configuración “Basic Params”

Existen cinco tipos de parámetros configurables en esta opción. Donde el único que es programado para el proyecto es el de “Phone Numbers”, el resto se utilizan con los configurados por defecto por software. Como se puede ver en la Fig. 5, es aquí la opción donde se ingresan los números de teléfono móvil al cual se va a realizar el envío de mensajes de alarma ante cualquier falla.

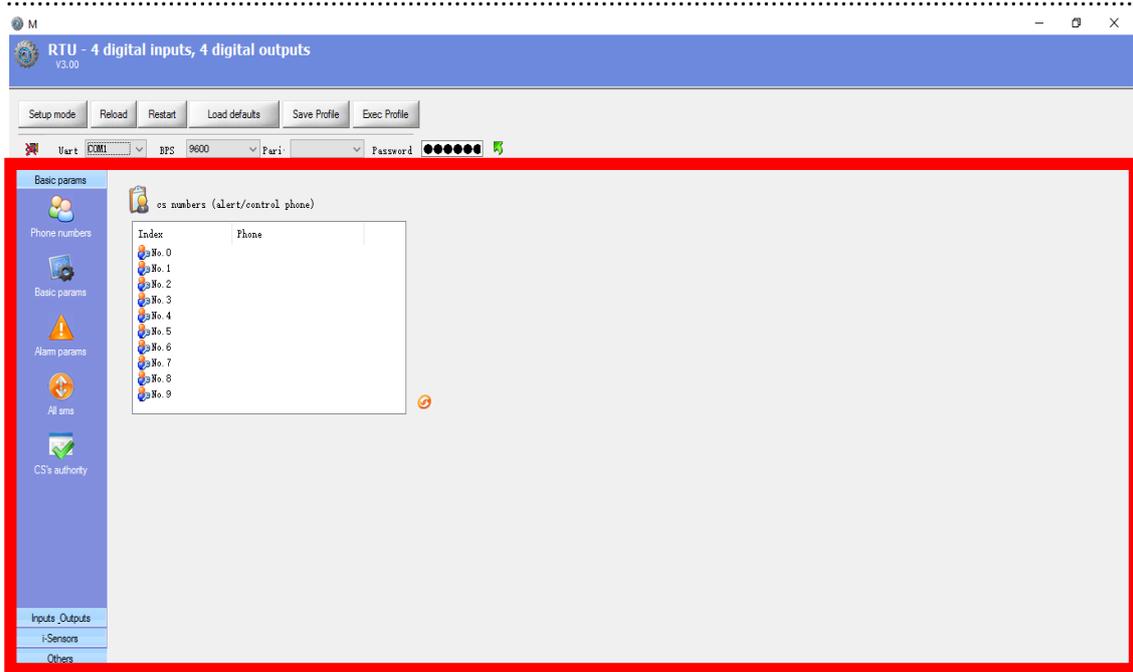


Fig. 6 Parámetros Básicos

3.2.2 Configuración Inputs_Outputs

Existen seis tipos de parámetros configurables en esta opción. Donde dos de ellos son configurados "Input_Output type" y "Input Alarm SMS", el resto se utilizan con los configurados por defecto por software. El primero de ellos como se puede ver en la Fig. 6, es donde se pondera el tipo de acción de las entradas, es decir, ante que acontecimiento ellas se consideran activadas para el posterior envío de SMS de Alerta. En este caso partículas se utiliza por Nivel (0 Lógico). Las salidas no son utilizadas pero en un futuro pensadas para el accionamiento del tablero de comando de las perforaciones.

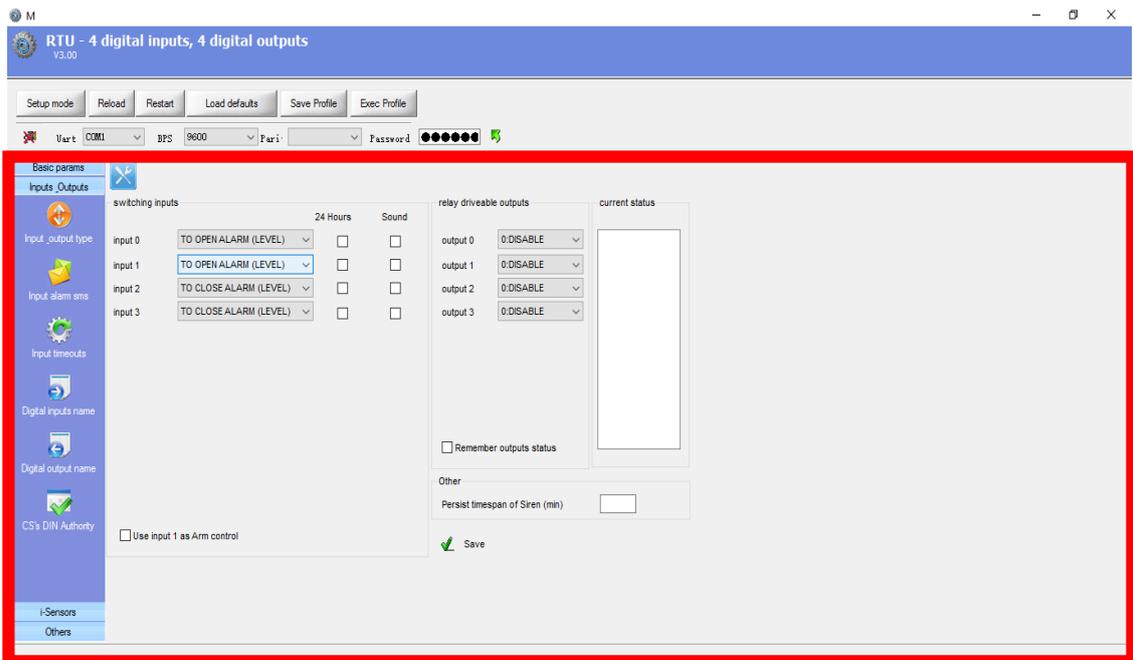


Fig. 7 Configuración de Input_Output Type



El segundo parámetro configurable se hace el ingreso de los mensajes de Texto que darán aviso a los números ingresados anteriormente. El dispositivo permite introducir mensajes cuando las entradas están accionadas y mensajes cuando no lo están. Fig. 7.

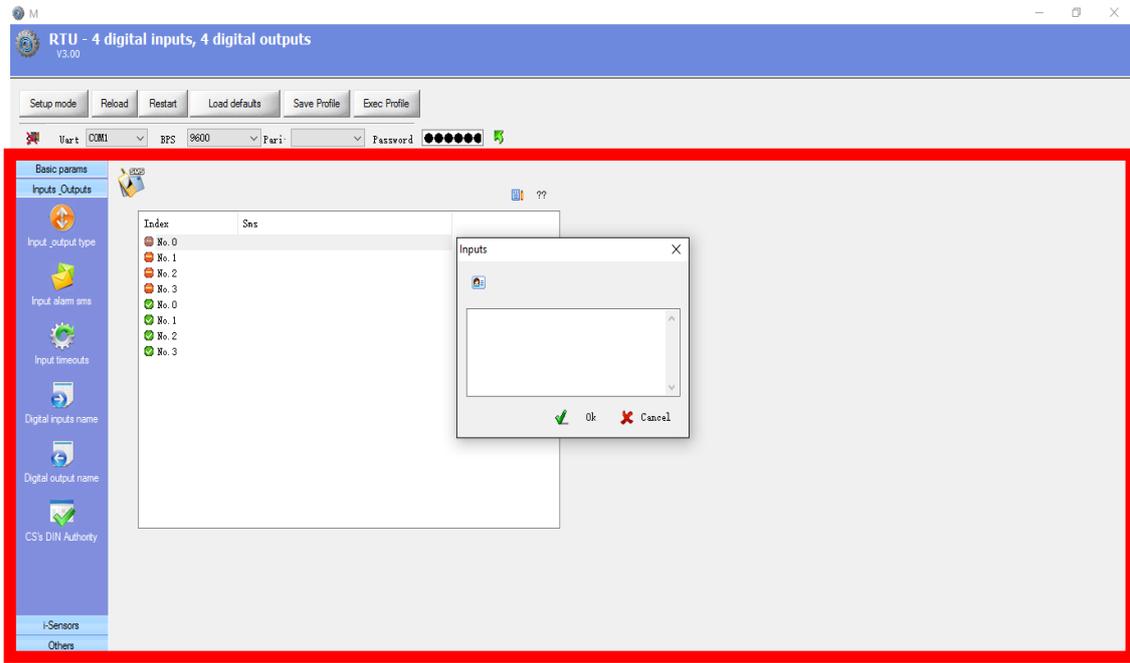


Fig. 8 Configuración Input Alarma SMS

Los Mensajes Introducidos en  No. 0  No. 1  No. 2  No. 3 son:

- Entrada Digital 1 (DI0): Falla de Red, Falta de Fase Eléctrica.
- Entrada Digital 2 (DI1): Falla de Nivel, Nivel de Líquido Crítico.
- Entrada Digital 3 (DI2): Falla de Bomba, Electrobomba fuera de Servicio.
- Entrada Digital 4 (DI3): Alarma de Intrusión, Perímetro Violado.

También se introdujeron mensajes de correcto funcionamiento de la electrobomba.  No. 0  No. 1  No. 2  No. 3

- Entrada Digital 1 (DI0): Red Eléctrica OK, Fases Eléctricas OK.
- Entrada Digital 2 (DI1): Nivel OK, Nivel de Líquido Correcto.
- Entrada Digital 3 (DI2): Bomba OK, Electrobomba Lista.
- Entrada Digital 4 (DI3): Alarma de Intrusión, Perímetro Cerrado.

Como se mencionó anteriormente el resto de los parámetros configurados son aquellos que se encuentran en el software por defecto, es decir, el mismo posee una pre configuración de fábrica lo que simplifica su puesta en marcha.



4 Bibliografía

[1] Sistema Global para las Comunicaciones Móviles, Wikipedia. Disponible en internet, fecha de acceso: 27/11/2016, enlace:

https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_global_para_las_comunicaciones_m%C3%B3viles

[2] Estándar GSM (Sistema Global de Comunicaciones Móviles), CCM Benchmark Group. Disponible en internet, fecha de acceso: 27/11/2016, enlace:

<http://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>

[3] RTU GSM SMS, Satelco Automation Integration Communication. Disponible en internet, fecha de acceso: 27/11/2016, enlace:

<https://www.satelco.ch/en/product-groups/alarmdialer/gsm-cwt5010/>

https://www.satelco.ch/fileadmin/user_upload/Downloads_Kunden/Produkte/Alarmerung/GSM-Dialer/Datasheet_GSM_RTU5010_EN.pdf

[4] Modulo SMS CWT5010, Alibaba.com. Disponible en internet, fecha de acceso: 27/11/2016, enlace:

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/cwt5010-gsm-plc-sms-module-with-4-digital-inputs-and-4-digital-output-60377881674.html>



5 Índice de tablas y figuras

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Destinatarios de SMS | 5 |
| Tabla 2. Especificaciones Técnicas. Tomada de [3] | 6 |
| Fig. 1 Celdas. Tomada de [2]..... | 2 |
| Fig. 2 Arquitectura de Red Móvil. Tomada de [2]..... | 3 |
| Fig. 3 Dispositivo GSM. Tomado de [3] | 5 |
| Fig. 4 Conexión de Bornera. Tomada de [4] | 7 |
| Fig. 5 Áreas Principales del Entorno de Programación | 8 |
| Fig. 6 Parámetros Básicos..... | 9 |
| Fig. 7 Configuración de Input_Output Type | 9 |
| Fig. 8 Configuración Input Alarma SMS..... | 10 |



Capítulo 11: Costos

| | | |
|-------|---|---|
| 1 | Costos | 2 |
| 1.1 | Componentes de Subsistemas | 2 |
| 1.1.1 | Gabinete HMI | 2 |
| 1.1.2 | Puntos de extracción sin Variador | 2 |
| 1.1.3 | Puntos de extracción con Variador | 3 |
| 1.1.4 | Caudalímetro | 3 |
| 1.1.5 | Punto de Presión..... | 3 |
| 1.1.6 | Repetidores | 4 |
| 1.2 | Costos | 4 |
| 1.2.1 | Electricidad | 4 |
| 1.2.2 | Electrobombas y Electroválvulas | 5 |
| 1.2.3 | Equipos de Comunicación | 5 |
| 1.2.4 | Equipos de Control y Sensado | 6 |
| 1.2.5 | Total | 6 |
| 2 | Índice de Tablas | 7 |



1 Costos

En este capítulo se especifican los costos referidos a la implementación de los subsistemas contemplados en el proyecto, teniendo en cuenta la central de control, perforaciones, caudalímetros, sensores de presión y La Balsa, también lo que implica los gastos asociados a los equipos de comunicación.

Para un mejor análisis, los mismos están divididos en los siguientes grupos:

- Electricidad
- Electrobombas y electroválvulas
- Equipos de Comunicación
- Equipos de Control y Sensado

1.1 Componentes de Subsistemas

A continuación se realiza una lista de los componentes utilizados en cada tipo de subsistema que conforman el proyecto.

1.1.1 Gabinete HMI

Este solamente se encuentra en la Central de Control y Monitoreo

- 1 Termo magnética Din 2x6A
- 1 Fuente Switching 2x220VCA-24VDC 6A
- 3 Fusible 2A 10x38mm
- 3 Porta fusible 1x32A 38x10mm din
- 1 Tablero Eléctrico Gabexel 54x40x16 cm
- 1 Radio/Modem ELPRO 905U-D 900 Mhz 1W
- 1 Colineal Omnidireccional 8dBi 890/960 MHz
- 1 DMP-1 220v con indicador luminoso
- 1 Descargador Gaseoso RDEG124G

1.1.2 Puntos de extracción sin Variador

Listado de componentes para este subsistema, el mismo se replica 13 veces (11 Perforaciones y 2 Rebombeos).

- | | |
|--|--|
| • 1 Termo magnética Din 4x32A | • 1 Borne paso R32/35 1x10mm2 p/Tierra |
| • 1 Termo magnética Din 2x6A | • 9 Porta fusible 1x32A 38x10mm din |
| • 1 Fuente Switching 2x220VCA-24VDC 6A | • 9 Fusible 2A 10x38mm |
| • 1 Contactor 3x 9A 1NA220v 50 Hz 4 KW | • 1 Relay Nivel 230VAC 3 Sondas |
| • 1 Detector de Tensión Min/Max Monof/Trif regulable | • 1 Descargador Atmosférico DMP-3 84kA |
| • 1 Guardamotor 3x 6,3/10A 50 kA | • 1 Gabinete Gabexel 90x60x21 mm |
| • 3 Relay aux 5A 4inv 220 VAC 14 plana 28x21 mm | • 1 Schneider Zelio Logic SR3B101BD 24 VDC |
| • 2 Relay aux 5A 24VDC 14 plana 28x21 mm | • 1 Schneider Comunicación SR3MBU01BD |
| • 5 Zócalo Relay 5A 14p plana p/din | • 1 Schneider Expansión SR3XT61BD |
| • 7 Borne paso R32/35 1x4mm2 | • 1 Transceptor RF APC802-43B 418-455 MHz. 500 mW |
| • 20 Borne paso R32/35 1x2mm2 | • 1 Yagui 3 el. Soldada 400/460 MHz. Con Conector N Hembra |



- 2 Electroválvula 2"
- 1 Electrobomba sumergible Motorarg BMS 421AI/10 4" 380 VAC 7.5 KW
- 1 CWT5010 gsm remote rtu control
- 1 Descargador Gaseoso RDEG124G

1.1.3 Puntos de extracción con Variador

Listado de componentes para este subsistema, el mismo solamente se utilizó en "La Balsa".

- 1 Termo magnética Din 2x6A
- 1 Fuente Switching 2x220VCA-24VDC 6A
- 3 Relay aux 5A 4inv 220 VAC 14 plana 28x21 mm
- 3 Zócalo Relay 5A 14p plana p/din
- 7 Borne paso R32/35 1x4mm²
- 20 Borne paso R32/35 1x2mm²
- 1 Borne paso R32/35 1x10mm² p/Tierra
- 5 Porta fusible 1x32A 38x10mm din
- 5 Fusible 2A 10x38mm
- 1 Descargador Atmosférico DMP-3 84kA
- 1 Gabinete Gabexel 90x60x21 mm
- 1 Schneider Zelio Logic SR3B101BD 24 VDC
- 1 Schneider Comunicación SR3MBU01BD
- 1 Radio/Modem ELPRO 905U-D 900 Mhz 1W
- 1 Yagui 7 el. Soldada 800/960 MHz. Con Conector N Hembra
- 1 Electrobomba de Desagote DWG 2200-6T 380 VAC 22.5 KW
- 1 CWT5010 gsm remote rtu control
- 1 Seccionador Bajo carga ABB 3X160A – Base porta fusible NH-00 XLP
- 3 Fusible NH-00
- 1 Descargador Gaseoso RDEG124G

1.1.4 Caudalímetro

Listado de componentes para este subsistema, el mismo se replica 2 veces.

- 1 Termo magnética Din 2x6A
- 1 Fuente Switching 2x220VCA-24VDC 6A
- 3 Fusible 2A 10x38mm
- 3 Porta fusible 1x32A 38x10mm din
- 1 Gabinete Gabexel 54x40x16 cm
- 1 Transceptor RF APC802-43B 418-455 MHz. 500 mW
- 1 Yagui 3 el. Soldada 400/460 MHz. Con Conector N Hembra
- 1 Caudalímetro - 6" carretel 4-20 ma Ip 68 display remoto
- 1 ADAM-4017+-CE
- 1 DMP-1 220v con indicador luminoso
- 1 Descargador Gaseoso RDEG124G

1.1.5 Punto de Presión

Listado de componentes para este subsistema, el mismo se replica 3 veces.

- 1 Termo magnética Din 2x6A
- 1 Fuente Switching 2x220VCA-24VDC 6A
- 3 Fusible 2A 10x38mm
- 3 Porta fusible 1x32A 38x10mm din
- 1 Gabinete Gabexel 54x40x16 cm
- 1 Transceptor RF APC802-43B 418-455 MHz. 500 mW
- 1 Yagui 3 el. Soldada 400/460 MHz. Con Conector N Hembra
- 1 Sensor de Presión - 4-20 ma 0-6 bar NPT ½"
- 1 ADAM-4017+-CE
- 1 DMP-1 220v con indicador luminoso



- 1 Descargador Gaseoso RDEG124G

1.1.6 Repetidores

Listado de componentes para este subsistema, el mismo se replica 2 veces.

- 1 Termo magnética Din 2x6A
- 1 Fuente Switching 2x220VCA-24VDC 6A
- 3 Fusible 2A 10x38mm
- 3 Porta fusible 1x32A 38x10mm din
- 1 Gabinete Gabexel 54x40x16 cm
- 1 Transceptor RF APC802-43B 418-455 MHz. 500 mW
- 1 Yagui 3 el. Soldada 400/460 MHz. Con Conector N Hembra
- 1 DMP-1 220v con indicador luminoso
- 1 Descargador Gaseoso RDEG124G

1.2 Costos

En la siguientes secciones se detalla el valor monetario (en moneda estadounidense) de los componentes que conforman los subsistemas, se aclara que los costos referidos a la planta de ósmosis no se incluyen, debido a que todavía no está cotizada ni ejecutada esa parte del proyecto ya que la empresa realizará en un futuro.

1.2.1 Electricidad

El siguiente listado no incluye los elementos de conexionado (cables, conectores y terminales), como así tampoco los elementos de fijación y unión (morsetería y precintos), puesto que dependen fuertemente de la configuración física de cada instalación en particular.

| Art. | Componente | Cant. | Valor/Descripción | Precio Unitario U\$D | Subtotal U\$D |
|------|------------------------|-------|--|----------------------|---------------|
| 1 | Llave | 13 | Termo magnética Din 4x32A | 37,51 | 487,63 |
| 2 | Llave | 22 | Termo magnética Din 2x6A | 18,79 | 413,38 |
| 3 | Fuente de Alimentación | 22 | Fuente Switching 2x220VCA-24VDC 6A | 67,78 | 1491,16 |
| 4 | Contactador | 13 | Contactador 3x 9A 1NA220v 50 Hz 4 KW | 270,27 | 3513,51 |
| 5 | Relay de Fase | 13 | Detector de Tensión Min/Max Monof/Trif regulable | 143,26 | 1862,38 |
| 6 | Guardamotor | 13 | Protector térmico trifásico 3x 6,3/10A 50 kA | 91,66 | 1191,58 |
| 7 | Relay 220 VAC | 42 | Relay aux 5A 4inv 220 VAC 14 plana 28x21 mm | 11,39 | 478,38 |
| 8 | Relay 24 VDC | 26 | Relay aux 5A 24VDC 14 plana 28x21 mm | 7,51 | 195,26 |
| 9 | Zócalo Relay | 68 | Zócalo Relay 5A 14p plana p/din | 8,52 | 579,36 |
| 10 | Bornera de paso | 98 | Borne paso R32/35 1x4mm ² | 0,65 | 63,7 |
| 11 | Bornera de paso | 280 | Borne paso R32/35 1x2mm ² | 0,36 | 100,8 |
| 12 | Bornera de paso | 14 | Borne paso R32/35 1x10mm ² p/Tierra | 1,01 | 14,14 |



PROYECTO FINAL: CONTROL AUTOMÁTICO, COMANDO Y MONITOREO REMOTO DE BOMBAS DE PROFUNDIDAD

| | | | | | |
|----|---------------------------|-----|--|--------|---------|
| 13 | Porta fusible | 146 | Porta fusible 1x32A 38x10mm din | 0,98 | 143,08 |
| 14 | Fusible | 146 | Fusible 2A 10x38mm | 1,37 | 200,02 |
| 15 | Relay de Nivel | 11 | Relay Nivel 230VAC 3 Sondas | 51,53 | 566,83 |
| 16 | Descargador Atmosférico | 14 | Descargador Atmosférico DMP-3 84kA | 277,82 | 3889,48 |
| 17 | Gabinete | 8 | Tablero Eléctrico Gabexel 54x40x16 cm | 81,25 | 650 |
| 18 | Gabinete | 14 | Tablero Eléctrico Gabexel 90x60x21 cm | 195,54 | 2737,56 |
| 19 | Protector Bipolar | 8 | DMP-1 220v con indicador luminoso | 115,4 | 923,2 |
| 20 | Seccionador | 1 | Seccionador Bajo carga ABB 3X160A – Base porta fusible NH-00 XLP | 147,5 | 147,5 |
| 21 | Fusible | 3 | Sica Fusible NH-00 | 4,75 | 14,25 |
| | Descargador Gaseoso | 22 | Descargador Gaseoso RDEG124G | 50,19 | 1104,13 |
| 22 | Convertidor de Frecuencia | 1 | Convertidor de Frecuencia ABB acs 550 30KW | 3500 | 3500 |

Tabla 1 Costo de Componentes Eléctricos

| |
|---------------------|
| Subtotal USD |
| 24267,33 |

Tabla 2 Costo Total de Componentes Eléctricos

1.2.2 Electrobombas y Electroválvulas

| Art. | Componente | Cant. | Valor/Descripción | Precio Unitario U\$D | Subtotal U\$D |
|------|-------------------|-------|---|----------------------|---------------|
| 1 | Electrobomba | 11 | Electrobomba sumergible Motorarg BMS 421Al/10 4" 380 VAC 7.5 KW | 8833 | 97163 |
| 2 | Bomba Centrifuga | 2 | Electrobomba Pedrollo CP250 220 VAC 11KW | 1465,31 | 2930,62 |
| 3 | Bomba de Desagote | 1 | Bomba de Desagote DWG 2200-6T 380 VAC 22.5 KW | 3932,5 | 3932,5 |
| 4 | Valvula | 16 | Electrovalvula de 2" | 750 | 12000 |

Tabla 3 Costo de Bombas y Electroválvulas

| |
|---------------------|
| Subtotal USD |
| 116026,12 |

Tabla 4 Costo Total de Bombas y Electroválvulas

1.2.3 Equipos de Comunicación

En el siguiente listado no se incluyen los elementos de conexionado (cables especiales y conectores de RF), como así tampoco los elementos de fijación y unión (morsetería y precintos), puesto que dependen fuertemente de la configuración física de cada instalación en particular.

| Art. | Componente | Cant. | Valor/Descripción | Precio Unitario U\$D | Subtotal U\$D |
|------|------------------------|-------|---|----------------------|---------------|
| 1 | Radio Modem | 10 | Radio Modem ELPRO 905U-D 900 Mhz. 1W | 1405,36 | 14053,6 |
| 2 | Radio CTM | 14 | Transceptor RF APC802-43B 418-455 MHz. 500 mW | 96,33 | 1348,62 |
| 3 | Antena Omnidireccional | 6 | Colineal Omnidireccional 8dBi 890/960 MHz | 254,1 | 1524,6 |



PROYECTO FINAL: CONTROL AUTOMÁTICO, COMANDO Y MONITOREO REMOTO DE BOMBAS DE PROFUNDIDAD

| | | | | | |
|----|------------------------|----|---|--------|---------|
| 4 | Antena Omnidireccional | 3 | Colineal Omnidireccional 6dBi 400/460 MHz | 124,6 | 373,8 |
| 5 | Antena Yagui | 1 | Yagui 3 el. Soldada 800/960 MHz. Con Conector N Hembra | 114,95 | 114,95 |
| 6 | Antena Yagui | 2 | Yagui 7 el. Soldada 800/960 MHz. Con Conector N Hembra | 141,57 | 283,14 |
| 7 | Antena Yagui | 1 | Yagui 14 el. Soldada 800/960 MHz. Con Conector N Hembra | 189,97 | 189,97 |
| 8 | Antena Yagui | 11 | Yagui 3 el. Soldada 400/460 MHz. Con Conector N Hembra | 114,95 | 1264,45 |
| 9 | GSM RTU | 14 | CWT5010 gsm remote rtu control | 158,6 | 2220,4 |
| 10 | ADAM-4520-D2E | 2 | CIRCUIT MODULE, RS-232 to RS-422/485 converter w/ iso. Rev. D2E | 116,16 | 232,32 |
| 11 | ADAM-4017+-CE | 5 | CIRCUIT MODULE, 8-Ch AI Module w/ Modbus | 355,74 | 1778,7 |

Tabla 5 Costo de Equipos de Comunicación

| |
|----------------------|
| Subtotal U\$D |
| 23384,55 |

Tabla 6 Costo Total de Equipos de Comunicación

1.2.4 Equipos de Control y Sensado

El valor de los equipos de control se detalla en la siguiente tabla:

| Art. | Componente | Cant. | Valor/Descripción | Precio Unitario U\$D | Subtotal U\$D |
|------|-------------------|-------|--|----------------------|---------------|
| 1 | Zelio Logic | 14 | Schneider Zelio Logic SR3B101BD 24 VDC | 193,85 | 2713,9 |
| 2 | Expansion Modbus | 14 | Schneider Comunicacion SR3MBU01BD | 119,19 | 1668,66 |
| 3 | Expansion Ent/Sal | 13 | Schneider Expansion SR3XT61BD | 99,64 | 1295,32 |
| 4 | Pantalla HMI | 1 | HMI Weintek MT8150XE 1024x768 15" | 2843,5 | 2843,5 |
| 5 | Caudalímetro | 2 | 6" carretel 4-20 ma Ip 68 display remoto | 3751 | 7502 |
| 6 | Sensor de Presión | 3 | 4-20 ma 0-6 bar NPT 1/2 " | 165,77 | 497,31 |

Tabla 7 Costo de Equipos de Control y Sensado

| |
|----------------------|
| Subtotal U\$D |
| 16520,69 |

Tabla 8 Costo Total de Equipos de Control y Sensado

1.2.5 Total

| N° | Grupo | Subtotal USD |
|----|---------------------------------|--------------|
| 1 | Electricidad | 24267,33 |
| 2 | Electrobombas y Electroválvulas | 116026,12 |
| 3 | Equipos de Comunicación | 23384,55 |
| 4 | Equipos de Control | 16520,69 |

Tabla 9 Subtotales

| |
|-------------------|
| Total U\$D |
| 180198,69 |

Tabla 10 Costo Total del Proyecto



2 Índice de Tablas

| | |
|---|---|
| Tabla 1 Costo de Componentes Eléctricos | 5 |
| Tabla 2 Costo Total de Componentes Eléctricos | 5 |
| Tabla 3 Costo de Bombas y Electroválvulas | 5 |
| Tabla 4 Costo Total de Bombas y Electroválvulas..... | 5 |
| Tabla 5 Costo de Equipos de Comunicación..... | 6 |
| Tabla 6 Costo Total de Equipos de Comunicación | 6 |
| Tabla 7 Costo de Equipos de Control y Sensado..... | 6 |
| Tabla 8 Costo Total de Equipos de Control y Sensado | 6 |
| Tabla 9 Subtotales..... | 6 |
| Tabla 10 Costo Total del Proyecto | 6 |



Capítulo 12: Conclusión

Al realizar este trabajo se pudieron afianzar los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera Ingeniería Electrónica, al ser una actividad grupal, la misma se ejecutó con espíritu de colaboración y de trabajo en equipo.

Podemos destacar que se cumplieron todos los objetivos planteados al iniciar el proyecto, además se superaron las expectativas del grupo de trabajo.

Referido al trabajo con equipos industriales, partiendo de los conocimientos adquiridos durante el cursado de la Carrera, se adquirió experiencia de trabajo en:

- Manejo y programación de Autómatas, Pantalla HMI y Equipos de Radioenlace.
- Implementación del protocolo de comunicaciones para realizar la interfaz entre los Autómatas, Equipos de Radioenlace, pantalla HMI y convertidor de frecuencia.
- Realización del control y supervisión de manera remota de las Perforaciones, Sistemas de Rebombeo y Puntos de Supervisión (Caudalímetros y Presión).
- Ejecución de ensayos de laboratorio con los distintos dispositivos utilizados, simulando el funcionamiento de las perforaciones, para verificar y poner a punto la automatización desarrollada.

Observando el antes y después se rescatan los beneficios de haber puesto en funcionamiento el Sistema de control de las Perforaciones, Rebombes y Puntos de Supervisión de la Ciudad de Chamental, dotando a los mismos de las siguientes ventajas:

- Comodidad y Seguridad: Al existir la posibilidad de telecomando por medio de la pantalla HMI, el Operador no tiene que trasladarse hasta las perforaciones (que en su mayoría se encuentran a grandes distancias) para realizar las maniobras correspondientes. Con esto se evitan los desplazamientos prolongados y el trabajo en las perforaciones, disminuyendo el riesgo de cualquier tipo de accidentes.
- Optimización de Recursos: La implementación de los diversos componentes interconectados y automatizados permiten una optimización de los recursos empleados para trabajos que ya se venían realizando sin automatización. Permitiendo además realizar un control y la correspondiente acción correctiva o detención automática de las fallas en los subsistemas.
- Versatilidad: En caso de necesitar una modificación o una ampliación (por ejemplo la creación de una nueva perforación), solo basta con incrementar un módulo de control replicando los que se encuentran en funcionamiento, luego de ello, modificar número de estación el cual es la identificación de cada punto de extracción de agua, como así también las variables de control de acuerdo a las particularidades que presente la expansión.

Con todo esto se mejoró la operatividad del equipo de trabajo de la unidad operativa de Aguas Riojanas SAPEM, Ciudad de Chamental.

Vale aclarar que en el proyecto no está contemplado el registro para auditorías del personal que ingresa al sistema de control ni de las acciones que ellos ejecutan, debido a que no ha sido un requerimiento formulado por la Empresa, por lo que este aspecto queda abierto para futuras implementaciones en caso de ser necesario.



Imágenes de Pruebas y Montaje



Fig. 1 Dique La Aguadita



Fig. 2 La Balsa



Fig. 3 Electroválvulas



Fig. 4 Prueba HMI



Fig. 5 Prueba Arranque Remoto de Bomba con Variador



Fig. 6 Montaje HMI

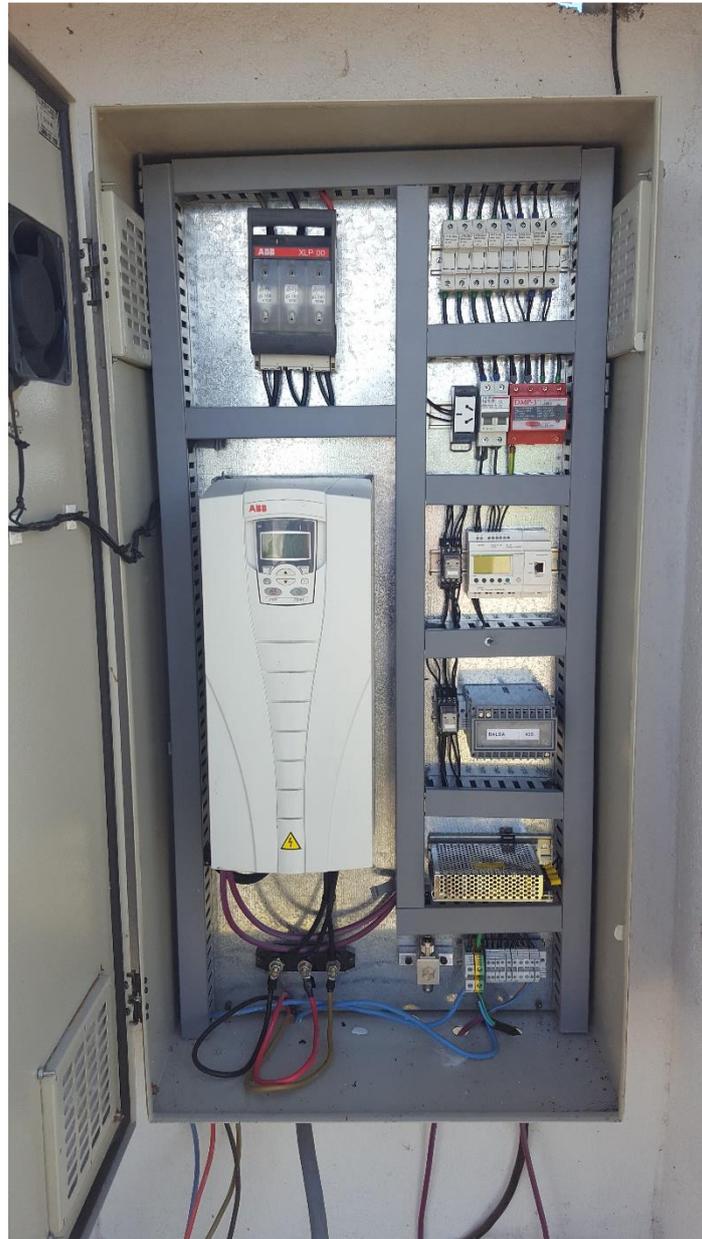


Fig. 7 Montaje Tablero con Variador

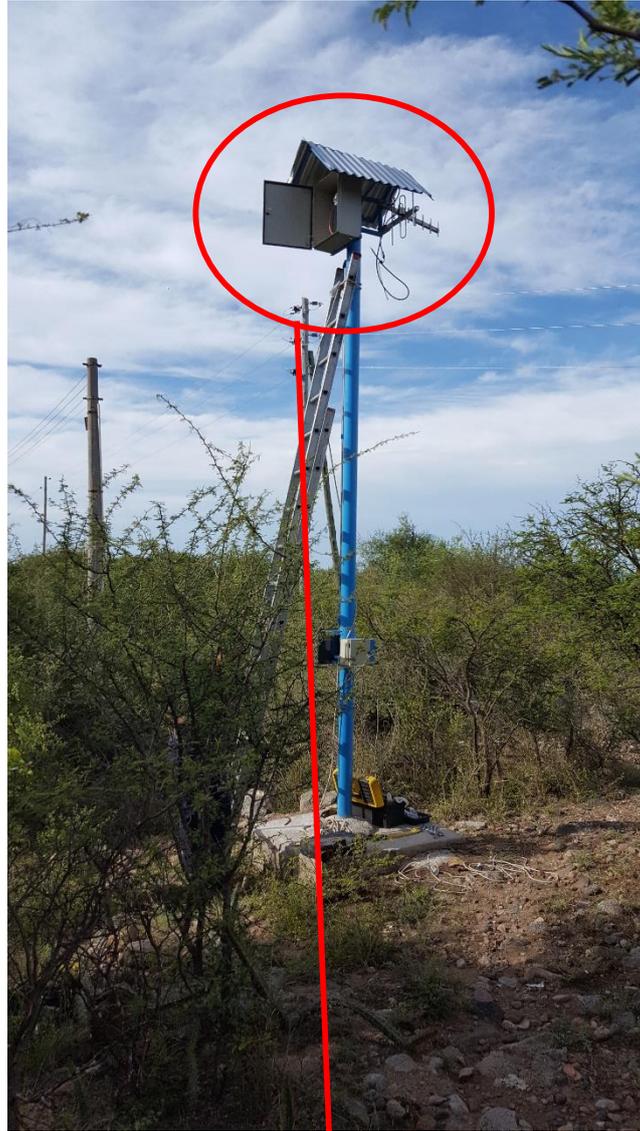


Fig. 8 Repetidor Balsa



Fig. 9 Antena Yagui



Fig. 10 Caseta de Control de Perforación



Anexo 1: Manual de Usuario: HMI

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Manual de Uso | 2 |
| 1.1 | Pantalla Principal | 2 |
| 2 | Identificación | 3 |
| 3 | Menú Control | 5 |
| 4 | Perforaciones | 6 |
| 4.1 | Pozo Simple | 6 |
| 4.2 | Pozo con Variador | 9 |
| 4.3 | Planta de Osmosis | 13 |
| 4.4 | Caudalímetro | 15 |
| 4.5 | Puntos de Presión | 17 |
| 4.6 | Rebombeos | 18 |
| 5 | Modo de Supervisión I | 19 |
| 6 | Modo de Supervisión II | 20 |
| 7 | Almacenamiento de Datos en Disco Externo | 21 |
| 8 | Índice de Tablas y Figuras | 23 |



1 Manual de Uso

A continuación se realiza una descripción del manejo de las principales funciones de la interface de control y monitoreo del Sistema.

El diagrama de derivaciones de la pantalla es el siguiente

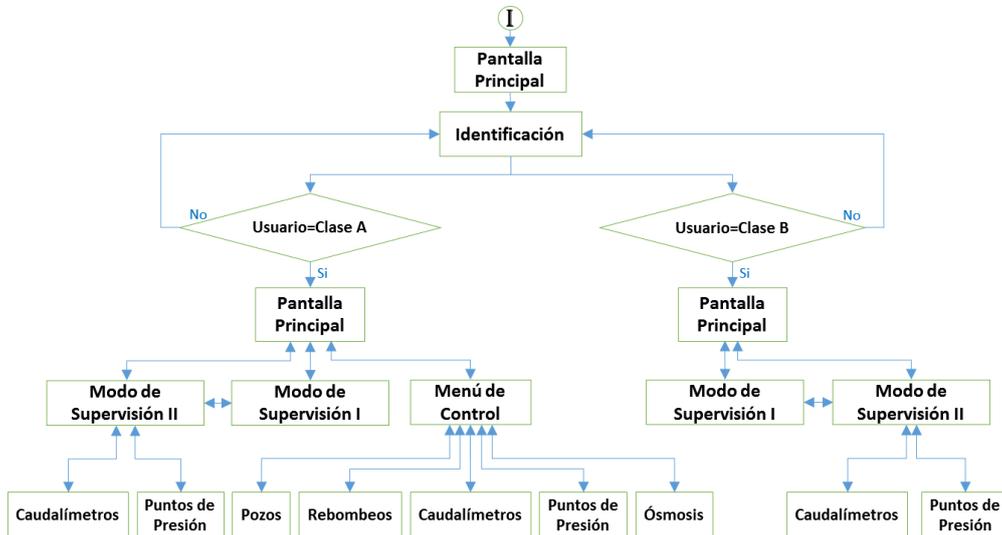


Fig. 1 Diagrama

1.1 Pantalla Principal

Se muestra al encender la HMI y a través de los botones contenidos en ella, se puede acceder a las diferentes ventanas de: Identificación, Control y Modo de Supervisión I y II (secciones 2, 1, 1 y 6 respectivamente).



Fig. 2 Pantalla Principal



2 Identificación

El Sistema tiene dos tipos de usuarios, los cuales son creados en la programación interna por un administrador. La empresa se reserva los nombres de usuarios y contraseñas, las cuales quedan grabadas en HMI hasta que la misma sea reprogramada.

La empresa dara a conocer usuario y contraseña a la persona calificada que trabaja en este sector del sistema.

Los dos tipos de usuarios son:

Clase A: es el de mayor jerarquia. Este puede supervisar y hacer el control de todos los puntos de extraccion de agua, como asi tambien el manejo de rebombeos. Puede ingresar al Menu de control y a los modos de supervisión.

Clase B: posee la menor jerarquia. Este solamente puede supervisar el sistema. Tiene prohibido el ingreso al Menu de control. Si este usuario quiere ingresar al menu de control aparece una notificacion informando acceso denegado.

En la ventana principal (Fig. 2) nos encontramos con el boton “Identificación”, al presionarlo, nos deriva hacia una ventana para cargar los datos correspondientes al usuario. Ejecutando los siguientes pasos:

1. Esperar la ventana de **Identificación** Fig. 3.
2. Colocar usuario y contraseña asignado
3. Presionar el botón **LOGIN**
4. Pulsar **Finalizar Identificación**.

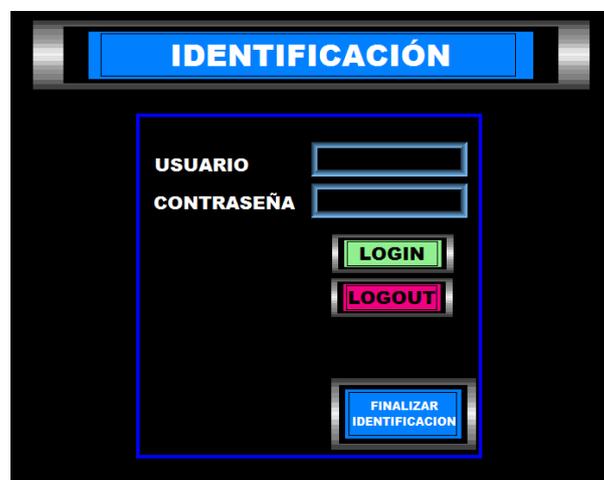


Fig. 3 Pantalla de Identificación

Finalizado la identificación, se retorna a la ventana principal y en ella puede observarse el nombre de usuario ingresado en el margen superior derecho, como se muestra en la Fig. 4.



Fig. 4 Pantalla Principal con Identificación correcta

Una vez acá será posible acceder a los diferentes sectores que sean permitidos en función a la clase de usuario, en caso de intentar ingresar a un lugar no permitido, aparece el mensaje mostrado en la Fig. 5.

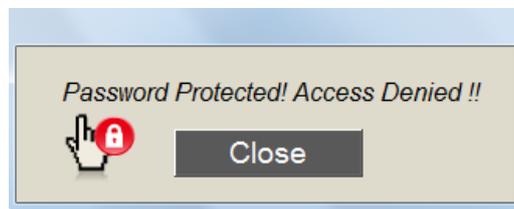


Fig. 5 Acceso Denegado



3 Menú Control

Una vez realizado el acceso y en caso de ser usuario clase A, en la ventana principal (Fig. 2) nos encontramos con el botón **"MENÚ DE CONTROL"**, éste nos deriva hacia la ventana mostrada en la Fig. 6, que se dispone encolumnando "Tipos" de subsistemas sobre los que se puede realizar el comando, estos pueden ser: Perforaciones, Planta de Ósmosis, Caudalímetros, Puntos de Presión y Rebombeos.

En cada categoría, se brinda el acceso a los ya mencionados (a través de su nombre) permitiendo el ingreso a su ventana de control correspondiente.

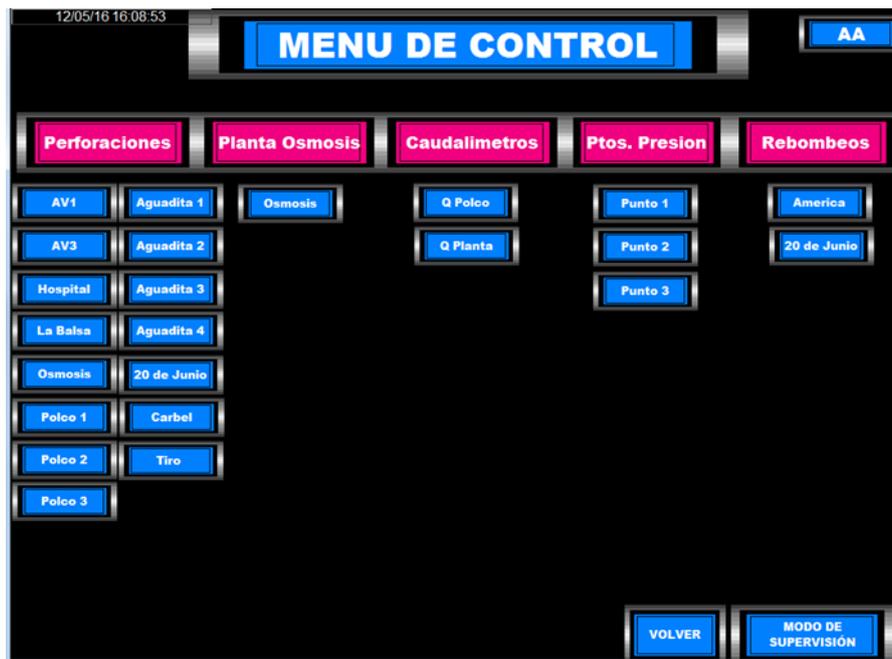


Fig. 6 Menú de Control



4 Perforaciones

En el conjunto del subsistema perforaciones se incluyen dos tipos diferentes: Pozos Simples y Pozos con Variador de Frecuencia.

4.1 Pozo Simple

En la Fig. 7 se muestra el ejemplo de un pozo simple, en este caso AV3. La estructura de esta ventana se replica para todos los pozos que no poseen variador de frecuencia.



Fig. 7 Pozo Simple: AV3

La ventana Pozo Simple está dividida en 6 sectores:

- I. En el primer sector contiene
 - a. Botón **MENÚ** que nos permite volver al menú de control
 - b. Cuadro de título para indicar en el pozo en el que nos encontramos
 - c. Indicador de usuario
 - d. Botón **MAPA** que direcciona a la ventana de mapa para mostrar su ubicación a través de una imagen satelital.
- II. El segundo sector cuenta con indicadores de funcionamiento

| PERFORACIÓN | ESTADO | INTRUSIÓN | FALLA ELÉCTRICA | FALLA DE VÁLVULA | FALLA DE BOMBA | NIVEL |
|-------------|--------|-----------|-----------------|------------------|----------------|--------|
| AV3 | [Red] | [Blue] | [Blue] | [Blue] | [Blue] | [Blue] |

| PERFORACIÓN | ESTADO | INTRUSIÓN | FALLA ELÉCTRICA | FALLA DE VÁLVULA | FALLA DE BOMBA | NIVEL |
|-------------|---------|-----------|-----------------|------------------|----------------|-------|
| AV3 | [Green] | [Red] | [Red] | [Red] | [Red] | [Red] |

Fig. 8 Testigos de Pozos Simples



- a. Estado: indica si la bomba se encuentra en marcha o parada, a través de los colores verde y rojo respectivamente.
 - b. Intrusión: indica el estado del cerco perimetral del sitio donde se encuentra la perforación y sus elementos (tablero, tubería, sensores). El cerco puede estar abierto o cerrado lo que se indica con colores rojo y azul respectivamente.
 - c. Falla Eléctrica: testigo que indica corte del suministro eléctrico que llega al tablero principal del pozo. En modo normal indicador color azul, en falla indicador color rojo.
 - d. Falla de Válvula: el pozo cuenta con electroválvulas, en las que se pueden presentar fallas ya sea en apertura o cierre en el tiempo programado por el controlador. Modo normal indicador en color azul, en estado de falla color rojo.
 - e. Falla de Bomba: la bomba es sensada constantemente en sus niveles de tensión y corriente para controlar su funcionamiento. En caso de detección de algún inconveniente esta sale fuera de servicio y se enciende el testigo color rojo. En caso de funcionamiento normal, el testigo encendido es de color azul.
 - f. Nivel: a través de un sensor podemos monitorear el nivel de agua en el pozo. En caso de un nivel fuera del rango estipulado, marca con falla de nivel con el indicador en color rojo, con el nivel en condiciones normales para el funcionamiento el indicador se muestra en color azul.
- III. Tercer sector: contiene los comandos, está compuesto de botones tipo pulsadores de marcha y parada.



Fig. 9 Pulsador e Indicador de Marcha – Izquierda estado 0, Derecha estado 1



Fig. 10 Pulsador e Indicador de Parada – Izquierda estado 0, Derecha estado 1

- IV. Cuarto sector: cuenta con un sensado de presión en la salida del pozo, su medida se muestra con un reloj y un visor calibrado de 0 kg/cm² hasta 10 kg/cm².

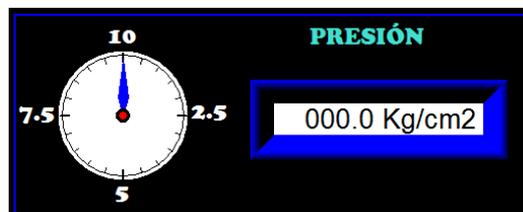


Fig. 11 Sensor de Presión (Reloj y Visor Digital)

- V. Quinto sector: posee un gráfico de funcionamiento del pozo, con testigos que indican la circulación de agua por la cañería correspondiente ya sea con salida hacia purga o red.

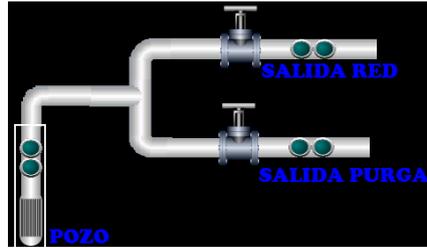


Fig. 12 Indicador de Funcionamiento de Pozo Simple

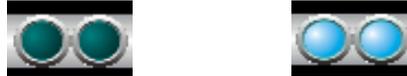


Fig. 13 Indicador de Flujo Apagado (Izquierda) y Encendido (Derecha)

- VI. Sexto Sector: Este sector cuenta con una tabla para visualizar el historial de acontecimientos del pozo (marchas, paradas, presiones y alarmas), todo esto queda registrado con hora y fecha del suceso.

| HISTORICOS | | | |
|------------|----------|-----------------|---|
| 11/24/16 | 11:04:46 | FALLA BOMBA | 1 |
| 11/24/16 | 11:04:46 | FALLA VALVULA | 1 |
| 11/24/16 | 11:04:46 | BAJO NIVEL | 1 |
| 11/24/16 | 11:04:46 | INTRUSION | 1 |
| 11/24/16 | 11:04:46 | FALLA ELECTRICA | 1 |
| 11/24/16 | 11:04:46 | APAGADO | 1 |
| 11/24/16 | 11:04:46 | ENCENDIDO | 1 |

Fig. 14 Tabla de Acontecimientos Históricos



4.2 Pozo con Variador

La Fig. 15 se observa la forma de ventana “pozo con variador”. En el ejemplo se muestra *La Balsa* es un centro de control y monitoreo de extracción de agua particular que se hace por medio de una balsa flotando en el dique de la Ciudad de Chical. Este cuenta con un variador de frecuencia.



Fig. 15 Pozo con Variador: La Balsa

La pantalla está dividida en 6 sectores:

- I. En el primer sector contiene lo mismo que en el Pozo Simple, explicado en la sección precedente (4.1).
- I. Segundo sector: posee gran similitud con el segundo sector de pozos simple (4.1) con un indicador de alarma y además con un botón **VER ALARMA** (Fig. 16), que nos lleva a ver históricos de alarmas como se muestra en la Fig. 17.



Fig. 16 Alarmas



The screenshot shows a control interface for 'LA Balsa'. At the top left, there are buttons for 'MENU' and 'VOLVER'. The main title 'LA Balsa' is displayed in a blue bar. Below this, a section titled 'HISTORICOS' contains a table with the following data:

| Fecha | Hora | Evento | Contador |
|----------|----------|-----------------|----------|
| 11/24/16 | 11:26:15 | FALLA BOMBA | 4 |
| 11/24/16 | 11:26:15 | FALLA VALVULA | 4 |
| 11/24/16 | 11:26:15 | INTRUSION | 4 |
| 11/24/16 | 11:26:15 | FALLA ELECTRICA | 4 |
| 11/24/16 | 11:26:15 | APAGADO | 4 |
| 11/24/16 | 11:26:15 | ENCENDIDO | 4 |
| 11/24/16 | 11:26:13 | FALLA BOMBA | 3 |
| 11/24/16 | 11:26:13 | FALLA VALVULA | 3 |
| 11/24/16 | 11:26:13 | INTRUSION | 3 |
| 11/24/16 | 11:26:13 | FALLA ELECTRICA | 3 |
| 11/24/16 | 11:26:13 | APAGADO | 3 |
| 11/24/16 | 11:26:13 | ENCENDIDO | 3 |
| 11/24/16 | 11:25:53 | FALLA BOMBA | 2 |
| 11/24/16 | 11:25:53 | FALLA VALVULA | 2 |
| 11/24/16 | 11:25:53 | INTRUSION | 2 |
| 11/24/16 | 11:25:53 | FALLA ELECTRICA | 2 |
| 11/24/16 | 11:25:53 | APAGADO | 2 |
| 11/24/16 | 11:25:53 | ENCENDIDO | 2 |
| 11/24/16 | 11:25:51 | FALLA BOMBA | 1 |
| 11/24/16 | 11:25:51 | FALLA VALVULA | 1 |

Fig. 17 Historial de Alarmas

- II. Tercer sector: Testigo que indica un fallo en el variador. Debajo un botón nos lleva hacia una ventana secundaria para darnos a conocer el fallo en particular con sus detalles.



Fig. 18 Fallos Variador



Fig. 19 Lista de Fallos del Variador

- II. Cuarto sector: grupo que contiene cuatro pulsadores de control.
- Permiso de marcha: Botón de marcha para activar el variador. Si este comando no está activo el botón marcha no funcionará.
 - Marcha: Botón para dar funcionamiento a la bomba extractora.
 - Parada: Botón para detener el funcionamiento de la bomba extractora.
 - Rearme: Botón que reinicia a parámetros programados anteriormente, se utiliza luego de un fallo para seguir el uso normal de los comandos.



Fig. 20 Pulsadores de Control

- III. Quinto sector: Selector de frecuencia [Hz] de funcionamiento y frecuencia Máxima permitida. Cuenta con un visor para cada frecuencia y un botón, **Seleccionar Frecuencia** y **Seleccionar Frecuencia Max** respectivamente, mostrados en la Fig. 21, los cuales despliegan el teclado numérico para ingresarlas frecuencias deseadas (Fig. 22)



Fig. 21 Selectores de Frecuencias



Fig. 22 Teclado

- IV. Sexto Sector: cuenta con siete visores para monitorear variables de la bomba y el variador



Fig. 23 Frecuencia y Velocidad de Funcionamiento



Fig. 24 Indicadores de Parámetros Eléctricos



4.3 Planta de Osmosis

En la Fig. 25 Planta de Osmosis se muestra la ventana de Planta de Osmosis.

Ventana para control y monitoreo de la planta de osmosis, siendo ésta encargada de la desalinización del agua para que llegue apta para consumo de los usuarios.



Fig. 25 Planta de Osmosis

La pantalla está dividida en 5 sectores:

- I. En el primer sector contiene
 - a. Botón **MENÚ** que nos permite volver al menú de control
 - b. Cuadro de título para indicar lugar del sistema a controlar
 - c. Indicador de usuario
 - d. Botón **MAPA** que direcciona a la ventana de mapa para mostrar su ubicación a través de una imagen satelital.

- II. Segundo sector: posee gran similitud con el segundo sector de pozos simple (4.1) con dos diferencias:
 - a) El monitoreo de estado y fallas se hace para dos sectores: uno de entrada y otro de salida.
 - b) No existe alarma de intrusión.



PROYECTO FINAL: CONTROL AUTOMÁTICO, COMANDO Y MONITOREO REMOTO DE BOMBAS DE PROFUNDIDAD

| OSMOSIS | ESTADO | FALLA ELÉCTRICA | FALLA DE VÁLVULA | FALLA DE BOMBA | NIVEL | ALARMA |
|----------------|--------|-----------------|------------------|----------------|-------|--------|
| SECTOR ENTRADA | | | | | | |
| SECTOR SALIDA | | | | | | |

Fig. 26 Segundo Sector - Planta de Osmosis

- III. Tercer sector: De gran similitud con el tercer sector de pozos simple (4.1) en el comando de la bomba de entrada, a través de los pulsadores marcha y parada. Contiene un Caudalímetro con calibración que va desde 0 m³/h a 1000m³/h en el reloj aguja y el visor digital, para monitorear el caudal de ingreso a la planta.



Fig. 27 Comandos Bomba de entrada y Caudalímetro - Planta de Osmosis

- IV. Cuarto sector: Este se encuentra conformado de igual manera que el sector anterior con la diferencia que el comando es para la bomba de salida. Y el caudalímetro monitorea el caudal de salida de la planta.



Fig. 28 Comandos Bomba de salida y Caudalímetro - Planta de Osmosis

- V. Quinto sector: Zona que contiene una tabla la cual describe los acontecimientos de comando y monitoreo, con su respectiva fecha y hora.

| HISTORICOS | | |
|------------|----------|---------------------|
| 11/24/16 | 11:55:53 | FALLA VALVULA (SS) |
| 11/24/16 | 11:55:53 | NIVEL (SS) |
| 11/24/16 | 11:55:53 | FALLA ELECTRICA (I) |
| 11/24/16 | 11:55:53 | APAGADO (SS) |
| 11/24/16 | 11:55:53 | ENCENDIDO (SS) |
| 11/24/16 | 11:55:53 | FALLA BOMBA (SS) |
| 11/24/16 | 11:55:53 | FALLA BOMBA (SE) |
| 11/24/16 | 11:55:53 | FALLA VALVULA (SE) |
| 11/24/16 | 11:55:53 | NIVEL (SE) |
| 11/24/16 | 11:55:53 | FALLA ELECTRICA (I) |
| 11/24/16 | 11:55:53 | APAGADO (SE) |
| 11/24/16 | 11:55:53 | ENCENDIDO (SE) |

Fig. 29 Históricos - Planta de Osmosis



4.4 Caudalímetro

En la Fig. 30 se muestra la ventana correspondiente a un caudalímetro, particularmente se muestra el “Q Planta” donde podemos monitorear los diferentes registros. La misma estructura de ventana se replica para todos los caudalímetros.

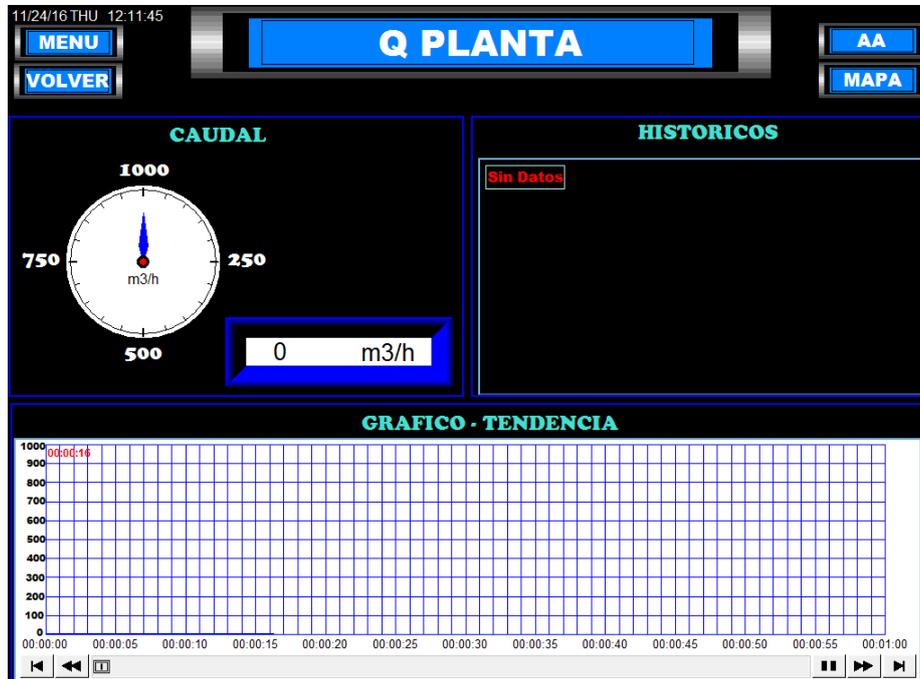


Fig. 30 Caudalímetro: Q Planta

Cuenta con cuatro sectores:

- I. En el primer sector contiene lo mismo que en el Pozo Simple, explicado en la sección precedente (4.1), con el agregado del botón **VOLVER** para dirigirnos a la ventana anterior.
- II. Segundo sector: reloj aguja y visor digital para mostrar de manera instantánea la medida del Caudalímetros. Tanto el reloj como visor están escalados desde 0 m3/h a 1000 m3/h.

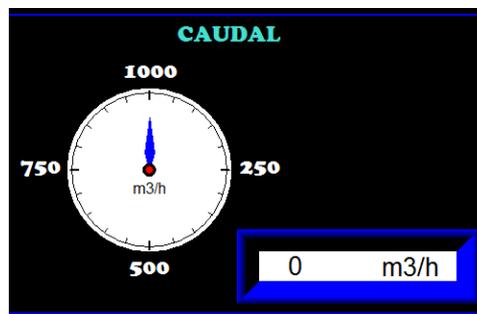


Fig. 31 Indicadores de Caudal

- III. Tercer sector: tabla de históricos que guarde el valor del caudal, cuando ocurren cambios de 10% del caudal máximo.



| HISTORICOS | | | |
|------------|----------|-------------------|---|
| 11/24/16 | 12:34:52 | QPLANTA 1000 m3/h | 1 |
| 11/24/16 | 12:34:51 | QPLANTA 900 m3/h | 1 |
| 11/24/16 | 12:34:49 | QPLANTA 800 m3/h | 1 |
| 11/24/16 | 12:34:48 | QPLANTA 700 m3/h | 1 |
| 11/24/16 | 12:34:46 | QPLANTA 600 m3/h | 1 |
| 11/24/16 | 12:34:44 | QPLANTA 500 m3/h | 1 |
| 11/24/16 | 12:34:42 | QPLANTA 400 m3/h | 1 |
| 11/24/16 | 12:34:41 | QPLANTA 300 m3/h | 1 |
| 11/24/16 | 12:34:40 | QPLANTA 200 m3/h | 1 |
| 11/24/16 | 12:34:39 | QPLANTA 100 m3/h | 1 |

Fig. 32 Caudales Históricos

- IV. Cuarto sector: gráfico de tendencia en donde se muestra las variaciones de caudal. El gráfico se realiza tomando muestras cada 60 segundos.

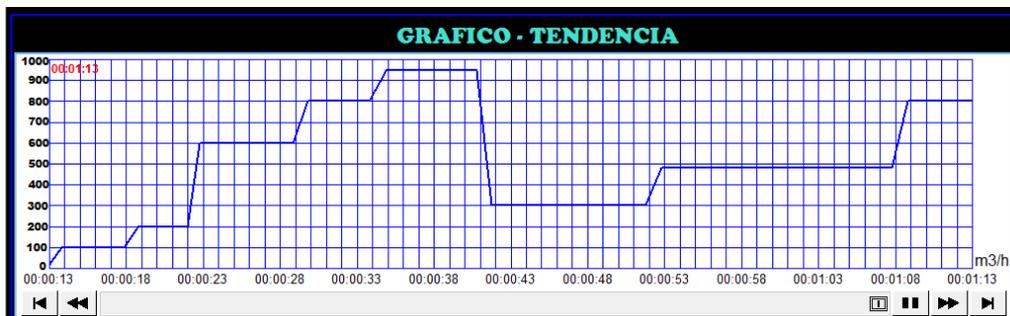


Fig. 33 Tendencia del Caudal



4.5 Puntos de Presión

En la Fig. 34 se muestra la ventana correspondiente a un punto de presión, particularmente se muestra el “Punto de Presión I” donde podemos monitorear los diferentes registros, la misma ventana se replica para todos los Puntos de Presión.

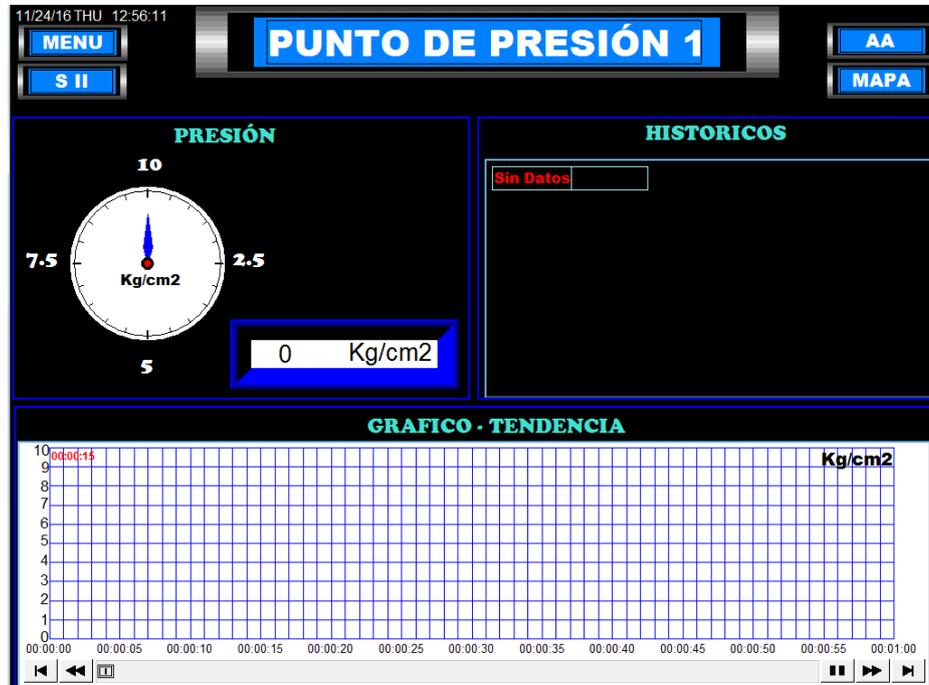


Fig. 34 Punto de Presión: Punto de Presión I

La disposición de la ventana es igual a la de la sección 1.3.3 de caudalímetros, la diferencia radica que las mediciones realizadas son en unidades de presión [Kg/cm^2].



4.6 Rebombes

En la Fig. 35 se muestra la ventana correspondiente a rebombeo, este es el caso particular del “Rebombeo América”, la misma ventana se replica para el Rebombeo 20 de Junio.



Fig. 35 Rebombeo: América

Esta ventana en particular es similar a la de los pozos comunes. Tiene una variación en el quinto sector: gráfico de funcionamiento. Ya que esta bomba enciende solamente cuando hay disminución de presión en la cañería principal.



Fig. 36 Indicador de Funcionamiento de Rebombeo



Fig. 37 Indicador de Flujo Apagado (Izquierda) y Encendido (Derecha)



5 Modo de Supervisión I

Una vez realizado el acceso con cualquiera de las dos clases de usuario, en la ventana principal (Fig. 2) nos encontramos con el botón “MODO DE SUPERVISIÓN I”, este nos deriva hacia la ventana mostrada en la Fig. 38, en la cual se puede realizar el monitoreo en conjunto de los subsistemas existentes.

| Perforacion | Estado | Intrusion | Falla Electrica | Falla Valvula | Falla de Bomba | Nivel |
|---------------|--------|-----------|-----------------|---------------|----------------|-------|
| AV1 | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| AV3 | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Hospital | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| La Balsa | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Polco 1 | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Polco 2 | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Polco 3 | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Osmosis | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Tiro Federal | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Carbel | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| 20 de Junio | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Aguadita 1 | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Aguadita 2 | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Aguadita 3 | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Aguadita 4 | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| R America | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| R 20 de Junio | Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |

Fig. 38 Modo de Supervisión

Cada sub sistema en particular contiene seis testigos que dan información acerca del estado de funcionamiento y fallas surgidas en el lugar. Los testigos funcionan con dos colores, como se muestran en la Fig. 39 donde se dan las dos situaciones posibles de cada uno de ellos.

| ESTADO | INTRUSIÓN | FALLA ELÉCTRICA | FALLA DE VÁLVULA | FALLA DE BOMBA | NIVEL |
|--------|-----------|-----------------|------------------|----------------|-------|
| Red | Blue | Blue | Blue | Blue | Blue |
| Green | Red | Red | Red | Red | Red |

Fig. 39 Testigos de Modo de Supervisión I

El estado del testigo indica si el sistema se encuentra encendido (Verde) o Apagada (rojo). Por otra parte los testigos: Intrusión, Falla Eléctrica, Falla de Válvula, Falla de Bomba y Nivel. Cuentan con la misma lógica de lámparas. Color rojo para estado de Falla y azul para estado Normal de funcionamiento.

Los testigos están direccionados a través de cada pozo con su respectivo controlador, el cual está programado con un número de estación descrito en el Capítulo 4: Controlador.

En caso de fallas, el sistema solamente puede mantenerse encendido al presentarse “falla de intrusión”, con el resto de fallas la bomba se detiene automáticamente.



6 Modo de Supervisión II

Una vez realizado el acceso con cualquiera de las dos clases de usuario, en la ventana principal (Fig. 2) nos encontramos con el botón “MODO DE SUPERVISIÓN II”, este nos deriva hacia la ventana mostrada en la Fig. 40 Fig. 38, en la cual se puede realizar el monitoreo en conjunto de los sub sistemas puntos de presión y caudalímetros.



Fig. 40 Modo de Supervisión II

Cada punto de presión contiene:

- Reloj aguja que va desde 0 kg/cm² hasta 10 kg/cm².
- Indicador digital también calibrado en los valores ya mencionados.
- Botón de acceso al historial, donde se muestran tablas de los datos almacenados de los respectivos puntos.

Los Caudalímetros se presentan de la misma forma que los puntos de presión pero con una calibración que va desde 0 m³/h hasta 1000m³/h en el reloj aguja y el visor digital.



7 Almacenamiento de Datos en Disco Externo

En la programación del sistema, se prevé el almacenamiento en soporte externo, este se realiza automáticamente al tener conectado un dispositivo USB o SD en la ranura disponible (ver Fig. 41).

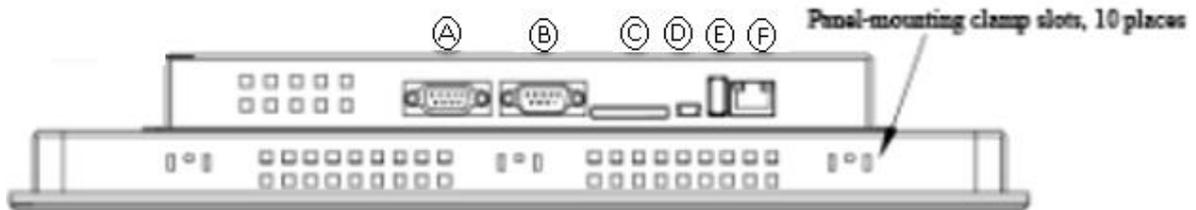


Fig. 41 Conectores del HMI

- A. COM 1 RS-485 2W/4W, COM 3 RS485 2W
- B. COM 1 RS-232
- C. Tarjeta de memoria SD
- D. USB client
- E. USB host
- F. Ethernet

El sistema posee almacenamiento de datos en diferentes categorías.

- Alarmas y comando en Pozos.
- Alarmas y comando en Rebombes.
- Alarmas y comando en Planta de Osmosis.
- Históricos de Caudalímetros.
- Históricos de Puntos de Presión.

Está configurado para almacenar en un dispositivo USB, generando en su interior archivos de extensión .xls (planillas de Excel), con el formato que se muestra en la Tabla 1.

| Evento | Categoría | Fecha | Hora | Mensaje |
|--------|-----------|-------|------|---------|
| | | | | |
| | | | | |

Tabla 1 Formato de Almacenamiento de Datos

Formato de almacenamiento para cada columna:

- Evento: formato general, numero entero hasta seis cifras. Indica la cantidad de sucesos del mismo tipo. Tabla 2
- Categoría: formato general, numero entero hasta dos cifras. Referencia a cada punto de monitoreo y control. Ejemplo Balsa categoría 15. Tabla 3
- Fecha: formato fecha, DD/MM/AAAA.
- Hora: formato personalizado, hh:mm:ss.
- Mensaje: formato general, mensaje de veinte caracteres.



PROYECTO FINAL: CONTROL AUTOMÁTICO, COMANDO Y MONITOREO REMOTO DE BOMBAS DE PROFUNDIDAD

| 1 | Evento | Categoría | Fecha | Hora | Mensaje |
|----|--------|-----------|------------|----------|---------------|
| 2 | 0 | 2 | 18/11/2016 | 13:00:05 | FALLA BOMBA |
| 3 | 0 | 2 | 18/11/2016 | 13:01:24 | ENCENDIDO |
| 4 | 2 | 2 | 18/11/2016 | 13:01:24 | FALLA BOMBA |
| 5 | 0 | 2 | 18/11/2016 | 13:01:57 | INTRUSION |
| 6 | 0 | 2 | 18/11/2016 | 13:20:55 | FALLA VALVULA |
| 7 | 2 | 2 | 18/11/2016 | 13:21:08 | FALLA VALVULA |
| 8 | 0 | 2 | 18/11/2016 | 13:21:40 | ENCENDIDO |
| 9 | 2 | 2 | 18/11/2016 | 13:22:21 | ENCENDIDO |
| 10 | 0 | 2 | 18/11/2016 | 13:22:21 | APAGADO |
| 11 | 0 | 2 | 18/11/2016 | 13:22:27 | FALLA BOMBA |

Tabla 2 Históricos en Excel

| Punto | Categoría HMI Alarma |
|----------------|----------------------|
| AV3 | 2 |
| Hospital | 3 |
| Osmosis | 4 |
| Polco 1 | 6 |
| Polco 3 | 8 |
| Aguadita 1 | 10 |
| Aguadita 2 | 11 |
| Aguadita 3 | 12 |
| Aguadita 4 | 13 |
| 20 de Junio | 14 |
| Balsa | 15 |
| Polco Q | 20 |
| PLANTA y Q | 21 |
| Pto. Presión 1 | 25 |
| Pto. Presión 2 | 26 |
| Pto. Presión 3 | 27 |
| Rb América | 30 |
| Rb 20 de Junio | 31 |

Tabla 3 Categorías

En el caso de que el sistema detecte que el disco externo llenó su memoria, muestra un mensaje de error informando espacio insuficiente.

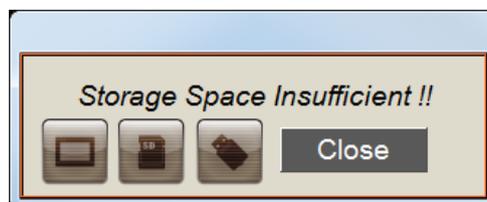


Fig. 42 Espacio Insuficiente de Almacenamiento Externo



8 Índice de Tablas y Figuras

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Formato de Almacenamiento de Datos | 21 |
| Tabla 2 Históricos en Excel | 22 |
| Tabla 3 Categorías..... | 22 |
| | |
| Fig. 1 Diagrama | 2 |
| Fig. 2 Pantalla Principal | 2 |
| Fig. 3 Pantalla de Identificación | 3 |
| Fig. 4 Pantalla Principal con Identificación correcta | 4 |
| Fig. 5 Acceso Denegado | 4 |
| Fig. 6 Menú de Control..... | 5 |
| Fig. 7 Pozo Simple: AV3 | 6 |
| Fig. 8 Testigos de Pozos Simples..... | 6 |
| Fig. 9 Pulsador e Indicador de Marcha – Izquierda estado 0, Derecha estado 1..... | 7 |
| Fig. 10 Pulsador e Indicador de Parada – Izquierda estado 0, Derecha estado 1..... | 7 |
| Fig. 11 Sensor de Presión (Reloj y Visor Digital) | 7 |
| Fig. 12 Indicador de Funcionamiento de Pozo Simple | 8 |
| Fig. 13 Indicador de Flujo Apagado (Izquierda) y Encendido (Derecha) | 8 |
| Fig. 14 Tabla de Acontecimientos Históricos..... | 8 |
| Fig. 15 Pozo con Variador: La Balsa..... | 9 |
| Fig. 16 Alarmas | 9 |
| Fig. 17 Historial de Alarmas | 10 |
| Fig. 18 Fallos Variador | 10 |
| Fig. 19 Lista de Fallos del Variador..... | 11 |
| Fig. 20 Pulsadores de Control | 11 |
| Fig. 21 Selectores de Frecuencias | 12 |
| Fig. 22 Teclado | 12 |
| Fig. 23 Frecuencia y Velocidad de Funcionamiento..... | 12 |
| Fig. 24 Indicadores de Parámetros Eléctricos..... | 12 |
| Fig. 25 Planta de Osmosis..... | 13 |
| Fig. 26 Segundo Sector - Planta de Osmosis..... | 14 |
| Fig. 27 Comandos Bomba de entrada y Caudalímetro - Planta de Osmosis | 14 |
| Fig. 28 Comandos Bomba de salida y Caudalímetro - Planta de Osmosis | 14 |
| Fig. 29 Históricos - Planta de Osmosis | 14 |
| Fig. 30 Caudalímetro: Q Planta | 15 |
| Fig. 31 Indicadores de Caudal..... | 15 |
| Fig. 32 Caudales Históricos..... | 16 |
| Fig. 33 Tendencia del Caudal | 16 |
| Fig. 34 Punto de Presión: Punto de Presión I | 17 |
| Fig. 35 Rebombeo: América | 18 |
| Fig. 36 Indicador de Funcionamiento de Rebombeo | 18 |
| Fig. 37 Indicador de Flujo Apagado (Izquierda) y Encendido (Derecha) | 18 |
| Fig. 38 Modo de Supervisión | 19 |
| Fig. 39 Testigos de Modo de Supervisión I | 19 |



| | |
|--|----|
| Fig. 40 Modo de Supervisión II | 20 |
| Fig. 41 Conectores del HMI | 21 |
| Fig. 42 Espacio Insuficiente de Almacenamiento Externo | 22 |