

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**PROPUESTA DE MEJORA TECNOLÓGICA Y PROCESO EN PLANTA REELEVADORA Y  
REGULADORA DE PRESIÓN DE AGUA POTABLE**

Trabajo de Titulación para optar a Título  
Profesional de Ingeniero de Ejecución en  
Control e Instrumentación Industrial

Alumno:  
Sr. Alejandro Emilio Montes Ortiz

Profesor Guía:  
Ing. Loreto Marín Carcey

## **RESUMEN**

**Keywords:** Reelevadora de agua potable; Control Automático; bombas Hydrovar; Comunicación RS-485 Modbus; Sistema SCADA; Protocolo Profinet.

La presente propuesta consiste en realizar un análisis del punto de vista técnico tecnológico de tres alternativas distintas en su anatomía, pero conceptualmente similares para dotar con servicio de agua potable a la localidad de Isla Tejas.

Esta localidad es una isla fluvial, aledaña a la ciudad de Valdivia, en la región de Los Ríos. Cuenta con una superficie de 15 km<sup>2</sup> y una población de 5267 habitantes, equivalente al 2,03% de la población total de la provincia.

Es un sector bastante urbanizado provisto de todos los servicios básicos en un ambiente natural privilegiado donde convergen modernos edificios, construcciones tradicionales, frondosos árboles y amplias áreas verdes.

Las tres alternativas propuestas están asociadas a una planta reelevadora de presión de agua potable (Rio Cruces), con su respectiva red de distribución. Cada una tiene sus variaciones en aspectos que se mencionarán en los siguientes capítulos y se describirán cada una de las alternativas.

La comparación de las tres alternativas se realizan asociadas a los requerimientos, considerando aumento tecnológico, mejora de rendimiento del proceso y costo asociado al cambio del sistema actual.

En la propuesta elegida se considera materiales mano de obra e imprevistos, además de otros factores a considerar asociados a los requerimientos establecidos en la propuesta de proyecto de la planta relevadora de agua potable Rio Cruces.

El proyecto busca encontrar un método para cumplir con los requerimientos exigidos por la empresa. Asociado a una mejora del proceso, esta mejora será expuesta en las siguientes páginas. Contempla ahorro económico, energético y mejor tecnología.

## ÍNDICE

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN                                                                                                                                    |    |
| SIGLAS Y SIMBOLOGÍA                                                                                                                        |    |
| INTRODUCCIÓN .....                                                                                                                         | 1  |
| <br>                                                                                                                                       |    |
| CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES .....                                                                                                   | 2  |
| 1. ANTECEDENTES GENERALES .....                                                                                                            | 3  |
| 1.1 RESEÑA HISTÓRICA.....                                                                                                                  | 3  |
| 1.1.1. Condiciones actuales de la planta .....                                                                                             | 4  |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                                                                                      | 7  |
| 1.2.1. Definición del problema .....                                                                                                       | 7  |
| 1.2.2. Importancia de resolverlo .....                                                                                                     | 7  |
| 1.2.3. Involucrados .....                                                                                                                  | 8  |
| 1.3. REQUERIMIENTO .....                                                                                                                   | 8  |
| 1.3.1. Solución del problema.....                                                                                                          | 8  |
| 1.3.2. Alternativas de solución .....                                                                                                      | 9  |
| 1.3.2.1. Alternativa N°1: Añadir dos bombas adicionales al sistema que está operando<br>actualmente. ....                                  | 10 |
| 1.3.2.2. Alternativa N°2: Propuesta de mejora tecnológica y proceso en planta reelevadora y<br>reguladora de presión de agua potable. .... | 10 |
| 1.3.2.3. Alternativa N°3: Propuesta de creación de nueva planta reelevadora localizada en<br>otro sector de la ciudad. ....                | 10 |
| 1.3.3. Comparación y evaluación de alternativas .....                                                                                      | 11 |
| 1.3.4. Definición de la alternativa elegida.....                                                                                           | 12 |
| 1.4. BOMBA LOWARA CON HYDROVAR .....                                                                                                       | 14 |
| 1.5. VALOR AGREGADO .....                                                                                                                  | 17 |
| 1.6. OBJETIVOS .....                                                                                                                       | 17 |
| 1.6.1. Objetivo general .....                                                                                                              | 17 |
| 1.6.2. Objetivos Específicos .....                                                                                                         | 17 |

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| CAPÍTULO 2: DISEÑO TÉCNICO DE LA SOLUCIÓN.....                             | 18 |
| 2. DISEÑO TÉCNICO DE LA SOLUCIÓN .....                                     | 19 |
| 2.1. ESQUEMA DE CONTROL .....                                              | 19 |
| 2.2. CONTROL Y REGULACIÓN .....                                            | 21 |
| 2.3. COMUNICACIÓN MODBUS PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO .....     | 21 |
| 2.3.1. Modbus RTU .....                                                    | 22 |
| 2.3.2. Modbus TCP/IP .....                                                 | 23 |
| 2.3.3. Trama del protocolo modbus .....                                    | 24 |
| 2.3.4. Trama maestro .....                                                 | 25 |
| 2.3.5. Trama esclavo .....                                                 | 26 |
| 2.4. NORMA FÍSICA RS485 .....                                              | 26 |
| 2.5. MEDIO FÍSICO .....                                                    | 28 |
| 2.5.1. Conexión de bombas hydrovar .....                                   | 29 |
| 2.5.2. Siemens s7-1200 .....                                               | 32 |
| 2.5.4. Fuente de alimentación PM 1207 .....                                | 34 |
| 2.5.5. Módulo de comunicación CM1241 .....                                 | 35 |
| 2.5.6. Magelis hmigto3510 .....                                            | 36 |
| 2.5.7. Programación en Vijeo Designer .....                                | 37 |
| 2.6. PLANOS DE LA RED PLANTEADA .....                                      | 38 |
| 2.7. PROGRAMACIÓN EN SCADA .....                                           | 40 |
| 2.8. PROGRAMACIÓN EN PLC TIA PORTAL V14 .....                              | 41 |
| 2.8.1. Descripción Mb_Client .....                                         | 42 |
| 2.8.2. Descripción Mb_Server .....                                         | 43 |
| 2.8.3. MB_COMM_LOAD: configurar puerto en módulo PTP para Modbus-RTU ..... | 44 |
| 2.8.4. Modbus_Master: comunicarse como maestro modbus .....                | 44 |
| 2.8.5. Modbus_Slave: comunicarse como esclavo modbus .....                 | 44 |
| 2.8.6. Diagrama de flujo programación TIA Portal .....                     | 45 |
| CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE COSTOS .....                                     | 46 |

|        |                                                 |    |
|--------|-------------------------------------------------|----|
| 3.     | EVALUACIÓN DE COSTOS .....                      | 47 |
| 3.1.   | COSTOS ASOCIADOS.....                           | 47 |
| 3.1.1. | Costo de mano obra .....                        | 47 |
| 3.2.   | JUSTIFICACIÓN DE ELECCIÓN .....                 | 49 |
| 3.2.1. | Mejora de activación de sistema de bombeo ..... | 49 |
| 3.2.2. | Protocolos de comunicación. ....                | 53 |
| 3.3.   | ACTIVIDADES DEL PROYECTO .....                  | 56 |
|        | ANEXOS .....                                    | 63 |

### **ÍNDICE DE IMÁGENES**

|              |                                                                      |    |
|--------------|----------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1-1.  | Empresa Aguas Décima.....                                            | 4  |
| Figura 1-2.  | SCADA Aguas Décima, Planta Picarte.....                              | 5  |
| Figura 1-3.  | Sistema de gestión de redes.....                                     | 6  |
| Figura 1-4.  | Esquema funcional de la solución .....                               | 9  |
| Figura 1-6.  | Diseño para bombas múltiples.....                                    | 13 |
| Figura 1-7.  | Bomba marca Lowara con Hydrovar.....                                 | 14 |
| Figura 1-8.  | Equipo Hydrovar.....                                                 | 15 |
| Figura 1-9.  | bomba marca Lowara serie e-LNE.....                                  | 16 |
| Figura 2-1.  | Esquema de control planta relevadora y reguladora de presión.....    | 19 |
| Figura 2-2.  | Configuración de MODBUS en RS485. ....                               | 22 |
| Figura 2-3.  | Trama MODBUS/RTU .....                                               | 23 |
| Figura 2-4.  | Trama de un maestro Modbus.....                                      | 25 |
| Figura 2-5.  | Trama del esclavo. ....                                              | 26 |
| Figura 2-6.  | Señales eléctricas por la interface RS-485.....                      | 27 |
| Figura 2-7.  | Red Modbus RS-485 con diferentes componentes.....                    | 28 |
| Figura 2-8.  | Módulo CM1241 RS485 .....                                            | 29 |
| Figura 2-9.  | Comunicación RS-485 entre bombas con Hydrovar .....                  | 30 |
| Figura 2-10. | Conexión utilizando variador Maestro y tres variadores básicos. .... | 31 |

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2-11. Conexión entre variador Hydrovar y Controlador lógico programable. .... | 31 |
| Figura 2-12. Estructura del PLC.....                                                 | 33 |
| Figura 2-13. Switch CSM 1277. ....                                                   | 34 |
| Figura 2-14. Fuente de alimentación PM 1207. ....                                    | 35 |
| Figura 2-15. Módulo de comunicación CM1241. ....                                     | 36 |
| Figura 2-16. Magelis HMIGTO3510. ....                                                | 37 |
| Figura 2-17. Ejemplo de interfaz HMI Magelis GTO.....                                | 38 |
| Figura 2-18. Comunicación de propuesta de mejora planta reelevadora de presión. .... | 39 |
| Figura 2-19. Ejemplo de interfase SCADA central. ....                                | 40 |
| Figura 2-20. Ejemplo MB_CLIENTE leer 16 bits de salida.....                          | 42 |
| Figura 2-21. Ejemplo de MB_SERVER .....                                              | 43 |
| Figura 2-22. Diagrama de programación en PLC.....                                    | 45 |
| Figura 3-1. Sistema más eficiente.....                                               | 47 |
| Figura 3-2. Ejemplo de manejo de equipos. ....                                       | 48 |
| Figura 3-3. Ejemplo de simplificación de elementos en el equipo. ....                | 52 |
| Figura 3-4. Ejemplo de bombas en conexión interfaz RS-485.....                       | 53 |

### **ÍNDICE DE TABLA**

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1-1. Tabla comparativa de las propuestas.....                 | 11 |
| Tabla 2-1. Tabla de campo Modbus Application Protocolo header. .... | 24 |
| Tabla 2-2. Trama protocolo Modbus. ....                             | 25 |
| Tabla 3-1. Costos del proyecto. ....                                | 48 |
| Tabla 3-3. Planilla de esfuerzo. ....                               | 56 |
| Tabla 3-4. Continuación de planilla de esfuerzo. ....               | 57 |

## **SIGLAS Y SIMBOLOGIA**

### **A. SIGLAS:**

|              |   |                                          |
|--------------|---|------------------------------------------|
| <b>HMI</b>   | : | Human-Machine Interface                  |
| <b>RTU</b>   | : | Remote Transmission Unit                 |
| <b>TCP</b>   | : | Transmission Control Protocol            |
| <b>IP</b>    | : | Internet Protocol                        |
| <b>ID</b>    | : | Identification                           |
| <b>PLC</b>   | : | Programmable Logic Controller            |
| <b>SCADA</b> | : | Supervisory Control And Data Acquisition |
| <b>HV</b>    | : | Hydrovar                                 |
| <b>OSI</b>   | : | Open Systems Interconnection             |
| <b>LCD</b>   | : | Liquid Cristal Display                   |
| <b>CM</b>    | : | Módulo de comunicación                   |
| <b>COM</b>   | : | Communication port                       |
| <b>E/S</b>   | : | Entrada/Salida                           |

## **B. SIMBOLOGÍA:**

|            |   |                         |
|------------|---|-------------------------|
| <b>K</b>   | : | Kilo                    |
| <b>W</b>   | : | Watts                   |
| <b>HP</b>  | : | Horse power             |
| <b>A</b>   | : | Amperios                |
| <b>V</b>   | : | Voltaje                 |
| <b>Bd</b>  | : | Baudio                  |
| <b>B</b>   | : | Byte                    |
| <b>Hz</b>  | : | Hertz                   |
| <b>DC</b>  | : | Direct current          |
| <b>bps</b> | : | bits per second         |
| <b>"</b>   | : | pulgadas                |
| <b>Bar</b> | : | Bar (unidad de presión) |
| <b>φ</b>   | : | PHI                     |

## **INTRODUCCIÓN**

El agua potable es un recurso fundamental en el diario vivir de toda persona y el conjunto de personas viviendo en sociedad, por este motivo es necesario que el lugar de hábitat se encuentre en las cercanías a esta sustancia o que se haga llegar mediante un sistema de encause a la vivienda. Existen empresas que proveen de este tipo de servicio, por el cual se efectúa un cobro mensual dependiente del consumo del cliente. Una de las empresas que se encarga de proveer de estos servicios sanitarios es “Aguas Décima S.A.”, empresa localizada en la ciudad de Valdivia y donde opera desde el año 1995. Dentro de los objetivos principales de la empresa se encuentra la producción de agua potable, distribución de agua potable, recolección de aguas servidas y tratamiento de aguas servidas, brindando estos servicios a una población de más de 143.207 habitantes.

Es así que en cualquier comuna se hace necesario resolver este tipo de problemas sanitarios de la mejor manera posible. Desde que Aguas Décima S.A. inició sus operaciones, su misión es prestar el mejor servicio sanitario en la provincia de Valdivia, logrando la satisfacción de sus clientes, maximizando los beneficios económicos a largo plazo y contribuyendo, de igual modo, a la mejora del medio ambiente en la provincia y al desarrollo personal de todos los trabajadores de la empresa.

Como empresa que busca mantenerse a la Vanguardia, han incorporado siempre los últimos adelantos tecnológicos, buscando así mejorar la calidad de sus productos y sus servicios, tanto en las plantas de tratamiento, depuradoras, laboratorios y en la atención de sus clientes. Es por esto y más, que la empresa busca renovar la planta Reelevadora y Reguladora de Presión de Agua Potable, integrando bombas que operan de manera más eficiente, comunicadas mediante un PLC, panel HMI y sistema SCADA, que deberán leer y controlar el sistema.

## **CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES**

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

Este proyecto está referido a una propuesta de mejora de un proceso de una planta reelevadora y reguladora de presión de agua potable. Se mencionan topologías y protocolos para crear funciones de telemando y telecontrol, otorgándoles a los operarios el control completo a través de SCADA, manejando el sistema que prácticamente es autónomo.

En este capítulo se presenta el lugar donde está basada la propuesta de mejora, en qué consiste y los beneficios que traería optar por la propuesta que se plantea.

### **1.1 RESEÑA HISTÓRICA**

Después de participar en la licitación y salir adjudicada, “Aguas Décima S.A.” compró a “Essal S.A.”, las concesiones sanitarias y los bienes muebles e inmuebles adscritos a ella, correspondientes a la ciudad de Valdivia. Con fecha 12 de enero de 1995 inició las operaciones definidas en su objeto social.

Aguas Décima S.A. como sociedad anónima cerrada se constituyó el 01 de Julio de 1994, entre “Chilquinta S.A” e “Inmobiliaria El Almendral S.A.” con el objeto de crear, formar y participar en sociedades que se dedicaran a la construcción, explotación de concesiones de servicios públicos de producción y distribución de agua potable, recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas.

El 12 de octubre de 2006 se celebra contrato de compraventa de acciones, en el cual todos los accionistas de Aguas Décima S.A. es decir, Compañía Hispanoamericana de Servicios S.A., Almendral S.A. y Agbar Chile S.A. vendieron a la Empresa Japonesa Marubeni Corporation y Marubeni Chile Limitada, el 100% de las acciones de Aguas Décima S.A. convirtiéndose en la Sociedad controlada actual.

En sus 15 años de historia, Aguas Décima S.A. se convierte en una empresa puntera en su sector, con políticas de inversiones que hacen posible gestionar el ciclo integral del agua, además

de gozar de un amplio respaldo ciudadano. En la figura 1-1 se observan distintas áreas de Aguas Décima.



Fuente: <https://www.aguasdecima.cl/>

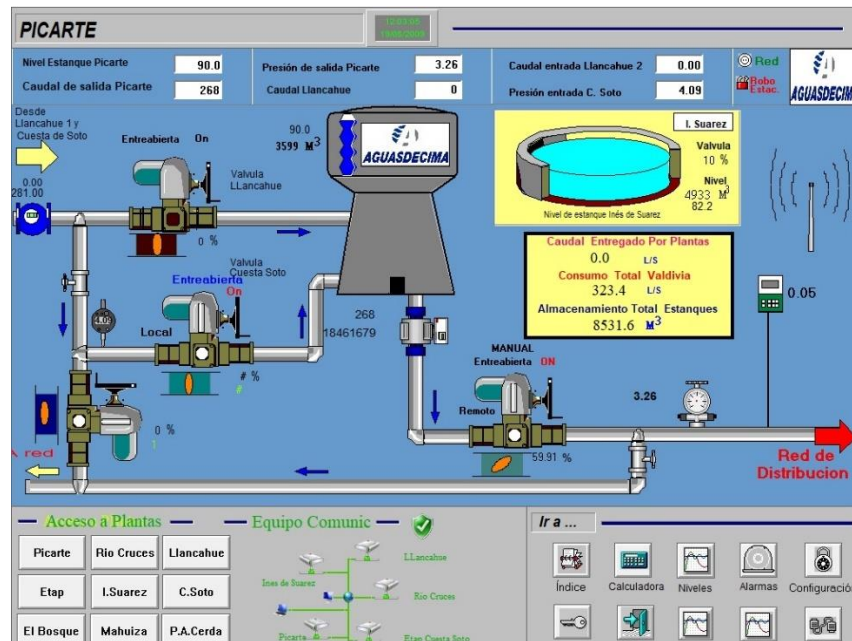
Figura 1-1. Empresa Aguas Décima.

#### 1.1.1. Condiciones actuales de la planta

La empresa Aguas Décima en su planta reelevadora y reguladora de presión, cuenta con 3 bombas en funcionamiento permanente y una de reserva. Dichas bombas están conectadas en paralelo, siendo activadas a través de un presóstato, a su vez se encuentran instalados los instrumentos que efectúan las mediciones de los parámetros más importantes del proceso que son: Presión actual, corriente, voltaje, estado funcionando, advertencias, entre otras. Todos estos parámetros son monitoreados a través del Sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) y enlazados a un controlador lógico programable (PLC).

En este momento todas las variables del Proceso se controlan a distancia, de forma que un operador con un sistema de telemando y telecontrol efectúa los cambios de cada variable

cuando sea requerido. Un sistema de telemando y telecontrol permite conocer el estado de las instalaciones en tiempo real y poder actuar sobre ellas, gracias a ello se pueden conocer el nivel de los estanques, las presiones en la red y el accionamiento de las válvulas. En la Figura 1-2 se muestra una de las pantallas de telemando planta Picarte.



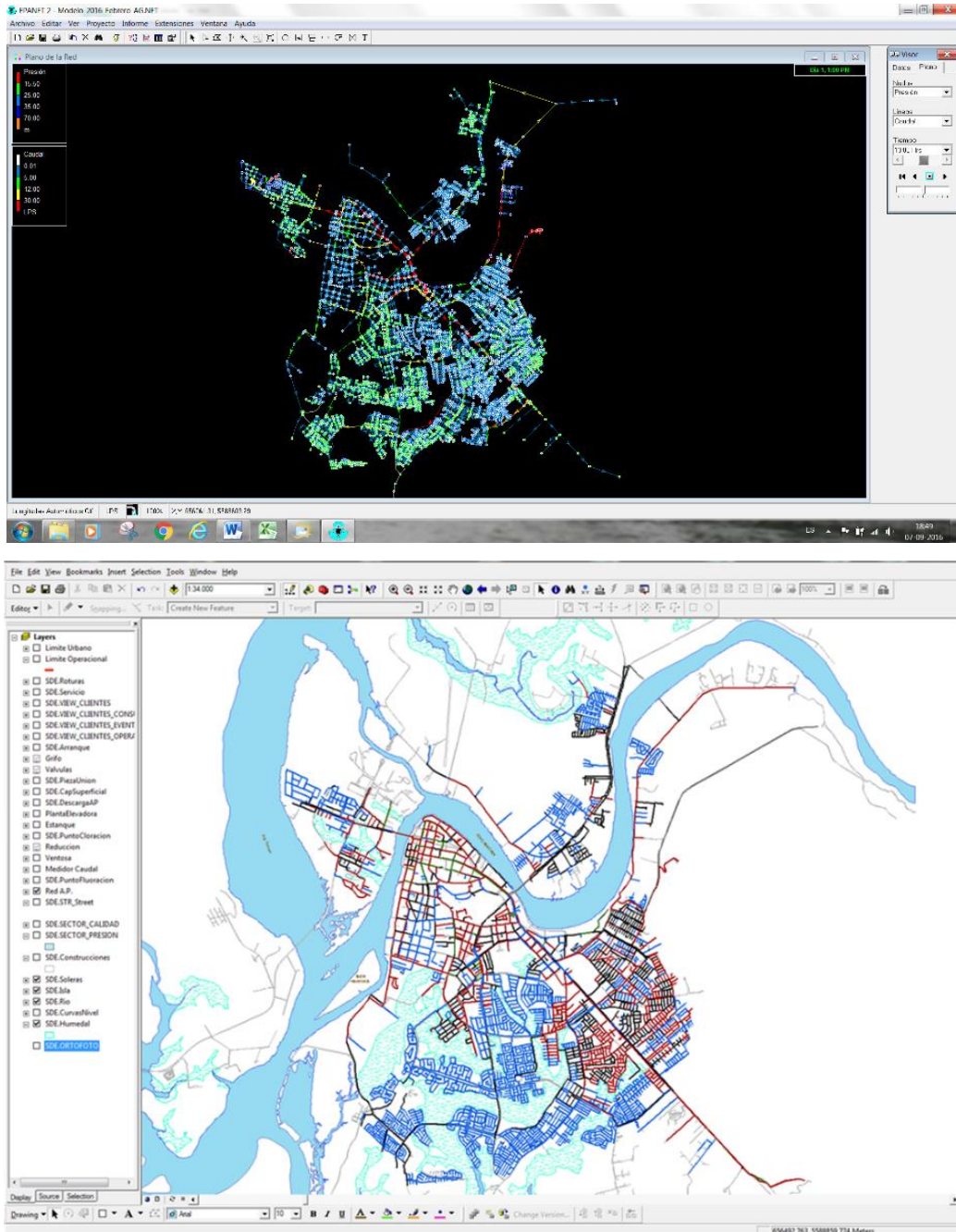
Fuente: <https://www.aguasdecima.cl/>

Figura 1-2. SCADA Aguas Décima, Planta Picarte.

En la actualidad cuentan con 2 sistemas de telemando, uno de ellos les permite monitorear y controlar el proceso de captación y tratamiento de agua potable, el otro se encarga del monitoreo de las Plantas de Aguas Servidas. El sistema de Agua Potable une 6 estaciones remotas, los datos emitidos por las estaciones son recogidos en tiempo real y visualizados en el centro de Control y Monitoreo por las aplicaciones SCADA, encargadas de procesar y almacenar los datos, logrando así tener el control del estado de las Redes, la actuación sobre los elementos que la componen y el almacenamiento de datos históricos para consultas posteriores de los mismos. En la figura 1-3 se muestra el modelo de agua potable.

Con la finalidad de predecir el comportamiento de ciertos parámetros de la Red de Agua, se creó un modelo matemático, que en términos sencillos se puede decir que es una simulación

que representa el comportamiento de ciertos parámetros de la red de agua. Gracias a esta simulación de la red de abastecimiento; se generan parámetros como: caudal, presión, velocidad, etc.



Fuente: <https://www.aguasdecima.cl/>

Figura 1-3. Sistema de gestión de redes.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento de la población de la ciudad de Valdivia y como empresa que busca mantenerse a la cabeza en los últimos adelantos tecnológicos, surge la idea de mejora de la Planta Reelevadora y Reguladora de Presión de Agua Potable.

### 1.2.1. Definición del problema

El agua potable de la ciudad de Valdivia es bombeada actualmente a través de un sistema de bombas en función 3+1 (tres bombas en funcionamiento permanente y una de reserva). Las Presurizadoras presentes en la planta son de marca Lowara (modelo: 66SV3/ 1G150T) con una capacidad de Potencia de 11 KW.

Con el aumento de la población el uso de la bomba de reserva se ha hecho más frecuente de lo usual, nunca llegando a comprometer los niveles de consigna establecidos, pero esto generó la idea de mejora del proceso adecuándolo a tecnologías actuales.

### 1.2.2. Importancia de resolverlo

Se estudiaron las consecuencias de no adecuar el proceso a las posibles condiciones futuras, dado el avance de crecimiento de la ciudad. Esto provocaría que parte de la población se viera afectada por la falta de presión en periodos cortos de tiempo, pero repetitivos. Como empresa que busca siempre entregar el mejor servicio no puede permitir llegar a las instancias ya descritas.

### 1.2.3. Involucrados

Los mayores afectados por la posible falta de presión de Agua Potable son los habitantes de la ciudad, que con la constante ausencia de los servicios sanitarios requeridos se generarían daños colaterales como enfermedades asociadas a esta misma carencia.

También se verá afectada la empresa Aguas Décima debido a la incompetencia al solucionar o prever posibles defectos en el sistema, además de perder la concesión de los servicios sanitarios de la ciudad de Valdivia.

## 1.3. REQUERIMIENTO

Se requiere para este problema, un sistema que pueda llegar a las presiones requeridas por la ciudad, a corto y largo plazo. Cumplir con la misión de la empresa asociada a contrato establecido y respetando el deseo de ir a la vanguardia con las tecnologías actuales.

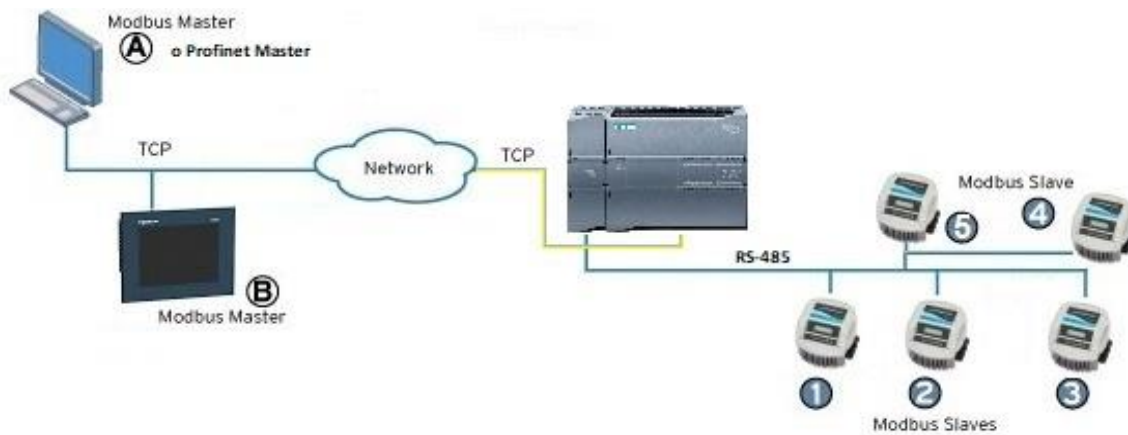
Dentro de los requerimientos, es necesario un método de visualización de las operaciones y variables del proceso dentro de la planta y de manera remota, con lo que se deberá ocupar un panel HMI Magelis equipo en desuso presente en la empresa; mejorar el actual control por conmutación de bombas con presóstato a uno más eficiente, se deberá tomar en cuenta la incorporación de equipos inteligentes a este sistema de bombeo. Es necesario implementar un sistema de comunicación industrial compatible al equipamiento que se tiene y amigable para el operador del sistema.

### 1.3.1. Solución del problema

Planta Reelevadora y Reguladora de Presión Agua Potable, contará con 5 bombas Hydrovar de Flyght (Lowara). Hydrovar opera de manera autónoma y regula la presión en base a una consigna previamente configurada. Estos equipos poseen comunicación Modbus RTU.

Paralelamente se requiere de Panel HMI Magelis, parámetros de estado de Hydrovar y controlar consigna de control de Presión.

El sistema SCADA, debe leer todas las variables del sistema, realizar gestión, tendencias e indicar fallos y alarmas, también el operador podrá modificar consigna de presión. Todo esto está expresado en la figura 1-4.



Fuente: imagen elaboración propia.

Figura 1-4. Esquema funcional de la solución

### 1.3.2. Alternativas de solución

En este apartado se evalúan diferentes alternativas de solución, proponiendo mejoras a las soluciones existentes o elaborando propuestas innovadoras que no han sido reportadas previamente. Dentro de las alternativas planteadas se tomarán en cuenta distintas características que serán ponderadas por niveles para cada alternativa, para así resaltar la mejor alternativa.

1.3.2.1. Alternativa N°1: Añadir dos bombas adicionales al sistema que está operando actualmente.

Una alternativa de solución es añadir dos bombas al sistema que ya está operando, con las mismas características que las que se encuentran en la planta actual. Las bombas añadidas serán controladas por presostatos que darán su activación y desactivación, asociadas al controlador lógico programable ya operativo.

Esta solución solo resolverá parte del problema, asociado más a conseguir el nivel de presión adecuado sin tomar en cuenta las pérdidas de energía por el medio de activación ocupado para el sistema de bombeo.

1.3.2.2. Alternativa N°2: Propuesta de mejora tecnológica y proceso en planta reelevadora y reguladora de presión de agua potable.

Esta alternativa permitirá contar con un sistema de monitorio de bombas y cambio de consigna a distancia, a través de dos sistemas SCADA (SCADA central y HMI local). También serán añadidas 5 bombas Hydrovar (1 Variador Hydrovar Maestro y 4 Variador Básico Hydrovar) con nueva tecnología que contienen transductor controlador y actuador, todo en uno.

Un PLC 1200 será el intermediario entre las comunicaciones Modbus TCP/IP, ocupada por los dos sistemas SCADA y la comunicación Modbus RTU RS-485, Creando así una nueva planta con tecnología actual.

1.3.2.3. Alternativa N°3: Propuesta de creación de nueva planta reelevadora localizada en otro sector de la ciudad.

Con esta alternativa se controla de manera efectiva la presión requerida, esta presión sería producida mediante un sistema de bombas 3+1 conectadas en paralelo y manejadas a través de un presostato. Esta nueva planta presentará las mismas características que la planta que ya está

operando, pero al estar localizada en otra área de la ciudad compensaría la presión necesaria y requerida.

Este sistema de alta efectividad y bajo costo de mantención, pero alto costo de implementación. La implementación de una nueva planta abre a la opción de ampliar aún más la red de Agua Potable.

### 1.3.3. Comparación y evaluación de alternativas

Dado el análisis de las posibles alternativas de solución reportadas en el punto anterior, se escoge la que es más factible de desarrollar dadas las limitaciones de recursos y tiempos asignados. La elección debe estar basada en criterios, los criterios se presentan en la tabla 1-1:

Tabla 1-1. Tabla comparativa de las propuestas.

| <b>Característica/ Alternativa</b>                                        | <b>Alternativa N°1</b> | <b>Alternativa N°2</b> | <b>Alternativa N°3</b> |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Genera Beneficios Económicos                                              | 1                      | 4                      | 2                      |
| Optimizar la Operación                                                    | 1                      | 5                      | 4                      |
| Reducción Detenciones por fallas                                          | 1                      | 5                      | 3                      |
| Posee Control Automático                                                  | 2                      | 5                      | 3                      |
| Bajo Porcentaje de Error                                                  | 2                      | 5                      | 4                      |
| Presión requerida a largo plazo                                           | 1                      | 5                      | 4                      |
| Nivel manejo Operador                                                     | 3                      | 5                      | 3                      |
| No Requiere Mantención                                                    | 3                      | 4                      | 3                      |
| Puntuación                                                                | 14                     | 38                     | 26                     |
| Escala: 1=Muy deficiente; 2=Deficiente; 3=Aceptable; 4=Bueno; 5=Muy Bueno |                        |                        |                        |

Fuente: Tabla elaboración propia.

La propuesta de la alternativa N°2 es innovadora, debido a la eficacia y simplicidad del sistema, reduciendo el porcentaje de error, amplía la capacidad de operación de la planta para el personal calificado, reducción de falsas alarmas. Su inserción en el sistema actual es rápida y sin excesiva complejidad, sin tener que realizar detenciones prolongadas, por esto la producción no se ve afectada.

Desde el punto de vista operativo, bajará el control basado en sistema de referencia visual por parte del operador, se optimizarán los tiempos de acción de las bombas y el nivel de presión las bombas autónomas ejecutándose de manera casi instantánea. Así el operador puede verificar otros sectores del área, desde más de un punto de la planta.

#### 1.3.4. Definición de la alternativa elegida

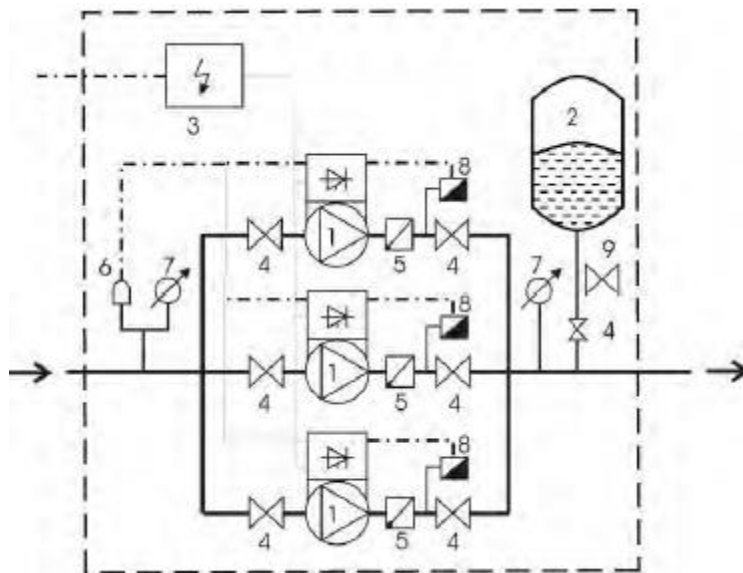
La propuesta de solución elegida permitirá tener un mayor control sobre la presión requerida y distribución a la ciudad, monitoreando el efectivo funcionamiento de las bombas de manera autónoma, por medio de señales enlazadas a un programa del PLC y los otros componentes del sistema con sus respectivos tipos de comunicación. Con esto se espera reducir el tiempo requerido para la actuación de las bombas, reducir la operación basada en el criterio visual del obrero, pero a la vez aumentar la capacidad de control del sistema mediante la pantalla HMI y el SCADA.

Para la implementación de la propuesta elegida se deberá realizar lo detallado a continuación:

- 5 interrogaciones Modbus Master RTU (RS-485) para cada Hydrovar, leyendo los parámetros más importantes del proceso: presión actual, corriente, voltaje, estado funcionando, detenida, fallos, advertencias, temperatura del motor, alarmas, tipo de alarma, consigna presión, etc.
- Diseñar Protocolo Modbus Esclavo Ethernet, para responder a interrogaciones desde HMI Magelis.

- Diseñar Protocolo Profinet negativo para responder a interrogaciones desde SCADA.
- Diseñar comando de escritura desde HMI a Hydrovar.
- Diseñar comando de escritura desde SCADA a Hydrovar.
- El programa del PLC existente se modificará incorporando la señal de los sensores para la habilitación automática.
- Realización de pruebas de funcionamiento e interacción de los elementos.
- Desarrollo de protocolo de funcionamiento del sistema y charlas de capacitación a operadores.

En la figura 1-6. se muestran instalaciones típicas con sistemas de bomba múltiples usando la unidad de control HYDROVAR. La conexión puede ser realizada directamente a toma de agua. En tal caso un presóstato de baja presión debe utilizarse en el lado de succión; en la figura 1-7 se presenta una bomba con variador Hydrovar.



Fuente: Manual de Hydrovar bombas en cascada.

Figura 1-6. Conexiones para bombas múltiples.

Donde: (1) Bomba con HYDROVAR, (2) tanque de diafragma, (3) panel de distribución, (4) válvula de entrada, (5) válvula anti-retorno, (6) control de bajo nivel de agua, (7) manómetro, (8) transductor de presión, (9) grifo de desagüe.



Fuente: <https://www.xylem.com/es-cl/>.

Figura 1-7. Bomba marca Lowara con Hydrovar.

#### 1.4. BOMBA LOWARA CON HYDROVAR

El Hydrovar HV 4.150 permite controlar el flujo y la presión del contenido líquido de manera independiente y a en conjunto, con un hydrovar maestro controlando dispositivos hydrovar esclavos. Evita golpes de ariete debido a la parada gradual de la bomba, compensa de forma automática la caída de presión causada por el incremento en el suministro, además envía una señal analógica para el monitoreo remoto de la presión de la frecuencia.

En cuanto a la conexión de transductores, es posible tener como máximo dos con salida de corriente o salida señal de tensión. No es posible instalar dos tipos de transductores diferente fabricación, porque la configuración principal es la misma para los sensores conectados. En la sección Anexo 2 se encuentra información técnica adicional.

Características técnicas:

- Potencia de salida 20 [HP]
- Posibilidad de conexión de hasta 8 bombas (series HV)
- Límites de Tensión en alimentación de entrada  $3\sim 380-460 \pm 15\%$
- Intensidad nominal 39 [A]
- Tensión máx. de salida  $3x U_{in}$ .
- Corriente nominal de salida 30 [A]



Fuente: <https://www.xylem.com/es-cl/>.

Figura 1-8. Equipo Hydrovar.

La nueva serie Lowara e-LNE es una bomba centrífuga de impulsor único con bridas de succión y suministro en línea. La serie e-LNE tiene un diseño de "extracción hacia atrás" (el impulsor, el adaptador y el motor se pueden extraer sin desconectar) el cuerpo de la bomba del sistema de tuberías).

La bomba de marca Lowara modelo PLM160B1453/3150E3 con succión y descarga tipo vertical, están equipadas con sellos mecánicos intercambiables de alta eficiencia.

#### Características técnicas:

- Presión máxima de operación: 16 Bar (1600kPa).
- Flujo de volumen de succión: 3 [m<sup>3</sup>/h] - 305 [m<sup>3</sup>/h]
- Potencia nominal del motor: 15 [KW].
- Velocidad: 2950 [rpm] 50 [Hz].
- Voltaje estándar: 3x220-240/380-415 [V] 50 [Hz]



Fuente: <https://www.xylem.com/es-cl/>.

Figura 1-9. Bomba marca Lowara serie e-LNE.

### **1.5. VALOR AGREGADO**

El valor agregado se ve reflejado de más de una forma, al efectuar la modificación de lo propuesto los operarios tendrán la facilidad de manejar la consigna de control desde más de un punto de la planta. Se reducirá el grado de mantenimiento a un valor despreciable, el costo beneficio asociado a esto es elevado.

Se dará un servicio eficaz, con posibilidad de fallas reducida, entregando tranquilidad y confianza a sus clientes.

### **1.6. OBJETIVOS**

Los objetivos son declaraciones escritas sobre los resultados que pretenden alcanzar en un tiempo determinado, también son delimitaciones para el correcto progreso y ejecución de las partes planteadas en un control programado. A continuación, se detallan los objetivos generales y específicos.

#### **1.6.1. Objetivo general**

Diseñar el control y monitoreo de una planta reelevadora y reguladora de presión de agua potable.

#### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar comunicación Modbus para el control y monitoreo del proceso.
- Diseñar planos de conexiones de equipos.
- Diseñar interfaz SCADA central.
- Diseñar planos de la red.
- Evaluación económica del proyecto.

## **CAPÍTULO 2: DISEÑO TÉCNICO DE LA SOLUCIÓN**

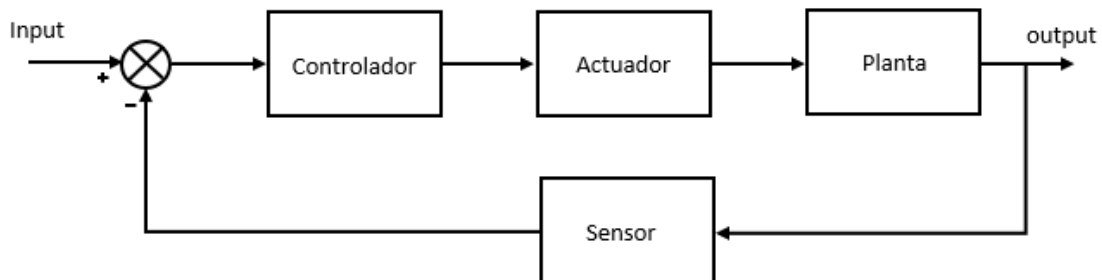
## 2. DISEÑO TÉCNICO DE LA SOLUCIÓN

Al conocer el modo de operación de la planta elevadora, es posible realizar el diseño técnico del control y comunicación, utilizando como solución interfaces, controladores y software de programación comentadas en el capítulo 1.

En este capítulo se contempla el desarrollo del proyecto, sus conexiones físicas como circuitos acopladores e interfaces de comunicación, los requerimientos de software, esquemas de control, además de la programación, diseño de la comunicación y cambio de consigna.

### 2.1. ESQUEMA DE CONTROL

Al haber estudiado el comportamiento de la planta reelevadora y reguladora de presión, y tomando en cuenta el tipo de bombas a utilizar, es importante tener definido los elementos básicos del esquema de control. Dentro del esquema de control se definirán el tipo de controlador a utilizar, su actuador, consigna con el elemento medido a través del sensor. En la figura 2-1 se visualizan la unión de estos elementos en lazo cerrado. Todos estos elementos se encuentran unificados en el equipo Hydrovar reemplaza todos los costosos elementos de manera separada.



Fuente: imagen de elaboración propia.

Figura 2-1. Esquema de control planta relevadora y reguladora de presión.

El control que será empleado por el equipo hydrovar sera del tipo ON/OFF. Es una forma simple de control por realimentación, es un control de dos posiciones en el que el elemento final de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvia del valor deseado.

Los conceptos que se muestran en la Figura 2-1, corresponden a la visualización más sencilla del objetivo de control a cumplir, donde se debe detallar o definir lo siguiente:

- **Controlador:** Es un componente del sistema de control programado por un operador; este emite una señal de corrección hacia el actuador o elemento final de control.

En este caso la regulación realizada a través del controlador quedará almacenada dentro del microprocesador, incluido el control de bombas en línea, la conmutación automática por avería, la alimentación automática, etc.

- **Actuador:** Corresponde al mecanismo que ejecuta la acción de control calculada por el controlador y que modifica la variable manipulada. Para este proyecto, el actuador es la bomba centrífuga, ya que tiene un rango de trabajo amplio, donde a menos voltaje de entrada significa menor presión o flujo, pudiendo alterar la variable de control.

Revisar Anexo 2, para referencia técnica del modo de operación del actuador.

- **Planta:** En este bloque se encuentra el sistema o proceso que se desea controlar, que sería la planta de nivel ya mencionada en el capítulo anterior.
- **Sensor:** Es el que permite medir y conocer la variable de presión que se encuentra en la planta, en este caso como ya se ha mencionado, el sensor está incluido en el equipamiento de la bomba. Pueden ser dos tipos transmisores de presión o transmisor de presión diferencial.

## **2.2. CONTROL Y REGULACIÓN**

Como ya se fue mencionado el control y regulación de la presión de agua potable será ejecutado por un equipo Hydrovar, que contiene un convertidor de frecuencia integrado y realiza una regulación automática de presión, presión diferencial y caudal.

El regulador patentado de presión de vogel provoca una parada inmediata de la bomba si el consumo de potencia es cero. El caudal de la bomba se detecta de forma indirecta a través de la velocidad y permite un control de la presión o presión diferencial según la curva del sistema. La conexión y desconexión de la bomba, así como el ajuste de los parámetros de regulación deseados, se realiza directamente a través de las teclas en la pantalla de avisos (LCD) del convertidor de frecuencia. Contiene también los avisos "LISTO PARA EL SERVICIO", "BOMBA FUNCIONANDO" y "AVERÍA" señalizados con diodos luminosos de colores.

Se incluyen los bornes para el arranque y parada a distancia, así como el aviso de funcionamiento, avería y para la emisión de una señal analógica (velocidad o valor real de la señal de regulación) a una central de mando de orden superior. Así mismo, hay una interface RS 485 para la comunicación con un sistema de dirección del proceso de orden superior.

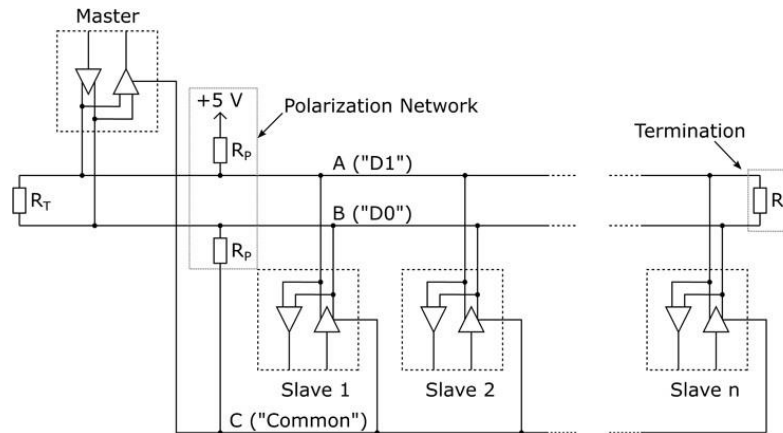
El procesador contenido en cada unidad de regulación se ocupa del control automático de secuencia de las máquinas, de la alineación automática y cíclica, así como de la desconexión automática por avería, sin que sea necesario para ello un mecanismo de control adicional.

## **2.3. COMUNICACIÓN MODBUS PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO**

MODBUS es un protocolo de comunicaciones industriales de capa 7 del modelo OSI, relacionado en la arquitectura maestro/esclavo, fue creada en 1979 por MODICON para un lote de PLC. Hoy en día es un protocolo estándar dentro de la industria que tiene mayor disponibilidad para el enlace de artefactos industriales.

Un proceso del tipo maestro/esclavo tiene un nodo maestro cuya función es de enviar los comandos explícitos a cada uno de los nodos esclavos los cuales procesaran la respuesta solicitada. Una ventaja de este tipo de bus de campo es que los nodos no transmiten información sin una petición del nodo maestro y además no se enlazan con los demás nodos esclavos dentro de la red, un ejemplo de esto en la figura 2-2.

En el protocolo de comunicación MODBUS hay varias formas de intercambiar la información con los elementos de la red, dentro de las que se requiere para la comunicación del proceso actual Modbus RTU, Modbus TCP.



Fuente <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>.

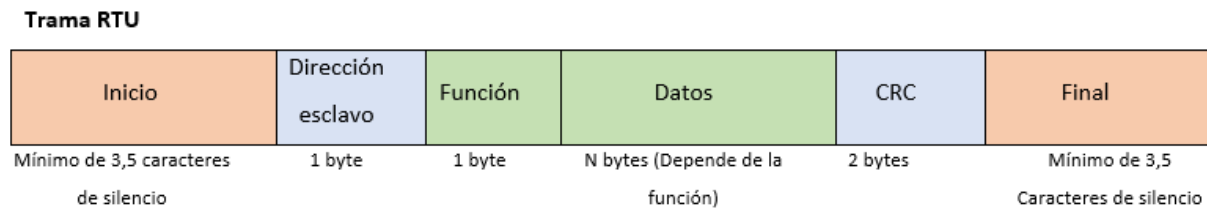
Figura 2-2. Configuración de MODBUS en RS485.

### 2.3.1. Modbus RTU

La función principal de MODBUS RTU (Remote Terminal Unit) es que los bytes se envían en su codificación binaria plana, sin ningún tipo de conversión. Está inicialmente creado para comunicaciones en bus serie. Como ventaja general tiene excelente aprovechamiento del canal de comunicación, mejorando la velocidad de la transmisión de los datos. El inconveniente es que necesita una gestión de tiempos entre bytes recibidos para saber cuándo empiezan y terminan las tramas.

La trama MODBUS RTU incorpora un código Cyclical Redundancy Check (CRC) de 16 bits para comprobación de errores, que tiene que ser determinado por el emisor a raíz de todos los bytes de la trama enviados antes del CRC, exceptuando los delimitadores. Para aquello se utiliza un algoritmo puntual, bien concreto en la especificación de MODBUS serie. El receptor debe volver a calcular el código de igual forma que el emisor, y comprobar que el dato obtenido del cálculo es igual al dato presente en la trama para poder corroborar los datos.

Al momento de transmitir en Modbus/RTU se designa la configuración de los controladores en modo RTU (terminal de unidad remota), cada 8 bits (1 byte) en un mensaje, contiene dos caracteres hexadecimales de 4 bits. La mayor característica de este protocolo es que a mayor densidad de caracteres otorga un mejor rendimiento que los datos en ASCII para la misma velocidad de transmisión (Véase Figura 2-3).



Fuente: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>.

Figura 2-3. Trama MODBUS/RTU.

### 2.3.2. Modbus TCP/IP

En Modbus TCP/IP toda la estructura de la trama se mantiene como se ha mencionado hasta el momento, pero se realizan algunos ajustes propios de las nuevas capas del modelo OSI que se están incluyendo.

La configuración de los equipos son de tipo Cliente y Servidor. Se puede enlazar un paralelo para entender el comportamiento de los equipos con el tradicional Modbus RTU, los maestros son llamados clientes y los esclavos son los servidores.

En Modbus TCP en la capa física se estandariza con la norma EIA/TIA 568, que define entre otros aspectos el código de colores del cable, se utiliza un conector RJ45 que conexiona 8 señales, en donde 4 son dedicadas únicamente a la transmisión y recepción de datos (TX+, TX-, RX+, RX-).

Al encapsularse sobre TCP/IP viene en la trama un campo nuevo MBAP Header (MODBUS Application Protocol header). El header tiene un tamaño de 7 bytes con el contenido presentado en la tabla 2-1:

Tabla 2-1. Tabla de campo Modbus Application Protocol header.

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| [Transaction Identifier] | Identificación de una petición o respuesta de Protocolo Modbus                                                                                                                                                                                                                 | [2 Bytes] |
| [Protocol Identifier]    | Es igual a 0 (cero) para el protocolo Modbus                                                                                                                                                                                                                                   | [2 Bytes] |
| [Length]                 | Número de Bytes                                                                                                                                                                                                                                                                | [2 Bytes] |
| [Unit Identifier]        | Identificación del esclavo (En caso de pasar a redes Modbus RTU) Entonces la configuración inicial básica que debe ejecutar un usuario cuando utiliza Modbus TCP es asignar la dirección IP del equipo y adicionalmente la dirección del esclavo con el que se va a comunicar. | [1 Byte]  |

Fuente: <https://www.eeymuc.co/31-protocolo-modbus/>

### 2.3.3. Trama del protocolo modbus

La trama es una estructura definida en el protocolo en donde los dispositivos intercambian datos cumpliendo este formato. Dentro de la trama se definen los campos y el tamaño asignado para cada uno.

La estructura anterior muestra de forma general la trama del protocolo, los campos se presentan en la tabla 2-2.

Tabla 2-2. Trama protocolo Modbus.

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ID      | Dirección del esclavo, número enteros desde 1, hasta 255.                                                                                                                                                                                                              |
| FUNCIÓN | Tipo de solicitud que se le hace al esclavo, codificada de manera numérica, normalmente números enteros que empiezan desde 1, 2, 3, 4, etc.                                                                                                                            |
| DATO    | Se usa para enviar información suplementaria a la solicitud hecha al esclavo, o también para responder a la solicitud, por consiguiente, el campo de dato tiene una estructura diferente cuando el mensaje lo envía el maestro o cuando es la respuesta de un esclavo. |
| CRC     | Verificación de redundancia cíclica.                                                                                                                                                                                                                                   |

Fuente: <https://www.eeymuc.co/31-protocolo-modbus/>

#### 2.3.4. Trama maestro

La trama del maestro manifiesta que el campo dato está conformado por dos subcapas, la dirección y la longitud (figura 2-4). En la dirección se proporciona al esclavo en qué dirección debe encontrar lo que se ha pedido por medio de la función y la longitud indicada, a partir de esa dirección cuantos elementos se deben tomar.

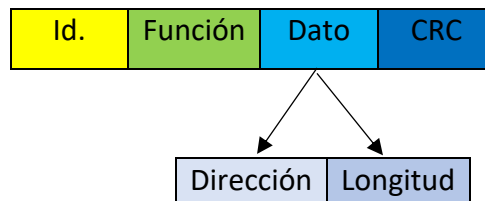
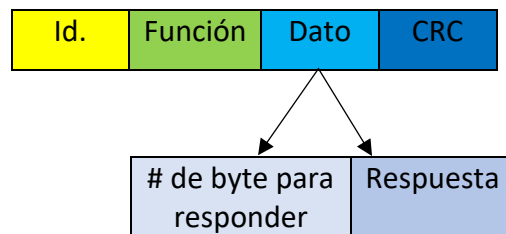
Fuente: <https://www.eeymuc.co/31-protocolo-modbus/>.

Figura 2-4. Trama de un maestro Modbus.

### 2.3.5. Trama esclavo

La estructura del esclavo se mantiene, pero nuevamente la diferencia está en el campo de Dato, pues aparecen dos subcapas que son: número de bytes para dar la respuesta y la respuesta en sí, presente en la figura 2-5.



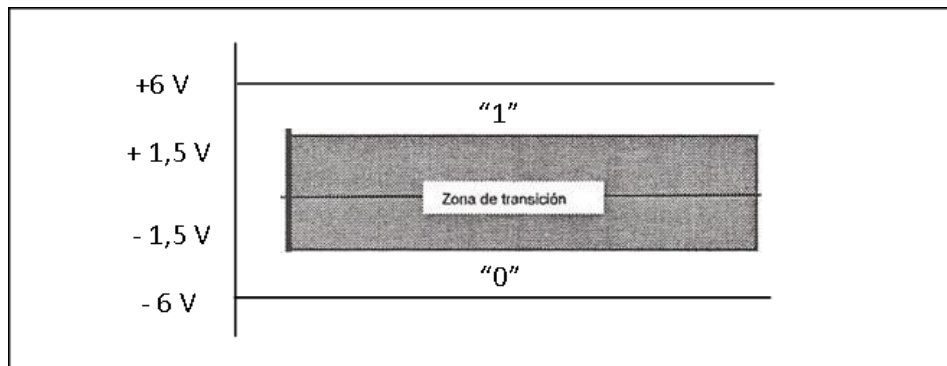
Fuente: : <https://www.eeemuc.co/31-protocolo-modbus/>.

Figura 2-5. Trama del esclavo.

## 2.4. NORMA FÍSICA RS485

El estándar RS485 es una versión optimizada de la RS422. Se establece como interface multipunto y permite la comunicación de hasta 32 dispositivos emisores/receptores en un bus de datos único, ya que mantiene un tercer estado (Habilitación) para que no existan interferencias en el canal de comunicación.

La norma RS485 se basa en un sistema diferencial que permite suprimir los posibles ruidos que se puedan incorporar en el canal de comunicación. A efectos eléctricos, son absolutamente compatibles con la norma RS422. Los niveles lógicos en mención a los eléctricos se presentan en la figura 2-6.



Fuente: : <https://www.eeymuc.co/31-protocolo-modbus/>.

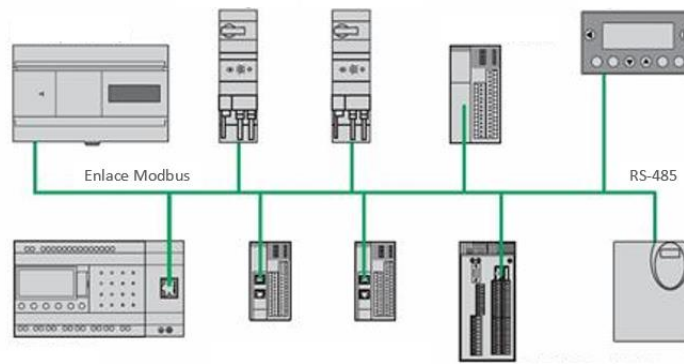
Figura 2-6. Señales eléctricas por la interface RS-485.

En el estándar RS-485 se usa el tipo de transmisión diferencial Half-Duplex que se caracteriza por:

- Usar dos hilos o cables, referenciado a masa.
- El dato se obtiene de la diferencia de la señal eléctrica entre los dos hilos que conforman el canal de comunicación.
- La condición de que el tipo de transmisión sea half-duplex indica que cada equipo puede enviar y recibir, pero no al mismo tiempo.
- El estándar RS485 proyecta velocidades que llegan a 10 Mbps y distancias que pueden alcanzar los 1.200 metros.
- El estándar RS485 otorga un enlace en red de hasta 32 dispositivos.

Cuando la entrada tiene un "0", el equipo se encuentra en modo recepción y puede leer el tráfico en la red. Cuando la entrada de control se pone en "1", el dispositivo se pondrá en modo transmisión y es cuando éste está a disposición de poder enviar datos a la red.

En una configuración en red trabajando bajo el estándar RS485 cualquier dispositivo puede comunicarse con el resto, pero de otra manera complica el control de acceso a la red.



Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/manual-twido/manual-twido.shtml>.

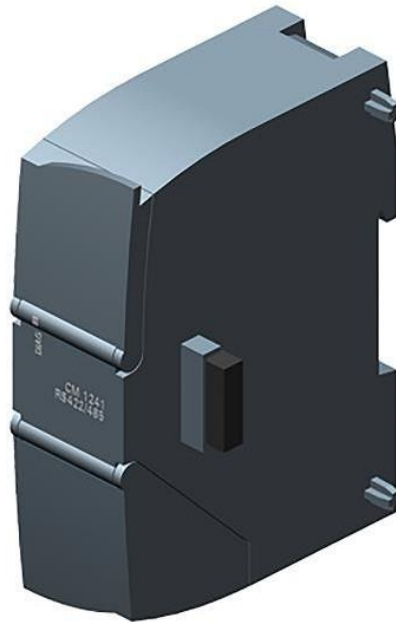
Figura 2-7. Red Modbus RS-485 con diferentes componentes.

## 2.5. MEDIO FÍSICO

El medio físico para establecer un enlace consiste en un bus semi dúplex (half dúplex) (RS485 o fibra óptica).

El tipo de comunicación es asíncrona y en cuanto a la velocidad de transmisión va desde los 75 baudios hasta 19.200 baudios. La distancia entre estaciones cambia dependiendo del medio físico, pudiendo llegar hasta los 1200 metros sin necesidad de repetidores.

El estándar RS485 define un bus para la transmisión serie multipunto, donde en un instante puede existir un dispositivo transmitiendo y varios recibiendo. La comunicación es semi dúplex, de manera que un dispositivo puede enviar y recibir, pero no a la misma vez. El cableado y topología consiste en un par de hilos trenzados de cobre donde se transmite una señal diferencial para generar los bits de datos, es inmune a las interferencias y soporta largas extensiones de terreno. Adicional del par trenzado para datos, puede implementarse líneas de 0V y 5V para alimentar dispositivos del bus. Los bits se envían por medio de una trama asíncrona. En la Figura 2-8 se observa el dispositivo de comunicación RS485 y RS232.



Fuente: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10045697>.

Figura 2-8. Módulo CM1241 RS485

#### 2.5.1. Conexión de bombas hydrovar

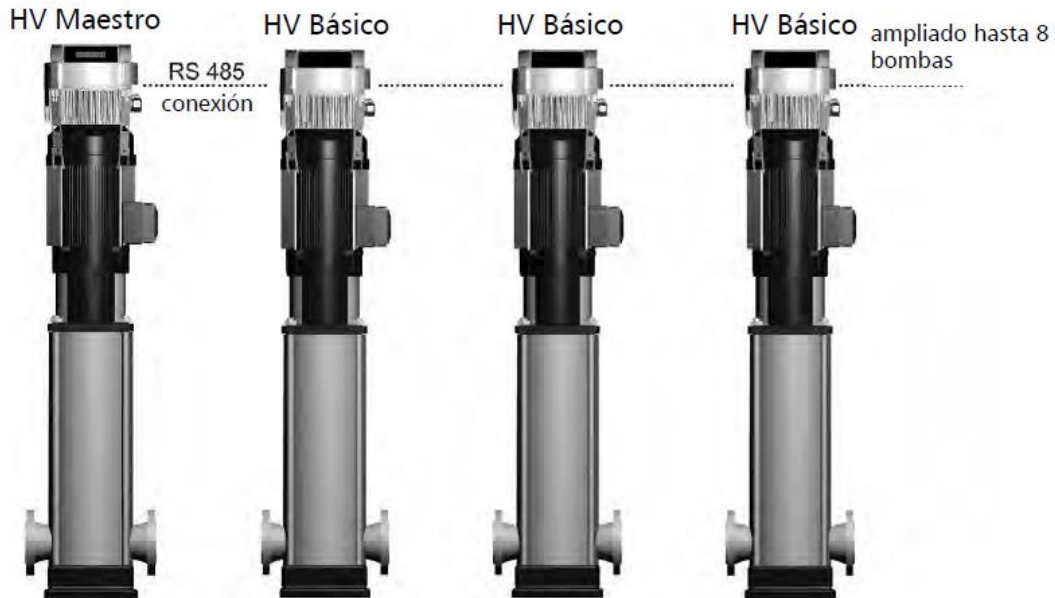
En general cada bomba del sistema (hasta 8 bombas) debe estar equipada con una unidad HYDROVAR. Todas las unidades están conectadas vía interface RS485 y se comunican mediante el protocolo estándar MODBUS (9600 Baud, RTU y N81).

Para conseguir un sistema totalmente controlado se necesita al menos un “Variador MAESTRO”; para las otras bombas es suficiente un “Variador BÁSICO”.

El controlador del “Variador MAESTRO” se comunica constantemente con todos los “Variadores BÁSICOS”, como se observa en la figura 2-9. Todos los fallos se visualizarán en el MAESTRO; la indicación incluye también la fecha y la hora.

Todo el control se realizará siempre a través del “Variador MAESTRO”, pero también será posible una rotación automática de las bombas en reposo para que todas trabajen y se desgasten por igual.

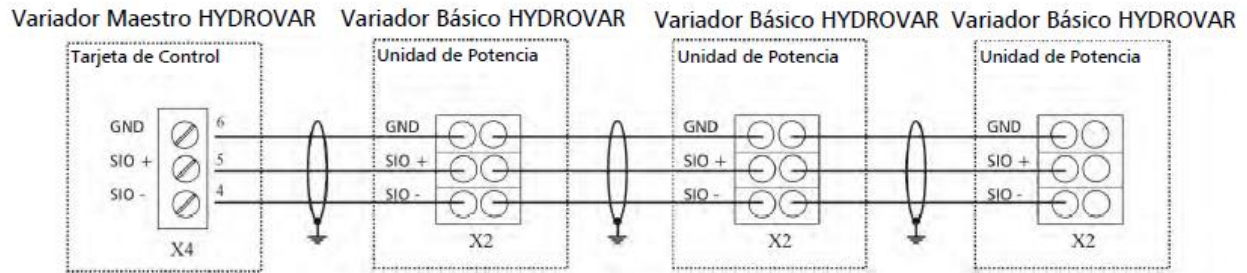
Si la Tarjeta de Control del Variador MAESTRO falla, cada uno de los Variadores BÁSICOS se pueden arrancar manualmente mediante un conmutador externo (operación manual) para así asegurar el funcionamiento de emergencia del sistema.



Fuente: [http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen\\_12-im-es.pdf](http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen_12-im-es.pdf).

Figura 2-9. Comunicación RS-485 entre bombas con Hydrovar.

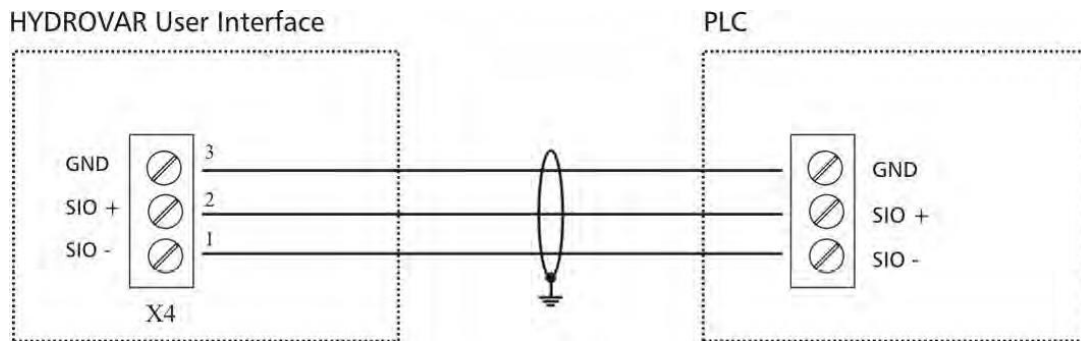
La Interface interna RS-485 en la Unidad de Potencia se utiliza para la comunicación de hasta 8 HYDROVAR en un sistema de bombas múltiples (Mínimo 1 Variador MAESTRO). Para la conexión de cada HYDROVAR a través de la interface RS-485, los terminales se pueden utilizar dos veces en la unidad de potencia, así como los terminales en la Tarjeta de Control. (Figura2-10)



Fuente: [http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen\\_12-im-es.pdf](http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen_12-im-es.pdf).

Figura 2-10. Conexión utilizando variador Maestro y tres variadores básicos.

Conectando la interface RS485 de usuario a la tarjeta de control, uno o más HYDROVAR pueden comunicarse mediante el protocolo estándar Modbus con un dispositivo de control externo (ej. PLC). Esta interface se puede utilizar para definir los parámetros y controlar el HYDROVAR mediante dispositivos externos.(Figura 2-11)



Fuente: [http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen\\_12-im-es.pdf](http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen_12-im-es.pdf).

Figura 2-11. Conexión entre variador Hydrovar y Controlador lógico programable.

### 2.5.2. Siemens s7-1200

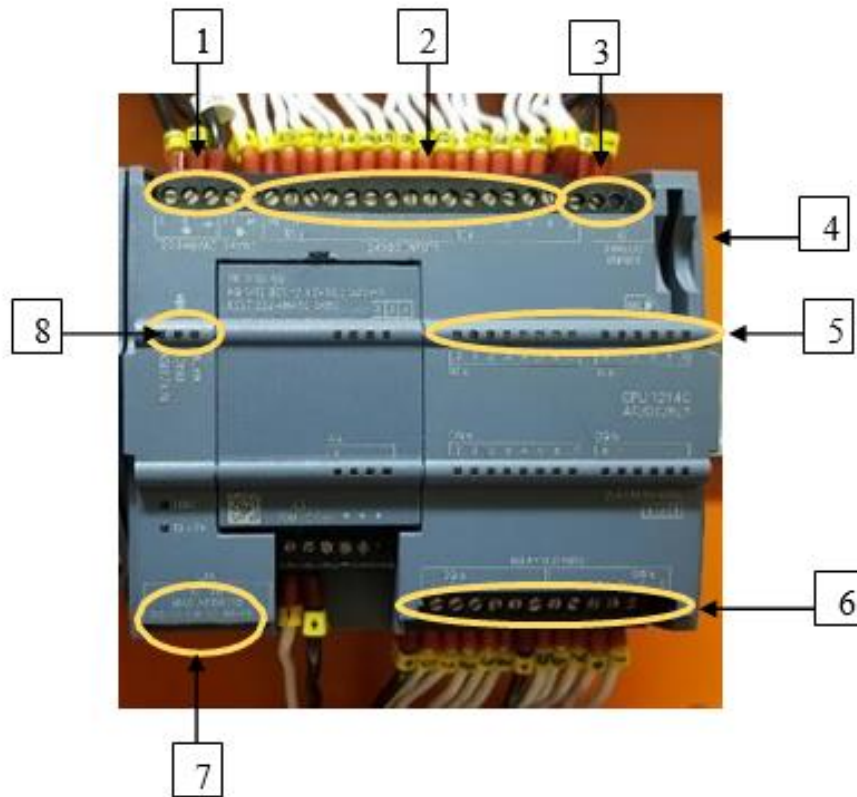
Simatic S7-1200 otorga una extensa gama de bondades técnicas entre las cuales sobresalen las siguientes:

- Superior capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.
- Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- Entradas analógicas integradas.
- Bloques de función para control de ejes conforme a PLC open.
- Programación mediante la herramienta de software TIA Portal V14 para la configuración y programación del S7-1200.

El modelo de CPU a utilizar en el presente proyecto es el 1214C AC/DC/Rly (6ES7214-1BE30-0XB0), que cuenta una memoria de trabajo de 50 KB, la cual utiliza una alimentación de corriente alterna que va desde 120V a 240V, con una frecuencia de 47Hz a 63Hz.

Este controlador cuenta con una capacidad de 14 entradas digitales a 24 VDC, de las cuales seis entradas digitales son empleadas para funciones tecnológicas (Contadores de Alta Velocidad HSC), posee 10 salidas digitales tipo relé, con carga resistiva máxima hasta 2A, tiene 2 entradas analógicas de 0-10 VDC.

En la Figura 2-12 se especifica las partes notables del controlador lógico 2programable S7-1200.



Fuente: imagen modificada elaboración propia.

Figura 2-12. Estructura del PLC.

Donde: (1) AC power inputs. (2) Digital inputs, (3) Analog input, (4) External memory slot, (5) Status LEDs for built-in I/O, (6) Digital outputs, (7) Ethernet port, (8) PLC RUN/STOP LEDs.

### 2.5.3. Switch CSM 1277

Para la comunicación Ethernet entre los diferentes dispositivos se utilizará el Switch CSM 1277, el cual cuenta con cuatro conectores hembra RJ45. (Figura 2-13).



Fuente: <https://www.shortnotes.com/2017/04/make-interface-board-to-connect.html>.

Figura 2-13. Switch CSM 1277.

#### 2.5.4. Fuente de alimentación PM 1207

La fuente de alimentación PM 1207, que se visualiza en la figura 2-14, es un elemento cuya función es entregar a los módulos que necesiten la tensión nominal de 24 VDC a una corriente de 5A para un correcto funcionamiento. La alimentación corresponde a una tensión nominal monofásica de 230 VAC a 50/60 Hz.



Fuente: <https://www.shor0tes.com/2017/04/make-interface-board-to-connect.html>.

Figura 2-14. Fuente de alimentación PM 1207.

#### 2.5.5. Módulo de comunicación CM1241

Los Módulos de Comunicación RS485 y RS232 son capaces de funcionar con conexión punto a punto en serie, relacionadas en caracteres. Esta comunicación se configura y programa con bloques de instrucciones, también con las funciones de librerías para protocolo maestro y esclavo USS Drive y Modbus RTU, que están dentro del sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 Basic. En la figura 2-15 se observa el módulo de comunicación CM1241.



Fuente: <https://www.shortnotes.com/2017/04/make-interface-board-to-connect.html>.

Figura 2-15. Módulo de comunicación CM1241.

#### 2.5.6. Magelis hmgto3510

Panel pantalla táctil avanzado 800x480 WVGA- 7.0" TFT – 96 MB, la cual utiliza interfaz RS485, COM serial link RJ45, velocidad de transmisión 187.5 kbps compatible con Siemens MPI, serial link RJ45, interfaz RS485, velocidad de transmisión 2400 - 115200 bps. Programable con Vijeo Designer.

Tensión de alimentación nominal 24VDC a 50/60 Hz, marcado F1 a F8, número de telas de función = 8 (operación definida con Vijeo Designer). En la siguiente imagen se puede observar el equipo descrito (Figura 2-16).



Fuente: <https://www.se.com/es/es/product/HMIGTO3510/terminal-terminal-hmi-800-x-480-pixels-wvga-7.0-tft-96-mb/>.

Figura 2-16. Magelis HMIGTO3510.

#### 2.5.7. Programación en Vijeo Designer

Para la obtención del interfaz entre hombre y máquina es necesario el software de configuración multiplataforma Vijeo Designer se puede utilizar para crear aplicaciones de diálogo de operador para controlar sistemas de automatización. Vijeo Designer y un terminal adecuado se pueden combinar para proporcionar una solución para cada requisito de estación de control, a costa de una simple reconfiguración de software.

Vijeo Designer se ejecutará en cualquier PC con Windows XP Professional o Windows 7. Es compatible con la simulación WYSIWYG de la aplicación expandida (sin el terminal Magelis GT / GK / GTW / GTO o el Magelis iPC de destino), la simulación de variables PLC (E / S, bits y palabras internos) y garantiza que la aplicación se ejecute con total seguridad en el terminal base Magelis GT / GK / GTW / GTO o en las PC industriales Magelis.

Se crearon las pantallas para la visualización y cambio de consigna de la variable de presión, otorgando al operario de dicho sistema el visualizar en momento real los parámetros de presión actual, corriente, voltaje, estado funcionando, detenida, fallos, advertencias, temperatura del motor, alarmas, tipo alarma, consigna presión, etc. En la Figura 2-17 se observa una de las planillas del HMI a través de programa Vijeo Designer.

Revisar sección Anexo 04: Interfaz HMI planta Rio Cruces, sección en la que aparecen el resto de las planillas del HMI.



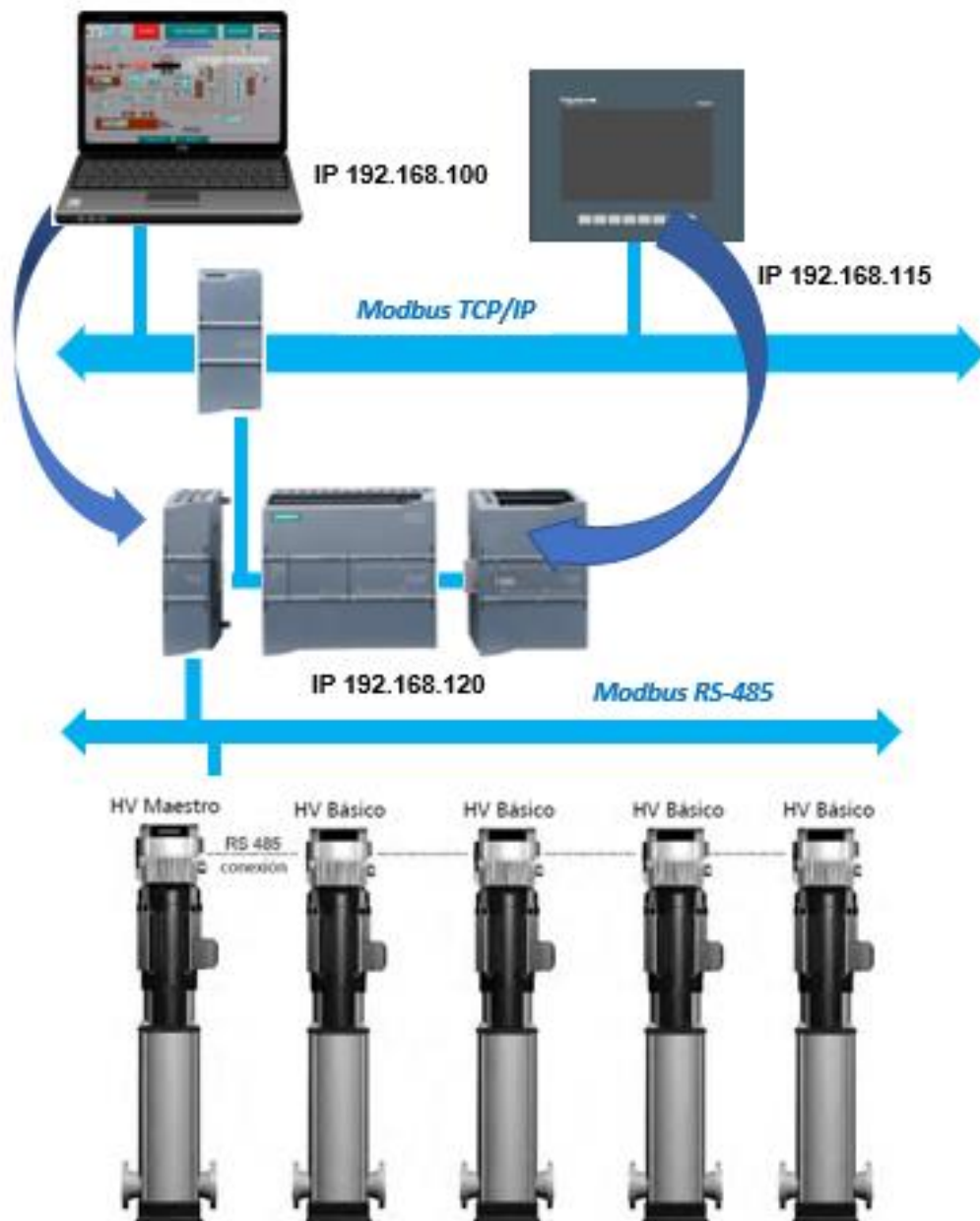
Fuente: Imagen de elaboración propia.

Figura 2-17. Ejemplo de interfaz HMI Magelis GTO.

## 2.6. PLANOS DE LA RED PLANTEADA

Se pueden definir las comunicaciones industriales como el área de la tecnología que estudia la transmisión de la información entre circuitos y sistemas electrónicos utilizados para llevar a cabo tareas de control y gestión del ciclo de funcionamiento de procesos industriales.

Todos los componentes ya mencionados además de los protocolos de comunicación que se plantean en esta propuesta de mejora se expresan en conjunto en el siguiente plano de red de la figura 2-18.



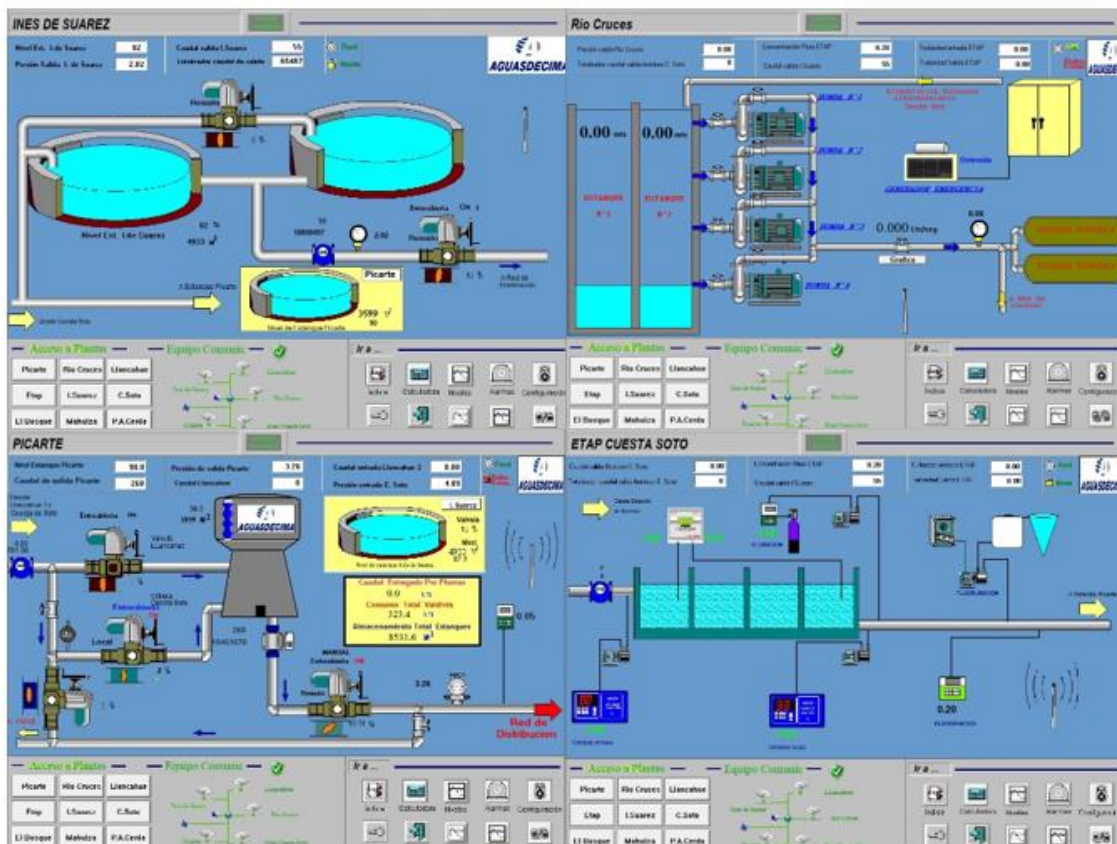
Fuente: Imagen de elaboración propia.

Figura 2-18. Comunicación propuesta de mejora planta reelevadora de presión.

## 2.7. PROGRAMACIÓN EN SCADA

SCADA es el acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y adquisición de datos) es un concepto que se emplea para un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.

Dentro del programación con SCADA existe una gran variedad de softwares que pueden dar solución al diseño de la interfaz requerida. Uno de estos programas es Infilink, software HMI/SCADA para soluciones de automatización industrial, posee las herramientas para diseñar e implementar una interface personalizada para cualquier proceso. Infilink ofrece soluciones de interface para PLCs, transmisores, sensores, I/O remotas, y otros dispositivos de proceso, como los de las plantas de Aguas Décima que se muestran en el siguiente conjunto de imágenes.



Fuente : <https://www.aguasdecima.cl/>.

Figura 2-19. Ejemplo de interfase SCADA central.

## **2.8. PROGRAMACIÓN EN PLC TIA PORTAL V14**

Para la programación del controlador lógico programable (PLC), será necesario de la ejecución de un software asociado a la marca de PLC que se quiere ejecutar. En el caso de Siemens se ocupará TIA Portal.

El software optimiza todos sus sistemas de procesamiento, operación de máquinas y diseño. Posee una intuitiva interfaz de usuario, el fácil acceso de sus funciones y la completa transferencia de datos permite un fácil uso y manipulación.

TIA Portal es el sofisticado sistema de ingeniería que permite elaborar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y desarrollo. El sistema convence por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento.

El TIA Portal conlleva varias actualizaciones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para el diseño, desarrollo y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas HMI y accionamientos SINAMICS de última tecnología.

El PLC S7-1200 será el encargado de recibir las peticiones y cambio de consigna a través del sistema SCADA presente en el sistema propuesto, y recibir las respuestas de las bombas Hydrovar. Todo esto a través de programación con TIA Portal con comunicaciones modbus RTU y modbus TCP/IP.

En modbus RTU será necesario agregar funciones ya establecidas por TIA Portal como son MB\_CLIENT, MB\_SERVER en la programación para comunicación Modbus TCP/IP, MB\_COMM\_LOAD, MB\_MASTER, MB\_SLAVE en la programación para comunicación Modbus RTU.

En el apartado de anexos se encuentra la programación efectuada en PLC con programa TIA Portal (Anexo 1: Programación TIA Portal V14).

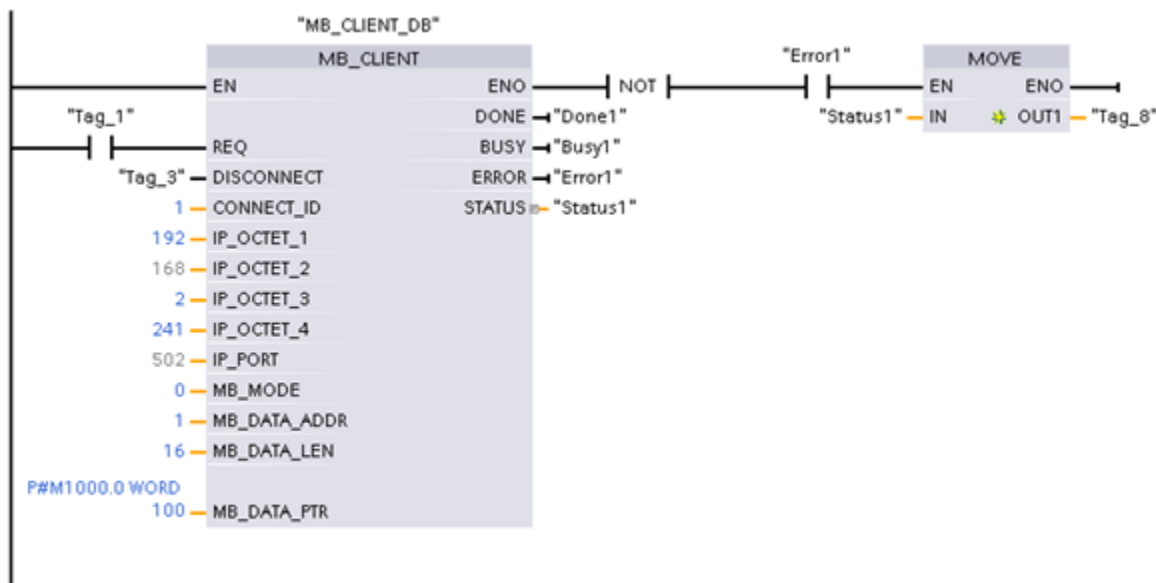
### 2.8.1. Descripción Mb\_Client

La instrucción "MB\_CLIENT" permite la comunicación como cliente Modbus TCP a través de la conexión PROFINET de la CPU S7-1200. Para utilizar esta instrucción no se requiere ningún módulo de hardware adicional. La instrucción "MB\_CLIENT" permite establecer una conexión entre el cliente y el servidor, enviar peticiones y recibir respuestas y controlar la desconexión del servidor Modbus TCP.

A través de una conexión TCP pueden enviarse varias peticiones de cliente Modbus. Al hacerlo, se utiliza el mismo DB de instancia, la misma ID de conexión y el mismo número de puerto.

Solo puede haber un cliente activo al mismo tiempo. Una vez finalizada la ejecución de un cliente, se ejecuta el cliente siguiente. El orden de ejecución debe definirse en el programa.

En el siguiente programa de ejemplo se copia como ampliación el valor del parámetro de salida STATUS.



Fuente: Sistema de información TIA Portal MB\_CLIENT.

Figura 2-20. Ejemplo MB\_CLIENTE leer 16 bits de salida.

### 2.8.2. Descripción Mb\_Server

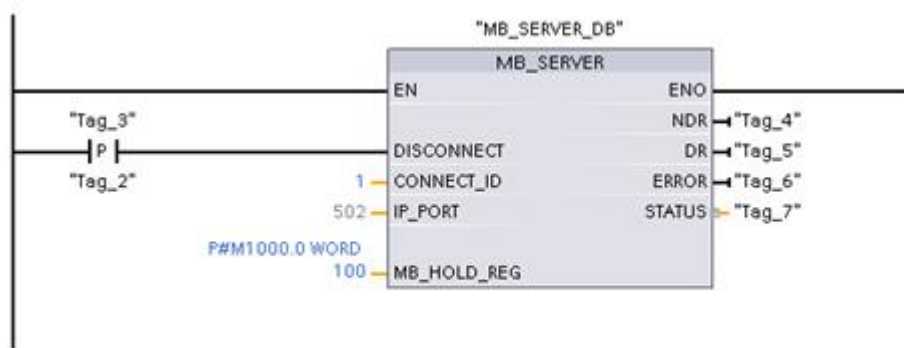
La instrucción "MB\_SERVER" permite la comunicación como servidor Modbus TCP a través de la conexión PROFINET de la CPU S7-1200. Para utilizar esta instrucción no se requiere ningún módulo de hardware adicional. La instrucción "MB\_SERVER" permite procesar peticiones de conexión de un cliente Modbus TCP, recibir peticiones de funciones Modbus y enviar mensajes de respuesta (Figura 2-21).

Pueden usarse varias conexiones de servidor Modbus TCP. Para ello, para cada conexión debe llamarse separadamente la instrucción "MB\_SERVER".

Cada conexión requiere:

- Un bloque de datos de instancia independiente de la instrucción.
- Una ID de conexión unívoca.
- Un puerto IP propio (con S7-1200 solo se permite una conexión por cada puerto IP).

Para obtener un rendimiento óptimo, se debe ejecutar "MB\_SERVER" para cada conexión una vez por cada ciclo de programa.



Fuente: Sistema de información TIA Portal MB\_SERVER.

Figura 2-21. Ejemplo de MB\_SERVER.

### 2.8.3. MB COMM LOAD: configurar puerto en módulo PTP para Modbus-RTU

La instrucción Modbus\_Comm\_Load configura un módulo de comunicaciones para la comunicación a través del protocolo Modbus RTU. Si se inserta la instrucción Modbus\_Comm\_Load en el programa, se asigna automáticamente un bloque de datos de instancia.

Los cambios de configuración de Modbus\_Comm\_Load no se guardan en la CPU sino en el CM. Al restablecerse la tensión y al desenchufar/enchufar, el CM se parametriza con los datos guardados en la configuración de dispositivos. En estos casos debe volverse a llamar la instrucción Modbus\_Comm\_Load.

### 2.8.4. Modbus Master: comunicarse como maestro modbus

La instrucción Modbus\_Master se comunica en calidad de maestro Modbus a través de un puerto configurado con la instrucción Modbus\_Comm\_Load. Si se inserta la instrucción Modbus\_Master en el programa, se asigna automáticamente un bloque de datos de instancia. El parámetro MB\_DB de la instrucción Modbus\_Comm\_Load debe interconectarse con el parámetro MB\_DB (estático) de la instrucción Modbus\_Master.

### 2.8.5. Modbus Slave: comunicarse como esclavo modbus

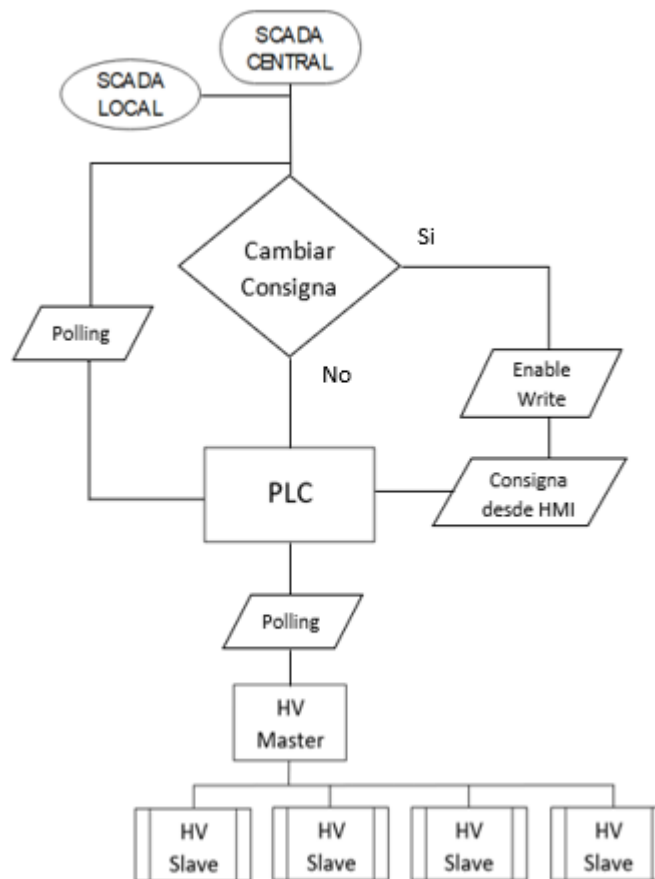
La instrucción Modbus\_Slave permite al programa comunicarse como esclavo Modbus a través de un CM (RS422/485 o RS232). STEP 7 crea automáticamente un DB de instancia cuando se inserta la instrucción. El parámetro MB\_DB de la instrucción Modbus\_Comm\_Load debe interconectarse con el parámetro MB\_DB (estático) de la instrucción Modbus\_Slave.

### 2.8.6. Diagrama de flujo programación TIA Portal

La programación se basa en la entrega de datos relevantes para el proceso como son corriente de inversor, error, temperatura del inversor, entre otros. Además del cambio de consigna que se podrá realizar desde el SCADA central o local.

En la sección Anexo 1: Programación TIA Portal V14 se encuentra el mapeo del PLC que asocia las tramas Modbus TCP y RTU en las bombas.

En la Figura 2-22 se presenta el diagrama correspondiente a la programación realizada en TIA Portal V14.



Fuente: Imagen de elaboración propia.

Figura 2-22. Diagrama de programación en PLC.

### **CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE COSTOS**

### **3. EVALUACIÓN DE COSTOS**

Establecido el esquema completo de la propuesta de mejora expuesta en el capítulo anterior, con los equipos y softwares asociados además de las comunicaciones asociados a cada una de las partes. Ahora es posible evaluar los costos del proyecto como también los beneficios incluyendo un plan de actividades a realizar para llevar a cabo la implementación del proyecto presentado. Se consideran costos de mano de obra, por establecer la comunicación, montaje de equipos y la comprobación del funcionamiento correcto.

#### **3.1. COSTOS ASOCIADOS**

Al momento de realizar un análisis de costos, se identifican los recursos necesarios que componen cada una de las partes del proceso que se quiere implementar. Se toma en cuenta la calidad y cantidad de componentes, con un peso total de los gastos previstos en contra del total de los beneficios previstos de una o más acciones con el fin de seleccionar la mejor opción o la más rentable, obteniendo así mayores y mejores resultados al menos esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica como por motivación humana.

##### **3.1.1. Costo de mano obra**

Dentro de los equipamientos se encuentran elementos que enlazan el sistema y elementos que gestionan este mismo, contemplando equipamiento eléctrico y electrónico. Se incluyen dentro de estos elementos controladores lógicos programables (PLC's), sistemas de bombeo, disyuntores, cableado y adaptadores de conexión entre otros.

En la Tabla 3-1 tabla se dan a conocer los costos de equipamiento y software asociados a la propuesta de mejora expuesta.

Cabe destacar que los valores expuestos son expresados en US, cotizados entre los meses de Enero y Marzo del presente año, sin descuento de ningún tipo y puede que se necesiten equipamientos adicionales en caso de algún contratiempo.

Tabla 3-1. Costos del proyecto.

| <b>Categoría</b>            | <b>Ítem</b>                         | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Valor</b>       | <b>Total</b>       |
|-----------------------------|-------------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| <b>Equipos y Materiales</b> | PLC Siemens S7-1200                 | Und.          | 1               | \$452.200          | \$452,200          |
|                             | Bomba Hydrovar Master               | Und.          | 1               | \$4.452,95         | \$4.452,95         |
|                             | Bomba Hydrovar Basic                | Und.          | 4               | \$2.131,28         | \$8.525,12         |
|                             | Modulo CM1241 RS-485                | Und.          | 1               | \$180,53           | \$180,53           |
|                             | Switch CSM 1277                     | Und.          | 1               | \$261,42           | \$261,42           |
|                             | Fuente PM 1207                      | Und.          | 1               | \$140,65           | \$140,65           |
|                             | Magelis HMIGTO 3510                 | Und.          | 1               | \$473,56           | \$473,56           |
|                             | Par trenzado blindado Modbus RTU    | mts.          | 100             | \$60,97            | \$60,97            |
|                             | Par trenzado blindado Modbus TCP/IP | mts.          | 305             | \$156,10           | \$156,10           |
| <b>Software</b>             | Programa Vijeo Designer 6.2         | Sist.         | 1               | \$362,55           | \$362,55           |
|                             | Programa TIA PORTAL V14             | Sist.         | 1               | \$312,05           | \$312,05           |
|                             | Programa diseño SCADA               | Sist.         | 1               | \$277,87           | \$277,87           |
|                             |                                     |               |                 | <b>Total (USD)</b> | <b>\$15.655,97</b> |

Fuente: Tabla elaboración propia.

### **3.2. JUSTIFICACIÓN DE ELECCIÓN**

El desarrollo de esta propuesta está enfocado al aumento de tecnología y disminución de sobreconsumo de potencia por parte de la activación de los equipos de bombeo. Se agregarán nuevos protocolos de comunicación a la red principal de la planta, los que a su vez serán medio de manejo de las nuevas bombas. Estas bombas tendrán las mismas capacidades de bombeo que las bombas actuales, pero con controlador y actuador incluido, además de un protocolo de comunicación nuevo que dará la partida de manera más eficiente con los variadores de frecuencia integrados.

#### **3.2.1. Mejora de activación de sistema de bombeo**

El método actual de activación de bombas es mediante presostatos regulados a presiones determinadas. Estos dispositivos se utilizan para cerrar o abrir un circuito eléctrico en función de la presión que ejerce un fluido sobre un pistón interno que se mueve hasta que se unen dos contactos, es un interruptor de presión que actúa dependiendo de la presión de agua. Estos dispositivos conectados a cada bomba son activados de manera secuencial para que no se ejecute una función excesiva de ninguna bomba.

El nuevo método de activación se realizará con los variadores llamados Hydrovar. Es un sistema de control de velocidad con microprocesador instalado directamente sobre una bomba. Permite realizar funciones más allá que variar solo la velocidad de una bomba como haría un convertidor de frecuencia normal. Tiene capacidad real para adaptar, optimizando el consumo de energía, el funcionamiento de una o varias bombas a un amplio campo de aplicaciones y exigencias del sistema.

El caudal de las estaciones de bombeo convencionales se adaptaba hasta ahora a valores de consumo fluctuantes. Dicha adaptación se efectuaba conectando o desconectando una o varias bombas según la presión o mediante un interruptor. Para ello, son necesarios armarios de distribución adecuados y también grandes tanques de aire comprimido para limpiar el número

de maniobras. La conmutación por presión en la red de suministro y en los sistemas de elevación de presión, la toma intermitente de todo el caudal de la bomba provoca también grandes fluctuaciones de presión en la red de entrada. En los sistemas de circulación, para variar el caudal, se colocan válvulas reguladoras de presión o válvulas bypass con regulación de caudal.

En los sistemas con regulador de velocidad eran necesarios, además de reguladores complicados, lo cual exigía no sólo el correspondiente cableado, sino también la realización de costosas operaciones de optimización al poner en marcha el sistema.

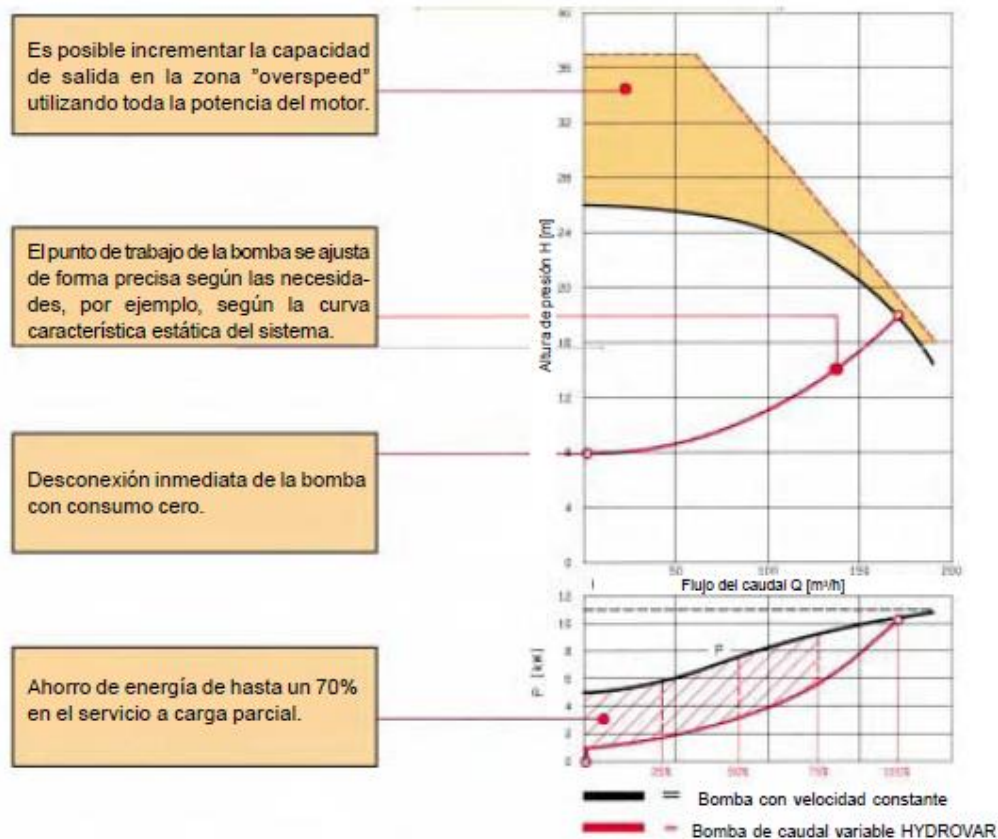
El uso de Hydrovar sustituye todos los costosos elementos, incluyéndose dentro del equipo una bomba en bloque, convertidor de frecuencia totalmente encapsulado, transmisor de presión o transmisor de presión diferencial, además de regulación completa con microprocesador, incluido el control de bombas en línea, la comunicación automática por avería, la alimentación automática, etc. Las potencias de las bombas van de 1.4 HP a 30 HP (1,1 KW a 22,0 KW). Un ejemplo de este ahorro energético es el mostrado en la Figura 3-1, la cual está asociada a una bomba circuladora con una potencia de motor de 11KW en servicio a carga parcial.

Tomando en cuenta que se ocupaba presostato para la activación de las bombas el consumo de potencia es mucho más elevado debido a los pick de corriente al momento de la desactivación y a los golpes de ariete en las bombas por la desactivación abrupta, en vez de ser una desactivación con un descenso controlado.

Ahora si se calcula el valor de potencia consumida en un año por la bomba que será ocupada en la propuesta HV 3.15 15KW 30A de corriente máxima. En un año con (8790 horas) se tendría una potencia de 127.894,5KW, si se compara con el consumo anual con una bomba con el sistema de funcionamiento actual de un valor de 189.206KW nos damos cuenta que hay un ahorro de 61.311KW, tomando en cuenta el consumo de solo una bomba.

En comparación con los gastos de inversión de la unidad reguladora HYDROVAR, el periodo de amortización resultante es inferior a un año (varía según la tarifa energética).

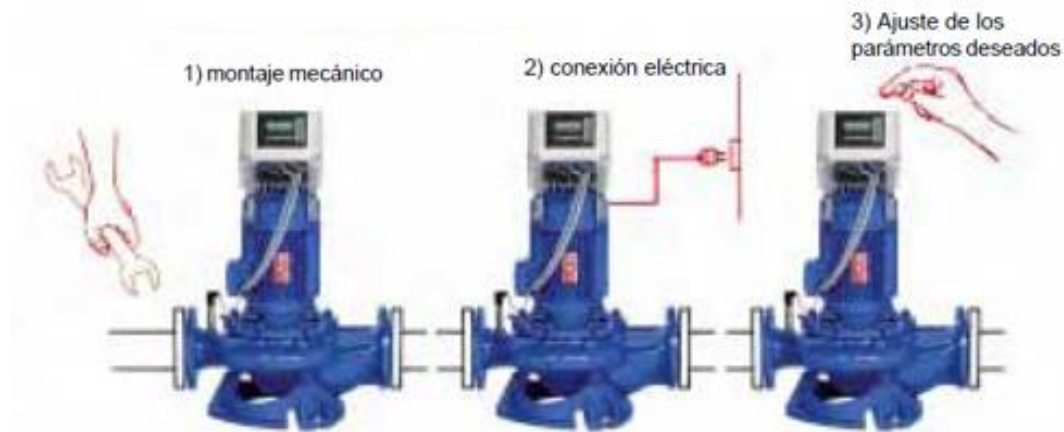
Es posible efectuar un funcionamiento completo de las bombas llegando a niveles elevados de velocidad, como también descender de manera precisa hasta llegar a la desactivación de manera inmediata ahorrando energía en comparación a los sistemas de conmutación con presóstato. En la Figura 3-1 se muestra de manera más amigable estos conceptos.



Fuente: : [http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen\\_12-im-es.pdf](http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen_12-im-es.pdf).

Figura 3-1. Sistema más eficiente.

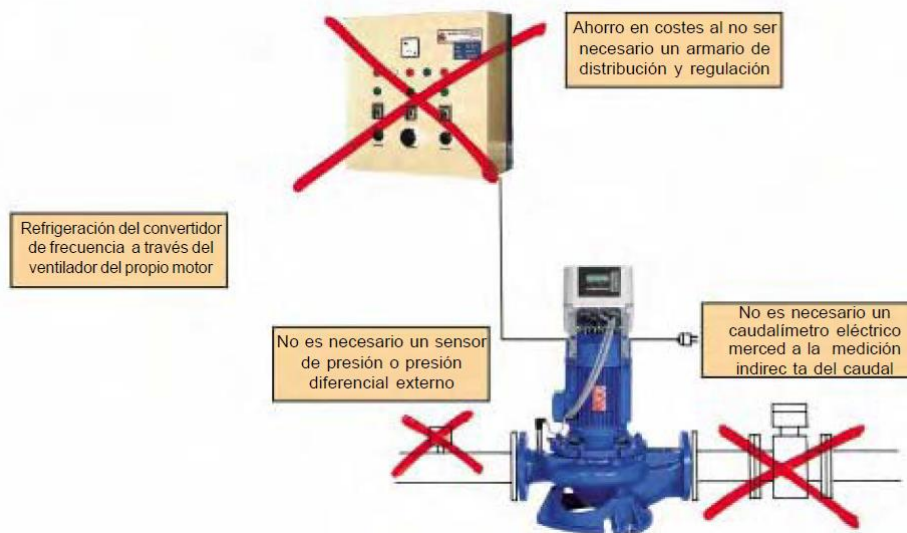
La protección de estos equipos consiste en un cerramiento rígido en carcasa de aluminio con protección IP 54, 55 (alta protección contra polvo y chorros de agua). Estos equipos tienen un manejo muy sencillo de conexiones, tanto mecánicas como eléctricas. Además, si se desea un trabajo individual de estos equipos los ajustes de los parámetros deseados son fáciles de ingresar.(Figura 3-2)



Fuente: : [http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen\\_12-im-es.pdf](http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen_12-im-es.pdf).

Figura 3-2. Ejemplo de manejo de equipos.

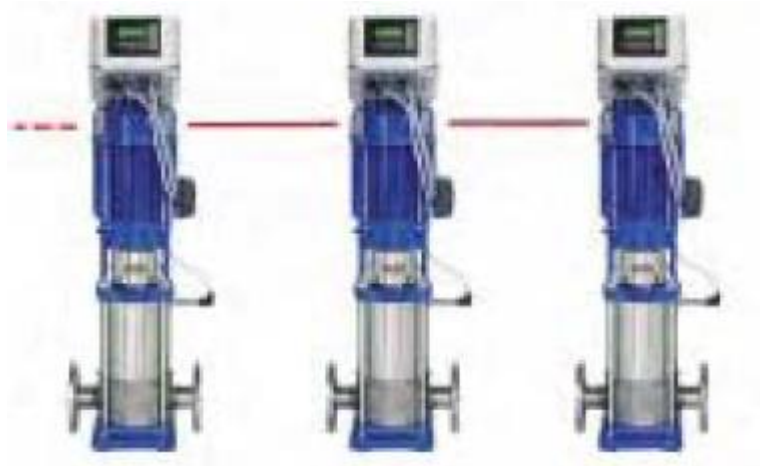
Como es sabido en todo control de presión son necesario sensores para medir las variables adecuadas al sistema evaluado como es la presión el caudal. Con estos nuevos equipos no hay necesidad de la instalación de este tipo de sensores ya que se encuentran incluidos, además aprovecha la refrigeración del variador a través de mismo motor (Figura 3-3). Como se ha mencionado estos equipos pueden funcionar sin un armario de trabajo que controle sus funciones lo que hace más fácil al momento de generar reparaciones o modificaciones al sistema.



Fuente: [http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen\\_12-im-es.pdf](http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen_12-im-es.pdf).

Figura 3-3. Ejemplo de simplificación de elementos en el equipo.

El montaje es sencillo de equipos con varias bombas mediante la integración de procesadores y conexión de interfaces (RS 485) (desconexión automática en caso de avería, alternancia de prioridad de bombas cíclica, control automático de marcha/paro de bombas en función de la demanda). Es posible la comunicación con una central de mando a la cual llegan los parámetros de cada dispositivo conectado a través de la comunicación común RS485 ejemplificado en la figura 3-4.



Fuente: : [http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen\\_12-im-es.pdf](http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen_12-im-es.pdf).

Figura 3-4. Conexión interfaz RS-485.

### 3.2.2. Protocolos de comunicación.

La experiencia sigue siendo una cualidad muy valorada en el mundo de las automatizaciones industriales. Un ejemplo, es protocolo de comunicación industrial Modbus que, pese a sumar cuatro décadas de existencia, continúa siendo de los consentidos por parte de los ingenieros.

Desde su sencillez, hasta su capacidad de adaptación son algunos de los atributos que más valoran los expertos al optar por este protocolo, creado en 1979 por la empresa Modicon (hoy, una marca de Schneider Electric).

Fue el primero en diseñarse y se ideó como una interfase para comunicación multipunto, bajo un modelo de arquitectura maestro/esclavo.

Como ya se explicó en el capítulo anterior es requerido por la empresa un protocolo de comunicación que permita la interacción con dispositivos a través de protocolos de comunicación Modbus TCP/IP y Modbus RTU. Dado que la empresa tenía en su poder un dispositivo HMI Magelis sin utilizar con interfaz RS-485 (Modbus TCP/IP) y los variadores ya mencionados pueden ser conectados mediante interfaces RS-485, es muy conveniente utilizar este protocolo de comunicación. Además de las ventajas propias de utilizar esta comunicación se pueden destacar:

- **Sencillez:** Esto es lo primero y más importante. A pesar del paso de los años, guarda su esencia simple que lo hace fácil de entender, implementar y diagnosticar. Si bien esto también puede ser un defecto, pues hay funcionalidades que ya no cumple y los protocolos más modernos sí, pero no pierde esa sencillez inicial que lo caracteriza hasta la fecha.
- **Muy conocido:** Es el protocolo sobre el que más se conoce en la industria. Existe amplia documentación, asesoría y entrenamientos disponibles. Inició como un protocolo de facto y al poco tiempo se convirtió en estándar tras haber sido adoptado por muchos fabricantes de equipos y sistemas. Actualmente, una gran variedad de marcas lo trabajan.
- **Funcionalidades:** No hay una sola industria que no utilice Modbus. Desde la energética, pasando por la domótica y finalizando en la manufacturera. Miles de equipos de control (PLC, sensores, microcontroladores, entre otros) utilizan Modbus como su estándar de comunicación. Entre las funcionalidades que brinda, destacan las siguientes:

- Transmisión de datos en tiempo real.
  - Transmisión de datos de Entradas y Salidas.
  - Lectura de variables análogas y Holding Registers.
  - Escrituras de Mandos.
  - Broadcast de funciones.
- 
- **Adaptación:** La estructura de este protocolo gira en torno a los mensajes y no a los equipos físicos o al medio de comunicación. Esto significa que el mismo tipo de mensaje, que se usaba antes vía RS232, es el que usamos hoy vía TCP/IP, con la salvedad de que va insertado en la capa de aplicación del estándar OSI. En ello radica el secreto de la perdurabilidad de Modbus: a diferencia de otros protocolos, no está segmentado y ha desarrollado la capacidad de adaptación a las nuevas tecnologías de informática, manteniendo la sencillez de los mensajes de 1979.
  - **Vigencia asegurada:** No se puede decir que en los próximos años Modbus sufrirá cambios dramáticos en su operación y estructura. Si no lo ha hecho en cuatro décadas, difícilmente lo haga. Lo cierto es que eso no impedirá a que continúe siendo muy utilizado y uno de los preferidos, tanto entre los nostálgicos de la industria, como en las nuevas generaciones.

Aunque también tiene sus desventajas, como las limitaciones propias de una relación unilateral maestro/esclavo, así como su incapacidad para transportar la estampa de tiempo de los datos, son más las virtudes que los defectos de este protocolo.

### 3.3. ACTIVIDADES DEL PROYECTO

En la Tabla 3-3 se especifican las actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto especificado HH, precio costo están expresados en CLP según la cantidad de horas. Las actividades se encuentran asociadas a su posición en el EDT (estructura de descomposición del trabajo).

El trabajo será realizado a nivel de ingeniero y de técnico. Se podrá ejecutar más de una de las tareas mencionadas a la vez, logrando así un mejor avance del proyecto.

Las horas hombre es una unidad convencional para cuantificar las horas presencia o intervención de personas en un proceso o actividad dependiente del nivel de cargo. El valor promedio de un técnico tendrá un costo de 2.472 CLP por cada hora, por otro lado, el valor promedio por hora de un ingeniero es de 6.462 CLP, estos valores son el valor hora normal para los trabajadores según el Instituto Nacional de estadísticas de Chile.

Al momento de realizar la instalación de las bombas con equipamiento Hydrovar, no es necesario la detención de las operaciones normales de la planta elevadora, solo se debería cerrar el paso de las bombas a cambiar.

Cada uno de los Variadores básicos se pueden arrancar manualmente mediante un conmutador externo (operación manual) para así asegurar el funcionamiento de emergencia del sistema.

Tabla 3-3. Planilla de esfuerzo.

| Código EDT | Descripción                                     | Cargo     | Unidades | Hora unidad | Subtotal horas | Costo   | Costo total |
|------------|-------------------------------------------------|-----------|----------|-------------|----------------|---------|-------------|
| 1.1        | Levantamiento estado actual de planta elevadora | Ingeniero | 1        | 16          | 16             | 103.392 | 103.392     |
|            |                                                 | Técnico   | -        | -           |                | -       |             |
| 1.2        | Diseñar planos de comunicación modbus           | Ingeniero | 1        | 90          | 90             | 581.580 | 581.580     |
|            |                                                 | Técnico   |          |             |                |         |             |
| 1.3        | Diseño interfaz en Vijeo Designer               | Ingeniero | 1        | 90          | 90             | 581.580 | 581.580     |
|            |                                                 | Técnico   |          |             |                |         |             |
| 1.4        | Diseño interfaz programa SCADA central          | Ingeniero | 1        | 120         | 120            | 775.440 | 775.440     |
|            |                                                 | Técnico   | -        | -           |                | -       |             |
| 1.5        | Programación PLC S7-1200 TIA PORTAL V14         | Ingeniero | 1        | 120         | 120            | 775.440 | 775.440     |
|            |                                                 | Técnico   | -        | -           |                | -       |             |

Tabla 3-4. Continuación de planilla de esfuerzo.

|     |                                                                 |           |   |     |    |                    |                  |
|-----|-----------------------------------------------------------------|-----------|---|-----|----|--------------------|------------------|
| 2.1 | Instalación de equipos Hydrovar                                 | Ingeniero | - | -   |    | -                  | 791.040          |
|     |                                                                 | Técnico   | 2 | 160 |    | 791.040            |                  |
| 2.2 | Instalación equipo S7-1200                                      | Ingeniero |   |     | 16 |                    | 39.552           |
|     |                                                                 | Técnico   | 1 | 16  |    | 39.552             |                  |
| 2.3 | Instalación de módulos equipo S7-1200                           | Ingeniero | - | -   | 8  | -                  | 19.776           |
|     |                                                                 | Técnico   | 1 | 8   |    | 19.776             |                  |
| 2.4 | Instalación equipo HMI GTO3510                                  | Ingeniero | - | -   | 16 | -                  | 39.552           |
|     |                                                                 | Técnico   | 1 | 16  |    |                    |                  |
| 2.5 | Conexionado Comunicación Equipos Hydrovar                       | Ingeniero | - | -   | 32 | -                  | 79.104           |
|     |                                                                 | Técnico   | 2 | 16  |    |                    |                  |
| 2.6 | Conexionado comunicación Equipo Hydrovar Master con PLC S7-1200 | Ingeniero | - | -   | 32 | -                  | 79.104           |
|     |                                                                 | Técnico   | 2 | 16  |    |                    |                  |
| 2.7 | Conexionado comunicación Equipo HMI GTO 3510 con PLC S7-1200    | Ingeniero | - | -   | 32 | -                  | 79.104           |
|     |                                                                 | Técnico   | 2 | 16  |    | 138.160            |                  |
| 2.8 | Conexionado comunicación Equipo S7-1200 con SCADA central       | Ingeniero | - | -   | 32 | -                  | 79.104           |
|     |                                                                 | Técnico   | 2 | 16  |    | 276.320            |                  |
| 3.1 | Pruebas de funcionamiento                                       | Ingeniero | 1 | 4   | 20 | 25.848             | 65.400           |
|     |                                                                 | Técnico   | 1 | 16  |    | 39.552             |                  |
| 3.2 | Corrección de errores en caso de su existencia                  | Ingeniero | - | -   | 8  | -                  | -                |
|     |                                                                 | Técnico   | 2 | 8   |    | -                  |                  |
| 3.3 | Capacitación personal para correcto uso del nuevo sistema       | Ingeniero | 1 | 8   | 8  | 51.696             | 51.696           |
|     |                                                                 | Técnico   | - | -   |    | -                  |                  |
|     |                                                                 |           |   |     |    | <b>Total (CLP)</b> | <b>4.140.864</b> |

Fuente: Tabla elaboración propia.

Un riesgo de un proyecto es un factor interno y externo, evento o condición incierto que, si se produce puede tener un efecto positivo o negativo sobre al menos un objetivo del proyecto, con tiempo costo alcance o calidad/funcionalidad, e incluso lo que alguno de estos factores (o de otros) pueda significar para terceros. Dentro de las características de riesgos varían drásticamente de una situación a otra. Pueden ser interdependientes, los riesgos a menudo están relacionados.

El tiempo puede ser un factor de riesgo a mitigar, el cual está asociado a todas las partes del proyecto. Para mitigar este factor se desarrollan planificaciones que contemplan los objetivos del proyecto dándoles un valor de tiempo adecuado para cada tarea con rangos de tiempos de tolerancia en caso de algún evento desafortunado.

El desempeño de los trabajadores debe ser medido de manera constante para cumplir con los tiempos adecuados, además de que las partes del proyecto no tenga errores que puedan perjudicar al resto del sistema. Por esto si la comunicación es poco efectiva las partes asociadas a cada tarea no se cumplirán de manera correcta.

La falta de compromiso de los involucrados o interesados del proyecto puede ser otro factor que afecte el avance. Se deberán tener los permisos adecuados, mantener informada a cada una de las partes sin excepción

La respuesta a un riesgo puede provocar un nuevo riesgo o aumentar el impacto de uno ya existente. También están basados en tiempo, el riesgo es un fenómeno del futuro causado por acciones actuales. El tiempo además afecta a la percepción del riesgo. Dependiendo de cuando ocurra el riesgo, la percepción cambia. Dentro de otros muchos factores que se tienen que tomar en cuenta al momento de hacer el proyecto.

De acuerdo a lo expuesto, se puede llegar al costo total del proyecto considerando materiales, mano de obra, imprevistos. El costo total del proyecto tendrá un valor de \$20.468,69 US (valor expresado en dólares).

## **CONCLUSIÓN**

La implementación de la presente propuesta de proyecto no cuenta con una necesidad de urgencia prioritaria, pero los efectos de no ser implementado a mediano o largo plazo generaría problemas en el cumplimiento de la concesión con la ciudad de Valdivia. Los efectos de la implementación de este proyecto beneficiarían a toda la población en desarrollo, cumpliendo a prestar servicios sanitarios, logrando la satisfacción de sus clientes, maximizando los beneficios económicos a largo plazo gracias a la incorporación de adelantos tecnológicos, buscando así mejorar la calidad de productos y servicios.

Es importante resaltar que existen áreas que aún requieren de estudio (nuevos estudios demográficos, legislaciones sanitaria y ambiental, entre otras), en conjunto con otros sectores de ingeniería que deben participar (Ing. Hidráulica, Ing. Informática, Ing. Mecánica), adecuando de manera más efectiva lo expuesto en este trabajo. Siendo así se necesitará mejorar la precisión de la información con estudios posteriores de mayor complejidad.

La solución propuesta se traduce en aumentar la eficiencia de los equipos de bombeo, por sus años de vida, adecuándolos a tecnologías actuales que permiten un manejo más competente del consumo de energía eléctrica asociado a Rio Cruces, disminuyendo el gasto energético.

Con los antecedentes recopilados se puede llegar a la conclusión de que la mejor opción para instalación, considerando parámetros eléctricos, hidráulicos y de costo, es la alternativa correspondiente al conjunto motor-bomba marca Lowara con variador Hydrovar proporcionados por la empresa Xylem Wáter Soluciones Chile SA.

Este tipo de proyectos, hacen reflexionar respecto a los posibles escenarios que se presentarán en los nuevos puestos de trabajo como ingeniero, aplicando los conocimientos adquiridos. Tomando en cuenta que muchas veces habrá que intentar resolver problemas en un área industrial, sin equipamientos conocidos y herramientas adecuadas, siendo necesario adaptarse a los conocimientos para sacar adelante cada proyecto que se presente.

**BIBLIOGRAFÍA**

INFOPLC: Modbus con TIA Portal para el SIMATIC S7-1200 [en línea]

<<https://www.infoplc.net/descargas/103-siemens/automatas/s7-1200/2586-siemens-tia-portal-s7-1200-modbus>>

[Consulta: 10 de Agosto 2019]

PLC-HMI-SCADAS: Intercambio Datos entre Siemens y Schneider por Modbus TCP [en línea]

<[https://plc-hmi-scadas.com/Siemens\\_Modbus\\_Schneider.php](https://plc-hmi-scadas.com/Siemens_Modbus_Schneider.php)>

[Consulta: 15 de Agosto 2019]

MEDIA.AUTOMATION24: Controlador programable S7-1200 [en línea]

< [https://media.automation24.com/manual/es/91696622\\_s71200\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://media.automation24.com/manual/es/91696622_s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf)>

[Consulta: 16 de Agosto 2019]

HYDROVAR: Manual de funcionamiento Lowara. [pdf]

< [http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen\\_12-im-es.pdf](http://www.lowara.pl/vogdata/doc/ES/hvnewgen_12-im-es.pdf)>

[Consulta: 19 de Agosto 2019]

VIJEO DSIGNER: Manual de procedimientos Vijeo Designer 6.2. [pdf]

<<https://www.se.com/cl/es/product-range-download/1054-vijeo-designer/>>

[Consulta: 23 de Agosto 2019]

UCO: Introducción a SCADA [pdf]

<<http://www.uco.es/grupos/eatco/automatica/ihm/descargar/scada.pdf>>

[Consulta: 29 de Agosto 2019]

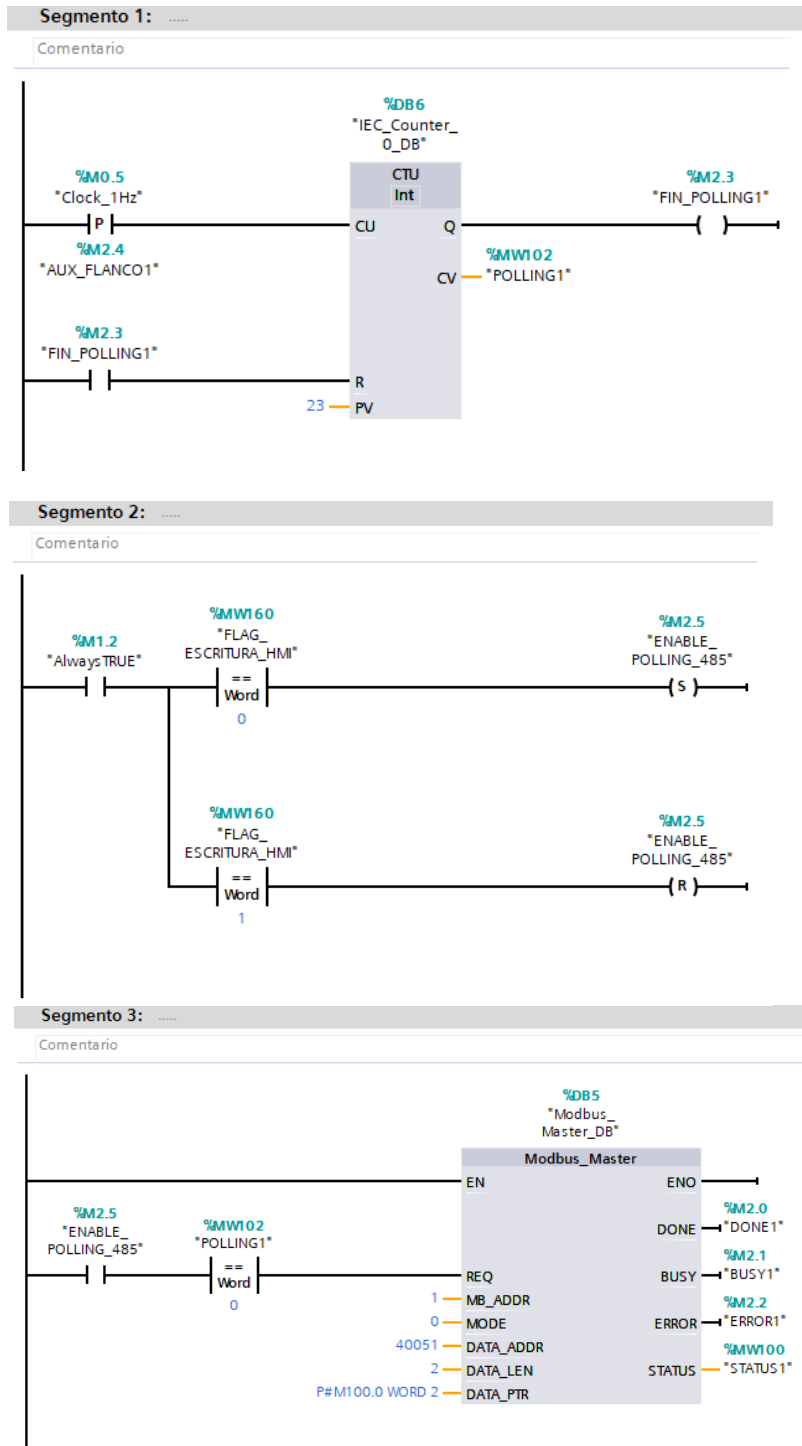
EEYMUC: Protocolo Modbus [en línea]

<<https://www.eeymuc.co/31-protocolo-modbus/>>

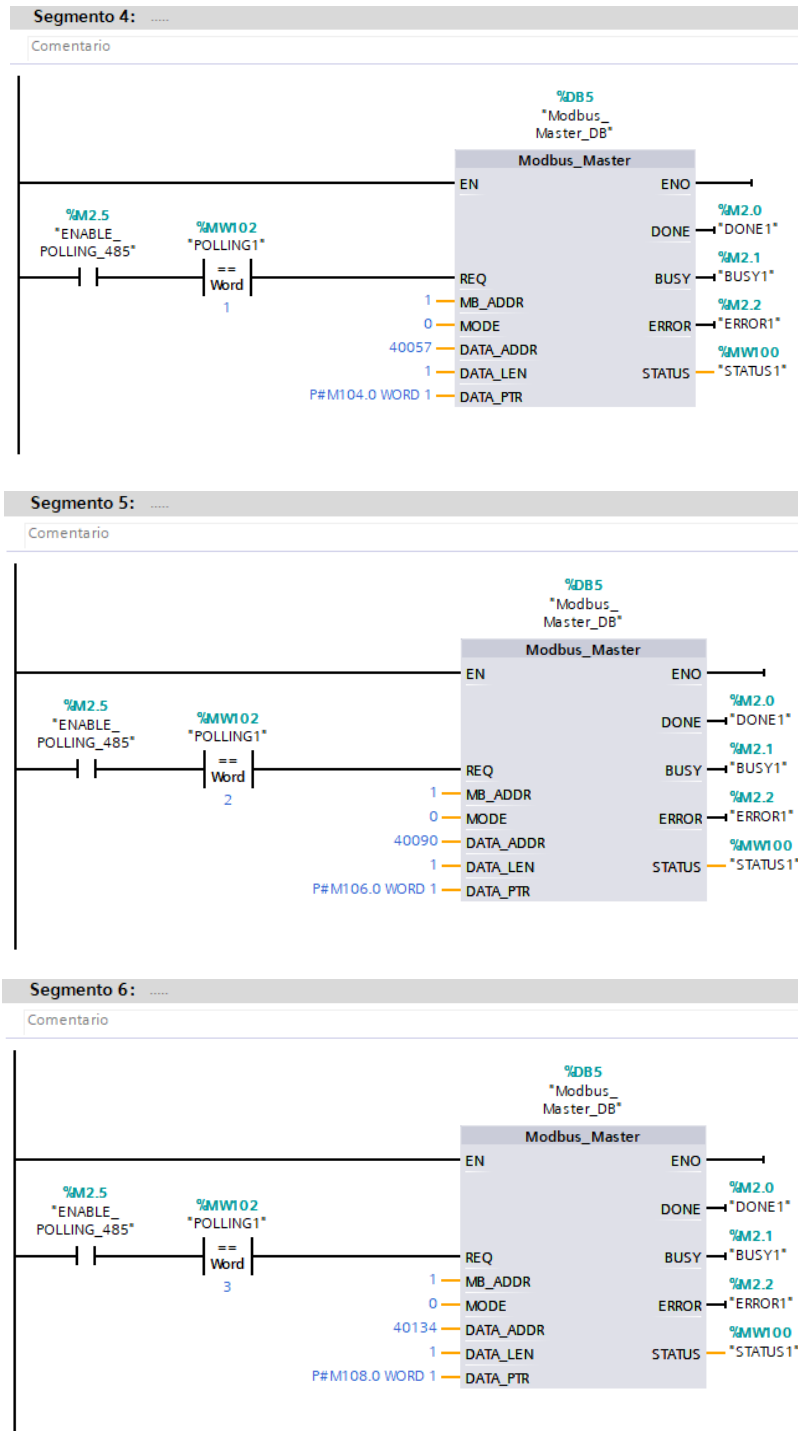
[Consulta: 1 de Septiembre 2019]

**ANEXOS**

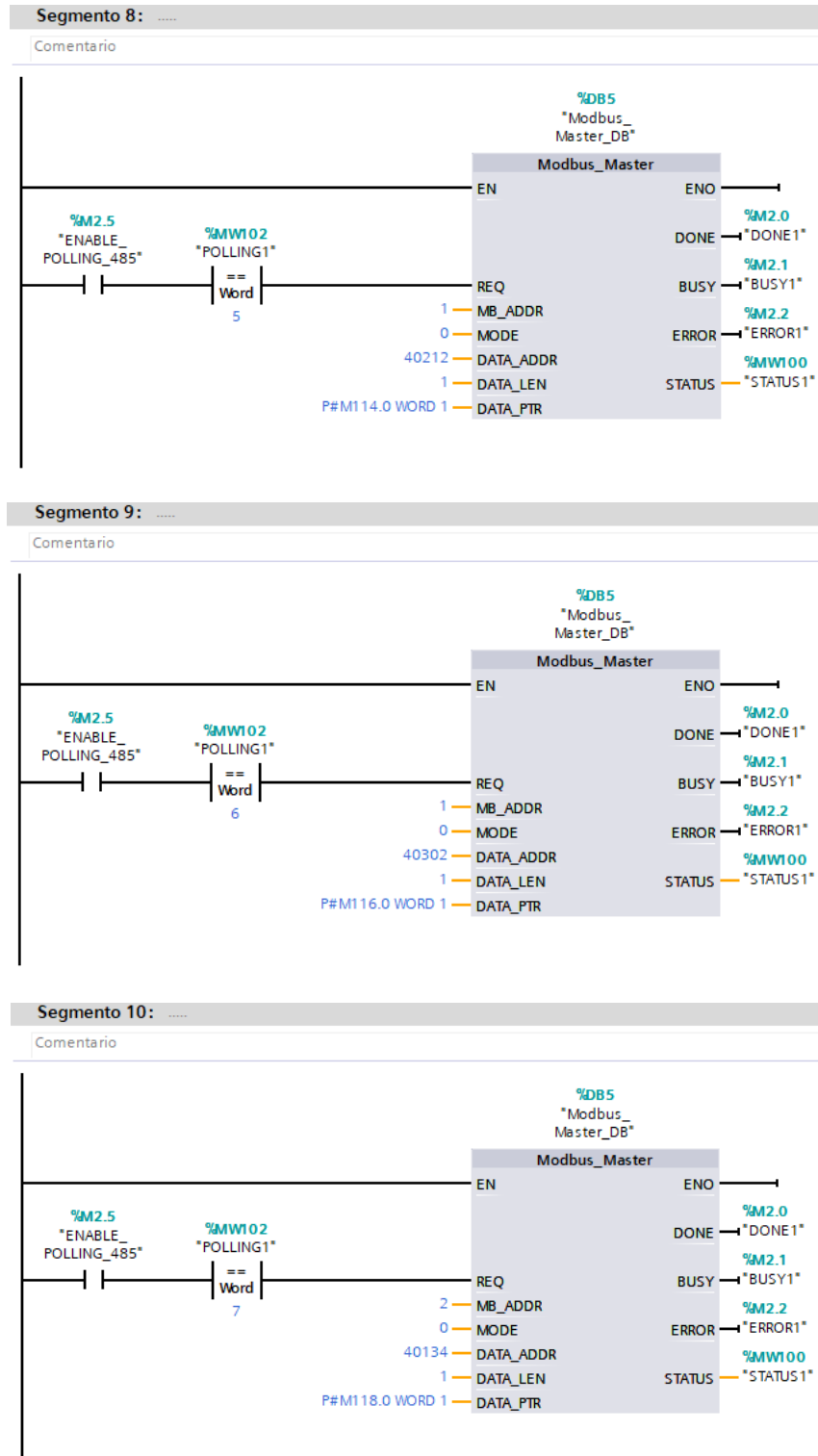
## [Anexo 1: Programación TIA Portal V14]



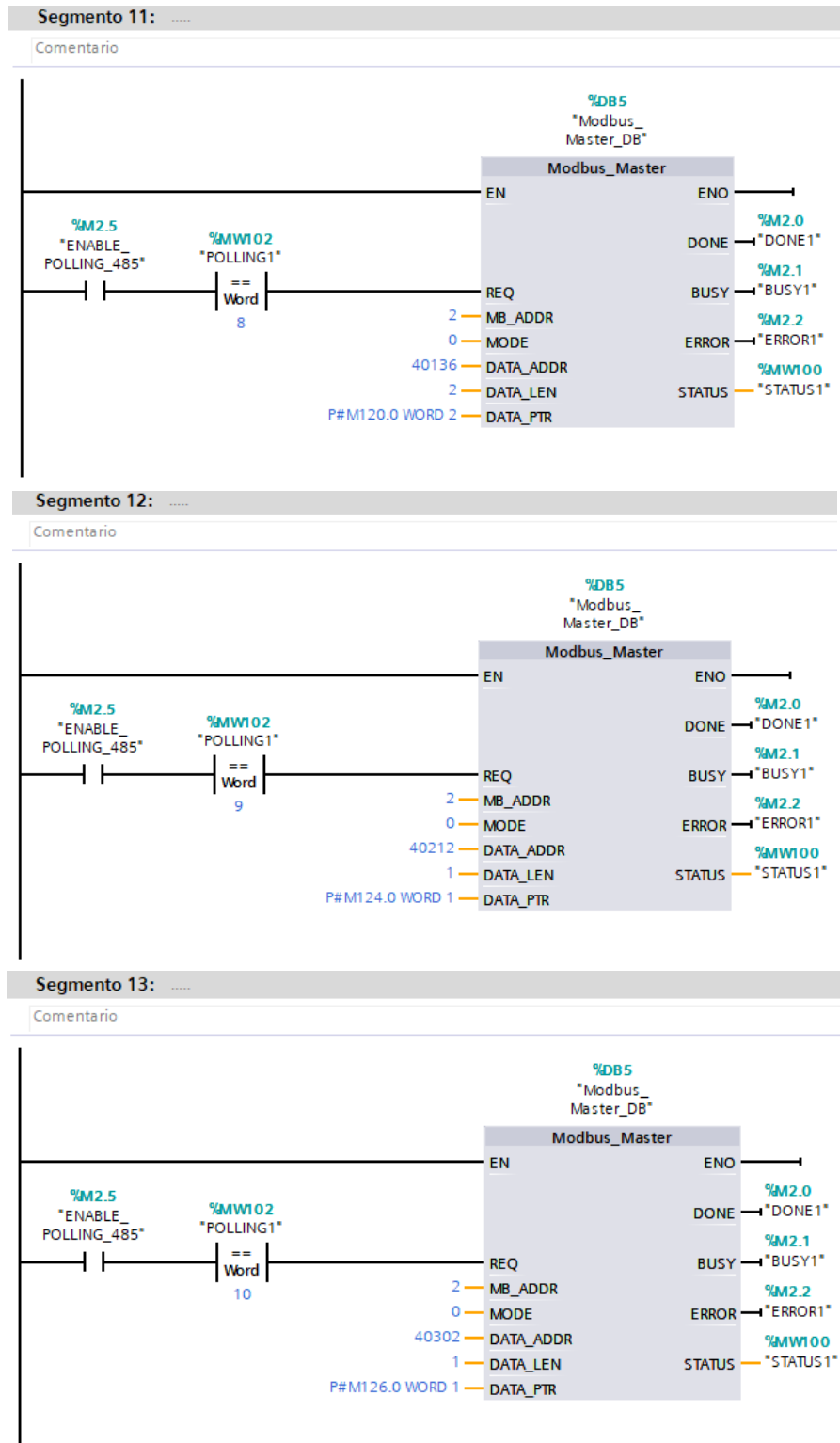
[Anexo 1-2]



[Anexo 1-3]



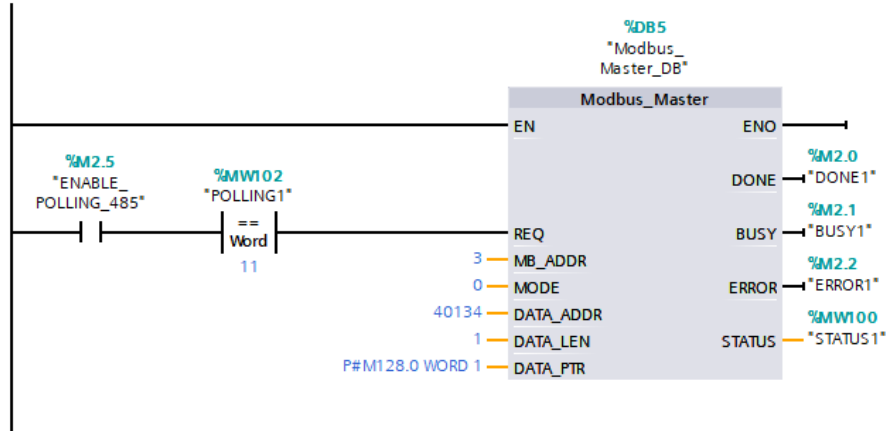
[Anexo 1-4]



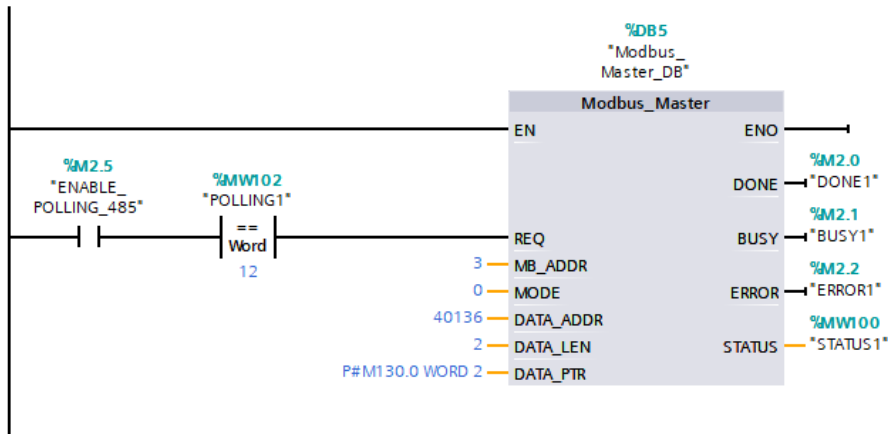
[Anexo 1-5]

**Segmento 14: .....**

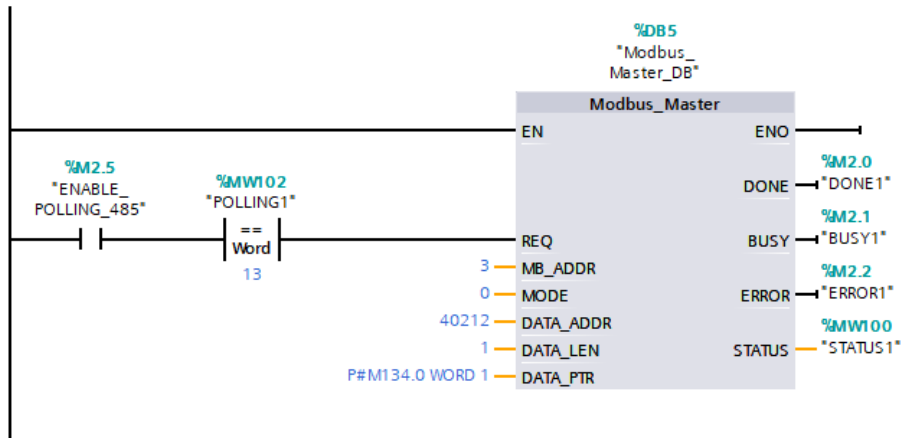
Comentario

**Segmento 15: .....**

Comentario

**Segmento 16: .....**

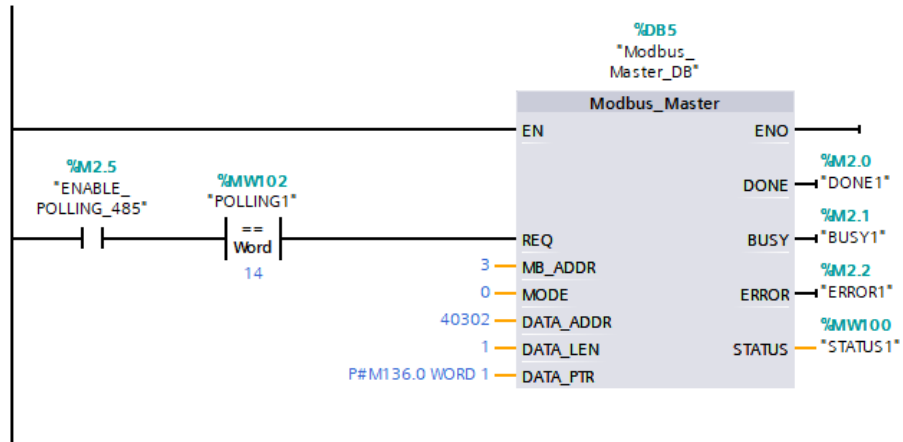
Comentario



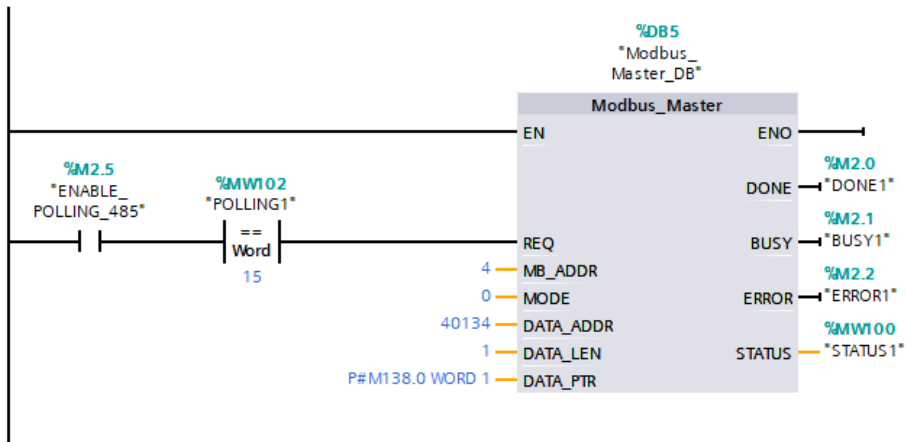
[Anexo 1-6]

**Segmento 17: .....**

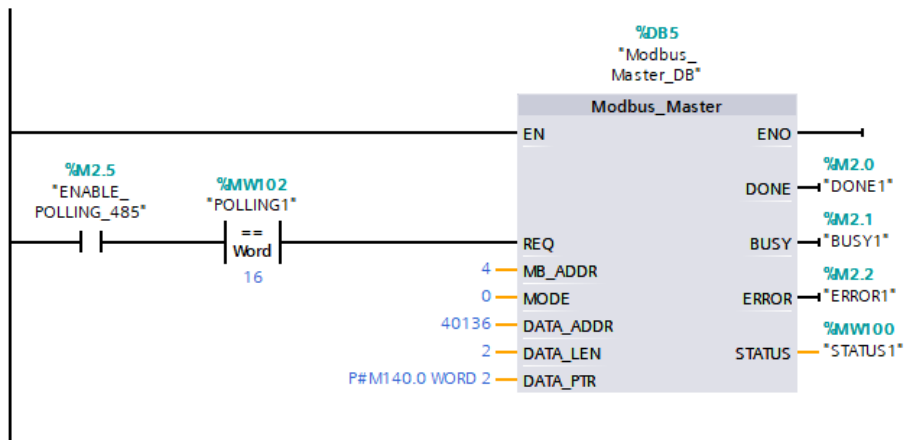
Comentario

**Segmento 18: .....**

Comentario

**Segmento 19: .....**

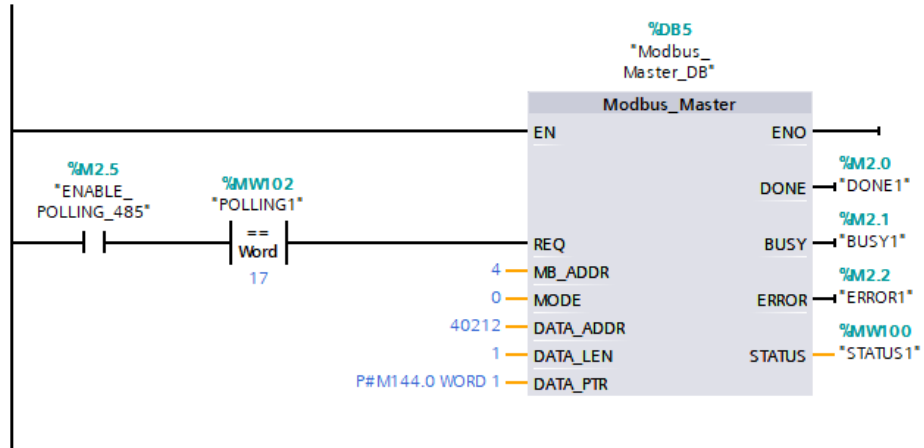
Comentario



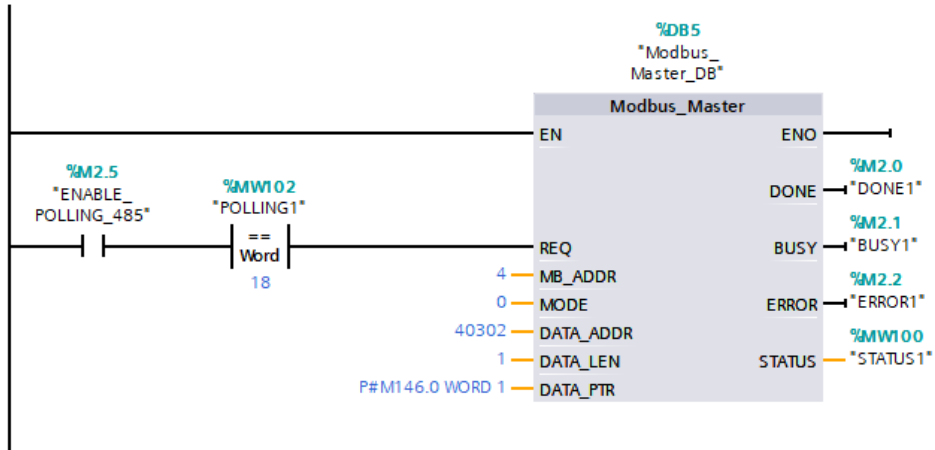
[Anexo 1-7]

**Segmento 20: .....**

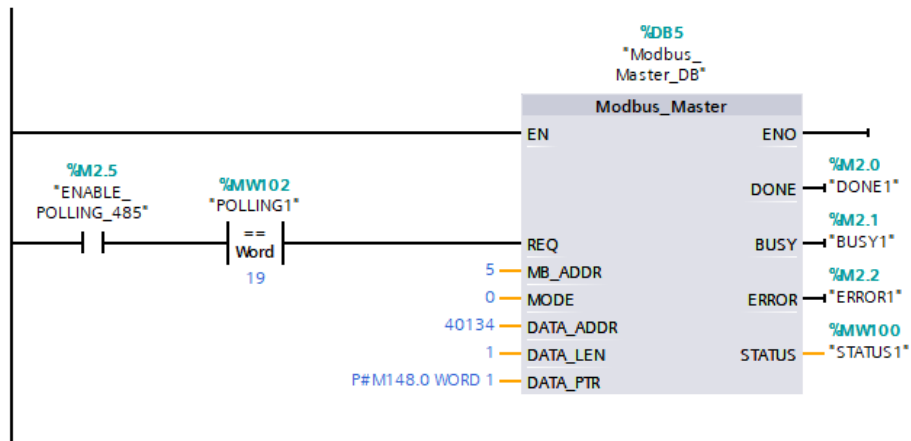
Comentario

**Segmento 21: .....**

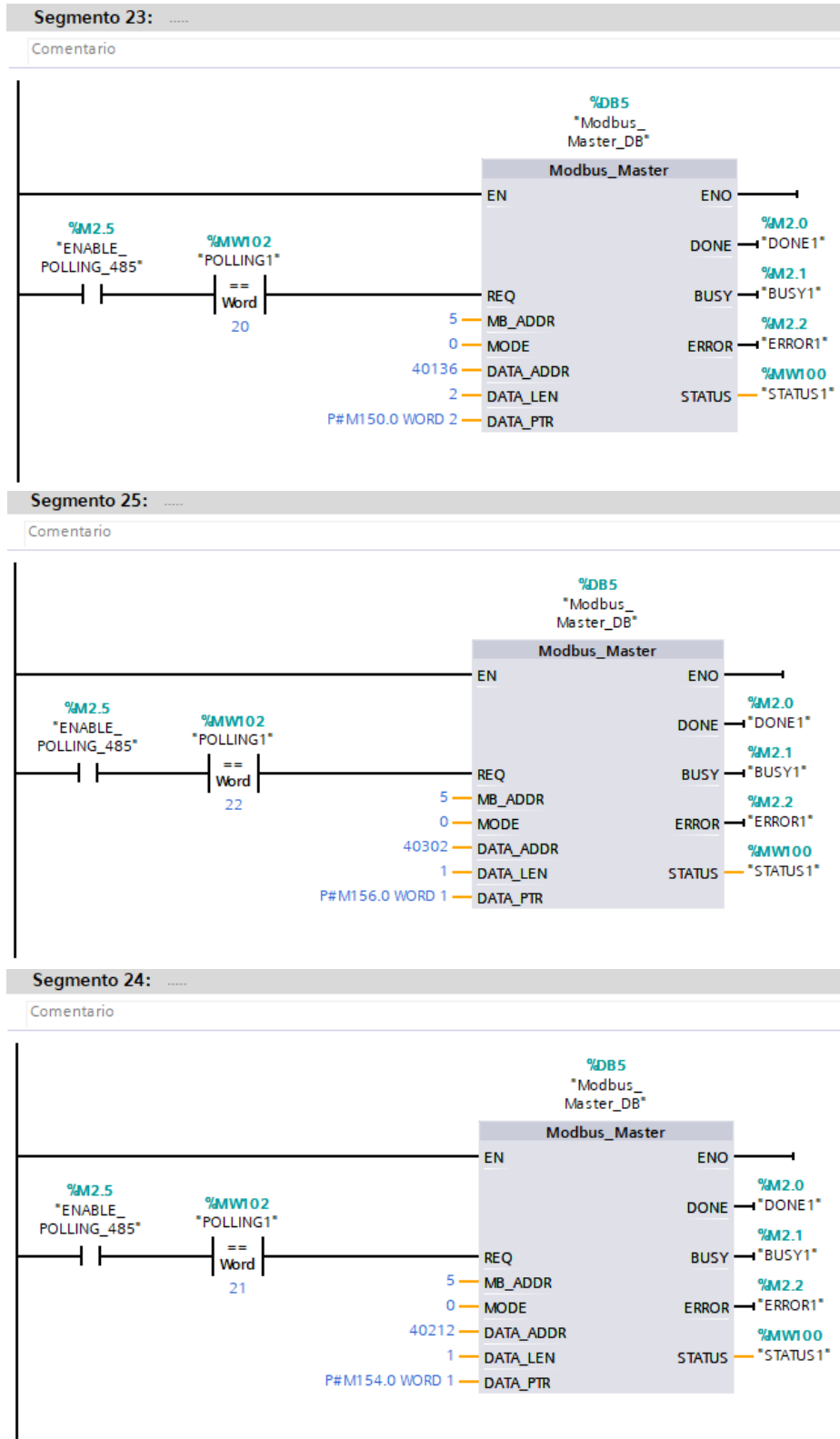
Comentario

**Segmento 22: .....**

Comentario



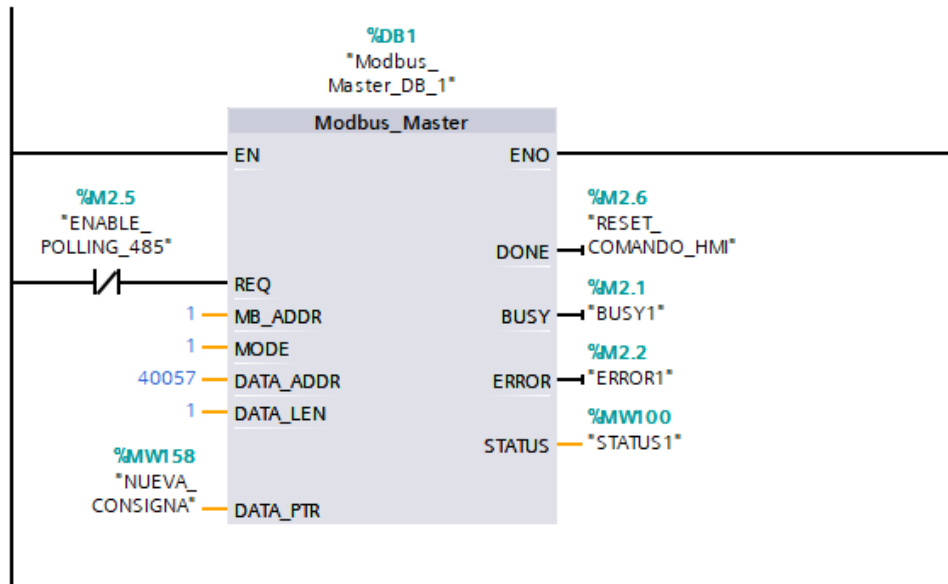
[Anexo 1-8]



[Anexo 1-9]

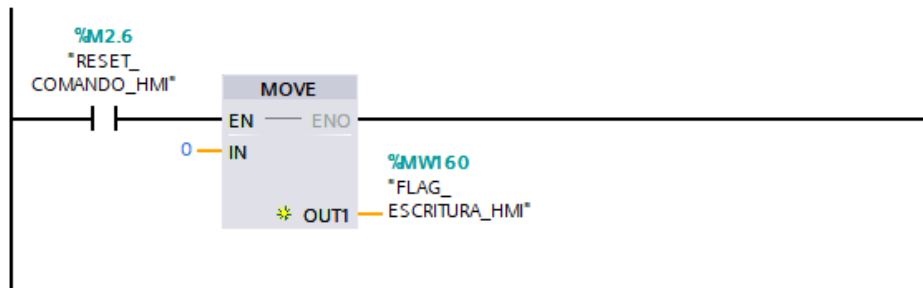
## Segmento 26: .....

Comentario



## Segmento 27: .....

Comentario



[Anexo 1-10]

Mapeo de datos

| Polling            | PLC   | Modbus TCP | Bomba 1 |                      | Bomba 4 |       |       |       |
|--------------------|-------|------------|---------|----------------------|---------|-------|-------|-------|
| 0                  | vw100 | 40101      | 4051    | Valor Actual         | 15      | vw138 | 40139 | 40134 |
|                    | vw102 | 40103      | 4052    | Valor actual Frec    |         |       |       |       |
|                    |       |            |         |                      | 16      | vw140 | 40141 | 40136 |
|                    |       |            |         |                      |         | vw142 | 40143 | 40137 |
| 1                  | vw104 | 40105      | 4057    | Valor de inicio      |         |       |       |       |
|                    |       |            |         |                      | 17      | vw144 | 40145 | 40212 |
|                    |       |            |         |                      |         |       |       |       |
| 2                  | vw106 | 40107      | 4090    | status bombas        | 18      | vw146 | 40147 | 40302 |
|                    |       |            |         |                      |         |       |       |       |
| 3                  | vw108 | 40109      | 40134   | Temperatura inversor | Bomba 5 |       |       |       |
|                    |       |            |         |                      | 19      | vw148 | 40149 | 40134 |
| 4                  | vw110 | 40111      | 40136   | corriente inversor   |         |       |       |       |
|                    | vw112 | 40113      | 40137   | voltaje inversor     | 20      | vw150 | 40151 | 40136 |
|                    |       |            |         |                      |         | vw152 | 40153 | 40137 |
| 5                  | vw114 | 40115      | 40212   | ERROR                |         |       |       |       |
|                    |       |            |         |                      | 21      | vw154 | 40155 | 40212 |
|                    |       |            |         |                      |         |       |       |       |
| 6                  | vw116 | 40117      | 40302   | Tipo Error           | 22      | vw156 | 40157 | 40302 |
|                    |       |            |         |                      |         |       |       |       |
| Bomba 2            |       |            |         |                      | Bomba 3 |       |       |       |
| 7                  | vw118 | 40119      | 40134   |                      | 11      | vw128 | 40129 | 40134 |
|                    |       |            |         |                      |         |       |       |       |
| 8                  | vw120 | 40121      | 40136   |                      | 12      | vw130 | 40131 | 40136 |
|                    | vw122 | 40123      | 40137   |                      |         | vw132 | 40133 | 40137 |
|                    |       |            |         |                      |         |       |       |       |
| 9                  | vw124 | 40125      | 40212   |                      | 13      | vw134 | 40135 | 40212 |
|                    |       |            |         |                      |         |       |       |       |
| 10                 | vw126 | 40127      | 40302   |                      | 14      | vw136 | 40137 | 40302 |
|                    |       |            |         |                      |         |       |       |       |
| Consigna desde HMI |       |            |         | vw158                | 40159   |       |       |       |
|                    |       |            |         |                      |         |       |       |       |
| Enable Escritura   |       |            |         | vw160                | 40161   |       |       |       |
|                    |       |            |         |                      |         |       |       |       |

## [Anexo 2: Información Técnica General]

Hydrovar

ACCESORIOS  Convertidor de frecuencia

## Hydrovar

### Variador de frecuencia Hydrovar.

Permite la variación automática de la velocidad de una electrobomba. Es un equipo de alta tecnología que se caracteriza por su diseño compacto, que se traduce en ahorro de espacio y de energía.



#### Especificaciones Técnicas

- 3 modelos disponibles:
  - HV 2.015 - 4.110 para motores mono y trifásicos.
  - HV 4.150 - 4.220 para motores trifásicos.
  - HVS 1.1 (no necesita sensor diferencial de presión) para motores mono y trifásicos.
- Permite ahorrar energía de hasta el 70% contra una bomba a plena velocidad.
- Evita golpes de ariete debido a la parada gradual de la bomba.
- Compensa en forma automática la caída de presión causada por el incremento en el suministro.
- Muy fácil de instalar ya que se ensambla directamente sobre la bomba.
- Puede ser montado en bombas existentes.
- Viene provisto con protecciones térmicas, de sub y sobre voltaje, sobrecarga y sobrecalentamiento.
- Diseño muy compacto.
- Envía una señal análoga para monitoreo remoto de la presión y de la frecuencia.
- Testeo automático de la bomba.
- Potencia de salida 2 a 15 HP para la serie HV 2.015, de 20 a 30 HP para la serie HV 4.150 y de 1,5 HP para la serie HVS 1.1.
- Rango de temperatura ambiente: 0 a 52 °C.
- Protección: IP55.
- Dispositivo anti-condensación incorporado.
- Posibilidad de conexión de hasta 8 bombas (series HV).
- Con contraseña, 14 idiomas y posibilidad de conexión a una PC (series HV).

#### Aplicaciones

- Regulación de la presión en las instalaciones hídricas de edificios de uso civil, residencial e industrial.
- Bombeo de líquidos en instalaciones de acondicionamiento donde es necesario incrementar la presión en los tubos con una excesiva resistencia al flujo.
- Tratamiento del agua e ingeniería de los procesos de producción para asegurar un caudal constante en caso de variaciones de presión.



HV 2.015 - 4.110



HV 4.150 - 4.220

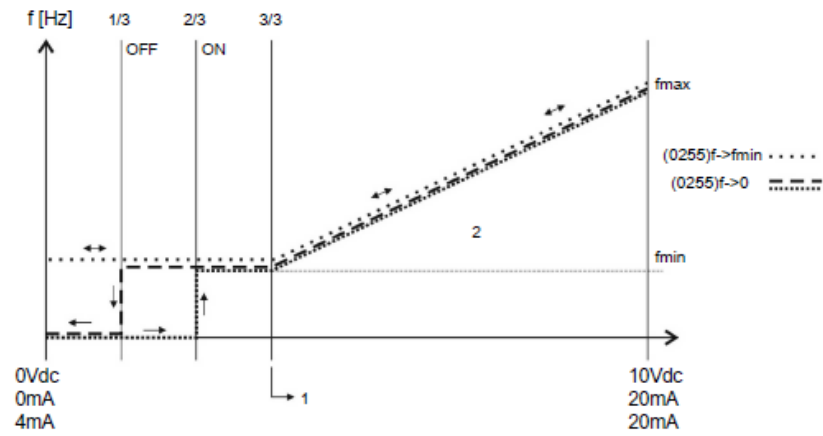


HVS 1.1

[Anexo 2-1]

### Ejemplo modo de Actuador

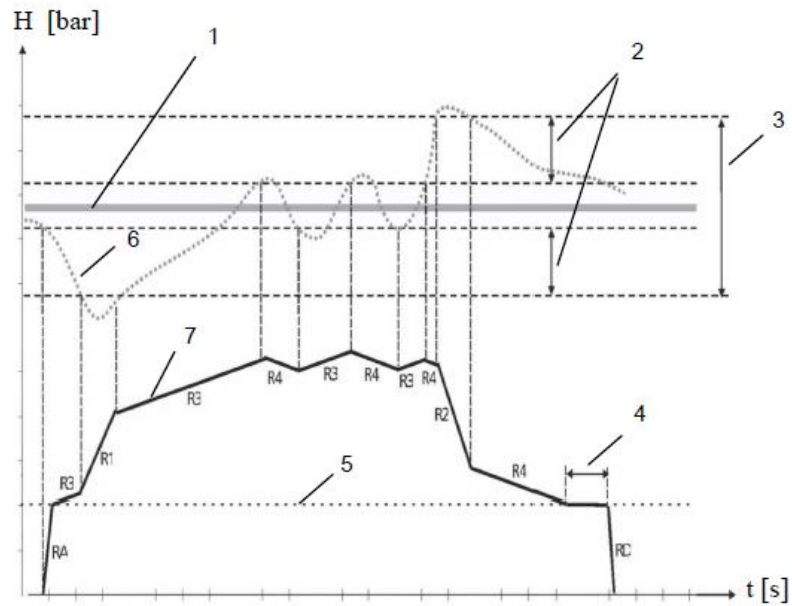
Gráfico



Números de posición

1. Rango de señales \*  $(f_{\min} / f_{\max}) + \text{punto cero}$
2. Rango de control

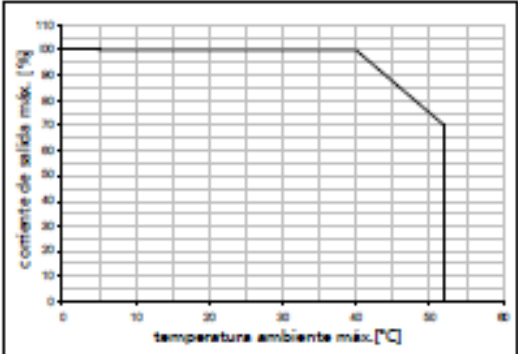
Gráfico



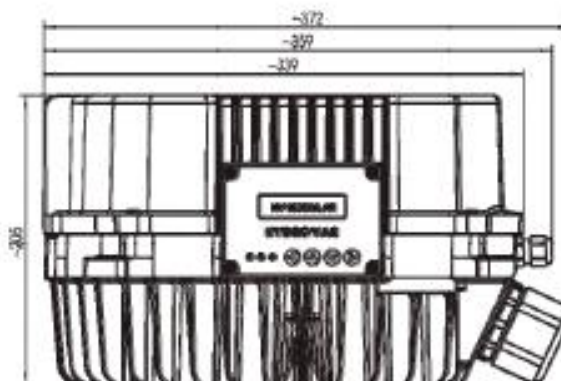
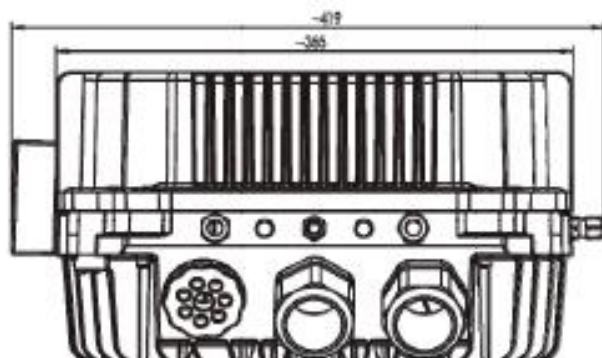
Números de posición

1. P02 VAL. REQUERIDO.
2. P315 HISTÉRESIS en % de P310 VENTANA.

[Anexo 2-2]

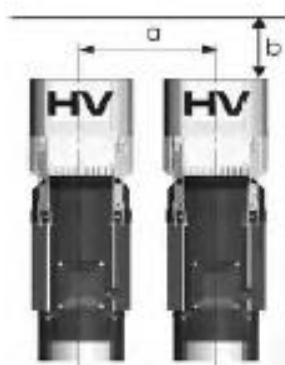
|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Temperatura Ambiente:</b>         | <p>0° C ... +40° C</p> <p>A temperaturas más altas se necesita una reducción de la corriente de salida o el uso del siguiente tipo de HYDROVAR.</p>  <p>La clase de protección del HYDROVAR es IP55, sin embargo es común a otros dispositivos IP55; cabe tener presente lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¡Proteger el HYDROVAR de la luz solar directa!</li> <li>• ¡Proteger el HYDROVAR de la lluvia directa.</li> <li>• La instalación del HYDROVAR al descubierto no está permitida sin una protección adecuada, en particular para mantener los límites de temperatura del HYDROVAR.</li> </ul> |
| <b>Temperatura de Almacenamiento</b> | -25° C ... +55° C (+70° C durante máx. 24 horas)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Humedad:</b>                      | <p>RH máx. 50% a 40°C, ilimitada</p> <p>RH máx. 90% a 20°C, máx. 30 días al año</p> <p>75% media por año (clase F)</p> <p>¡La condensación no está permitida!</p> <p>Durante largos periodos de inactividad o de paro, el HYDROVAR debe permanecer conectado a la alimentación; en cambio, el contacto exterior on/off se debe desactivar para impedir el funcionamiento de la bomba. Esto mantendrá alimentado el calentador interior y reducirá el condensado interior.</p>                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Contaminación del Aire:</b>       | <p>El aire puede contener polvo seco propio de los talleres donde está presente en cantidades excesivas debido al trabajo de las máquinas.</p> <p>No se permiten cantidades excesivas de polvo, gases corrosivos, sales, etc.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Altitud:</b>                      | <p>Máx. 1000 m sobre nivel del mar.</p> <p>En caso de que la altitud del lugar de instalación sea superior a 1000 m sobre el nivel del mar, la salida de corriente máxima tiene que ser de 1% por cada 100 m adicionales.</p> <p>Si la altitud del lugar de instalación es superior a 2000 m, contacte con el distribuidor local o el centro de asistencia.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Clase de protección:</b>          | <p>HV 2.015 / 2.022</p> <p>HV 4.022/4.030/4.040 IP55, NEMA 4 (en ambientes cerrados)</p> <p>HV 4.055 / 4.075 / 4.110</p> <p>HV 4.150 / 4.185 / 4.220</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Certificaciones:</b>              | CE, UL, C-Tick, cUL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

[Anexo 2-3]

**Dimensiones y Pesos****HV 4.150 / 4.185 / 4.220**

¡Todas las dimensiones son en milímetros!  
Utensilios de izado deben tener las dimensiones apropiadas.

¡Los planos no son en escala!

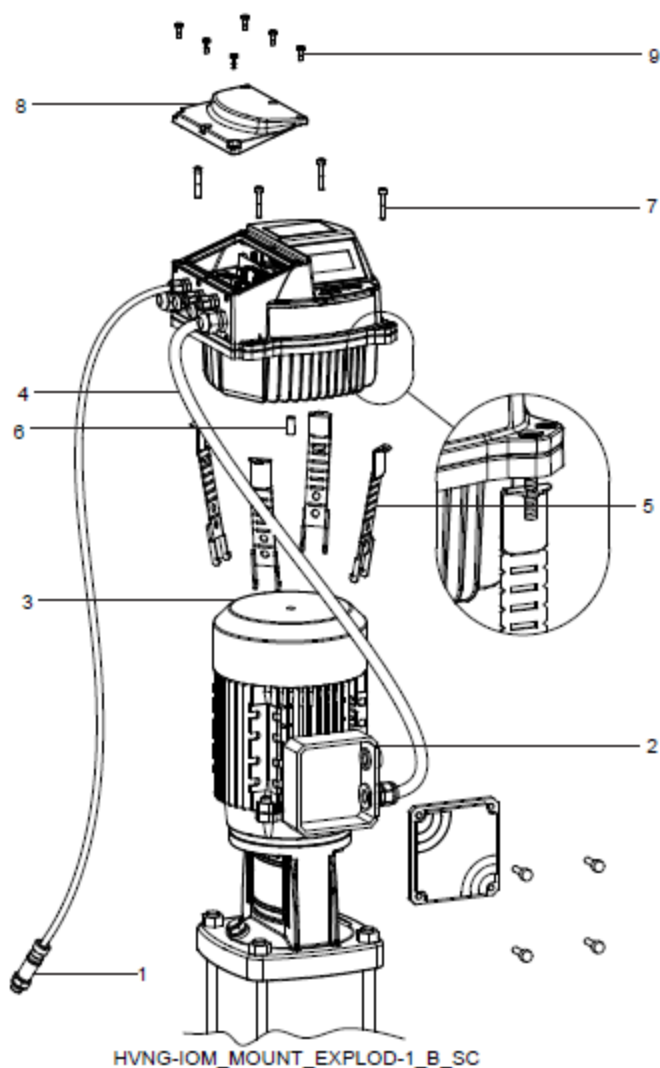


| Tipo     | Peso [kg]      |
|----------|----------------|
|          | <b>MAESTRO</b> |
| HV 4.150 | 14,00          |
| HV 4.185 |                |
| HV 4.220 |                |

a ... distancia mínima entre unidades HYDROVAR  
b ... espacio extra para mantenimiento

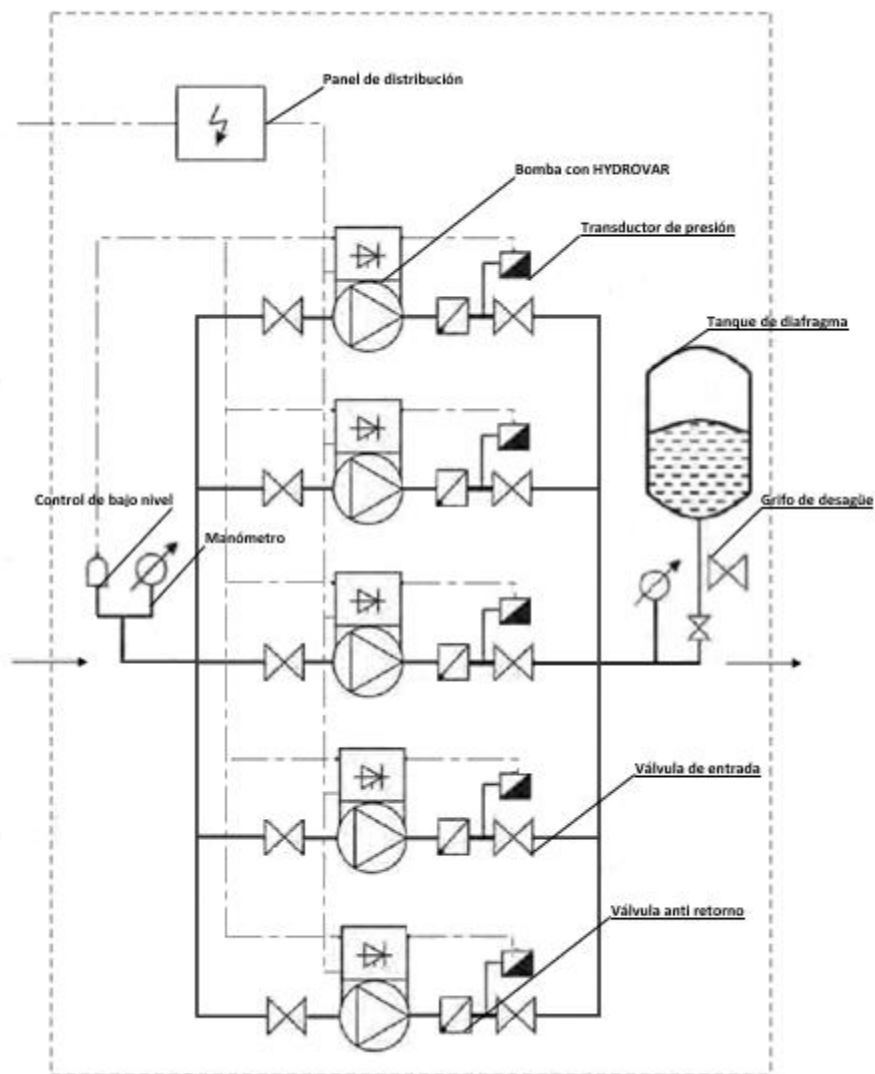
550 [mm]  
300 [mm]

[Anexo 2-4]

**Componentes del Equipo**

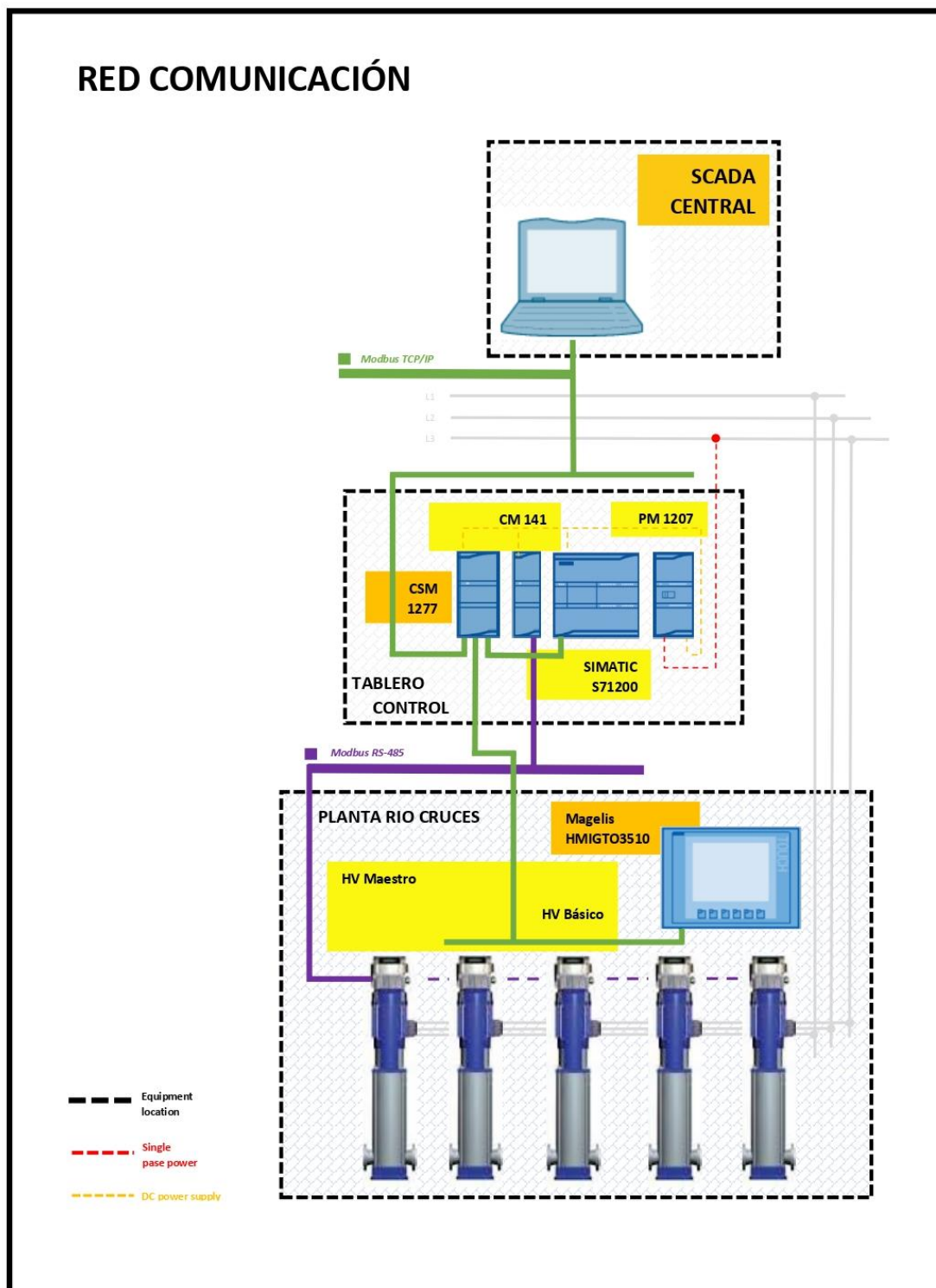
1. Valor real del sensor
2. Caja de conducciones del motor
3. Cubierta del ventilador del motor
4. Cable del motor
5. Fijaciones de montaje
6. Pasador de centrado
7. Tornillos de las fijaciones de montaje
8. Cubierta de plástico
9. Tornillos de la cubierta de plástico

[Anexo 2-5]

**Conexión de bombas múltiples**

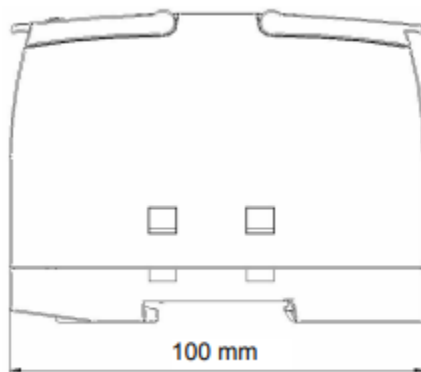
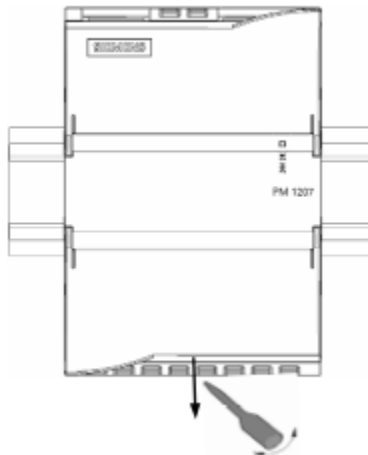
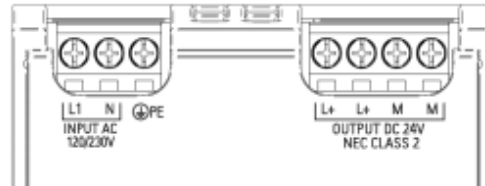
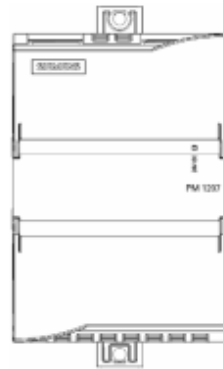
[illegible]

[Anexo 2-7]

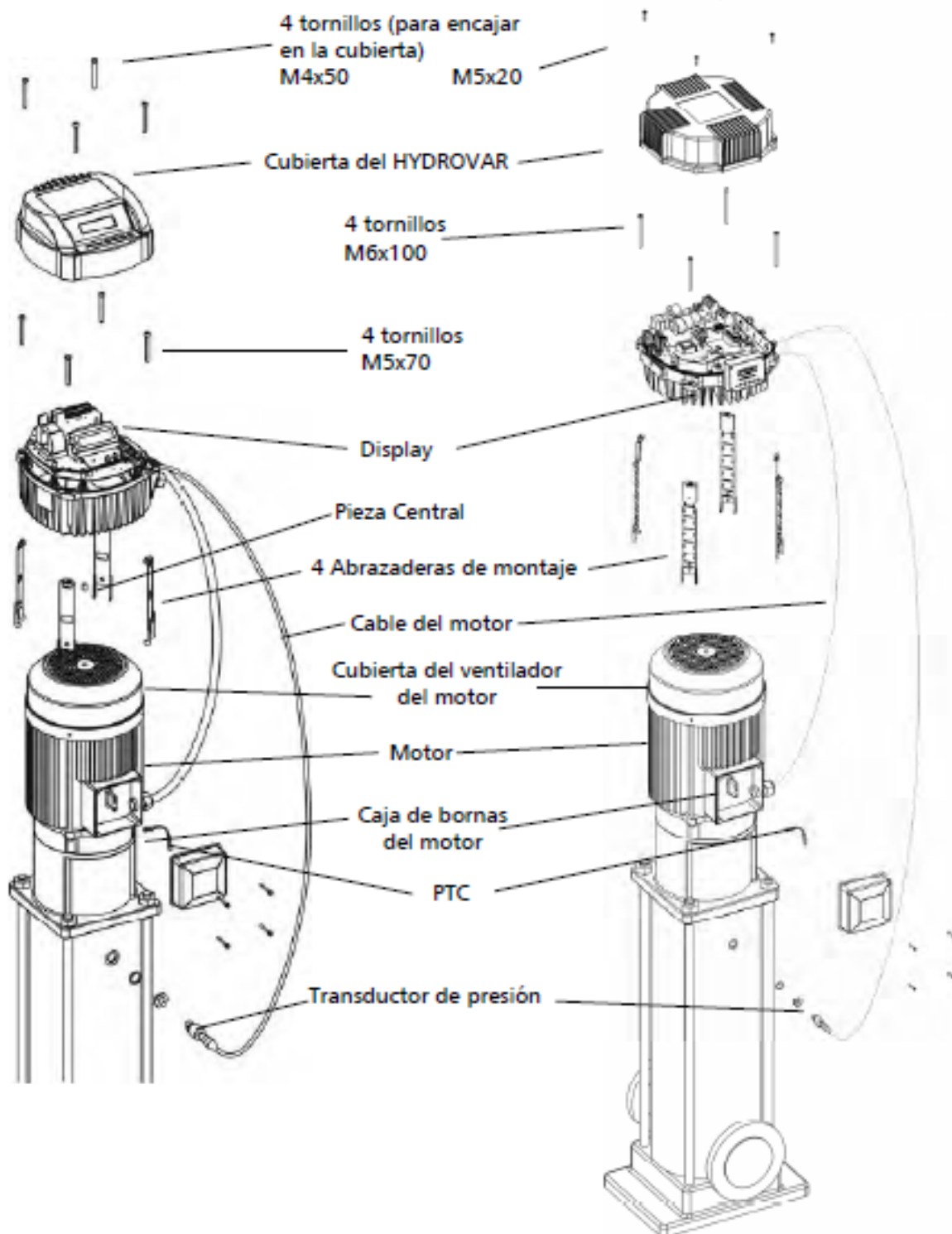
Pano de la Red

[Anexo 3: Plano de los equipos del sistema]

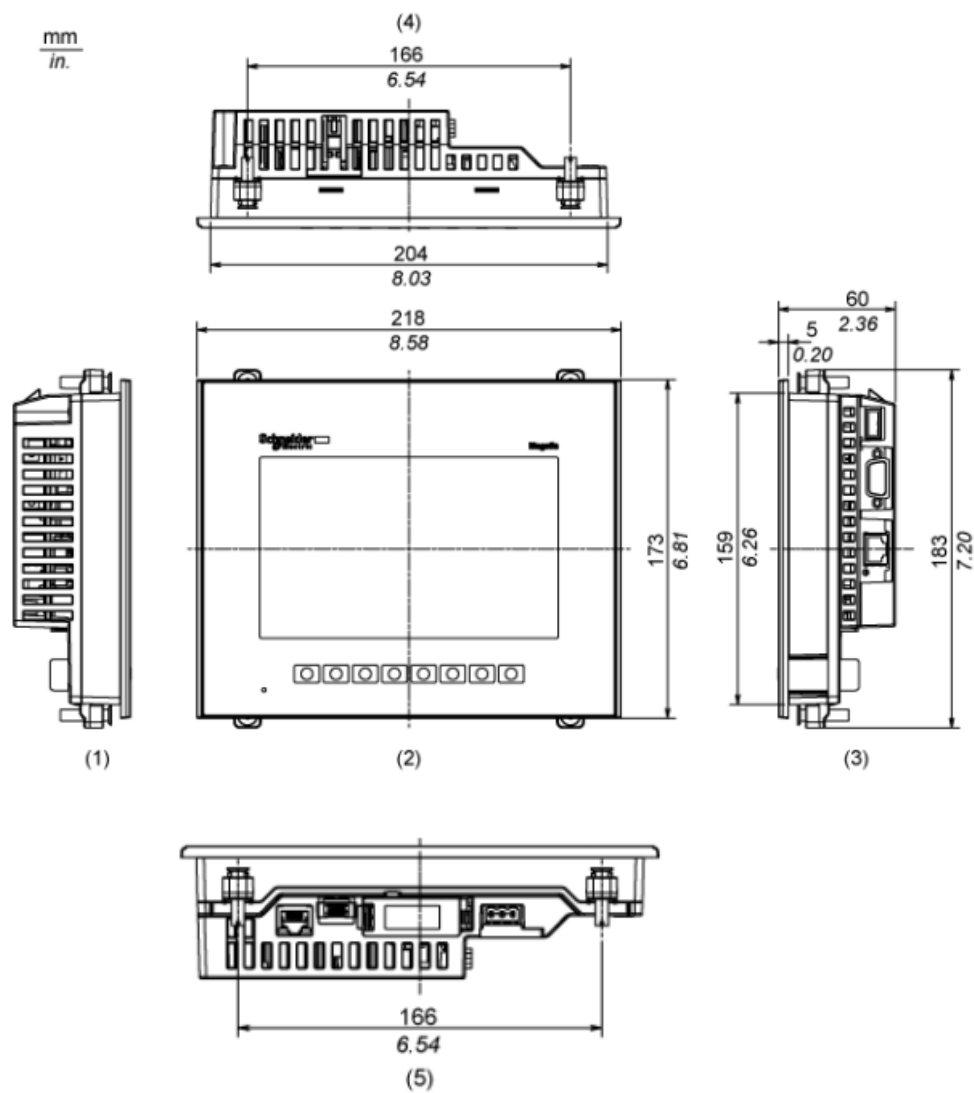
### **Fuente de alimentación PM 1207**



[Anexo 3-1]

**Equipo Hydrovar****HV 2.015 – HV 4.110****HV 4.150 – HV 4.220**

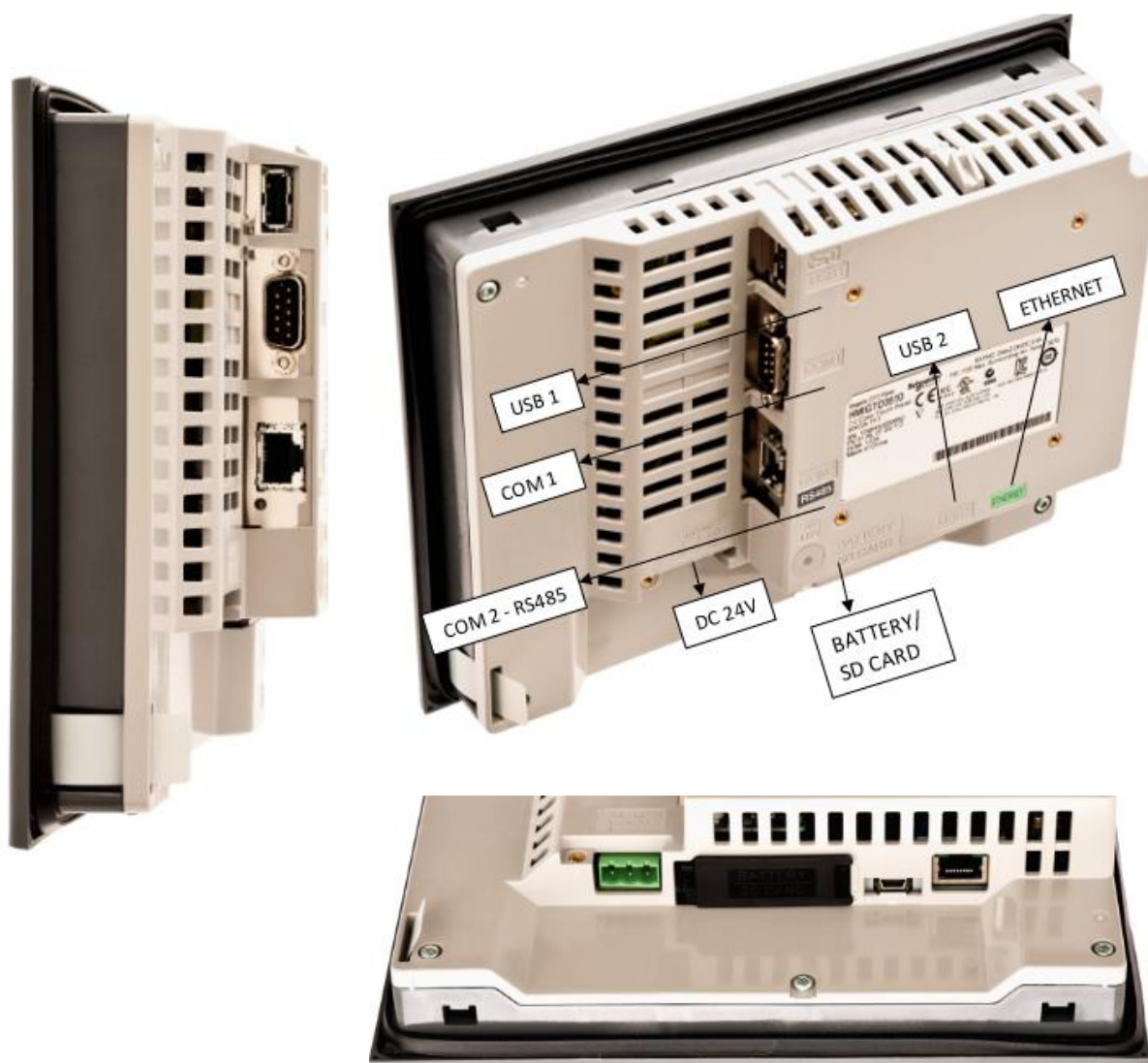
[Anexo 3-2]

**Magelis HMIGTO3510**

- 1 Left Side
- 2 Front
- 3 Right Side
- 4 Top
- 5 Bottom

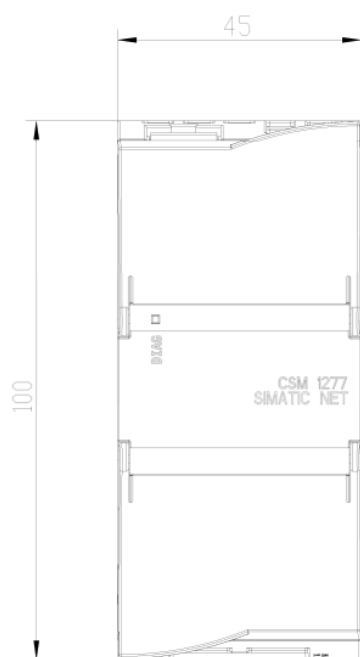
[Anexo 3-3]

**Magelis HMIGTO3510**

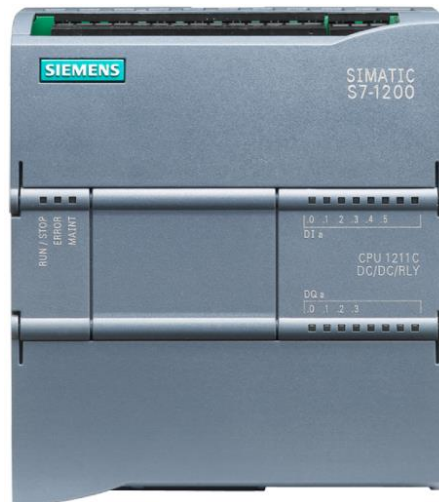


[Anexo 3-4]

**Switch module CSM 1277**



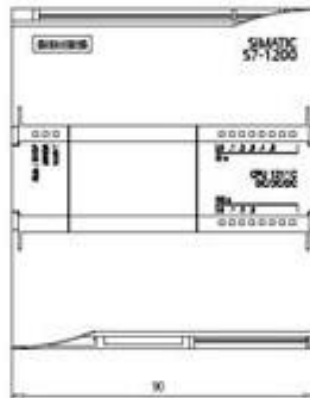
[Anexo 3-5]

**PLC S7-1200**

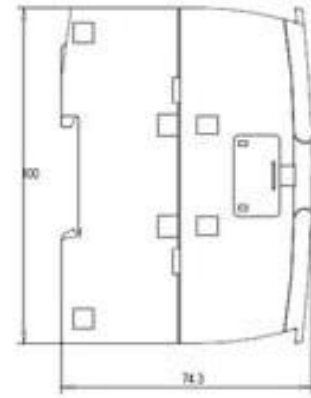
Vorne offen / Front open



Vorne / Front



Links / Left



Oben / Top



[Anexo 4: Interfaz HMI planta Rio Cruces]

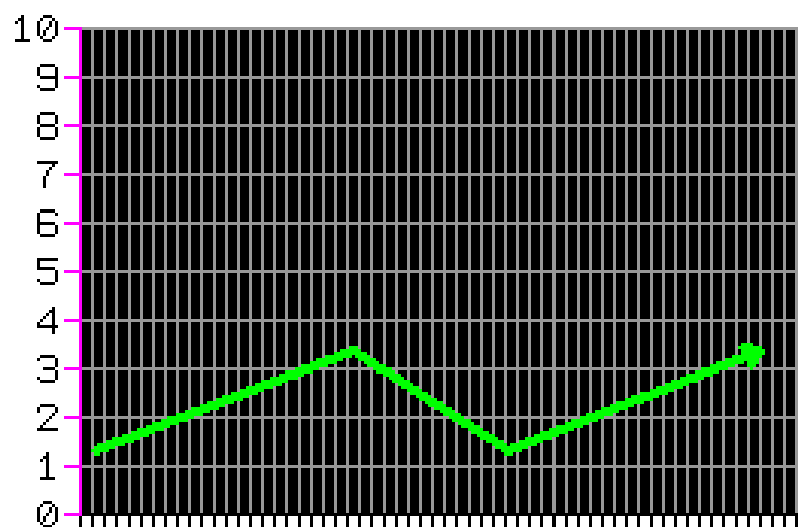
## Hydrovar Planta Rio Cruces

1.12 Bar

Consigna



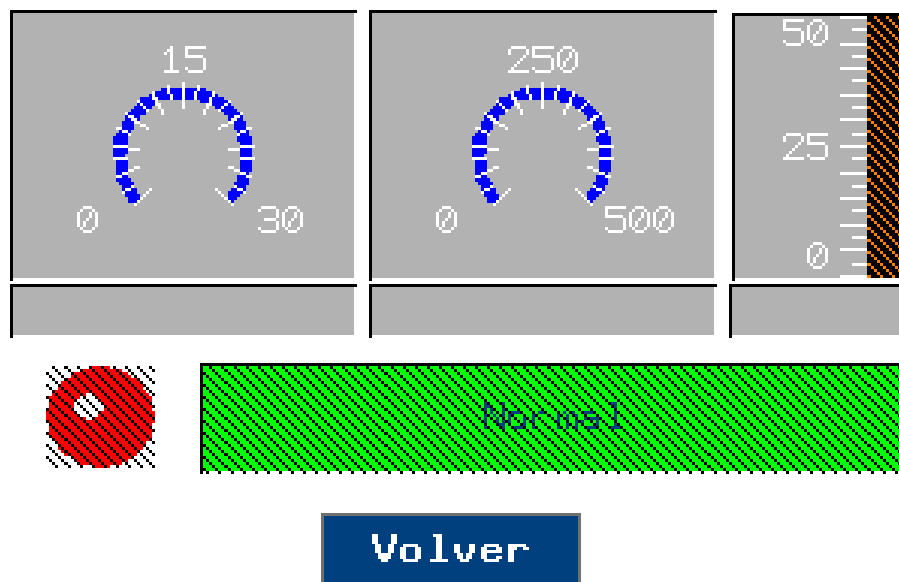
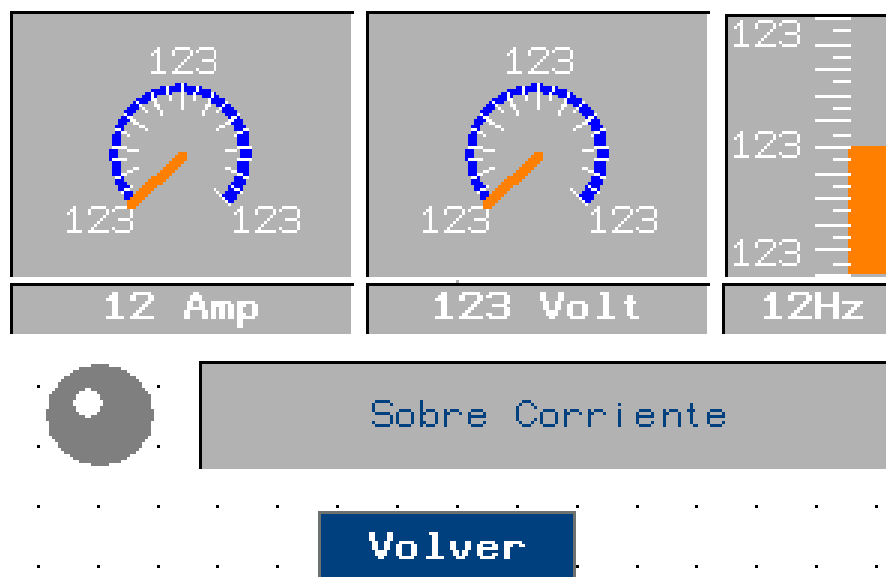
## Graficos Presion



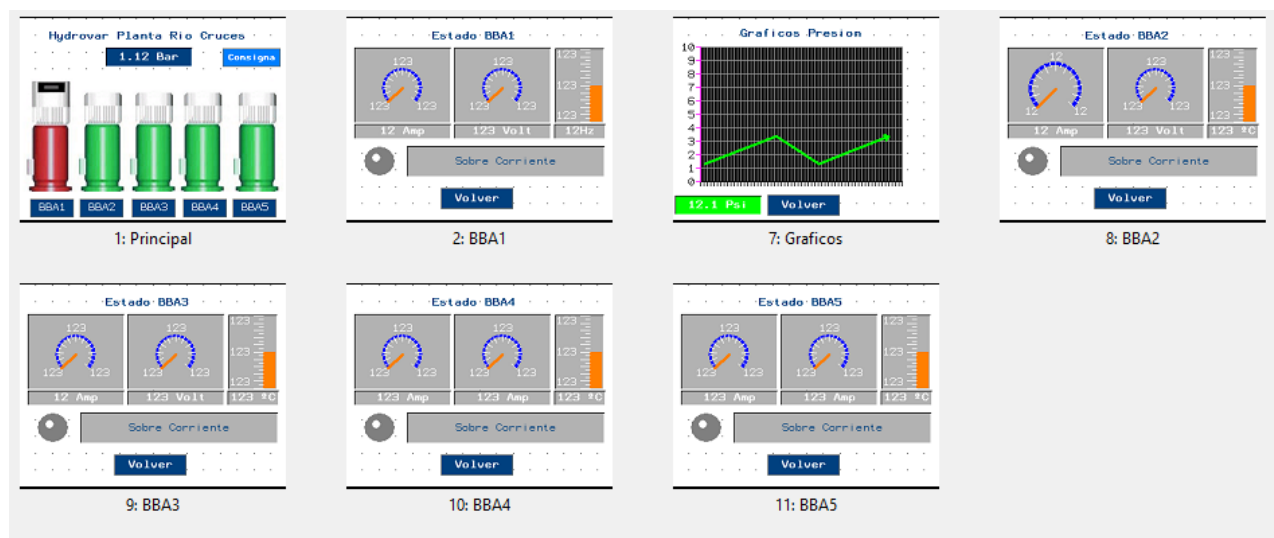
12.1 Psi

Volver

[Anexo 4-1]

**Estado BBA1****Estado BBA1**

## [Anexo 4-2]



## [Anexo 05: Cotizaciones]



**GIRO : IMPORTADORA, DISTRIBUIDORA Y EXPORTADORA DE  
ARTÍCULOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS.**

**EQUIPOS ELÉCTRICOS DE PROTECCIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.**

**86317400-7**

**COTIZACIÓN 57924**

**WWW.CALIMPORT.CL**

Rut Cliente : 12.345.678-9  
 Razón Social : COTIZACION BORRADOR  
 Cotizado el : 19 de Febrero de 2020  
 Atención : ENZO BIANCHI  
 Dirección : PADRE ORELLANA 1236  
 Comuna : SANTIAGO  
 Vendedor : OFICINA SANTIAGO  
 Condición de Venta : CONTADO  
 Observación :

Plazo de Entrega : 19/02/2020  
 Validez Oferta : 20/03/2020  
 Ciudad : SANTIAGO  
 Teléfono :  
 Fax :  
 Sucursal : STGO

| Artículo         | Serie Tipo         | Descripción                                | Marca      | Cant. | Disp.     | Precio     | Total             |
|------------------|--------------------|--------------------------------------------|------------|-------|-----------|------------|-------------------|
| 452000           | 6EP1332-1SH71      | PM-1207 FUENTE DE PODER 24VDC 2.5 AMP.     | SIEMENS PI | 1     | Inmediata | \$ 96.910  | \$ 96.910         |
| 453015           | 6ES7241-1CH32-0XB0 | S7-1200 Modulo Comunicación CM 1241 RS-485 | SIEMENS PI | 1     | Inmediata | \$ 124.383 | \$ 124.383        |
| 453025           | 6GK7277-1AA10-0AA0 | CSM-1277 Switch Ethernet 4 Puertos RJ45    | SIEMENS PI | 1     | Inmediata | \$ 180.115 | \$ 180.115        |
| <b>Sub-Total</b> |                    |                                            |            |       |           |            | <b>\$ 401.408</b> |
| <b>Neto</b>      |                    |                                            |            |       |           |            | <b>\$ 401.408</b> |
| <b>Impuesto</b>  |                    |                                            |            |       |           |            | <b>\$ 75.268</b>  |
| <b>Total</b>     |                    |                                            |            |       |           |            | <b>\$ 477.676</b> |

CASA MATRIZ SANTIAGO  
 PADRE ORELLANA 1236  
 CASILLA 13280  
 FONOS 2488 7000  
 FAX 551 2540  
 E-MAIL calimport@calimport.cl

ANTOFAGASTA  
 SAQUEDANO 380  
 FONOS (56) 497303  
 FAX (56) 497265  
 E-MAIL antofagasta@calimport.cl

CONCEPCION  
 SERRANO 1272  
 CASILLA 3477  
 FONOS (41) 2240085  
 FAX (41) 2241701  
 E-MAIL concepcion@calimport.cl

PUERTO MONTT  
 DOCTOR MARTIN 417  
 FONOS (65) 311077 - 311389  
 FAX (65) 345690  
 E-MAIL puertoMontt@calimport.cl

[Anexo 5-1]



**GIRO : IMPORTADORA, DISTRIBUIDORA Y EXPORTADORA DE  
ARTÍCULOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS.**

**EQUIPOS ELÉCTRICOS DE PROTECCIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.**

**86317400-7**

**COTIZACIÓN 57957**

[WWW.CALIMPORT.CL](http://WWW.CALIMPORT.CL)

Rut Cliente : 12.345.678-9  
 Razon Social : COTIZACION BORRADOR  
 Cotizado el : 21 de Febrero de 2020  
 Atención : ENZO BIANCHI  
 Dirección : PADRE ORELLANA 1236  
 Comuna : SANTIAGO  
 Vendedor : OFICINA SANTIAGO  
 Condición de Venta : CONTADO  
 Observación :

Plazo de Entrega : 21/02/2020  
 Validez Oferta : 22/03/2020  
 Ciudad : SANTIAGO  
 Teléfono :  
 Fax :  
 Sucursal : STGO

| Artículo         | Serie Tipo         | Descripción                       | Marca      | Cant. | Disp.     | Precio     | Total             |
|------------------|--------------------|-----------------------------------|------------|-------|-----------|------------|-------------------|
| 452040           | 6ES7214-1BG40-0XB0 | CPU 1214C 14DI/10DO/2AI AC/DC/RLY | SIEMENS PI | 1     | Inmediata | \$ 368.345 | \$ 368.345        |
| <b>Sub-Total</b> |                    |                                   |            |       |           |            | <b>\$ 368.345</b> |
| <b>Neto</b>      |                    |                                   |            |       |           |            | <b>\$ 368.345</b> |
| <b>Impuesto</b>  |                    |                                   |            |       |           |            | <b>\$ 69.986</b>  |
| <b>Total</b>     |                    |                                   |            |       |           |            | <b>\$ 438.331</b> |

CASA MATRIZ SANTIAGO  
 PADRE ORELLANA 1236  
 CASILLA 13280  
 FONDO 2468 7000  
 FAX 551 2248  
 E-MAIL [calimport@calimport.cl](mailto:calimport@calimport.cl)

ANTOFAGASTA  
 SAQUEDANO 380  
 FONDO 95467323  
 FAX (55) 497285  
 E-MAIL [antofagasta@calimport.cl](mailto:antofagasta@calimport.cl)

CONCEPCION  
 SERRANO 1272  
 CASILLA 3477  
 FONDO 4112240085  
 FAX (41) 2241781  
 E-MAIL [concepcion@calimport.cl](mailto:concepcion@calimport.cl)

PUERTO MONTT  
 DOCTOR MARTIN 417  
 FONDO 88311577 - 311389  
 FAX (85) 345880  
 E-MAIL [puertomontt@calimport.cl](mailto:puertomontt@calimport.cl)

[Anexo 5-2]



Offer

IOF/2020/02/136218

DATE 2020-02-21

PAGE 1/2



INT TECHNICS Sp. z o.o.  
ul. Kochanowskiego 39B  
33-100 Tarnów  
Poland

UNIVERSIDAD FEDRICO SANTA MARIA  
Avenida España 1680, Valparaiso, Valparaiso,  
Chile

VAT ID

PL9930606747

BANK

ING Bank Śląski Spółka Akcyjna  
PL 60 1050 1562 1000 0090 7240 6367  
SWIFT INGBPLPW

CONTACT PERSON

Dominika Hawrylewicz  
dominika.hawrylewicz@int-technics.pl

CONTACT PERSON

Alejandro Montes  
almonets89@gmail.com  
(56)2654000

| Pos | Item                                                                                                                                                     | Price         | Qty       | Amount        | Delivery     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|---------------|--------------|
| 1   | HMIGTO3510<br>Commodity code: 85371091, Weight [kg]: 1,50<br>Advanced touchscreen panel 800 x 480 pixels WVGA- 7.0" TFT - 96 MB.<br>Front material: PPT. | 400,33<br>EUR | 1<br>each | 400,33<br>EUR | 2-3<br>weeks |
| 2   | P-C<br>Payment Costs via Credit Card or Wire Transfer                                                                                                    | 25,00<br>EUR  | 1<br>each | 25,00<br>EUR  |              |

Total

425,33 EUR

INT TECHNICS Sp. z o.o.  
ul. Kochanowskiego 39B, 33-100 Tarnów, Poland  
Tel. +48 14 699 14 00, +48 14 629 50 09  
Fax. +48 14 699 14 01  
e-mail: biuro@int-technics.pl

Sąd Rejonowy Kraków Śródmieście w Krakowie  
XII Wydział Gosp. KRS 0000349516  
NIP 9930606747, REGON 121113615  
Wysokość Kapitału Zakładowego 50000,00 PLN  
Nr BDO : 000013102

ING Bank Śląski Spółka Akcyjna  
PLN PL 60 1050 1562 1000 0090 7148 7616  
EUR PL 60 1050 1562 1000 0090 7240 6367  
USD PL 52 1050 1562 1000 0023 5639 2889  
INGBPLPW