

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE  
RECUPERACIÓN DE AGUA EN LA PLANTA DE FILTRADO DE  
RELAVES EN LA UNIDAD MINERA CERRO LINDO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

PONCE ROJAS, ANDY STEVE

**Villa El Salvador  
2016**

## DEDICATORIA

A mis padres Orlando y Elsa , la razón de ser de mi vida quienes me han brindado su amor, apoyo incondicional, deseos de superación y ante todo paciencia, desde niño paso a paso me han llevado a conseguir este gran e importante logro en mi vida.

A mis hermanos Iván y Melissa quienes hacen que yo pase momentos felices, ya que siempre muestran su apoyo incondicional a su hermano menor.

## AGRADECIMIENTO

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación. Mis sinceros agradecimientos están dirigidos hacia el Ing. Ricardo J. Palomares Orihuela, ya que a través de su asesoría y orientación fue posible culminar de manera exitosa el presente proyecto.

Agradezco a mi familia por brindarme siempre su incondicional apoyo.

# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>                              |           |
| 1.1. Descripción de la Realidad Problemática .....                         | 2         |
| 1.2. Justificación del Problema .....                                      | 3         |
| 1.3. Delimitación del Proyecto .....                                       | 4         |
| 1.4. Formulación del Problema .....  | 4         |
| 1.5. Objetivos .....   | 5         |
| 1.5.1. Objetivo General .....  | 5         |
| 1.5.2. Objetivos Específicos .....   | 5         |
| <b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>  |           |
| 2.1 Antecedentes de la Investigación .....                                 | 6         |
| 2.2 Bases Teóricas .....   | 9         |
| 2.2.1 Sistemas automatizados .....   | 9         |
| 2.2.1.1 Definiciones .....   | 9         |
| 2.2.1.2 Tipos de sistemas automatizados .....                              | 12        |
| 2.2.1.3 Componentes de un sistema automatizado .....                       | 14        |
| 2.2.1.3.1 Sensores .....   | 14        |
| 2.2.1.3.2 Actuadores .....   | 22        |
| 2.2.1.3.3 Variadores de velocidad .....                                    | 24        |
| 2.2.1.3.4 Buses de campo .....   | 33        |
| 2.2.1.3.5 Controlador lógico programable .....                             | 40        |
| 2.2.2 Planta de filtrado de relaves .....                                  | 43        |
| <b>CAPÍTULO III: DISEÑO/ DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA/ MODELO/SISTEMA</b> |           |
| 3.1 ANÁLISIS DEL MODELO/ HERRAMIENTA/SISTEMA .....                         | 51        |
| 3.2 DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA .....                              | 54        |
| 3.2.1 Sensor de nivel de ultrasonido vegason .....                         | 54        |
| 3.2.2 variador de frecuencia Santerno Sinus Penta .....                    | 67        |
| 3.3 REVISION Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS .....                           | 81        |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....  | <b>93</b> |
| <b>RECOMENDACIONES</b> .....   | <b>94</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....  | <b>95</b> |
| <b>ANEXO</b> .....   | <b>97</b> |

## LISTADO DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1: Sistemas de lazo de control.....                               | 12 |
| Figura 2.2: Transductor ultrasónico de nivel.....                          | 17 |
| Figura 2.3: Relación voltaje – frecuencia.....                             | 25 |
| Figura 2.4: Fases de un movimiento.....                                    | 27 |
| Figura 2.5: Diagrama de bloques de un VDF.....                             | 28 |
| Figura 2.6: Etapa rectificadora.....                                       | 29 |
| Figura 2.7: inversor de 6 pasos.....                                       | 31 |
| Figura 2.8: inversor PWM.....  | 32 |
| Figura 2.9: esquema de potencia de un vdf.....                             | 32 |
| Figura 2.10: Estructura comunicación profibus.....                         | 39 |
| Figura 2.11: Filosofía de operación del filtrado de relaves.....           | 45 |
| Figura 2.12: Tanque principal de relaves.....                              | 46 |
| Figura 2.13: lectura de flujo enviado a los filtros banda.....             | 46 |
| Figura 2.14: Relave enviado a los filtros banda.....                       | 47 |
| Figura 2.15: Sistema de vacío.....   | 47 |
| Figura 2.16: Relave filtrado.....  | 48 |
| Figura 2.17: Fajas transportadoras para relave y traslado de camiones..... | 48 |
| Figura 2.18: Agua filtrada de los filtros bandas.....                      | 49 |
| Figura 2.19: Tanque de recuperación de agua.....                           | 49 |
| Figura 2.20: Espesador de la planta de filtrado de relaves.....            | 50 |
| Figura 2.21: Tanque de agua de proceso.....                                | 50 |
| Figura 3.1: Diagrama de flujo de sistema a automatizar.....                | 52 |
| Figura 3.2: secuencia de trabajo y tipo de enlace.....                     | 53 |
| Figura 3.3: Distancia mínima hasta la altura máxima de llenado.....        | 55 |
| Figura 3.4: Rango de medición y distancia máxima de medición.....          | 55 |
| Figura 3.5: Montaje en tapas de depósito redondas.....                     | 56 |
| Figura 3.6: Orientación en líquidos.....                                   | 57 |
| Figura 3.7: montaje sensor de nivel en Agitadores.....                     | 58 |
| Figura 3.8: Líquido entrante en tanque.....                                | 58 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.9: pasos de conexión.....  | 60 |
| Figura 3.10: módulo de entrada analógica.....                                     | 61 |
| Figura 3.11: diagrama eléctrico de modulo analógico.....                          | 61 |
| Figura 3.12: Montaje del módulo de visualización y configuración.....             | 63 |
| Figura 3.13: Elementos de configuración y visualización.....                      | 63 |
| Figura 3.14: Placa del variador Sinus Penta.....                                  | 70 |
| Figura 3.15: Etapa de conexión de fuerza del VDF Santerno.....                    | 71 |
| Figura 3.16: Etapa de conexión de control del VDF Santerno.....                   | 72 |
| Figura 3.17: arrancador instalado.....  | 73 |
| Figura 3.18: Componentes eléctricos del arrancador.....                           | 73 |
| Figura 3.19: Equipo con último nodo de la red profibus.....                       | 74 |
| Figura 3.20: conector profibus.....   | 75 |
| Figura 3.21: Tarjeta instalada en VDF Santerno.....                               | 77 |
| Figura 3.22: Tarjeta Anybus empleada en el VDF Santerno.....                      | 78 |
| Figura 3.23: Display VDF Santerno.....  | 79 |
| Figura 3.24: Árbol menú VDF Santerno.....   | 80 |
| Figura 3.25: Ejemplo de navegación en display VDF Santerno.....                   | 81 |
| Figura 3.26: Potencia del motor.....  | 82 |
| Figura 3.27: Corriente nominal del motor.....                                     | 82 |
| Figura 3.28: Numero de rpm nominales del motor.....                               | 83 |
| Figura 3.29: Referencia de velocidad por teclado.....                             | 84 |
| Figura 3.30: Referencia de velocidad por bus de campo.....                        | 85 |
| Figura 3.31: Nivel máximo del tanque.....   | 86 |
| Figura 3.32: Nivel mínimo del tanque.....   | 86 |
| Figura 3.33: Pantalla equipo operativo.....                                       | 87 |
| Figura 3.34: Comprobación de comunicación de variador M-85256.....                | 88 |
| Figura 3.35: Comprobación de comunicación de sensor de nivel LIT-85708.....       | 89 |
| Figura 3.36: Funcionamiento en sala de control del sensor de nivel LIT-85708..... | 90 |
| Figura 3.37: Funcionamiento del sistema en scada.....                             | 91 |
| Figura 3.38: Variador Santerno – Sinus Penta funcionando.....                     | 91 |
| Figura 3.39: Arranque de variador desde panel de operador.....                    | 92 |

## LISTADO DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.1: Diferentes tipos de sistemas automatizados        | 13 |
| Tabla 2.2: Comparación de buses existentes                   | 36 |
| Tabla 2.3: Estructura interna del PLC                        | 42 |
| Tabla 2.4: Densidad versus contenido de agua en los relaves  | 44 |
| Tabla 3.1: codificación del productor Santerno – Sinus Penta | 69 |

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la unidad minera “CERRO LINDO”, se caracteriza por ser una de las mineras de mayor producción en el Perú de cobre, plomo y zinc; en la modalidad de tajo cerrado; por lo que el crecimiento de la planta se da de forma continua y se necesita implementar equipos como sensores, variadores, motores entre otros, con sistemas de control definidos.

A través de los siglos el hombre se ha propuesto mejorar sus condiciones de vida, facilitar sus labores cotidianas, mejorar los procesos de producción, ser más competitivo y generar mayor riqueza a través de su trabajo, evitando desgaste e incluso, tener que hacerlo por sí mismo. En medio de su afán por mejorar sus producciones, conseguir mayores beneficios, y ser mejor cada día, el hombre de la mano de la tecnología, grandes investigaciones y una infinidad de posibilidades ha logrado crear sistemas automáticos, que de una u otra manera han hecho más fácil y a la vez más productiva la vida del hombre.

Estos sistemas, creados a partir de conceptos básicos de las diferentes ciencias, ramas de la industria, e incluso de necesidades tan básicas como el tener que contar, han generado en el hombre la necesidad de tener todo proceso de manera automática, a partir de esta idea, se concibe la automatización, como una serie de sistemas que de manera automática o semiautomática logran realizar cualquier trabajo en menos tiempo y con mayor calidad.



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Descripción de la Realidad Problemática**

La primera planta desalinizadora del Perú está en el yacimiento Cerro Lindo y se hizo con una inversión de US\$ 120 millones. El 98% de este recurso se usa para la extracción y el 2% se potabiliza. El agua que extrae la minera Cerro Lindo del mar (36 litros por segundo durante 12 horas al día) es desalinizada y además reutilizada. Al ser este recurso muy necesario en la producción y con muy alto precio en su elaboración, es necesario contar con sistemas automatizados que permitan una mejor recuperación del agua utilizada al final de la producción para poder ser reutilizada.

La empresa minera Cerro Lindo en la actualidad, aumento su productividad de 16 000 toneladas diarias a producir 21 500 toneladas diarias, por lo que el

incremento del uso del agua en la producción es mayor; entonces es necesario reutilizar el agua en la producción. [1]

## **1.2 Justificación del Problema**

En la unidad minera Cerro Lindo se cuenta con 5 filtros banda, para una mejor disposición del relave de la producción, por lo que el relave que se separa de agua se dispone de un porcentaje, para combinarlo con cemento y ser usado para el relleno de tajos en interior mina; y el otro porcentaje se dispone en una cancha de relaves para evitar contaminación de ríos.

El problema suscita en los filtros n° 4 y 5, ya que el agua que es filtrado por los filtros banda van hacia un tanque (tanque de recuperación n° 1), el cual cuenta con 2 bombas y 2 motores de 75 hp (accionados por arranque directo mediante contactores) para el bombeo del agua recuperada; que son accionadas mediante una botonera por el operador cuando el tanque este lleno, o simplemente lo deja encendido en todo momento generando un consumo innecesario de energía y deteriorando las bombas al estar en funcionamiento con el tanque en un bajo nivel.

Además debido al incremento de la producción, el flujo del agua hacia el tanque ha aumentado, es necesario poner en funcionamiento las 2 bombas juntas para recuperar toda el agua; por lo que es necesario implementar un sensor de

nivel para accionar las bombas según el nivel del tanque y un variador de frecuencia para así aumentar el flujo de bombeo, empleando solo una bomba y la otra quedaría de stand by.

### **1.3 Delimitación del Proyecto**

#### **Limitación teórica**

- Sistema de control con sensor de nivel.
- Arranque de motor con variador de frecuencia.
- Red de comunicación profibus – DP

#### **Limitación temporal**

Este proyecto está elaborado desde el diseño, implementación y puesta en marcha del sensor de nivel y el variador de frecuencia, y se realiza durante el período de Mayo a agosto del año 2016.

#### **Limitación espacial**

Este proyecto se realiza en la minera Cerro Lindo de Milpo ubicada en el distrito de Chavín, provincia de Chincha - Ica.

### **1.4 Formulación del Problema**

#### **1.4.1 Problema Principal**

¿Se podrá implementar un sistema automatizado para la recuperación de agua de los filtros banda n° 4 y 5 en la unidad minera Cerro Lindo?

### **1.4.2 Problemas Específicos**

- ¿Cómo seleccionar el variador de frecuencia adecuado a implementar para la recuperación de agua de los filtros banda y como ponerlo en funcionamiento?
- ¿Cómo seleccionar el sensor de nivel usado para el lazo de control para el sistema de recuperación de agua de los filtros banda y como ponerlo en funcionamiento?
- ¿Cómo poner en funcionamiento el lazo de control mediante la red de comunicación profibus-DP?

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Implementar un sistema automatizado para la recuperación de agua de los filtros banda n° 4 y 5 en la unidad minera Cerro Lindo.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Seleccionar el variador de frecuencia adecuado para la aplicación y poner en funcionamiento el equipo (instalación, configuración y puesta en marcha)
- Seleccionar e instalar sensor de nivel a usarse para el lazo de control en el tanque de recuperación n°1.
- Poner en funcionamiento el lazo de control mediante la red de comunicación Profibus – DP.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

Benites, D. (1994), en su tesis titulada: “Diseño y construcción de un sistema de control de nivel de líquidos” de la Escuela Politécnica Nacional - Quito. Concluye lo siguiente: [2]

“El control de un sistema de primer orden entrega resultados totalmente satisfactorios, es rápido, tiene un error admisible y responde muy bien a perturbaciones. En el caso del control para un sistema de segundo orden, el control es bueno, pero existe un error debido a que no se mide el nivel en el segundo tanque. En el caso de un sistema de tercer orden, se llega a controlar el sistema pero en este caso el control es pobre, pues no se puede manejar el caudal de las válvulas de control de flujo para mejorar el control; por estas razones, es preferible para su uso como prototipo de laboratorio, realizar el control sobre un solo tanque, es decir como un sistema de primer orden. Para fines didácticos se puede utilizar el control sobre dos tanques.

En cuanto al sensor utilizado, éste es bastante bueno y su acondicionamiento de señal fácil de calibrar. Existe un problema con la repetitibilidad de los experimentos debido a las variaciones en la lectura del sensor, pero esto es debido a agentes externos como son la posición del tubo de vidrio introducido en el tanque de sensado y el acople con la manguera de plástico que comunica la señal de presión hacia el sensor, y esto es debido a la manipulación que tienen estas partes tanto para montar como para desmontar el equipo”.

Fernández, O. (2007), en su tesis: “Estudio de viabilidad y factibilidad para implementación de variadores de velocidad a motores de las líneas de extrusión de ladrillera casa blanca” de la Universidad De Pamplona - Colombia. Concluye lo siguiente: [3]

“De acuerdo a las actividades desarrolladas se presenta la necesidad de implementar sistemas que permitan variar la velocidad para mejorar el proceso, la siguiente etapa debe incluir un sistema automatizado que incluya sensores y sistemas lógicos programables que permitan integrar el sistema y de acuerdo a las variables tomar una decisión.

- La variación de velocidad aporta al Uso Racional de Energía (URE).
- Se aumenta la productividad en términos de:
  - Costo de operación
  - Reducción en consumos

- Controlen la facturación
- Incrementar eficiencia energética
- Recuperación de perdidas
- Se tiene mayor control en el proceso en términos de:
  - Monitoreo de consumos
  - Ajuste de la velocidad para cada tipo de arcillas
  - Mejora de arranques en los equipos”

Echeverri, S. & Grisales, G. (2013), en su tesis: “Implementación de un red Profibus DP en un sistema automatizado” de la universidad Tecnológica De Pereira – Colombia. Concluye lo siguiente: [4]

“La introducción de la estación de control de presión de aire comprimido al proceso de perforación de las piezas permitió mejorar la calidad en el acabado de las piezas, eliminando el reproceso en la producción.

El tipo de control implementado para el control de la presión de aire comprimido permitió mantener un proceso uniforme y mayor duración de las herramientas de perforación (brocas).

La implementación de la red Profibus DP permitió la interconectividad de diferentes equipos facilitando la transmisión de información entre estos.

Con la implementación de la red Profibus DP se mejoraron las prestaciones de la maqueta de taladrado.

Durante la implementación de la red se ha reconocido la facilidad en la configuración y reconocimiento de errores en una red de nivel superior, de acuerdo a los niveles de la pirámide de la automatización. ”

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Sistema automatizado**

#### **2.2.1.1 Definiciones**

La automatización de un proceso consiste en la sustitución de aquellas tareas tradicionalmente manuales por las mismas realizadas de manera automática por máquinas, robots o cualquier otro tipo de automatismo. De este modo, gracias al uso adicional de sensores, controladores y actuadores, así como de métodos y algoritmos de conmutación, se consigue liberar al ser humano de ciertas tareas. El ser humano siempre ha buscado la creación de nuevas herramientas y máquinas que le faciliten la realización de aquellas tareas más peligrosas, pesadas y repetitivas. En los últimos tiempos, la aparición de máquinas altamente sofisticadas ha dado lugar a un gran desarrollo del campo de la automatización y el control de las tareas, aplicado ya en muchas máquinas [5]

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos: la fabricación de los productos derivados del petróleo, de los productos alimenticios, la industria cerámica, las centrales generadores de energía, la siderurgia, los tratamientos térmicos, la industria papelera, la industria textil, etc.



En todos estos procesos, es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el pH, la conductividad, la velocidad, la humedad, el punto de rocío, etc. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que las que el propio operador podría realizar [6]

Los principales objetivos del proceso de automatización son:

- Mejorar la productividad y eficiencia, reduciendo los costos de producción y mejorando la calidad y precisión del producto final.
- Optimizar la planificación y el control.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo las tareas más tediosas e incrementando su seguridad.
- Realizar aquellas operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.[5]

Un sistema automatizado consta de 2 partes principales:

La parte operativa, es la que actúa directamente sobre las maquina; son los elementos que hacen que la maquina se mueva y realice la operación deseada, los elementos que forman la parte operativa son los actuadores de las maquinas como motores, cilindros, compresoras, etc. Y los sensores como fotodiodos, finales de carrera, entre otros.

La parte de mando que suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco relevadores electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema

de fabricación automatizado el autómeta programable está en el centro del sistema, y debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado. [7]

El sistema de control exige pues, para que esta comparación y subsiguiente corrección sean posibles, que se incluya una unidad de medida, una unidad de control, un elemento final de control y el propio proceso. Este conjunto de unidades forman un bucle o lazo que recibe el nombre de lazo de control. El lazo puede ser abierto o bien cerrado, ver la figura 2.1.

En el lazo de control abierto de la figura 2.1 el operador ajusta la válvula manual en la forma que cree conveniente para igualar el caudal del líquido de salida con el de entrada. Si los caudales de entrada y salida son muy diferentes con picos de consumo desiguales, al operador le será difícil mantener un nivel constante de modo que tendrá que hacer ajustes con frecuencia. En cambio, en el control de lazo cerrado, una vez ajustada la posición del vástago de la válvula de control con la varilla del índice del flotador, el propio sistema se encargará de mantener el nivel en el punto deseado. Si en algún momento se presentan picos de caudal en la entrada, el nivel aumentará, con lo cual, la válvula de control abrirá para aumentar el caudal de salida y mantener así un nivel controlado, independientemente de la actuación del operador. [6]

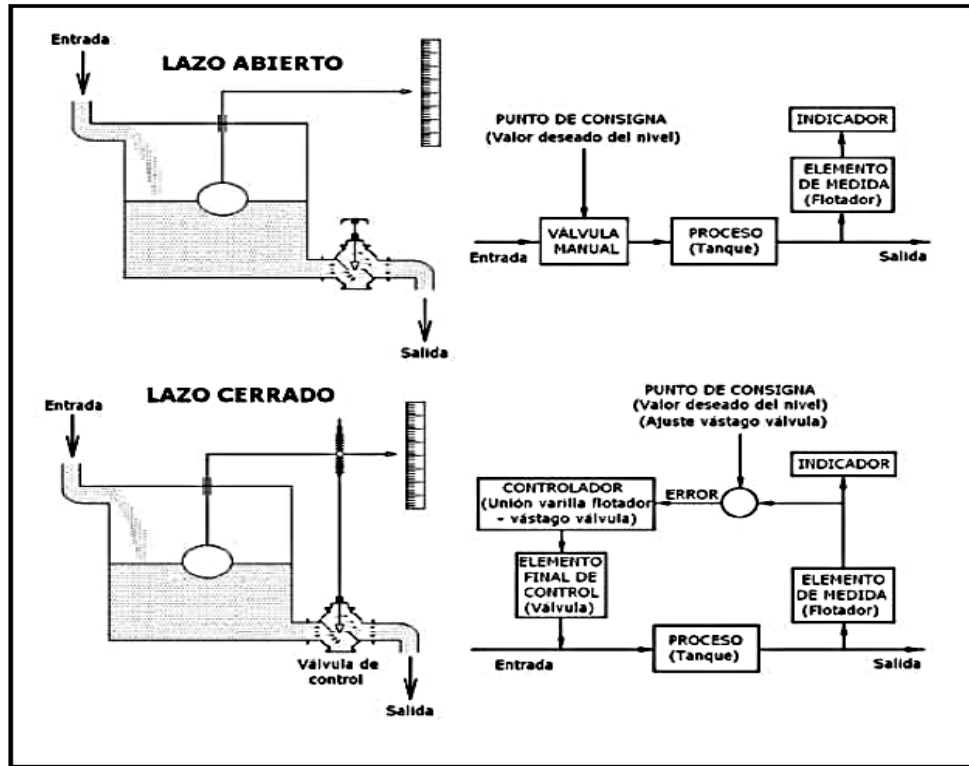


Figura 2.1. Sistemas de lazo de control

Fuente: <http://www.profesaulosuna.com/data/files/inscreus8th.pdf>

### 2.2.1.2 Tipos de sistemas automatizados

Los Sistemas Automatizados son sistemas de información hechos por el hombre. Aunque hay diferentes tipos de sistemas automatizados, todos tienden a tener componentes en común (hardware, software, personas, datos y procedimientos). Podemos encontrar distintos tipos de sistemas automatizados:

- Sistema en línea, la información se teclea desde el lugar de origen y la salida se transmite a donde es requerida.
- Sistema de tiempo real, aquel que controla un ambiente recibiendo datos, procesándolos y devolviéndolos con la suficiente rapidez como para influir en dicho ambiente en ese momento.

- Sistema de apoyo a decisiones, que consolida información, generalmente de otros sistemas, para mostrar un resumen ordenado de indicadores que se utilizan en la toma de decisiones.
- Sistemas basados en el conocimiento, que contienen el conocimiento y la capacidad para desempeñar un apoyo de alto nivel para el experto humano con algoritmos no numéricos en la resolución de problemas complejos.[5]

Además, los sistemas automatizados pueden clasificarse según el parámetro matemático principal y otros parámetros secundarios, como se indica en la siguiente tabla 2.1:

| Parámetro matemático             | Parámetro Secundario               |
|----------------------------------|------------------------------------|
| I. Automatización de objetos     | Procesamiento industrial           |
|                                  | Construcciones                     |
|                                  | Ingeniería de diseño               |
|                                  | Organización y planificación       |
|                                  | Investigación y entrenamiento      |
|                                  | Militar y objetos cósmicos         |
|                                  | Medicina y técnicas de diagnóstico |
|                                  | Procesamiento de datos             |
|                                  | Programación                       |
| Cálculos de ingeniería etc.      |                                    |
| II. Grado de universalidad       | Universal                          |
|                                  | Especializado                      |
| III. Principio de la operación   | Digital                            |
|                                  | Analógico                          |
|                                  | Digital-analógico                  |
| IV. Modo de utilización          | Continua                           |
|                                  | Regular<br>Irregular               |
| V. Grado de automatización       | Automatico                         |
|                                  | Semi-automatico                    |
| VI. Estacionalidad e invariancia | Estacionario                       |
|                                  | Semi-estacionario                  |
|                                  | Portátil                           |
|                                  | Modular                            |
| VII. Energía utilizada           | Eléctrica                          |
|                                  | Hidráulica                         |
|                                  | Neumática                          |
|                                  | Mixta                              |

Tabla 2.1. Diferentes tipos de sistemas automatizados

Fuente: <http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion>

### **2.2.1.3 Componentes de un sistema automatizado**

#### **2.2.1.3.1 Sensores**

Un sensor es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio. Con frecuencia, una condición de cambio, se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta). También puede ser una cantidad capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica). Los sensores posibilitan la comunicación entre el mundo físico y los sistemas de medición y/o de control, tanto eléctricos como electrónicos, utilizándose extensivamente en todo tipo de procesos industriales y no industriales para propósitos de monitoreo, medición, control y procesamiento. [8]

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud.

Esto se realiza en tres fases:

- Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta. [9]

Cuando se diseñan sistemas de adquisición de datos con computadora, hay aspectos a cerca de los sensores que es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- La naturaleza de la señal que el sensor – transductor genera: voltaje, rango de amplitud, respuesta en frecuencia, precisión necesaria, determinan el tipo de acondicionamiento de señal, convertidor A/D y cualquier otro hardware a utilizar.
- La influencia de las señales de ruido así como los efectos de carga del hardware de adquisición de datos sobre el sensor.
- La calibración del sensor con respecto a la variable física. Si la respuesta del sensor a los cambios de la variable física es lineal o no. Una calibración mal hecha va a producir mediciones erróneas.
- La interdependencia entre los distintos componentes del sistema de adquisición de datos, por ejemplo un sensor muy bueno, con un pobre convertidor A/D no sirve de casi nada.
- La precisión del sensor, esto es la capacidad de medir el mismo valor repetidas veces en idénticas condiciones.
- El tiempo de respuesta del sensor, es decir, el tiempo requerido para responder a un cambio brusco de la variable que está siendo sensada.
- El coeficiente de temperatura del sensor, el cual viene dado por el cambio que se produce en la respuesta del sensor debido al cambio en la temperatura a la cual se encuentra, por ejemplo el aumento en las corrientes de fuga y el voltaje offset de un amplificador, el aumento de la corriente en la oscuridad de un fotodiodo.

- La histéresis de un sensor, la cual se define como la dependencia de la salida del sensor de la respuesta anterior. Esta es muy común en sistemas magnéticos y mecánicos. [10]

## **Sensores de Nivel**

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, bien aprovechando características eléctricas del líquido o bien utilizando otros fenómenos.

Los primeros instrumentos de medida directa se dividen en: sonda, cinta y plomada, nivel de cristal, nivel de flotador, magnético, palpador servooperado y magnetoestrictivo. Los aparatos que miden el nivel aprovechando la presión hidrostática son: [6]

- Medidor manométrico
- Medidor de tipo burbujeo
- Medidor de presión diferencial de diafragma

El empuje producido por el propio líquido lo aprovecha el medidor de desplazamiento. Los instrumentos que utilizan las características eléctricas del líquido son:

- Medidor resistivo/conductivo
- Medidor capacitivo

- Medidor ultrasónico
- Medidor de radar o microondas
- Medidor de radiación
- Medidor de láser

El sistema ultrasónico de medición de nivel, tal como se muestra en la figura 2.2, se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque. [6]

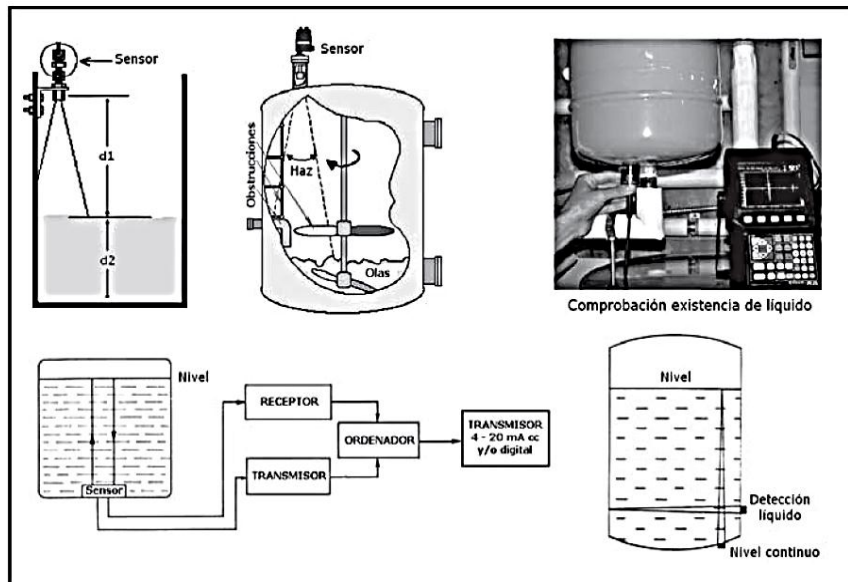


Figura 2.2. Transductor ultrasónico de nivel  
Fuente: <http://www.profesaulosuna.com/data/files/inscreus8th.pdf>

Si el sensor se coloca en el fondo del tanque, envía un impulso eléctrico que es convertido mediante un transductor (cristal piezoeléctrico) a un impulso ultrasónico de corta duración, que es transmitido a través de la pared del tanque hacia el



líquido. El impulso se refleja en la superficie del líquido y retorna hasta el transductor ultrasónico. El nivel del tanque viene expresado por la ecuación 1:

$$h = \frac{vxt}{2} \dots \dots \dots (1)$$

Siendo:

h = nivel del líquido

v = velocidad del sonido en el líquido

t = tiempo de tránsito del sonido

Pero la aplicación típica es situar el emisor en la parte superior del tanque y dirigir el impulso ultrasónico a la superficie del líquido para ser reflejado y retornar al receptor. El transductor del receptor realiza los cálculos para convertir esta distancia en el nivel del líquido en el tanque. La medida del nivel en estas condiciones puede ser afectada por varios factores: [6]

- La velocidad del sonido en el líquido que varía con la temperatura, de modo que un ambiente que pase de 0 °C a 70 °C da lugar a un error del 12% en la medida del nivel. Este efecto puede compensarse mediante un sensor de temperatura.
- La presencia de espuma en la superficie del líquido que absorbe el sonido.
- La turbulencia extrema en el seno del líquido y el movimiento de la superficie del líquido (olas, etc.), que puede compensarse con un circuito amortiguador o temporizador en el instrumento.
- El material y el estado de las paredes del tanque (paredes gruesas, corrosión, etc.), la curvatura del tanque y las obstrucciones.

- Las burbujas de gas o vapor existentes y los sedimentos en el fondo.

El método ultrasónico también es útil para determinar si en un tanque o una tubería hay o no líquido, ya que el tipo de eco es distinto. En otra aplicación, el transductor está montado en la pared del tanque y dirige el impulso hacia arriba en un ángulo determinado y el receptor se encuentre en la misma pared, pero más arriba, con lo que el sistema permite captar la existencia de líquido a una cierta altura del tanque, siendo la aplicación más útil en la detección en el nivel superior y en el fondo del tanque. [6]

Los sensores trabajan a una frecuencia de 20 kHz a 200 kHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión, el medio ambiente de gases o vapores, aumentando o disminuyendo la velocidad del sonido y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido. A frecuencias mayores (unos 50 kHz) las ondas sónicas penetran las capas de aire o vapores del tanque con menor amortiguamiento.

En la figura 2.2 puede verse el diagrama de bloques de un sistema de medida de ultrasonidos. El sensor emisor dispone de un oscilador excitador para enviar un impulso ultrasónico a la superficie del fluido y el sensor receptor recibe esta señal reflejada, enviando una señal función del tiempo transcurrido y, por lo tanto, del nivel a un transmisor electrónico analógico dotado de protocolo HART para la obtención de una señal digital.

La exactitud de estos instrumentos es de unos  $\pm 5$  mm o bien del  $\pm 0,25\%$  al  $\pm 1\%$ . Los instrumentos son adecuados para todos los tipos de tanques y de líquidos o fangos, pudiendo construirse a prueba de explosión. Presentan el inconveniente

de ser sensibles a la densidad de los fluidos y de dar señales erróneas si hay obstrucciones en el interior del tanque o bien cuando la superficie del nivel del líquido no es nítida, como es el caso de un líquido que forme espuma, ya que se producen falsos ecos de los ultrasonidos.

La utilización del microprocesador permite, a través de un programa, almacenar el perfil ultrasónico del nivel, y así tener en cuenta las características particulares de la superficie del líquido, tal como la espuma, compensando con el software los falsos ecos y las variaciones de velocidad del sonido, con lo cual se mejora la exactitud de la medida. Por otro lado, el ordenador facilita la conversión del nivel a volumen del tanque para usos de inventario y, además, proporciona características de auto comprobación (self-checking) del instrumento. [6]

### **Sensores de Temperatura**

Un tipo de sensores empleados son los basados en resistencias térmicas, que no son más que metales puestos dentro de distintos encapsulados no conductores como vidrio. Por lo general los metales escogidos son cobre, platino y níquel. La resistencia normal varía entre unos cuantos ohms y kilohms, siendo 100 ohms uno de los valores más comunes.

Estos dispositivos son usados para temperaturas desde  $-200^{\circ}\text{C}$  hasta  $300^{\circ}\text{C}$  para el caso de los basados en níquel y cobre, en el caso de los de platino pueden llegar hasta los  $900^{\circ}\text{C}$ . Su mayor ventaja es que son bastante estables y se pueden representar de forma lineal. Un defecto es que la sensibilidad es muy corta, pues solo varía alrededor de 0.4 ohms por cada  $^{\circ}\text{C}$  de cambio en la

temperatura para los hechos con platino y  $0.7 \text{ ohms}/^{\circ}\text{C}$  para los basados en níquel.

Otro tipo muy empleado de sensores son los termistores, los cuales consisten en un pequeño semiconductor con forma de placas o discos. Están hechos por lo general de mezclas de distintos óxidos metálicos de cobalto, níquel y manganeso y son por lo general encapsulados en vidrio. La relación entre la temperatura y la resistencia es no lineal. [11]

### **Sensores de velocidad**

El Taco generador proporciona una tensión proporcional a la velocidad de giro del eje. Utiliza un interruptor llamado “reed switch”, que utiliza fuerzas magnéticas para activarse o no dependiendo si un objeto magnético se encuentra físicamente cercano al interruptor.

Se desea medir la velocidad de giro de una rueda dentada, se dispone de uno de los dientes magnetizados de forma que cada vez que éste diente pase junto al interruptor será accionado por la fuerza magnética. Así por cada vuelta descrita por la rueda, el interruptor se activa y en su salida se obtiene un pulso de corriente. Midiendo estos pulsos de corriente (número de vueltas) por unidad de tiempo siendo igual a la velocidad. [9]

### **Sensores de presión**

La presión es la fuerza por unidad de superficie ejercida sobre un cuerpo. Esta medida es común en procesos que involucran gases y líquidos. Para medirla se

compara una fuerza con la otra, por lo general se referencia con la fuerza ejercida por la atmósfera. Se pueden utilizar varios métodos para medir la presión, existen métodos por desplazamiento por ejemplo el barómetro o métodos por deformación.

Otra forma de medir la presión y la más común para medir la misma, es utilizando un diafragma. Consiste en una membrana cuya deflexión en su parte central es dependiente de la presión ejercida sobre la misma. La sensibilidad del diafragma aumenta al aumentar su área y disminuye al aumentar espesor de la misma. [11]

#### **2.2.1.3.2 Actuadores**

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”. Se denominan actuadores a aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado. Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas. [12]

Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos

- Neumáticos
- Eléctricos

### **Actuadores eléctricos**

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

Utilización de un pistón eléctrico para el accionamiento de una válvula pequeña.

La forma más sencilla para el accionamiento con un pistón, sería la instalación de una palanca solidaria a una bisagra adherida a una superficie paralela al eje del pistón de accionamiento y a las entradas roscadas. [12]

### **Actuadores neumáticos**

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos. Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad.

En esta clasificación aparecen los fuelles y diafragmas, que utilizan aire comprimido y también los músculos artificiales de hule, que últimamente han recibido mucha atención.

De Efecto simple, Cilindro Neumático, Actuador Neumático De efecto Doble, Con engranaje, Motor Neumático Con Veleta, Con pistón, Con una veleta a la vez Multiveleta, Motor Rotatorio Con pistón, De ranura Vertical, De émbolo, Fuelles, Diafragma y músculo artificial. [12]

### **Actuadores hidráulicos**

Los actuadores hidráulicos, que son los de mayor antigüedad, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, funcionan en base a fluidos a presión. Existen tres grandes grupos:

- Cilindro hidráulico
- Motor hidráulico
- Motor hidráulico de oscilación.[12]

#### **2.2.1.3.3 Variadores de Velocidad**

Los motores de inducción producen el torque debido al flujo en su campo rotatorio. Cuando se opera por debajo de su velocidad base el torque se lleva a cabo manteniendo constante la relación voltaje / frecuencia que se aplica al motor. La relación para motores de 460V y 230V es como se muestra en la figura 2.3:

| Voltaje | Frecuencia | Volts / Hz |
|---------|------------|------------|
| 460     | 60         | 7.6        |
| 230     | 60         | 3.8        |

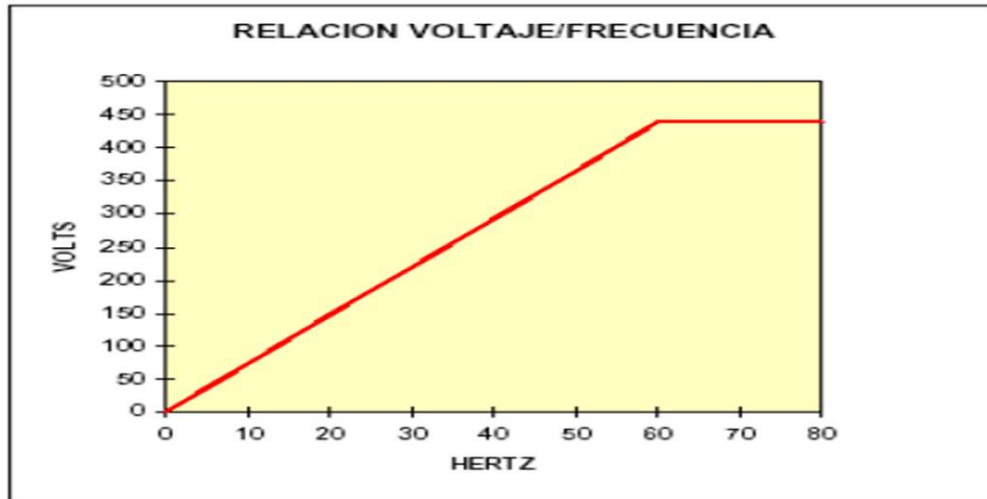


Figura 2.3. Relación voltaje-frecuencia  
Fuente: <http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Curso20%Frecuencia.pdf>

Si la relación Volts/Hz se incrementa al bajar la frecuencia para reducir la velocidad del motor, la corriente se incrementará llegando a ser excesiva. Si por el contrario la relación Volts/Hz se reduce al subir la frecuencia para elevar la velocidad del motor, la capacidad de torque se verá reducida. Cuando se opera por arriba de la velocidad base, la relación Volts/Hz se reduce ya que se aplica un voltaje constante al motor, que generalmente es el voltaje nominal, por lo que las capacidades de torque se reducen.

A frecuencias de alimentación del motor de 30 Hz y menores, la relación Volts/Hz no siempre se mantiene constante, ya que dependiendo del tipo de carga, el voltaje puede incrementarse para elevar la relación Volts/Hz para que el motor produzca un torque mayor, especialmente a velocidad cero. Este ajuste es



llamado elevación de voltaje (Voltage Boost). Cuando el motor opera con cargas ligeras se puede reducir la relación Volts/Hz para minimizar la corriente del motor, y debido a que se aplica un voltaje menor, se consigue reducir la corriente de magnetización y consecuentemente producir un torque menor que aún sea tolerable. [13]

Desde hace aproximadamente 20 años, el elevado desarrollo de la electrónica de potencia y los microprocesadores ha permitido variar la velocidad de estos motores, de una forma rápida, robusta y fiable, mediante los reguladores electrónicos de velocidad.

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

- Reducción del consumo.
- Mejor control operativo, mejorando la rentabilidad y la productividad de los procesos productivos.
- Minimizan las pérdidas en las instalaciones.
- Ahorro en mantenimiento (el motor trabaja siempre en las condiciones óptimas de funcionamiento).[14]

### **Tipos de accionamientos**

Los tipos de accionamientos pueden ser por velocidad fija, entonces la secuencia sería:

Red → Motor → Reductor → máquina

Y los de velocidad variable cuya secuencia sería:

Red → Variador → Motor → máquina

Donde las fases del movimiento del motor se observa en la figura 2.4:

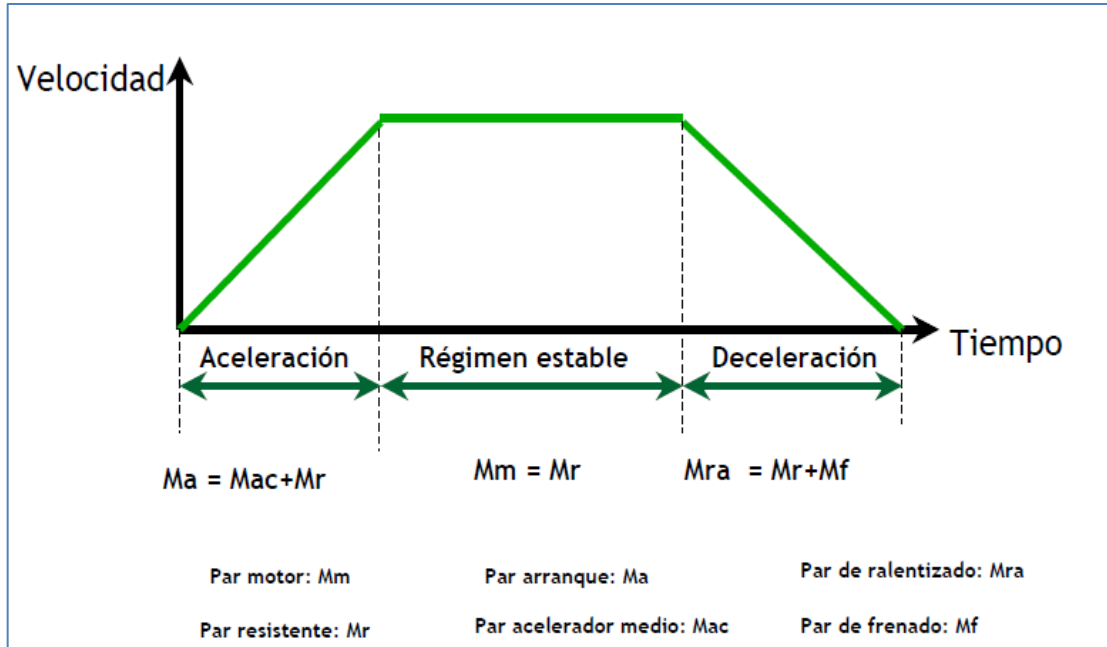


Figura 2.4. Fases de un movimiento

Fuente: <http://electricosaficionados.blogspot.pe/2015/08/iniciacion-la-variacion-de-velocidad.html>

### Etapas de un variador de frecuencia

Los controladores de frecuencia variable de estado sólido constan de un rectificador que convierte la corriente alterna de la línea de alimentación a corriente directa y de una segunda sección llamada inversor que convierte la corriente directa en una señal de corriente alterna de frecuencia ajustable que alimenta al motor. [13]

El esquema se muestra en la siguiente figura 2.5:

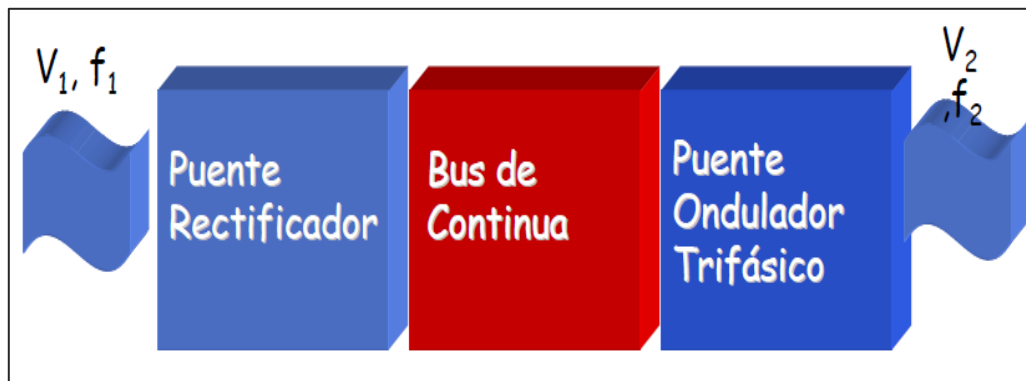


Figura 2.5. Diagrama de bloques de un vdf

Fuente: <http://electricosaficionados.blogspot.pe/2015/08/iniciacion-la-variacion-de-velocidad.html>

### **Puente rectificador**

El fenómeno de la rectificación se da porque los diodos van conmutando cíclicamente al circuito de cc sobre las fases de ca. Es la tensión de esta red la que va forzando el paso a conducción o bloqueo de los diodos, a esta conmutación se le llama forzada. Si sólo se rectifican las semiondas positivas de la tensión alterna tenemos un montaje de media onda y si se rectifican ambas semiondas, tenemos un montaje de onda completa.

El rectificador trifásico de onda completa o puente de Graetz, está formado por seis diodos y tiene la ventaja del menor rizado. Este puente es de los más empleados en las aplicaciones industriales de potencia.

Los esquemas son similares a los anteriores, cambiando los diodos por semiconductores controlables, que normalmente son tiristores, así lograremos que la tensión de salida sea variable y con prestaciones más interesantes debido a esta circunstancia.

El puente trifásico de onda completa o de Graetz es el más empleado desde el punto de vista industrial, ya que tiene las siguientes ventajas:

- Cargamos simétricamente línea trifásica.
- Se absorben menos armónicos de intensidad en la línea trifásica.
- La tensión continua es de rizado con menor amplitud y por tanto los filtros para alisado son menores.
- Las prestaciones dinámicas son mayores, ya que con seis pulsos se puede variar el ángulo de encendido seis veces por periodo. [14]

Esta etapa de rectificación se puede observar en la siguiente figura 2.6:

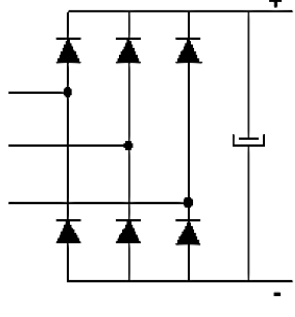
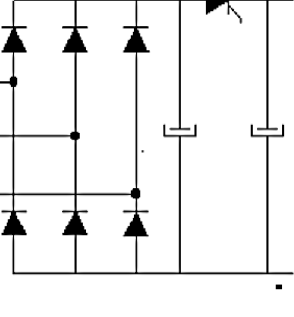
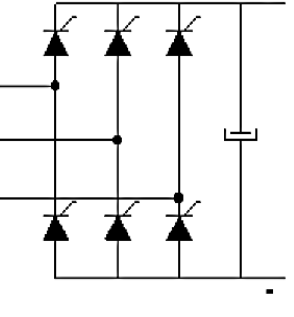
| Diodos   | DC Chopper  | Tiristores  |
|--|---|---|
|    |    |   |
| Control: No<br>Voltaje CD: Constante<br>Rizo CD: Bajo<br>V/Hz: Se ajusta en Inversor<br>Inversor: PWM<br>FPd: Alto para todas las velocidades<br>Armónicas: Alto<br>Regeneración: No | Control: SCR, GTO, Transistor<br>Voltaje CD: Variable<br>Rizo CD: Varía<br>V/Hz: Rectificador-Inversor<br>Inversor: 6 pasos<br>FPd: Se reduce con la velocidad<br>Armónicas: Alto<br>Regeneración: No | Control: SCR<br>Voltaje DC: Variable<br>Rizo CD: Varía<br>V/Hz: Rectificador-Inversor<br>Inversor: 6 pasos, PWM<br>FPd: Se reduce con la velocidad<br>Armónicas: Alto<br>Regeneración: Sí |

Figura 2.6. Etapa rectificadora

Fuente: <http://www.watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Curso20%Frecuencia.pdf>

## Bus de continua

La etapa central es el denominado circuito intermedio de continua y que puede funcionar como fuente de tensión o intensidad para la etapa final del ondulator, según la disposición que se adopte. A veces al ondulator se le llama inversor tal

como aparece en la figura, aunque es más correcto llamar inversor a todo el conjunto (rectificador, circuito intermedio y ondulator).

La función del circuito intermedio es alimentar la tercera etapa, es decir al ondulator, y esto puede hacerlo funcionando como fuente de tensión, en cuyo caso se colocaría un condensador electrostático entre los terminales (+) y (-) para mantener constante la tensión y daría lugar a un inversor con circuito intermedio de tensión. Cuando el circuito intermedio funciona como fuente de intensidad para el ondulator, se pone una inductancia en serie con una de sus ramas, su función es mantener constante la intensidad, y estaríamos hablando de un inversor con circuito intermedio de intensidad.

Según la configuración que se adopte las características del inversor son distintas y condiciona cuestiones tales como: armónicos, resistencia de frenado, gama de potencias, accionamiento para un solo motor o varios a la vez, etc. [14]

### **Puente ondulator trifásico (inversor)**

El inversor utiliza dispositivos de potencia de estado sólido que son controlados por microprocesador para conmutar el voltaje del bus de CD y producir una señal de CA de frecuencia ajustable que alimenta al motor.

Para variar la frecuencia del motor, se ajusta el tiempo de conducción de los SCR's para cada uno de los seis pasos, modificando el tiempo del ciclo. El voltaje de CD se ajusta para mantener la relación Volts-Hz constante.

Cuando se utilizan SCR's en el inversor, se utilizan circuitos complejos de conmutación que no se muestran en la figura y que incluye la lógica de disparo y

componentes adicionales de potencia para apagarlos que constan de capacitores, inductores y SRC's adicionales. [13]

Esta complejidad se reduce cuando se utilizan GTO's o IGBT's como interruptores de potencia tal como se muestra en la figura 2.7:

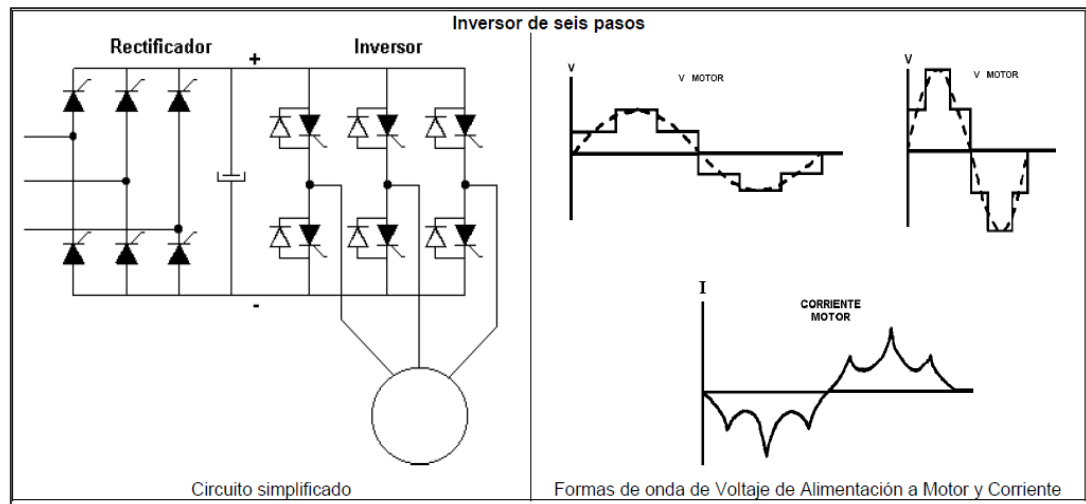


Figura 2.7. Inversor de 6 pasos  
Fuente: <http://www.watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Curso20%Frecuencia.pdf>

El inversor PWM consiste de seis IGBT's que se encienden y apagan en una secuencia tal que producen un voltaje en forma de pulsos cuadrados que se alimentan al motor. Para variar la frecuencia del motor, el número de pulsos y su ancho se ajustan resultando en un tiempo de ciclo mayor para bajar la velocidad o tiempo de ciclo menor para subir la velocidad. Para cada frecuencia específica hay un número óptimo de pulsos y anchos que producen la menor distorsión armónica en la corriente que se aproxime a la señal senoidal.

El cambio de voltaje requerido para mantener la relación Volts-Hz constante conforme varía la frecuencia, se realiza por medio del microprocesador de

propósito dedicado que controla el ancho de los pulsos y los demás parámetros para conseguir un adecuado funcionamiento, tal como se muestra en la figura 2.8.

La distorsión armónica afecta los aislamientos del motor, incrementa su ruido audible y eleva el calentamiento entre un 5% y un 15% dependiendo del diseño del fabricante y velocidad de operación. [13]

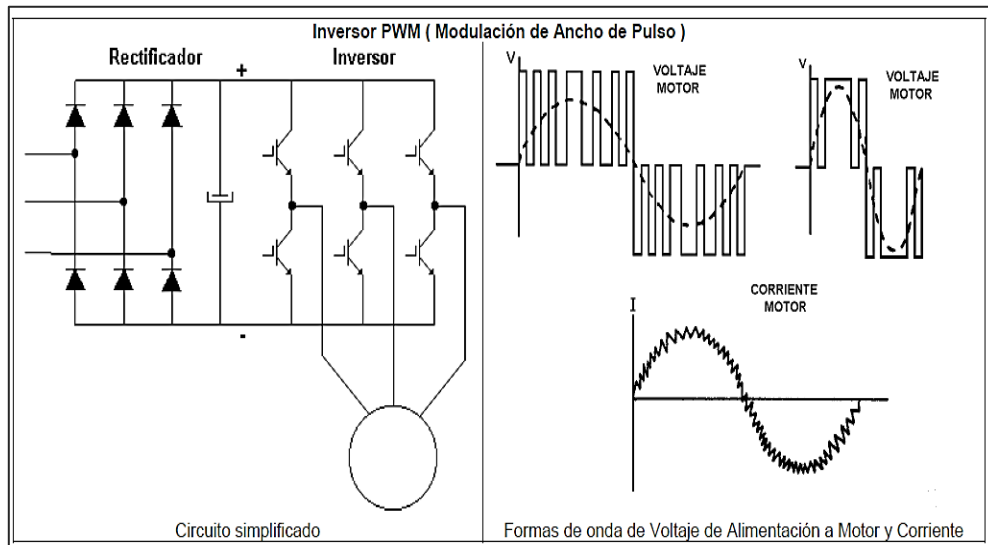


Figura 2.8. Inversor PWM  
Fuente: <http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Curso20%Frecuencia.pdf>

Por lo que a continuación se muestra en la siguiente figura 2.9, todas las etapas juntas del variador:

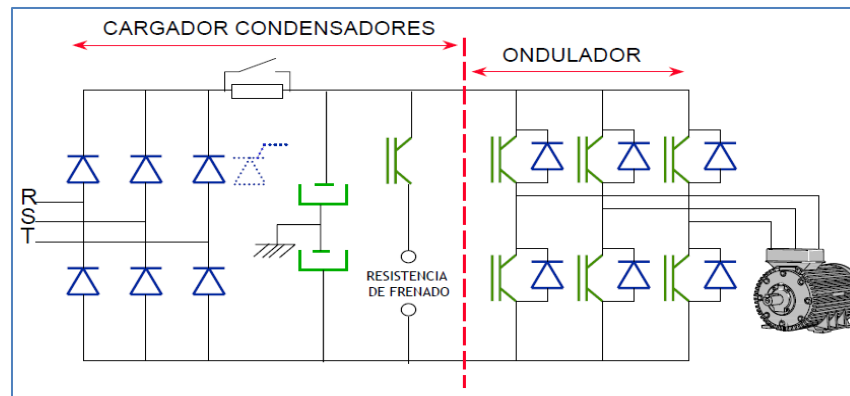


Figura 2.9. Esquema de potencia de un variador  
Fuente: <http://electricosaficionados.blogspot.pe/2015/08/iniciacion-la-variacion-de-velocidad.html>

#### **2.2.1.3.4 Buses De Campo**

Estos buses permiten conectar los captadores y accionadores al autómata con un solo cable de comunicación. Las modificaciones y ampliaciones de las instalaciones se pueden realizar fácilmente sólo con ampliar el cable del bus y conectar los nuevos componentes.

Este tipo de comunicación permite ir más allá que la simple conexión con actuadores o captadores de tipo "todo o nada" o de tipo analógico, además permite conectar los dispositivos llamados inteligentes. Estos dispositivos pueden ser variadores de velocidad, controladores de robot, arrancadores, reguladores PID, terminales de visualización, ordenadores industriales... El intercambio de información requerido es del orden de Kbytes o Mbytes. Un envío de información de este tipo se realiza en pequeños paquetes por medio de las funciones suministradas por el protocolo de comunicación usado.

Los buses de campo han favorecido las comunicaciones industriales como las conocemos hoy en día. Gracias a estos avances es posible la fabricación flexible y los sistemas de producción integrados como los llamados CIM (Computer Integrated Manufacturing), mediante la cual todo el proceso de fabricación está controlado por sistemas informáticos. [15]

En una red industrial las comunicaciones se suelen agrupar jerárquicamente en función de la información tratada. Cada subsistema debe tener comunicación directa con los subsistemas del mismo nivel y con los niveles inmediatamente superior e inferior. Así aparecen cinco niveles, representados a continuación por medio de la pirámide CIM:



**0) Nivel de Proceso:** en este nivel se realiza el control directo de las máquinas y sistemas de producción. Los dispositivos conectados son sensores, actuadores, instrumentos de medida, máquinas de control numérico, etc. Se suele utilizar cableado tradicional o buses de campo AS-i.

**1) Nivel de Campo:** se realiza el control individual de cada recurso. Los dispositivos conectados son autómatas de gama baja y media, sistemas de control numérico, transporte automatizado,...Se utilizan las medidas proporcionadas por el nivel 0 y se dan las consignas a los actuadores y máquinas de dicho nivel. Se usan buses de campo del tipo: AS-i, Device Net, Profibus DP o Interbus S.

Los niveles de proceso y campo utilizan paquetes de información del orden de los bits o bytes.

**2) Nivel de Célula:** incluye los sistemas que controlan la secuencia de fabricación y/o producción (dan las consignas al nivel de campo). Se emplean autómatas de gama media y alta, ordenadores industriales, etc. Se usan buses de campo y redes LAN\* (Local Area Network) del tipo: Profibus FMS, Profibus PA, Ethernet, CAN, etc.

**3) Nivel de Planta:** corresponde al órgano de diseño y gestión en el que se estudian las órdenes de fabricación y/o producción que seguirán los niveles inferiores y su supervisión. Suele coincidir con los recursos destinados a la producción de uno o varios productos similares (secciones). Se emplean autómatas, estaciones de trabajo, servidores de bases de datos y backups.

Se usan redes LAN del tipo Ethernet TCP/IP. Los niveles de célula y planta utilizan paquetes de información del orden de los K-bytes.

**4) Nivel de Factoría:** gestiona la producción completa de la empresa, comunica las distintas plantas, mantiene las relaciones con los proveedores y clientes y proporciona las consignas básicas para el diseño y la producción de la empresa. Se emplean ordenadores, estaciones de trabajo y servidores de distinta índole. Se usan redes del tipo Lan o WAN\* (Wide Area Network) usando Ethernet TCP/IP, Modbus plus,... La transferencia de datos que realiza son programas completos.

El flujo de información existente en la pirámide CIM debe ser:

- Vertical: incluye las órdenes enviadas por el nivel superior al inferior (descendente) y los informes sobre la ejecución de las órdenes recibidas (ascendente).
- Horizontal: debe existir un intercambio de información entre entidades de un mismo nivel. [15]

En la siguiente tabla 2.2, podemos observar la comparación de algunos buses existentes:

| Comparación de características entre algunos buses y protocolos |   |  |                               |                  |                             |  |
|---|---|--|-------------------------------|------------------|-----------------------------|--|
| Nombre  | Topología                                 | Soporte  | Máx dispositivos              | Rate Transm. bps | Distancia máx Km            | Comunicación                                   |
| Profibus DP   | línea, estrella y anillo                  | par trenzado<br>fibra óptica                   | 127/segmento                  | Hasta 1.5M y 12M | 0.1 segmento<br>24 fibra    | Master/Slave<br>peer to peer                   |
| Profibus PA   | línea, estrella y anillo                  | par trenzado<br>fibra óptica                   | 14400/segmento                | 31.5K            | 0.1 segmento<br>24 fibra    | Master/Slave<br>peer to peer                   |
| Profibus FMS  |   | par trenzado<br>fibra óptica                   | 127/segmento                  | 500K             |                             | Master/Slave<br>peer to peer                   |
| Foundation Fieldbus HSE   | estrella                                  | par trenzado<br>fibra óptica                   | 240 p/segmento<br>32.768 sist | 100M             | 0.1 par<br>2 fibra          | Single/multi master                            |
| Foundation Fieldbus H1  | estrella o bus                            | par trenzado<br>fibra óptica                   | 240 p/segmento<br>32.768 sist | 31.25K           | 1.9 cable                   | Single/multi master                            |
| LonWorks  | bus, anillo, lazo, estrella               | par trenzado<br>fibra óptica<br>coaxial, radio | 32768/dominio                 | 500K             | 2                           | Master/Slave<br>peer to peer                   |
| Interbus-S  | segmentado                                | par trenzado<br>fibra óptica                   | 256 nodos                     | 500K             | 400/segmento<br>12.8 total  | Master/Slave                                   |
| DeviceNet   | truncal/puntual y bifurcación             | par trenzado<br>fibra óptica                   | 2048 nodos                    | 500K             | 0.5<br>6 c/repetido         | Master/Slave,<br>multi-master,<br>peer to peer |
| AS-I  | bus, anillo, árbol, estrella              | par trenzado                                   | 31 p/red                      | 167K             | 0.1, 0.3 c/rep              | Master/Slave                                   |
| Modbus RTU  | línea, estrella, árbol, red con segmentos | par trenzado<br>coaxial<br>radio               | 250 p/segmento                | 1.2 a 115.2K     | 0.35                        | Master/Slave                                   |
| Ethernet Industrial   | bus, estrella, malla-cadena               | coaxial<br>par trenzado<br>fibra óptica        | 400 p/segmento                | 10, 100M         | 0.1<br>100 mono<br>c/switch | Master/Slave<br>peer to peer                   |
| HART  |   | par trenzado                                   | 15 p/segmento                 | 1.2K             |                             | Master/Slave                                   |

**Master/Slave: Maestro/Esclavo**  
**Peer to Peer: Punto a Punto**  
**Multi-Master: Multi Maestro**

Tabla 2.2. Comparación de buses existentes  
Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=562>

## **Profibus (Process Field Bus)**

Es un estándar abierto, independiente de un vendedor en concreto. Se ha estandarizado en las normas europeas EN 50170 y EN 50254. Fue desarrollado en 1989 por el gobierno alemán junto con empresas del sector de la automatización [15]

Profibús cumple con los requerimientos de automatización y control mediante tres perfiles del protocolo que son compatibles entre sí: Profibús-FMS, Profibús-DP y Profibús-PA.

Los dos primeros constituyen los perfiles típicos de comunicación de Profibús mientras que el último es un perfil de aplicación, construido a través de la combinación del perfil de comunicación DP con un conjunto de funciones adicionales. Estas adiciones proveen a PA con tecnología de transmisión y alimentación de dispositivos por medio del bus, cubriendo así las necesidades de los dispositivos de campo.

- **Profibus-FMS, Fieldbus Message Specification**

Es el perfil de comunicación capaz de manejar todas las tareas intensivas de transferencia de datos muy comunes en las comunicaciones industriales, por lo que se le considera la solución universal para la transferencia de información en el nivel superior y de campo del modelo jerárquico de automatización. Es la solución general para tareas de comunicación a nivel de control. Los potentes servicios FMS abren un amplio rango de aplicaciones y proveen de gran flexibilidad.

También puede ser empleado para tareas de comunicación extensa y compleja. Está concebido para comunicar elementos de campo complejos que dispongan de

interface FMS. Se pueden alcanzar velocidades de transmisión de hasta 1,5 Mb/sg. en función del medio utilizado. Sistema multimaestro. [16]

- **Profibus-DP, Decentralized Periphery**

Está optimizado para ofrecer mayor velocidad, eficiencia y bajo costo de conexiones porque fue diseñado específicamente para establecer la comunicación crítica entre los sistemas de automatización y los equipos periféricos.

Velocidades de comunicación de hasta 12 Mb/sg. Esta versión de Profibus está diseñada especialmente para comunicación entre sistemas automáticos de control y E/S distribuidos a nivel de campo (periferia distribuida). Los mensajes de diagnóstico se transmiten sobre el bus y se recuperan en la estación maestra. Es un sistema monomaestro. [16]

- **Profibus-PA, Process Automation**

En Profibus-PA se utiliza la tecnología de transmisión especificada en IEC 1158-2. Es una transmisión síncrona a 31.2 kbits/seg que satisface requerimientos muy importantes en las industrias química y petroquímica: seguridad intrínseca y suministro de energía a los dispositivos a través del bus mediante el simple uso de cable de cobre de dos hilos. De esta manera, es posible utilizar Profibus en áreas peligrosas. Se pueden utilizar topologías lineales, en árbol y estrella.

En este perfil se definen, de manera independiente al fabricante, los parámetros y la conducta de los dispositivos de campo típicos, tales como transductores de medición, posicionadores, válvulas de control, etc. [16]

La descripción de las funciones y el comportamiento de los dispositivos se basan en el modelo de Bloques de función reconocido internacionalmente. Esto

quiere decir que, siempre que sea compatible con Profibus, un dispositivo de un fabricante en particular puede ser reemplazado en el bus por el de cualquier otro fabricante sin necesidad de utilizar interfaces especiales. Este bus de comunicación se puede representar en la siguiente figura 2.10:

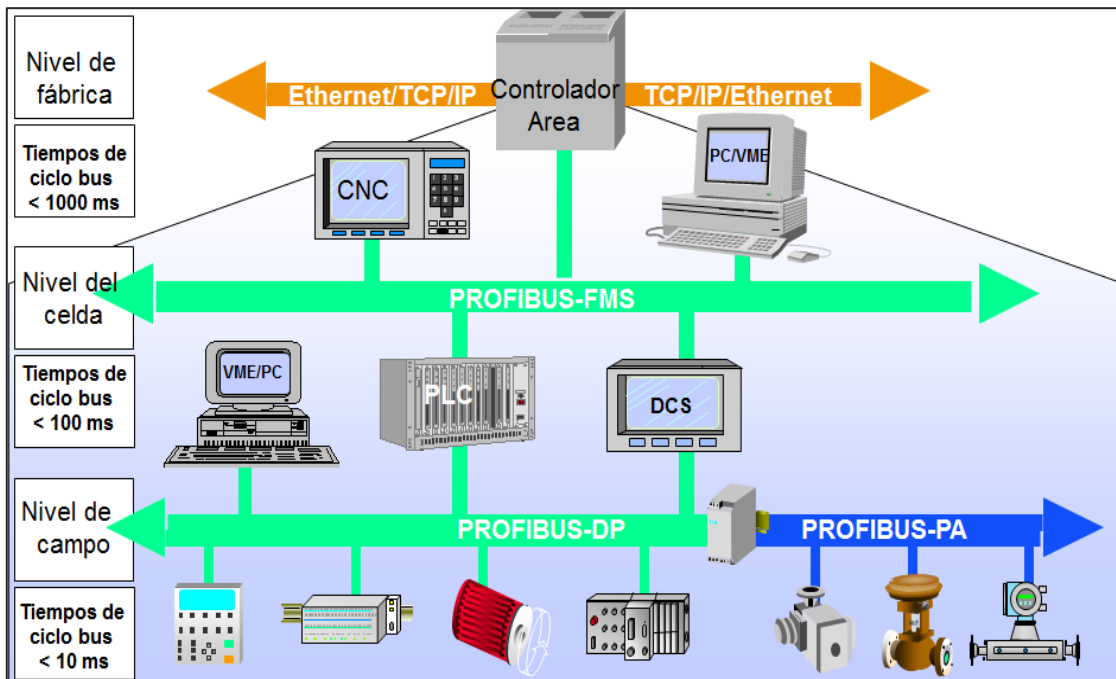


Figura 2.10. Estructura Profibus

Fuente: <http://comunicacionesindustrialesperez.blogspot.pe/2014/01/com-profibus.html>

En el protocolo Profibus se establecen las características de comunicación de un sistema de bus de campo serie. Puede ser un sistema multimaestro que permite la operación conjunta de varios sistemas de automatización. Hay dos tipos de dispositivos que caracterizan a Profibus: Dispositivo Maestro y Dispositivo Esclavo, también llamados dispositivos activos y pasivos. Los dispositivos maestros, pueden enviar y solicitar datos a otras estaciones, siempre que mantengan el derecho de acceso (token) al bus. Los dispositivos esclavos sólo pueden enviar datos cuando un participante maestro se los ha solicitado.

Los dispositivos esclavos son periféricos, tales como dispositivos entrada/salida, islas de válvula, transductores de medida y en general equipos simples de campo. Por el contrario los dispositivos maestros suelen ser equipos inteligentes, como por ejemplo autómatas programables. Podemos tener así mismo integrados en estos sistemas elementos que se pueden programar para funcionar como maestros o como esclavos.

Profibus utiliza un método mixto para ordenar la comunicación entre estaciones. El método que utiliza para comunicarse entre una estación maestra y otra es del tipo token bus, mientras que la comunicación entre una estación maestra y una esclava es del tipo maestro esclavo.

#### **2.2.1.3.5 Controlador Lógico Programable**

Con la llegada de los autómatas programables, los llamados PLC, la industria sufrió un impulso importante, que ha facilitado de forma notable que los procesos de producción o control se hayan flexibilizado mucho. Encontramos PLC en la industria, pero también en nuestras casas, en los centros comerciales, hospitalarios, etc. También en nuestras escuelas de formación profesional encontramos frecuentemente autómatas programables. PLC son las siglas en inglés de Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller). Cuando se inventaron, comenzaron llamándose PC (Controlador programable), pero con la llegada de los ordenadores personales de IBM, cambió su nombre a PLC (No hay nada que una buena campaña de marketing no pueda conseguir). En Europa les llamamos autómatas programables. Sin embargo, la definición más

apropiada sería: Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia almacenada en memoria, de instrucciones lógicas.

El PLC es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales (una etapa después de la otra) que se ejecutan en un ambiente industrial. Es decir, que van asociados a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo.

Como puedes deducir de la definición, el PLC es un sistema, porque contiene todo lo necesario para operar, y es industrial, por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles que se encuentran en la industria.[17]

Un PLC realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a criterios preprogramados.
- Almacenar datos en la memoria.
- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.
- Comunicarse con otros sistemas externos.

Los PLC se distinguen de otros controladores automáticos, en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros



controladores (como por ejemplo un programador o control de la llama de una caldera) que solamente, pueden controlar un tipo específico de aparato.

Además de poder ser programados, son automáticos, es decir son aparatos que comparan las señales emitidas por la máquina controlada y toman decisiones en base a las instrucciones programadas, para mantener estable la operación de dicha máquina. [17]

Puedes modificar las instrucciones almacenadas en memoria, además de monitorizarlas.

Un controlador lógico programable se compone de cuatro unidades funcionales:

- La unidad de entradas
- La unidad de salidas
- La unidad lógica
- La unidad de memoria

En la tabla 2.3 que se muestra a continuación se puede observar la estructura interna de los PLC

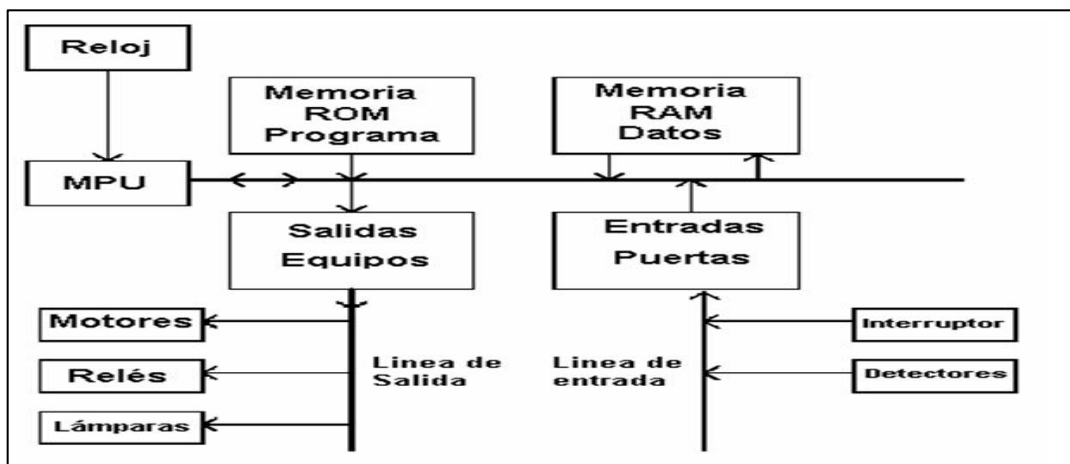


Tabla 2.3. Estructura interna del PLC

Fuente: <http://recursostic.educacion.es/content/-lenguajes-de-programacion?start=3>

### 2.2.2 Planta de filtrado de relaves

Toda planta minera cuyo proceso de concentración es Flotación, produce residuos sólidos que se denominan relaves y que corresponden a una "Suspensión fina de sólidos en líquido", constituidos fundamentalmente por el mismo material presente en el yacimiento, al cual se le ha extraído la fracción con mineral valioso, conformando una pulpa, que se genera y desecha en las plantas de concentración húmeda de especies minerales y estériles que han experimentado una o varias etapas en circuito de molienda fina; esta "pulpa o lodo de relaves" fluctúa en la práctica con una razón aproximada de agua/sólidos que van del orden de 1:1 a 2:1. Las características y el comportamiento de esta pulpa dependerá de la razón agua/sólidos y también de las características de las partículas sólidas. Esto puede ilustrarse si se consideran los siguientes ejemplos:

- Una masa de relaves con un gran contenido de agua escurrirá fácilmente, incluso con pendientes pequeñas.
- Una masa de relaves con un contenido de agua suficientemente bajo (por ejemplo, relaves filtrados) no escurrirá gravitacionalmente.
- Si las partículas sólidas son de muy pequeño tamaño (equivalentes a arcillas), se demorarán un gran tiempo en sedimentar, manteniéndose en suspensión y alcanzando grandes distancias respecto al punto de descarga antes de sedimentar.
- Si las partículas sólidas son de gran tamaño (equivalentes a arenas) sedimentarán rápidamente y se acumularán a corta distancia del punto de descarga.

Las alternativas a utilizar en la deposición de un material de relaves, dependerá de las características de los relaves que produce la planta (cantidad suficiente de material tamaño arena), del costo del agua (si es escasa, se justifican inversiones en equipos para optimizar su recuperación) y, de las características del lugar de emplazamiento del depósito de relaves.

Para conseguir estructuras estables con los relaves, deben determinarse sus características, similares a lo que se hace con los suelos (granulometría, densidad relativa, razón de vacíos, relaciones de fase, etc.). Estas determinaciones permiten también evaluar el cumplimiento de las disposiciones legales contenidas en el D.S. N°248 (2006) “Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Depósitos de Relaves”, del Ministerio de Minería. [18]. En la siguiente tabla 2.4 se observa la densidad versus el contenido de agua en los relaves:

| <b>Densidad de Pulpa</b> | <b>Vol. de agua por tonelada de relaves</b> | <b>Consistencia del Relave</b> |
|--------------------------|---|--------------------------------|
| <b>% solidos</b>         | <b>m<sup>3</sup> / ton</b>                  |                                |
| 30                       | 2.3   | Pulpa                          |
| 65                       | 0.5   | Espesado                       |
| 75                       | 0.3   | Pasta                          |
| 85                       | 0.2   | Filtrado                       |

Tabla 2.4. Densidad vs contenido de agua en los relaves  
Fuente: elaboración propia

### 2.2.2.1 Filosofías de operación de depósito de relaves filtrado

La filosofía de funcionamiento del filtrado de relaves se puede representar en la siguiente figura 2.11:

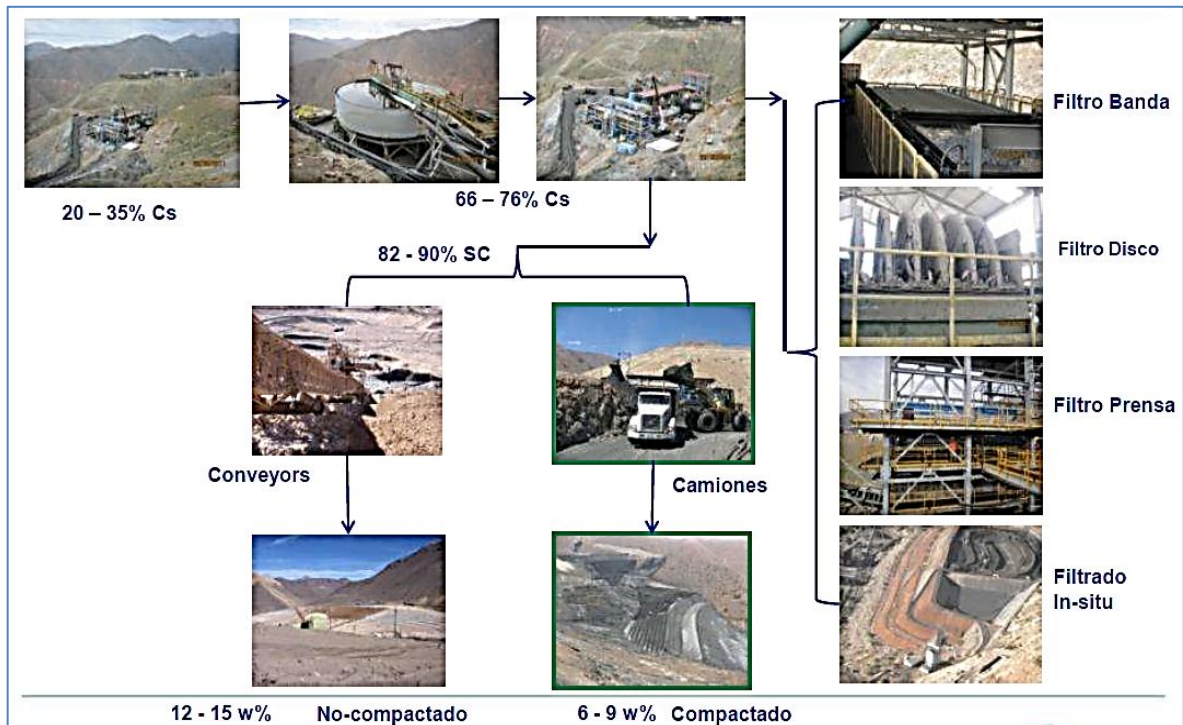


Figura 2.11. Filosofía de operación del filtrado de relaves  
 Fuente: [http://www.iimp.org.pe/pptjm/jm20131017\\_relaves.pdf](http://www.iimp.org.pe/pptjm/jm20131017_relaves.pdf)

A la Planta de Filtrado ingresa relaves con densidad 2,450 Grs/Lt y sólidos de 75/82%, luego del filtrado de banda sale con una densidad de 3,050 Grs/Lt, y los sólidos de 87.5/90%, donde La humedad varía entre del 10 al 12.5%.

### 2.2.2.2 Circuito de funcionamiento de la planta de filtrado de relaves

El relave que genera la planta concentradora, es enviada hacia la planta de filtrado de relaves, donde es depositada en el tanque principal (holdintank) tal como se muestra en la figura 2.12.



Figura 2.12. Tanque principal de relaves  
Fuente: elaboración propia

Después por medio de bombas es enviado hacia los filtros banda, como se observa en la figura 2.13 y un flujo como la que se muestra en la figura 2.14.



Figura 2.13. Flujo enviado a los filtros banda  
Fuente: Elaboración propia





Figura 2.14. Relave enviado a los filtros banda  
Fuente: Elaboración propia

Para pasar por un proceso de filtrado, por medio de una tela filtrante y como se muestra en la figura 2.15 se emplea una bomba de vacío para filtrar el agua del relave. Y como se observa en la figura 2.16 el relave es separado del agua.



Figura 2.15. Sistema de vacío  
Fuente: Elaboración propia



Figura 2.16. Relave filtrado  
Fuente: Elaboración propia

Después el relave filtrado, es transportado por fajas transportadoras y trasladado a las canchas de relave por medio de camiones, como se puede observar en la figura 2.17.



Figura 2.17. Fajas transportadoras para relave y traslado de camiones  
Fuente: Elaboración propia



Como se muestra en la figura 2.18, el agua que es filtrada va hacia el piso de los filtros bandas



Figura 2.18. Agua filtrada de los filtros banda  
Fuente: Elaboración propia

Después por medio de canaletas, el agua es depositada en un tanque de recuperación de agua como se muestra en la figura 2.19, para la mejor recuperación del agua.



Figura 2.19. Tanque de recuperación de agua  
Fuente: Elaboración propia



Por medio de dos bombas es enviado hacia un espesador, donde por rebose el agua es almacenada en un tanque de agua de proceso como se muestra en la figuras 2.20 y 2.21, y ser enviado a la planta concentradora, para ser reutilizada en la producción. Y la carga que reposa debajo del espesador es enviada nuevamente al tanque principal (holdintank), culminado el proceso de filtrado de relave.

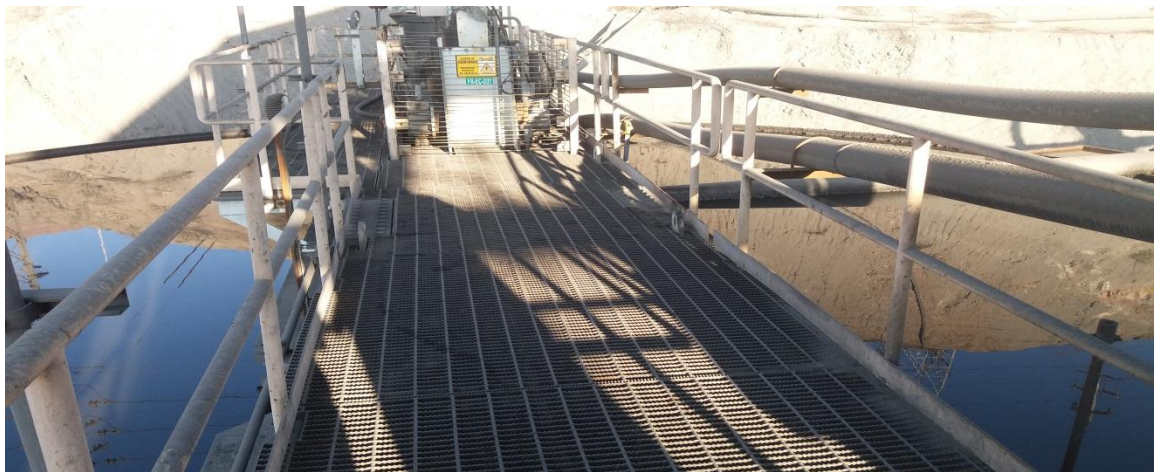


Figura 2.20. Espesador de la planta de filtrado de relaves  
Fuente: Elaboración propia



Figura 2.21. Tanque de agua de proceso  
Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS PARA LA RECUPERACION DE AGUA DE LOS FILTROS BANDA.**

#### **3.1 ANALISIS DEL SISTEMA**

Se automatizará el tanque de recuperación de agua, tanque de recepción de toda el agua que es filtrada en los filtros banda número 4 y 5 y del agua empleada para el lavado de la tela filtrante, después que este descargue todo el relave filtrado en las fajas transportadoras.

Después de recepcionar toda el agua, es enviado hacia un espesador por medio de bombas; este diagrama de flujo se puede observar en la figura 3.1. Para lograr un mejor control de envío de agua recuperada al espesador se instalara un sensor de nivel en el tanque de recuperación, ya que este comandara el arranque de las bombas según el nivel del tanque.

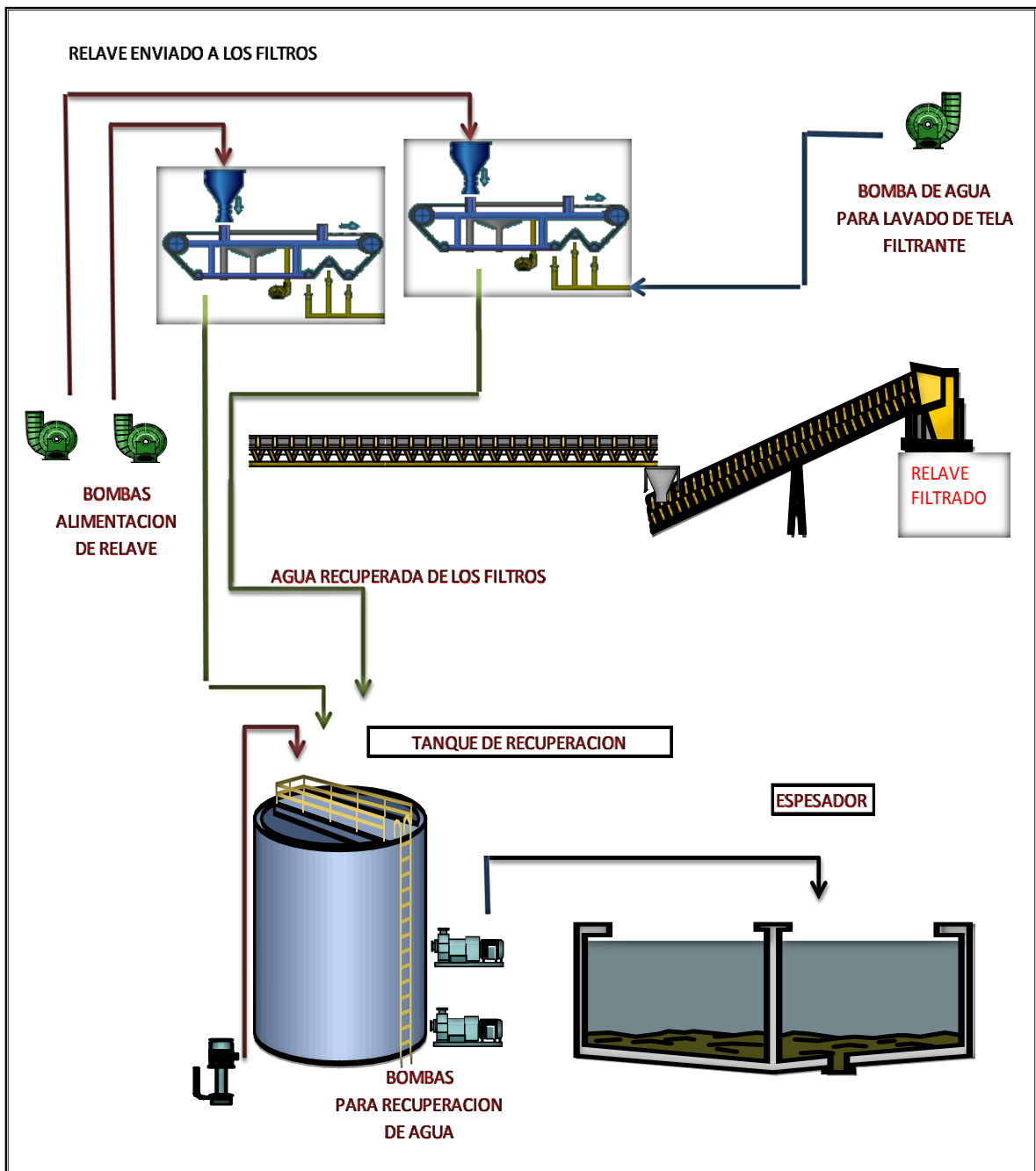


Figura 3.1. Diagrama de flujo de sistema a automatizar  
Fuente: Elaboración propia

Para poder lograr una mejor recuperación de agua de los filtros bandas, es necesario instalar un sensor de nivel para accionar las bombas que están

acopladas al tanque; por lo que ante un nivel alto, el motor de la bomba enciende por el arranque de un variador según la velocidad que en el instante se requiera; y ante un nivel bajo el equipo deje de funcionar para un mejor ahorro de energía.

Por lo que se requiere que todos estos equipos estén interconectados, por lo que a continuación en la figura 3.2, se muestra la secuencia de trabajo y el tipo de comunicación en cada caso.

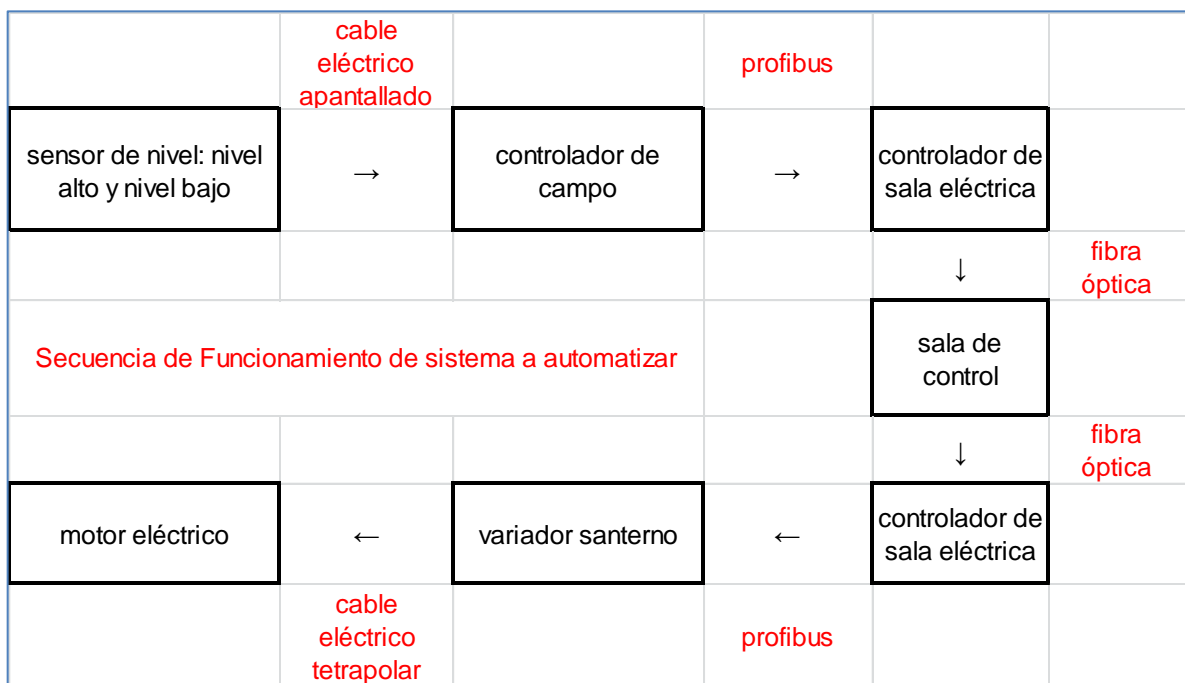


Figura 3.2. Secuencia de trabajo y tipo de enlace  
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 3.2, al implementar el sensor de nivel y el variador de frecuencia, es necesario comunicarlos, por lo que en la planta de filtrado de relaves ya se cuenta con un controlador de campo y un controlador en la sala eléctrica, siendo necesario conectar nuestro sensor de nivel en un módulo de entrada analógica del controlador de campo, y se conectara por medio de profibus al controlador de la sala eléctrica, para que desde sala de control se

pueda realizar el programa, por gente especializada en programación de acuerdo al requerimiento de nuestro sistema. Para arrancar nuestro variador de frecuencia solo es necesario conectarlo a la red profibus de la sala eléctrica, y de esta manera nuestro sensor de nivel queda enlazado con nuestro variador de frecuencia.

### **3.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**

Después de analizar nuestro sistema, emplearemos un sensor de nivel VEGASON 63 y un variador de frecuencia Santero – Sinus Penta que nos permitirá automatizar nuestro tanque de recuperación.

#### **3.2.1 SENSOR DE NIVEL DE ULTRASONIDO VEGASON 63**

El VEGASON 63 es un sensor ultrasónico para la medición continua de nivel. El mismo es apropiado para líquidos y productos áridos en casi todas las ramas de la industria.

Desde el transductor acústico del sensor de ultrasonido se transmiten impulsos cortos de ultrasonido hacia el producto a medir. Estos son reflejados por la superficie del producto de almacenado y captados de nuevo en forma de ecos por el transductor acústico. El tiempo de duración de los impulsos de ultrasonido desde la transmisión hasta la recepción es proporcional a la distancia y de esta forma a la altura de llenado. La altura de llenado determinada de esta forma se transforma en una señal de salida correspondiente y emitida como valor de medición.

### 3.2.1.1 Condiciones de montaje a tomar en cuenta

#### Rango de medición

El plano de referencia del rango de medición es el lado inferior del transductor acústico, como se muestra en las figuras 3.3 y 3.4. Se toma en cuenta que debajo del plano de referencia, hay que mantener una distancia mínima – la llamada zona muerta – donde no existe posibilidad de medición. El valor exacto de la zona muerta se encuentra en los Datos técnicos en el Anexo 1.

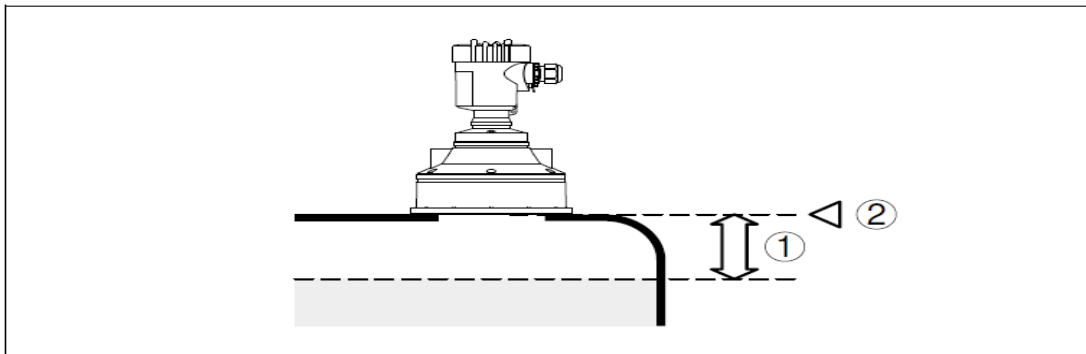


Figura 3.3. Distancia mínima hasta la altura máxima de llenado  
Fuente: Manual sensor de nivel vega

1 Zona muerta

2 Plano de referencia

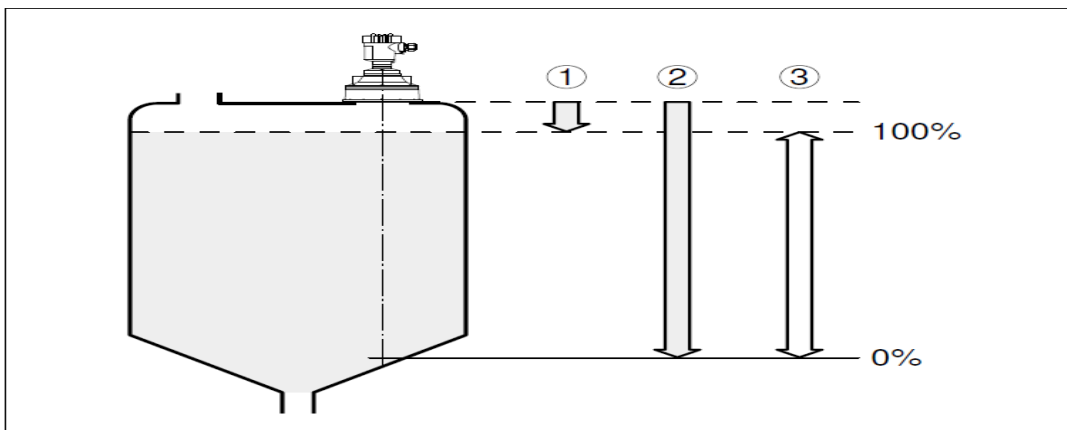


Figura 3.4. Rango de medición (rango de operación) y distancia máxima de medición  
Fuente: Manual sensor de nivel vega

- 1 lleno
- 2 vacío (distancia máxima de medición)
- 3 Rango de medición

### Instrucciones de montaje

Se montará el VEGASON 63 en una posición, alejada por lo menos 200 mm de la pared del tanque, como se muestra en la figura 3.5. Cuando el sensor se monta centrado en depósitos con esquinas abovedadas o redondeadas, pueden aparecer ecos múltiples, con posibilidad de compensación mediante un ajuste adecuado. Si no puede mantenerse dicha distancia, hay que realizar un registro de señal perturbadora durante la puesta en marcha. Esto resulta especialmente válido, si se esperan incrustaciones en las paredes del depósito. En ese caso se recomienda la repetición del registro del eco perturbador más tarde con presencia de incrustaciones.

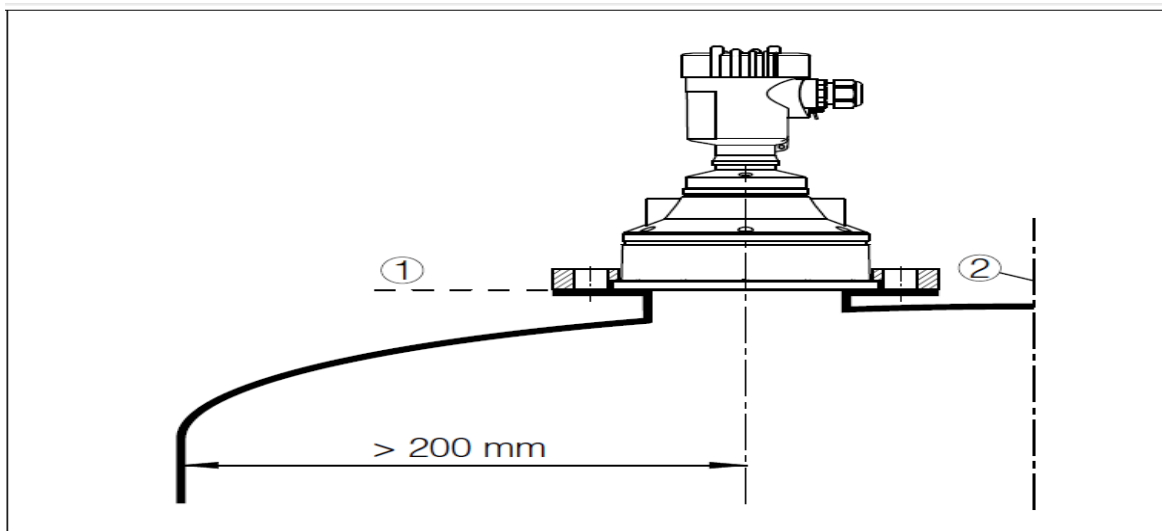


Figura 3.5: Montaje en tapas de depósito redondas  
Fuente: Manual sensor de nivel vega

1 Plano de referencia

2 Centro del depósito o eje simétrico

### **Orientaciones del sensor**

Se orientará el sensor lo más perpendicular posible respecto a la superficie del líquido para conseguir resultados óptimos de medición, como se observa en la figura 3.6.

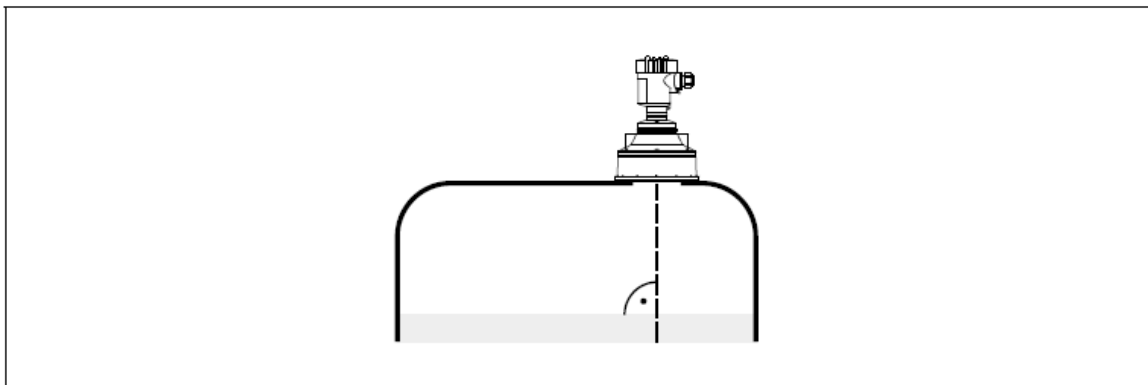


Figura 3.6: Orientación en líquidos  
Fuente: Manual sensor de nivel vega

### **Montaje en caso de agitadores**

En nuestro tanque se cuenta con un agitador, como se aprecia en la figura 3.7, por lo que en el depósito hay que realizar un almacenaje de eco perturbador durante la marcha del agitador. De esta forma se asegura, que las reflexiones perturbadoras del agitador sean almacenadas en posiciones diferentes.



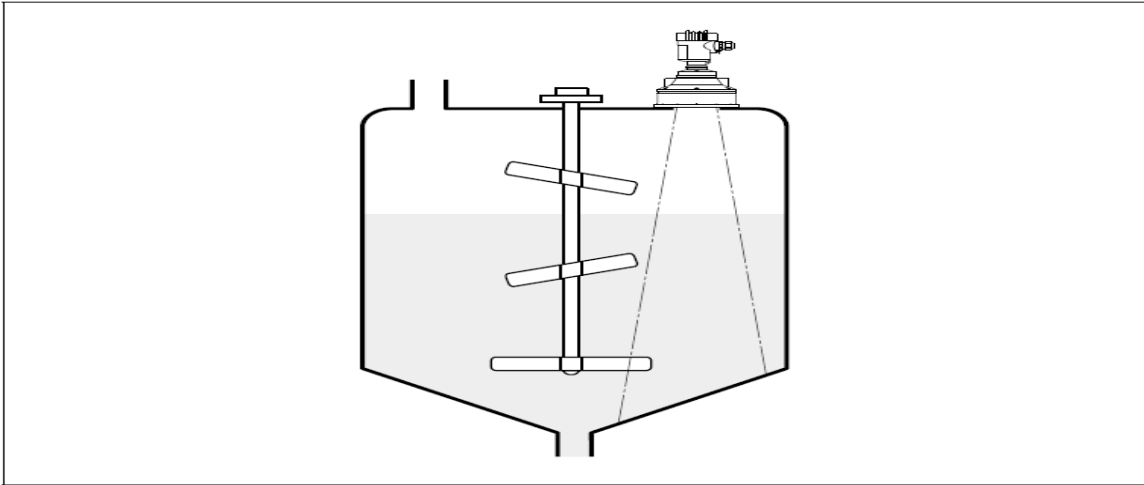


Figura 3.7: montaje sensor de nivel en Agitadores  
Fuente: Manual sensor de nivel vega

### Corrientes de llenado del tanque

Se montará el sensor alejado de la corriente de llenado, como se observa en la figura 3.8; se verificara que la detección se de en la superficie del líquido almacenado y no de la corriente de llenado.

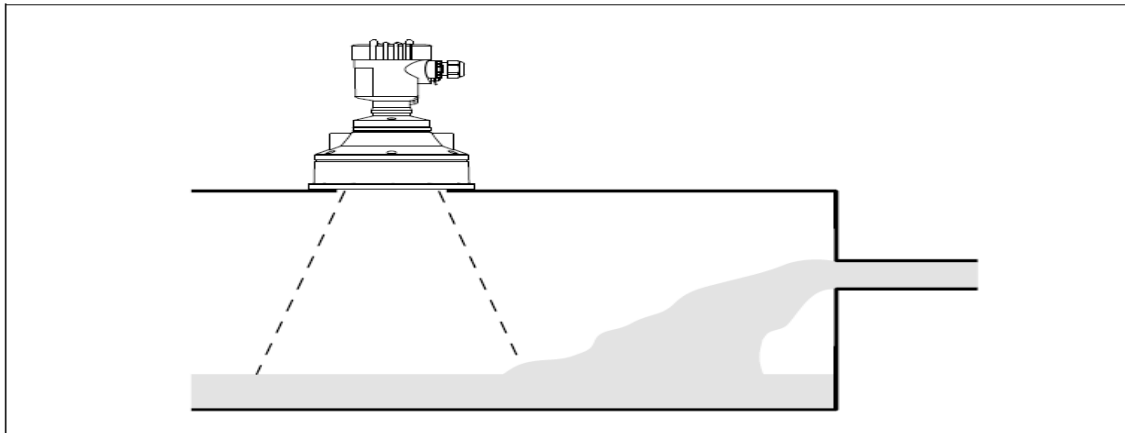


Figura 3.8. Líquido entrante  
Fuente: Manual sensor de nivel vega

#### 3.2.1.2 Seleccionar el cable de conexión

Para la alimentación de corriente se requiere un cable de instalación homologado con conductor de polietileno.

La salida de corriente de 4-20 mA se conecta con cable comercial de dos hilos apantallado con un diámetro exterior del cable de 5... 9 mm garantiza la estanqueidad del racor atornillado para cables.

### **Blindaje del cable y conexión a tierra**

Se conectará el blindaje del cable a tierra por ambos extremos. En el sensor hay que conectar el blindaje directamente al terminal interno de puesta a tierra. El terminal externo de puesta a tierra en la carcasa del sensor tiene que estar conectado con baja impedancia a la conexión equipotencial.

#### **3.2.1.3 Pasos de conexión**

Proceder de la forma siguiente:

- 1 Destornillar la tapa de la carcasa
- 2 Zafar la tuerca de unión del racor pasa cables
- 3 Pelar aproximadamente 10 cm (4 pulg.) del cable de conexión de la salida de corriente, quitando aproximadamente 1 cm (0.4 pulg.) del aislamiento a los extremos de los conductores
- 4 Empujar el cable en el sensor a través del racor atornillado para cables
- 5 Subir la palanca de apertura de los bornes con un destornillador
- 6 Insertar los extremos de los conductores en los bornes abiertos según el esquema de conexión.
- 7 Empujar hacia abajo las palancas del borne, el resorte del borne cierra perceptiblemente.

8 Comprobar el asiento correcto de los conductores en los bornes tirando ligeramente de ellos.

9 Conectar el blindaje con el borne interno de puesta a tierra y el borne externo de puesta a tierra con la conexión equipotencial.

10 Apretar la tuerca de unión del racor pasa cables, el sello tiene que abrazar el cable completamente.

11 Tender el cable de conexión para la alimentación de corriente de la misma forma según el esquema de conexión, conectando adicionalmente el conductor de puesta a tierra al terminal interno de puesta a tierra.

12 Atornillar la tapa de la carcasa.

Con ello queda establecida la conexión eléctrica como se observa en la figura 3.9.

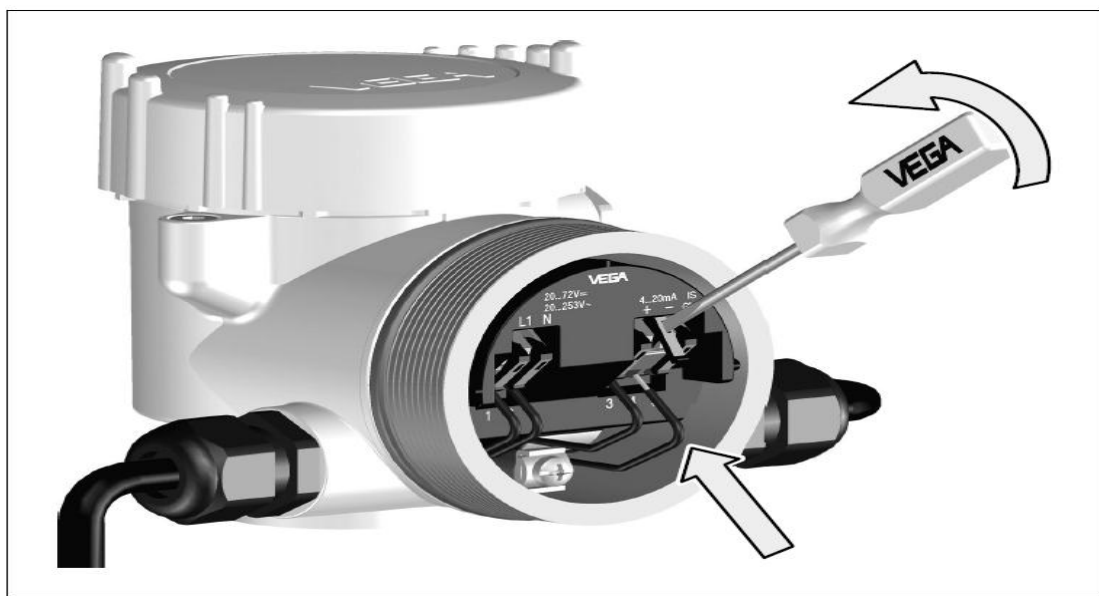


Figura 3.9. Pasos de conexión  
Fuente: Manual sensor de nivel vega

13 se realizará el tendido del cable por la bandeja porta cable, hacia el módulo de entrada analógica (2A3), del controlador de campo. Podemos observar el módulo en la figura 3.10

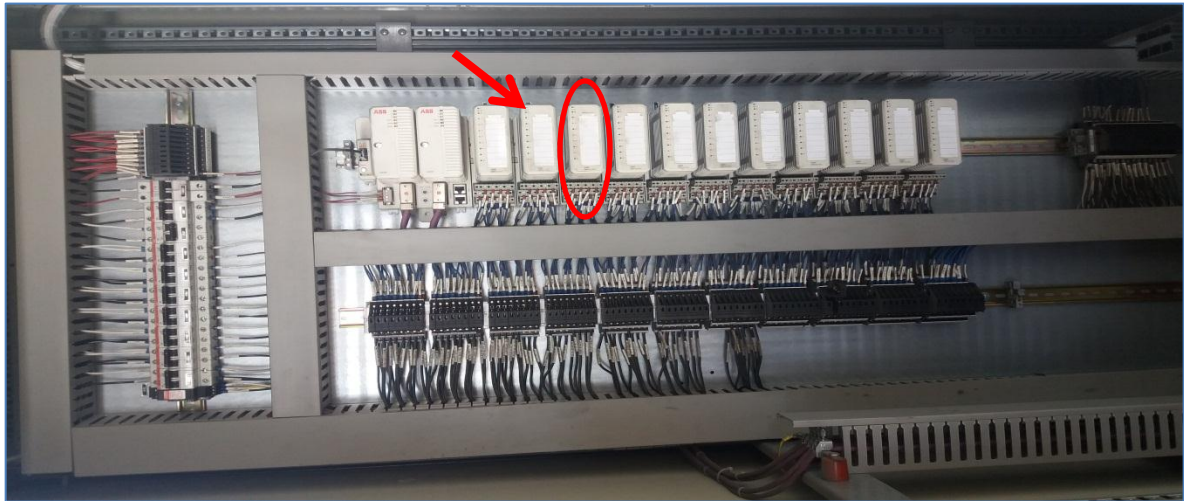


Figura 3.10. Módulo de entrada analógica  
Fuente: elaboración propia

14 el canal del módulo AI845 será el canal 2, que se encuentra como reserva, y se conectara en la bornera según el plano eléctrico, que se muestra en la figura 3.11.

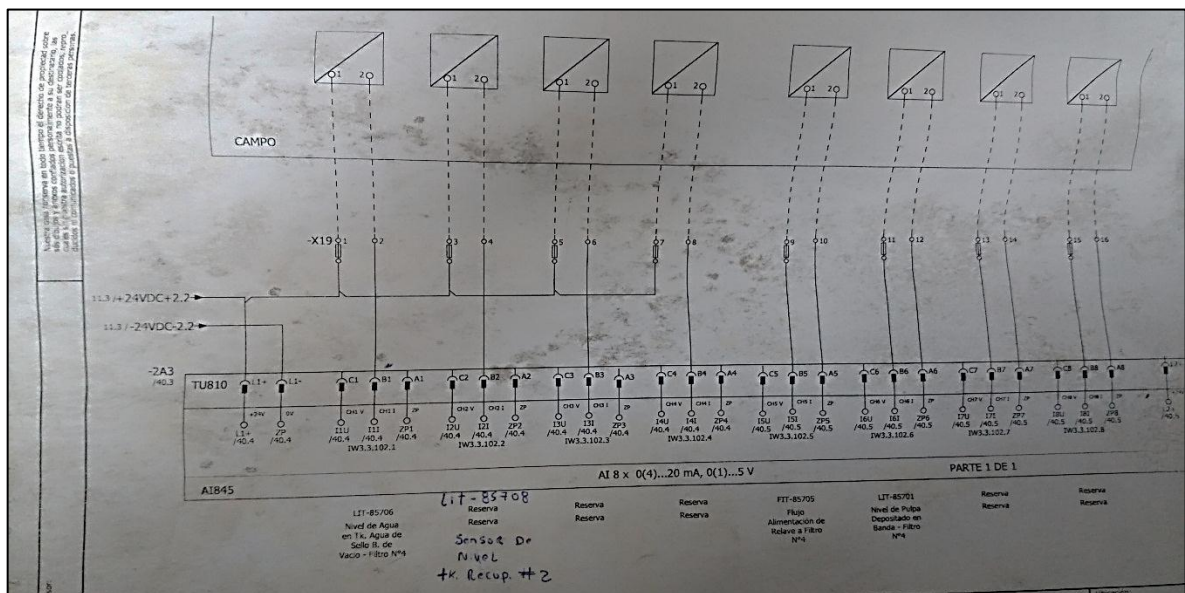


Figura 3.11. Diagrama eléctrico de modulo analógico  
Fuente: elaboración propia

### **3.2.1.4 Puesta en funcionamiento con el módulo de visualización y configuración PLICSCOM**

#### **Montaje/desmontaje módulo de visualización y configuración**

El módulo de visualización y configuración PLICSCOM puede montarse y desmontarse del sensor en cualquier momento. Aquí no es necesaria la interrupción de la alimentación eléctrica.

Proceder de la forma siguiente:

- 1 Destornillar la tapa de la carcasa.
- 2 Colocar el módulo de visualización y configuración en la posición deseada encima de electrónica (Se pueden seleccionar cuatro posiciones desplazadas a 90°)
- 3 Colocar el módulo de visualización y configuración sobre el sistema electrónico, girándolo ligeramente hacia la derecha hasta que enclave.
- 4 Atornillar fijamente la tapa de la carcasa con la ventana.

El desmontaje tiene lugar análogamente en secuencia inversa.

El módulo de visualización y configuración es alimentado por el sensor, no se requiere ninguna otra conexión, como se muestra en la figura 3.12.

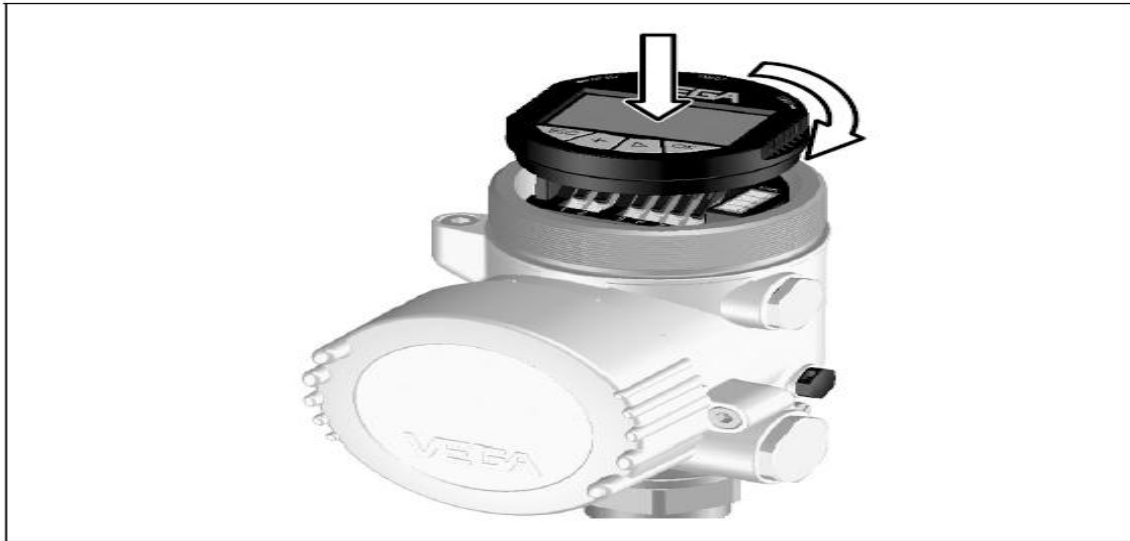


Figura 3.12. Montaje del módulo de visualización y configuración  
Fuente: Manual sensor de nivel vega

### Funciones de teclas

1 Display LC

2 Indicación de los números de los puntos del menú

3 Teclas de configuración

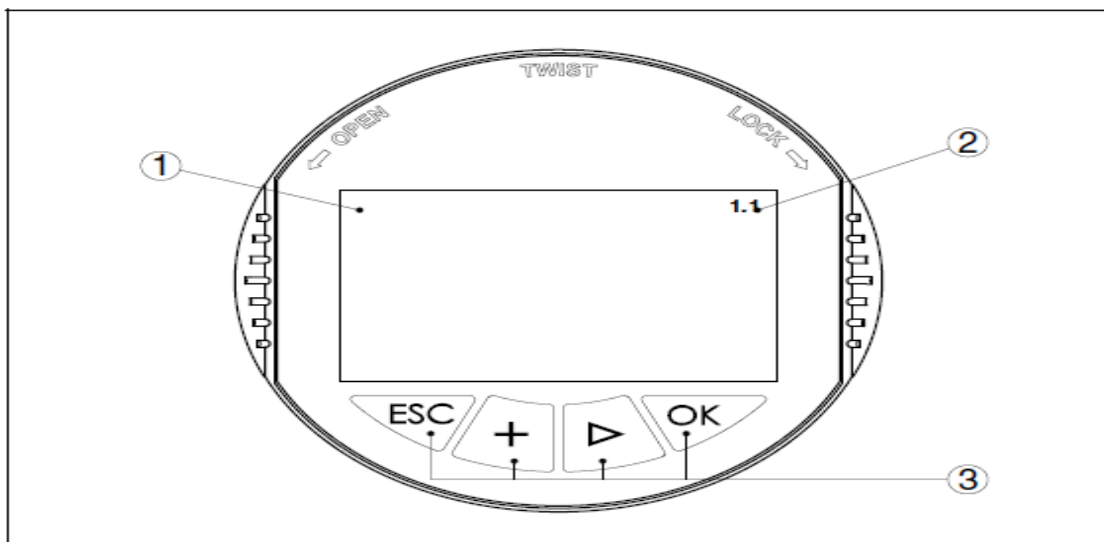


Figura 3.13. Elementos de configuración y visualización  
Fuente: Manual sensor de nivel vega

Teclas de funciones:

- Tecla [OK]:
  - Cambiar al esquema de menús
  - Confirmar el menú seleccionado
  - Edición de parámetros
  - Almacenar el valor
- [->]-Tecla para la selección de:
  - Cambio de menú
  - Seleccionar registro de lista
  - Seleccionar posición de edición
- Tecla [+]:
  - Modificar el valor de un parámetro
- Tecla-[ESC]:
  - Interrupción de la entrada
  - Retorno al menú de orden superior

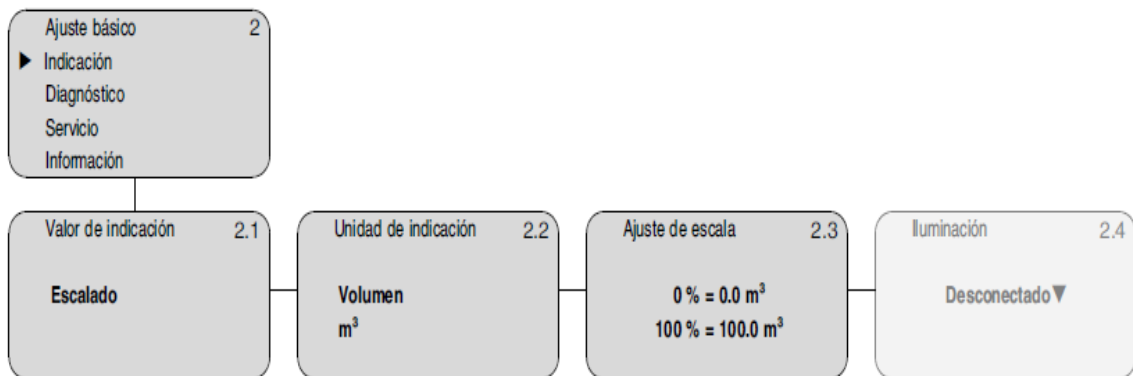
El sensor se maneja mediante las cuatro teclas del módulo de visualización y configuración. En el display - LC aparecen los diferentes puntos del menú. La función se toma de la representación superior. Aproximadamente 10 minutos después de la última pulsación de teclas tiene lugar un retorno automático a la indicación de valor. Durante esta operación se pierden los valores que no han sido confirmados con [OK].

### **Árbol menú para configuración**

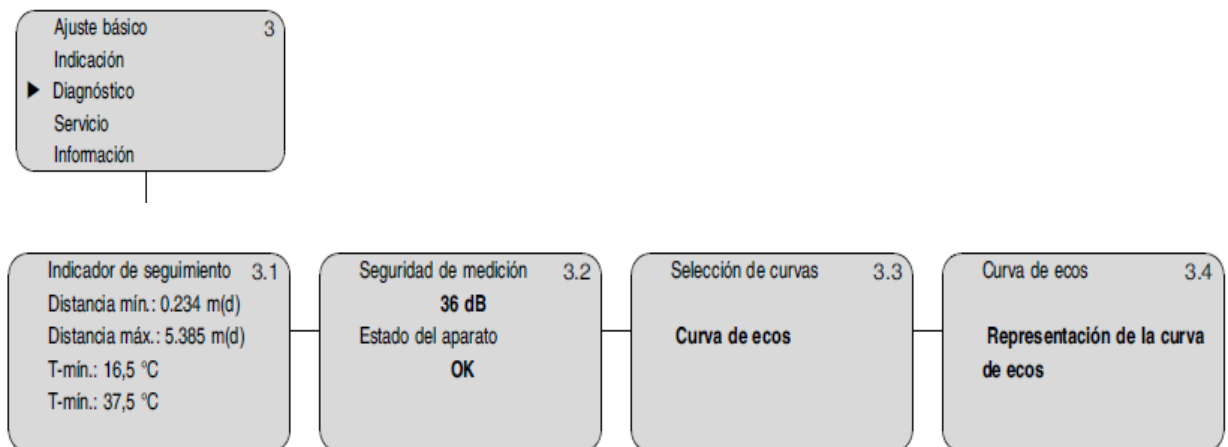
Ajuste básico:



Indicación:

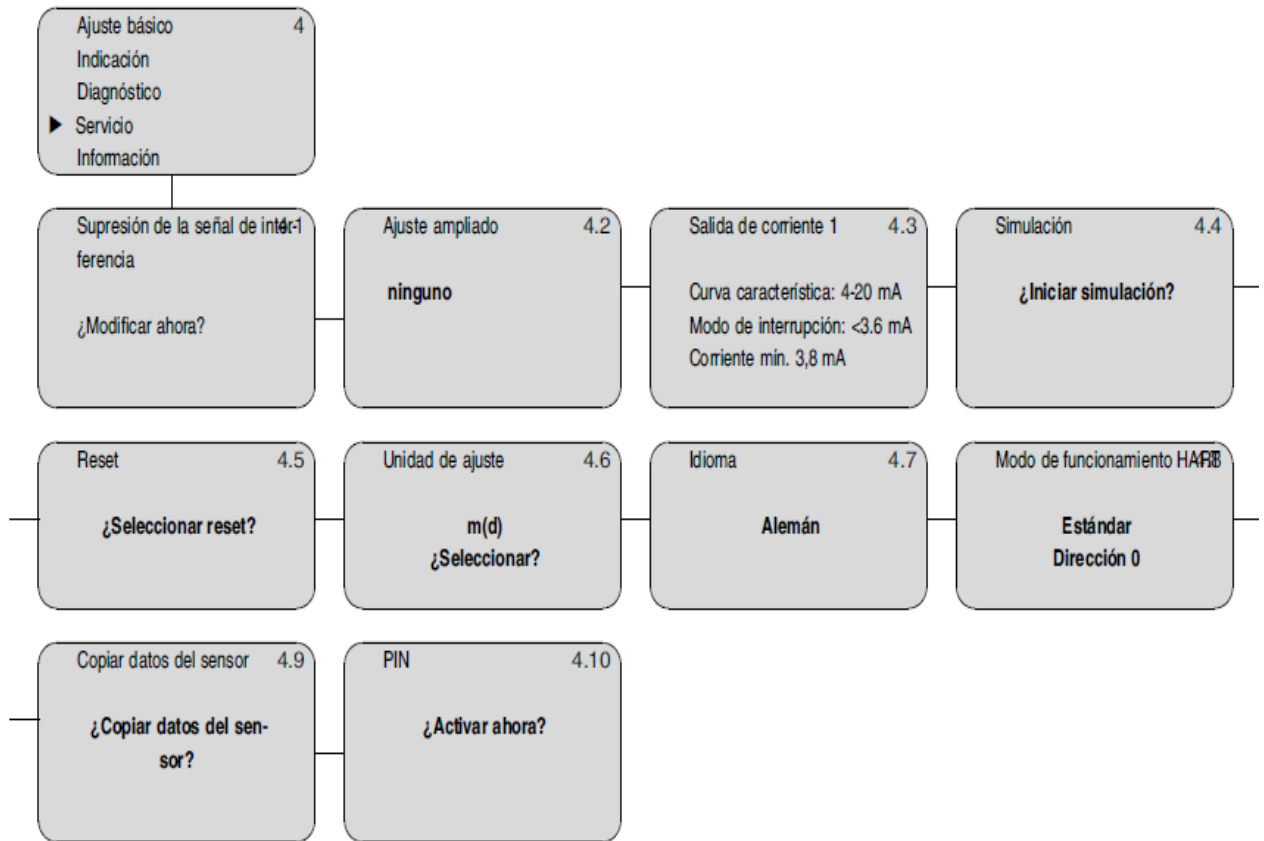


Diagnóstico:

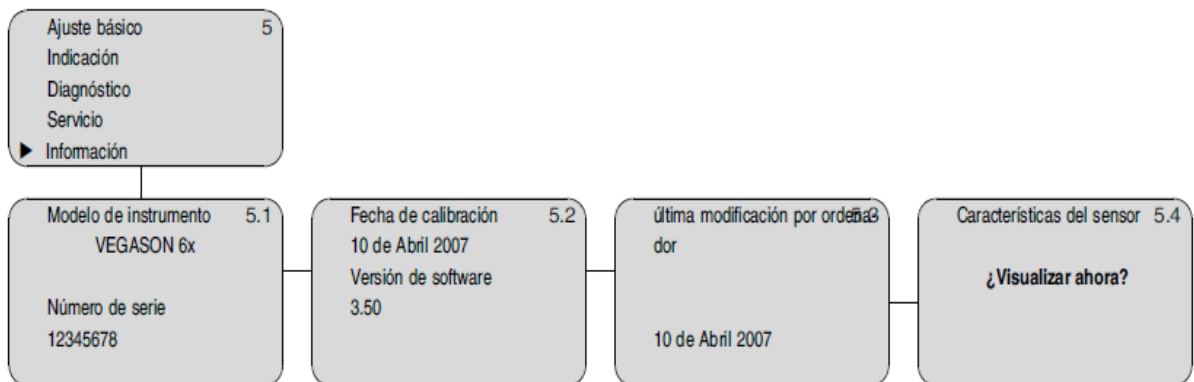




## Servicio:



## Información:



### **3.2.2 VARIADOR DE FRECUENCIA SANTERNO – SINUS PENTA**

Los inversores de la serie SINUS PENTA son equipos de control enteramente digital para el arranque de motores asincrónicos y brushless hasta 2010 kW. Diseñados y realizados en Italia por los técnicos de Elettronica Santerno, utilizan lo más avanzado que hoy en día ofrece la tecnología electrónica; tarjeta de control multiprocesador de 32 bit, modulación vectorial, convertidor de IGBT de última generación, gran inmunidad a las perturbaciones y elevadas sobrecargas son algunas de las características de los inversores SINUS PENTA que los hacen apropiados para sus utilizaciones en las más variadas aplicaciones.

Todas las magnitudes relativas al funcionamiento son programables por medio de teclado de una manera fácil y guiada, gracias al visualizador alfanumérico y a la organización de los parámetros a programar en una estructura de menús y submenús.

La línea SINUS PENTA ofrece funciones básicas estándares como:

- amplia variación de la tensión de alimentación: 380-500Vac (-15%,+10%) para la clase de tensión 4T; disponible en cuatro clases de tensión de alimentación: 2T (200-240Vac), 4T (380-500Vac), 5T (500-575Vac) y 6T (575-690Vac).
- filtros EMC ambiente industrial integrados en todos los tamaños.
- filtros EMC ambiente residencial integrados en los tamaños S05 y S10.
- posibilidad de alimentación en corriente continua estándar en todos los tamaños.
- módulo de frenado interno hasta el tamaño S30.
- interface serie RS485 con protocolo de comunicación según el estándar MODBUS RTU.

- grado de protección IP20 hasta tamaño S40.
- posibilidad de versión IP54 hasta tamaño S30.
- 3 entradas analógicas  $\pm 10\text{Vdc}$ ,  $0(4)\div 20\text{mA}$ ; una configurable como entrada PTC motor.
- 8 entradas digitales optoaisladas tipo PNP.
- 3 salidas analógicas configurables  $0\div 10\text{V}$ ,  $4\div 20\text{mA}$ ,  $0\div 20\text{mA}$ .
- 1 salida digital estática optoaislada del tipo colector abierto “open collector”.
- 1 salida digital estática de elevada velocidad de conmutación optoaislada tipo “push-pull”.
- 2 salidas digitales de relé con contactores cruzados.
- Control de la ventilación hasta el tamaño S10.

### **3.2.2.1 consideraciones para elegir el modelo correspondiente**

Todo equipo Santerno cuenta con una codificación, que determina las características del variador como se observa en la tabla 3.1, esta codificación se encuentra en la placa en el variador, además en esta placa viene incluida la potencia del variador, la cual se tiene que seleccionar para el motor que se va emplear que es de 75 hp, la placa del variador que fue seleccionado es la que se muestra en la figura 3.14:

| SINUS | PENTA   | 0005 | 4 | T | B | A2 | X | 2 |
|-------|---|------|---|---|---|----|---|---|
| 1     | 2   | 3    | 4 | 5 | 6 | 7  | 8 | 9 |
| 1     | Línea del producto:<br>SINUS inversor stand-alone<br>SINUS BOX inversor en caja<br>SINUS CABINET inversor en armario  |      |   |   |   |    |   |   |
| 2     | Tipo de control PENTA con funciones integradas IFD, VTC, FOC, SYN   |      |   |   |   |    |   |   |
| 3     | Modelo del inversor   |      |   |   |   |    |   |   |
| 4     | Tensión de alimentación<br>2 = alimentación 200÷240Vac; 280÷340Vdc.<br>4 = alimentación 380÷500Vac; 530÷705Vdc.<br>5 = alimentación 500÷575Vac, 705÷810Vdc.<br>6 = alimentación 575÷690Vac; 810÷970Vdc.   |      |   |   |   |    |   |   |
| 5     | Tipo de alimentación<br>T = trifásica<br>S = monofásica (disponible bajo pedido)<br>C=corriente continua<br>D=puente de 12 impulsos   |      |   |   |   |    |   |   |
| 6     | Módulo de frenado<br>X = sin chopper de frenado (opcional externo)<br>B = chopper de frenado interno  |      |   |   |   |    |   |   |
| 7     | Tipo de filtro EMC:<br>I = sin filtro, EN50082-1, -2.<br>A1 = filtro integrado, EN 61800-3 edición 2 PRIMER AMBIENTE Categoría C2, EN55011 gr.1 cl. A para los usuarios industriales y domésticos, EN50081-2, EN50082-1, -2, EN61800-3-A11.<br>A2 = filtro integrado, EN 61800-3 edición 2 SEGUNDO AMBIENTE Categoría C3, EN55011 gr.2 cl. A para los usuarios industriales, EN50082-1, -2, EN61800-3-A11.<br>B = filtro de entrada integrado tipo A1 más filtro toroidal de salida externa, EN 61800-3 edición 2 PRIMER AMBIENTE Categoría C1, EN55011 gr.1 cl. B para los usuarios industriales y domésticos, EN50081-1,-2, EN50082-1, -2, EN61800-3-A11. |      |   |   |   |    |   |   |
| 8     | Teclado de programación<br>X = sin teclado de programación (visualizador/teclado)<br>K = con teclado de programación remoto, visualizador LCD retroiluminado 16x4 caracteres.   |      |   |   |   |    |   |   |
| 9     | Grado de protección<br>0 = IP00<br>3 = IP24<br>5 = IP54<br>2 = IP20<br>4 = IP42   |      |   |   |   |    |   |   |

Tabla 3.1: codificación del productor Santerno – Sinus Penta  
Fuente: Manual variador Santerno – Sinus Penta

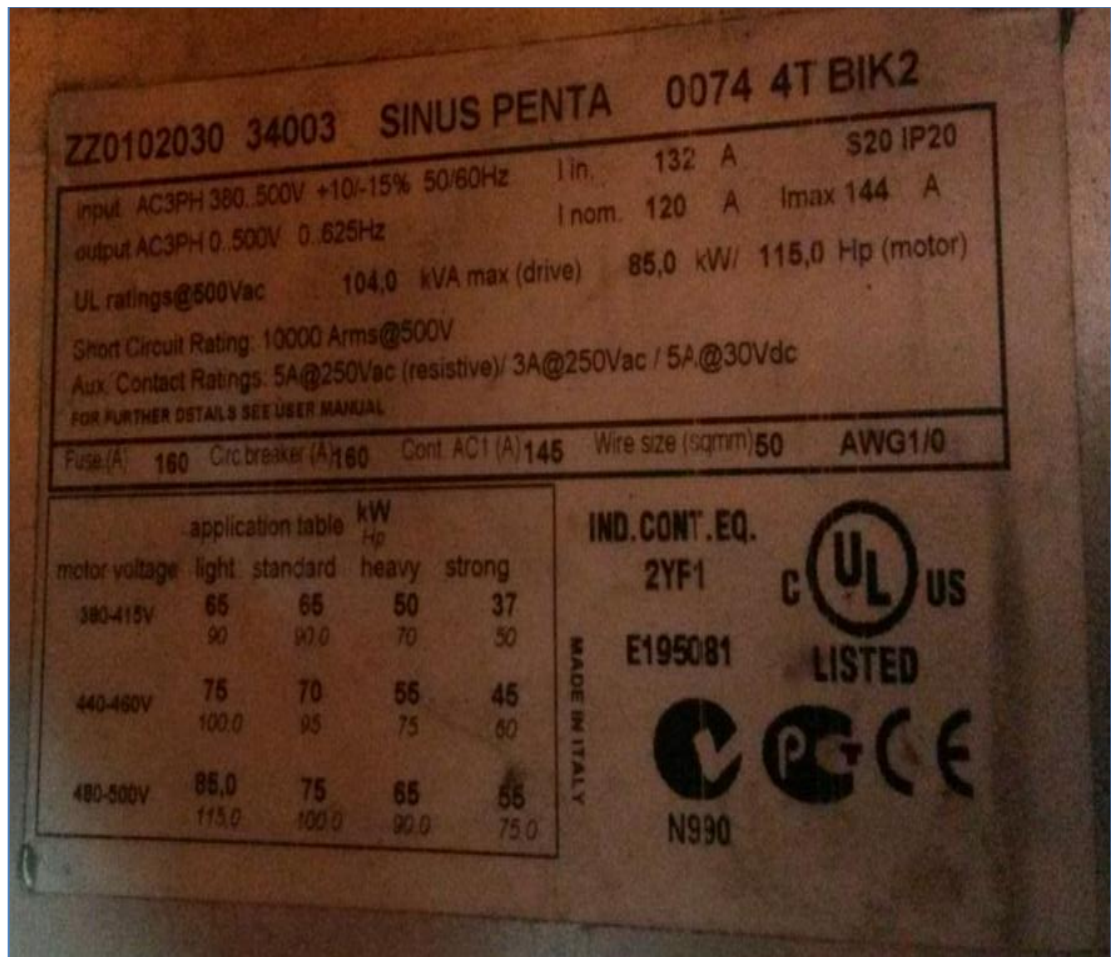


Figura 3.14. Placa del variador Sinus Penta  
 Fuente: Elaboración propia

Una de las consideraciones que hay que tomar en cuenta son las dimensiones y peso del variador, por lo que estas características se pueden observar en el anexo 2.

### 3.2.2.2 Esquema general de conexiones

Presentamos el esquema de conexiones para modelos de S05 a S50

- Etapa de fuerza, se observa en la figura 3.15

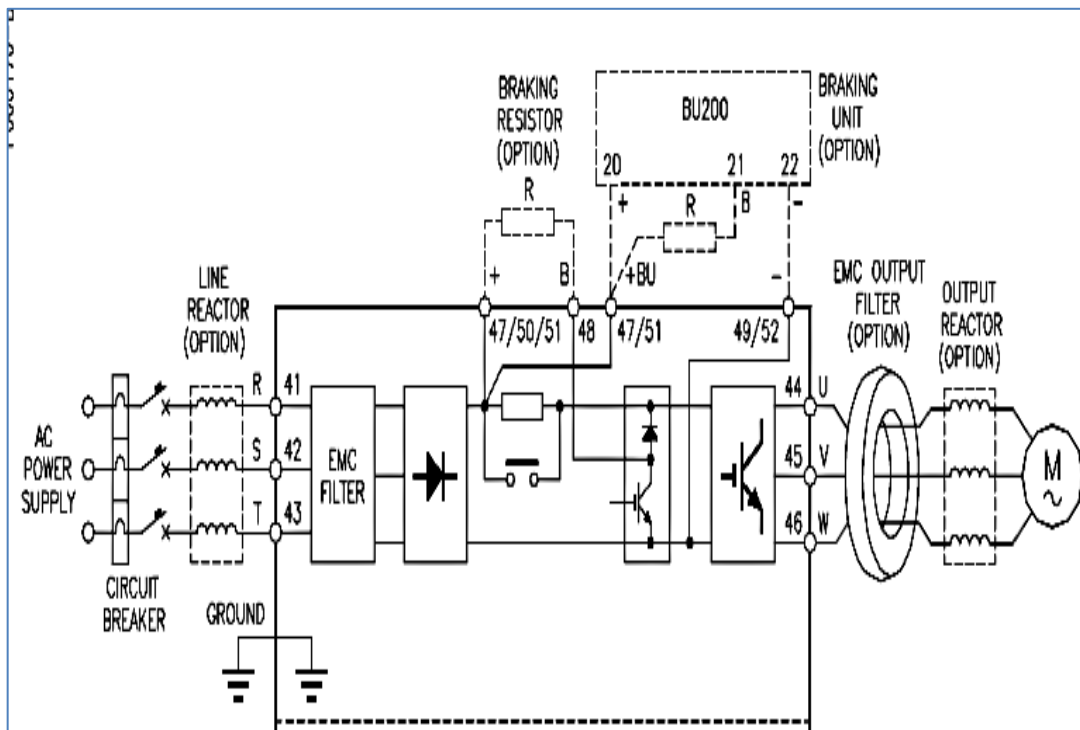


Figura 3.15. Etapa de conexión de fuerza del VDF Santerno  
Fuente: Manual variador Santerno – Sinus Penta

➤ Etapa de control, se observa en la figura 3.16

En esta etapa se puede observar, el contenido de la etapa de control como son:

- De la bornera 1 al 4, entrada para un potenciómetro, para poder variar la velocidad.
- De la bornera 5 al 9, entradas analógicas.
- De la bornera 10 al 13, salidas analógicas
- De la bornera 14 al 23, entradas digitales.
- De la bornera 24 al 34, salidas digitales.

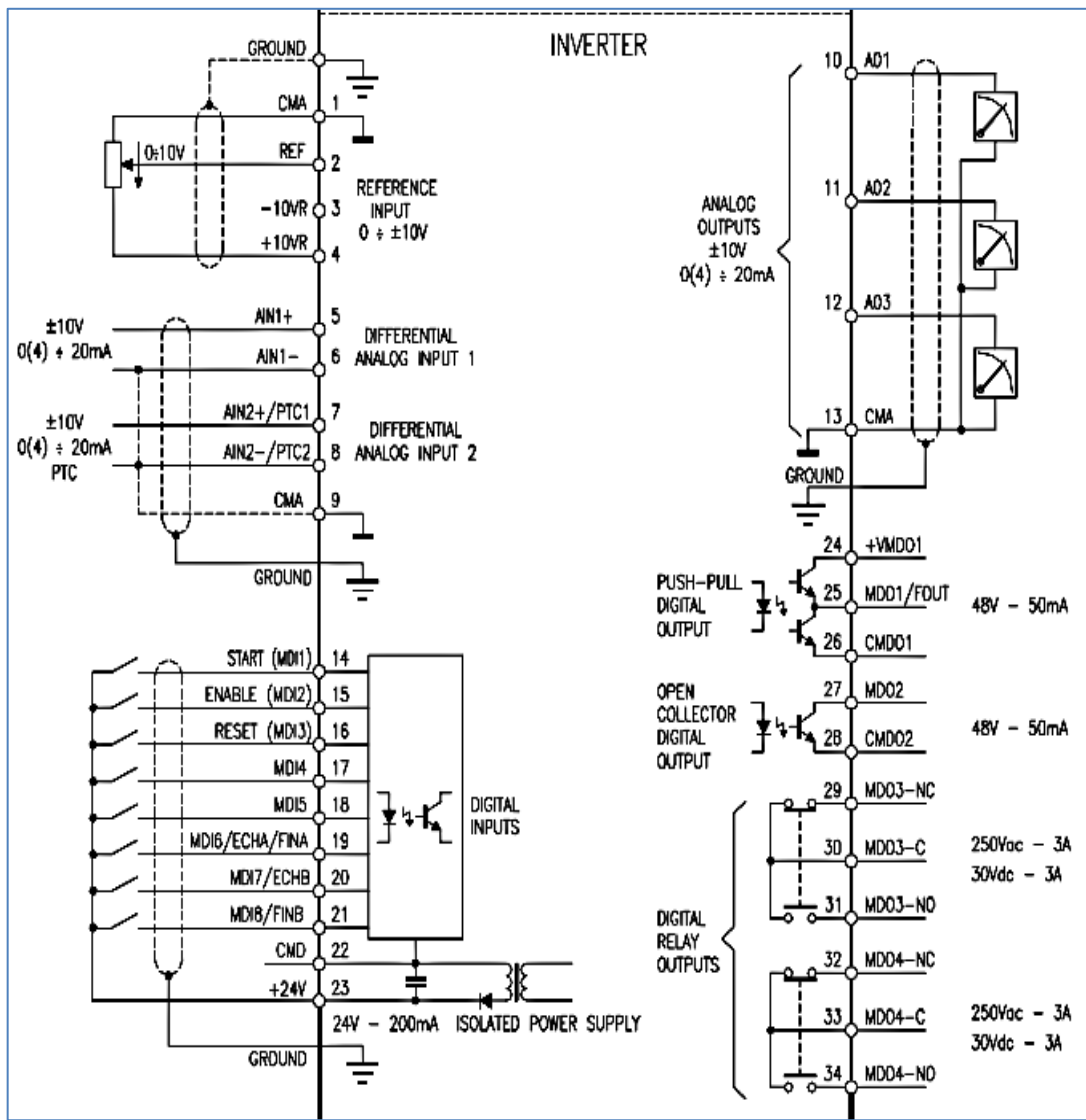


Figura 3.16: etapa de conexión de control del VDF Santerno  
Fuente: Manual variador Santerno – Sinus Penta

### 3.2.2.3 circuito eléctrico del arrancador

Después de tomar en cuenta todas las consideraciones anteriores, es necesario implementar un arrancador con componentes eléctricos, para la etapa de fuerza y de control de nuestro variador, por lo que en las siguientes figuras 3.17 y 3.18; se observa la instalación de nuestro arrancador y sus componentes





Figura 3.17. Arrancador instalado  
Fuente: elaboración propia



Figura 3.18. Componentes eléctricos del arrancador  
Fuente: Elaboración propia



El diagrama eléctrico para un variador Santerno - Sinus Penta, se puede observar en el anexo 3.

#### **3.2.2.4 instalación de comunicación profibus a variador Santerno**

Para poder comunicar el variador a la red profibus, es necesario ubicar el ultimo nodo de la red, y llevar un cable eléctrico apantallado desde ese nodo, tal como se observa en la figura 3.19; a nuestro variador dando lugar que nuestro variador será el último nodo de la red.



Figura 3.19. Equipo con último nodo de la red profibus  
Fuente: elaboración propia

Después es necesario contar con un conector profibus tal como se observa en la figura 3.20

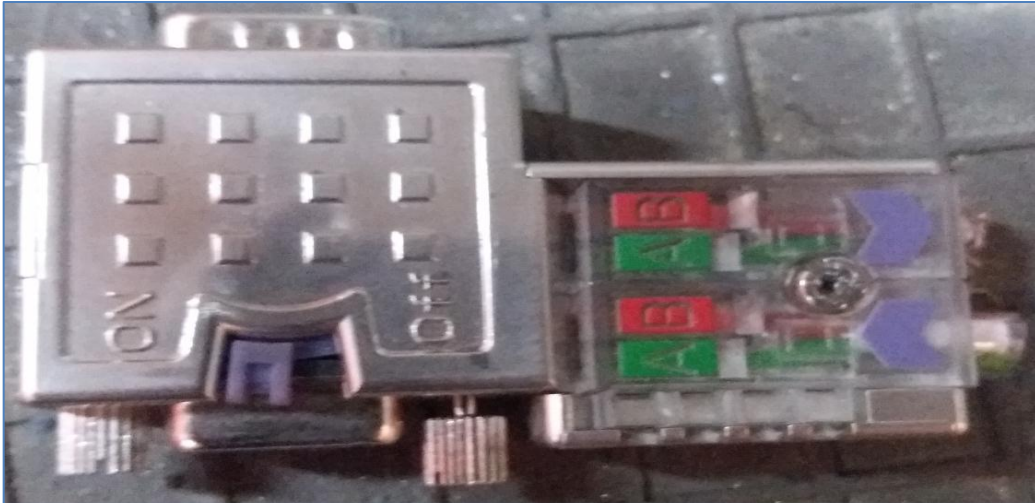


Figura 3.20. Conector profibus  
Fuente: elaboración propia

Por lo que es necesario que nuestro VDF cuente con una tarjeta de comunicación Fieldbus Profibus DP; La tarjeta de comunicación Profibus permite conectar un Inversor serie Sinus PENTA con una unidad externa de control, por ejemplo un PLC, con interface de comunicación PROFIBUS-DP.

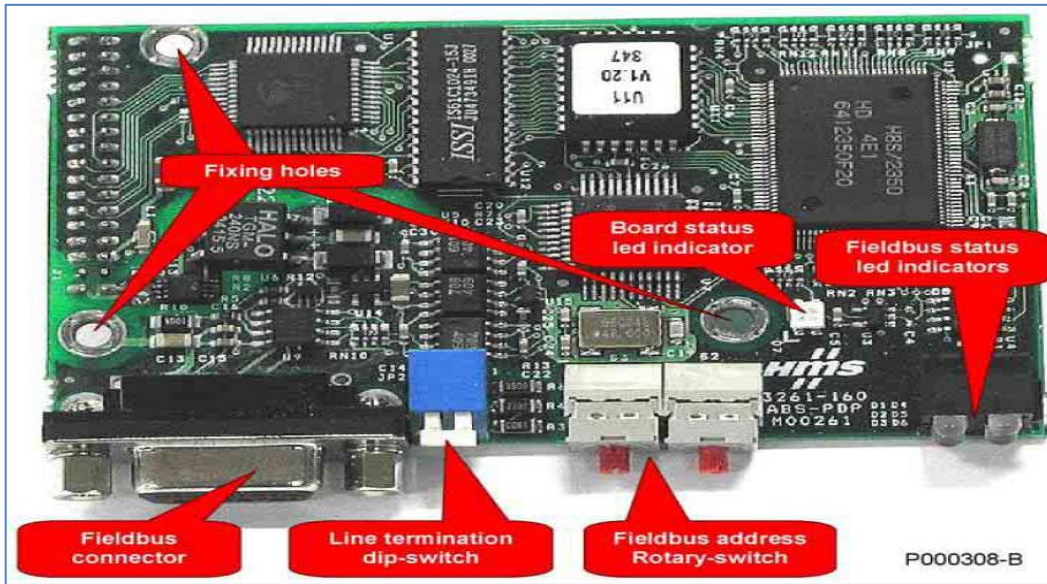
El inversor Sinus PENTA actúa como dispositivo Esclavo, y lo manda un Maestro (PLC) mediante mensajes de control y valores de referencia totalmente equivalentes a aquellos que se reciben mediante el tablero de bornes. Además, el Maestro es también capaz de leer el estado de funcionamiento del inversor.

Las características de la tarjeta de comunicación Profibus se resumen a continuación:

-Tipo de fieldbus: PROFIBUS-DP EN 50170 (DIN 19245 Part 1) con versión de protocolo 1.10.

- Detección automática de la velocidad de transmisión en la gama 9600 bit/s ÷ 12 Mbit/s
- Medio transmisor: línea bus PROFIBUS de tipo A o B como se especifica en EN50170
- Topología fieldbus: comunicación Maestro-Esclavo. Máx. 126 estaciones conectadas en multidrop
- Conector fieldbus: 9 pin hembra DSUB
- Cable: cable eléctrico de cobre apantallado EIA RS485
- Longitud máxima del bus: 200m @ 1.5Mbit/s extensible con repetidores
- Aislamiento: un convertidor DC/DC separa galvánicamente el bus de la electrónica restante
- Las señales del bus (línea A y línea B) están aisladas mediante optoacopladores
- ASIC de comunicación PROFIBUS -DP: chip Siemens SPC3
- Configurabilidad hardware: interruptor de terminación del bus e interruptor rotativo de atribución de dirección nodo
- Indicaciones de estado: LED multicolor de señalización del estado de la tarjeta y LED de señalización del estado fieldbus

En la siguiente figura, se observa las características de nuestra tarjeta



Características tarjeta comunicación profibus  
 Fuente: Manual variador Santerno – Sinus Penta

Por lo que nuestro variador quedaría comunicado de la siguiente manera, tal como se muestra en la figura, donde la tarjeta anybus usada se muestra en las figuras 3.21 y 3.22:

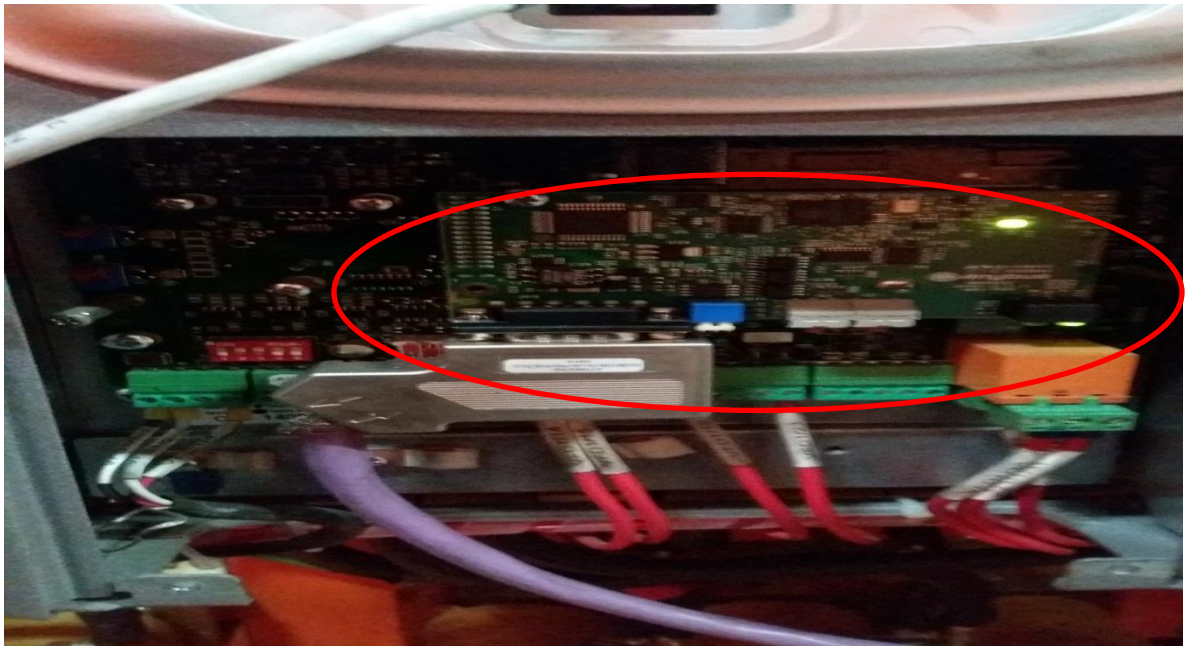


Figura 3.21: tarjeta instalada en VDF Santerno  
 Fuente: Elaboración propia



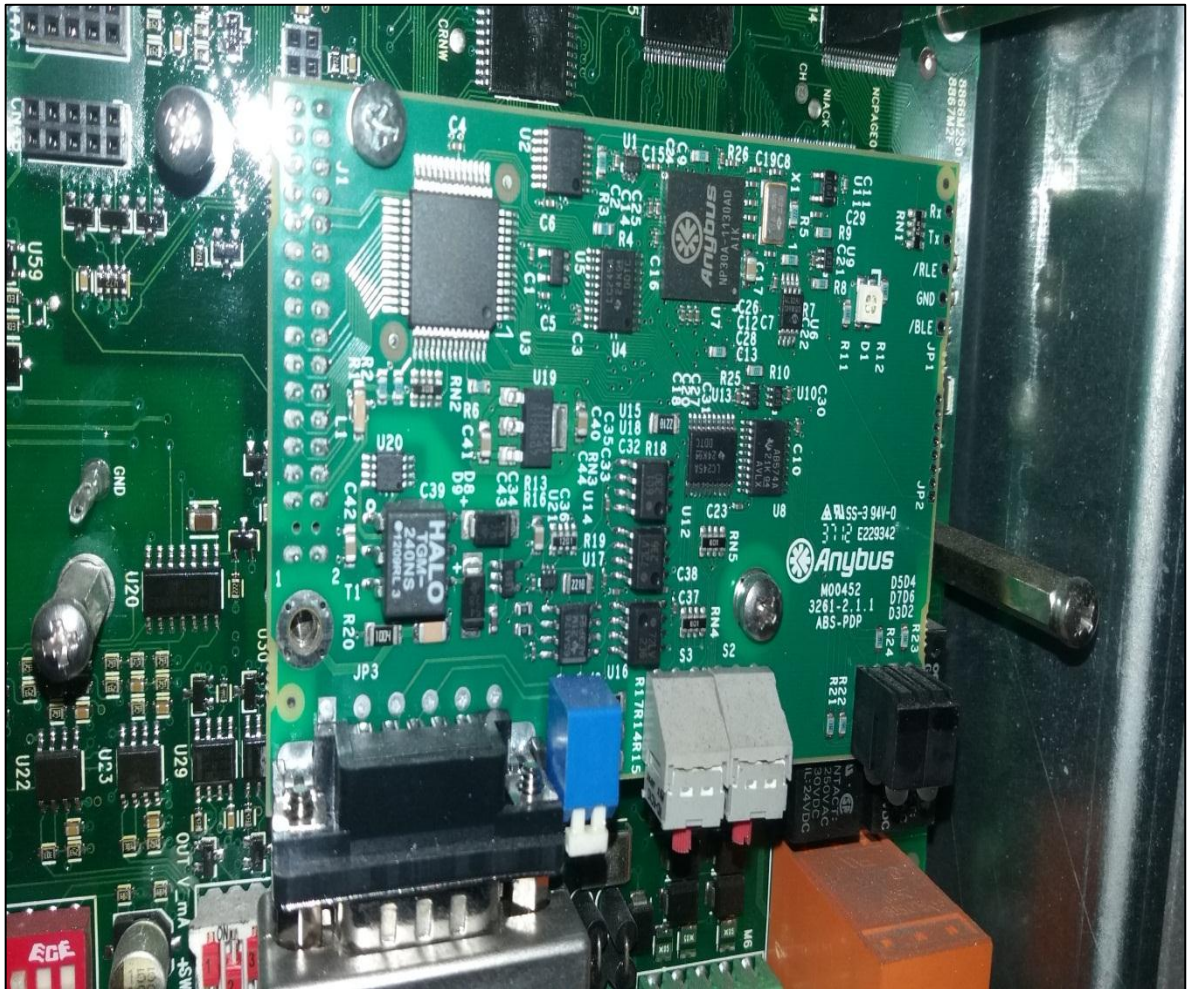


Figura 3.22: tarjeta Anybus empleada en el VDF Santerno  
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2.5 Display y árbol menú de programación del variador Santerno

En la siguiente figura 3.23 se muestra, la función de los botones del display del VDF Santerno.

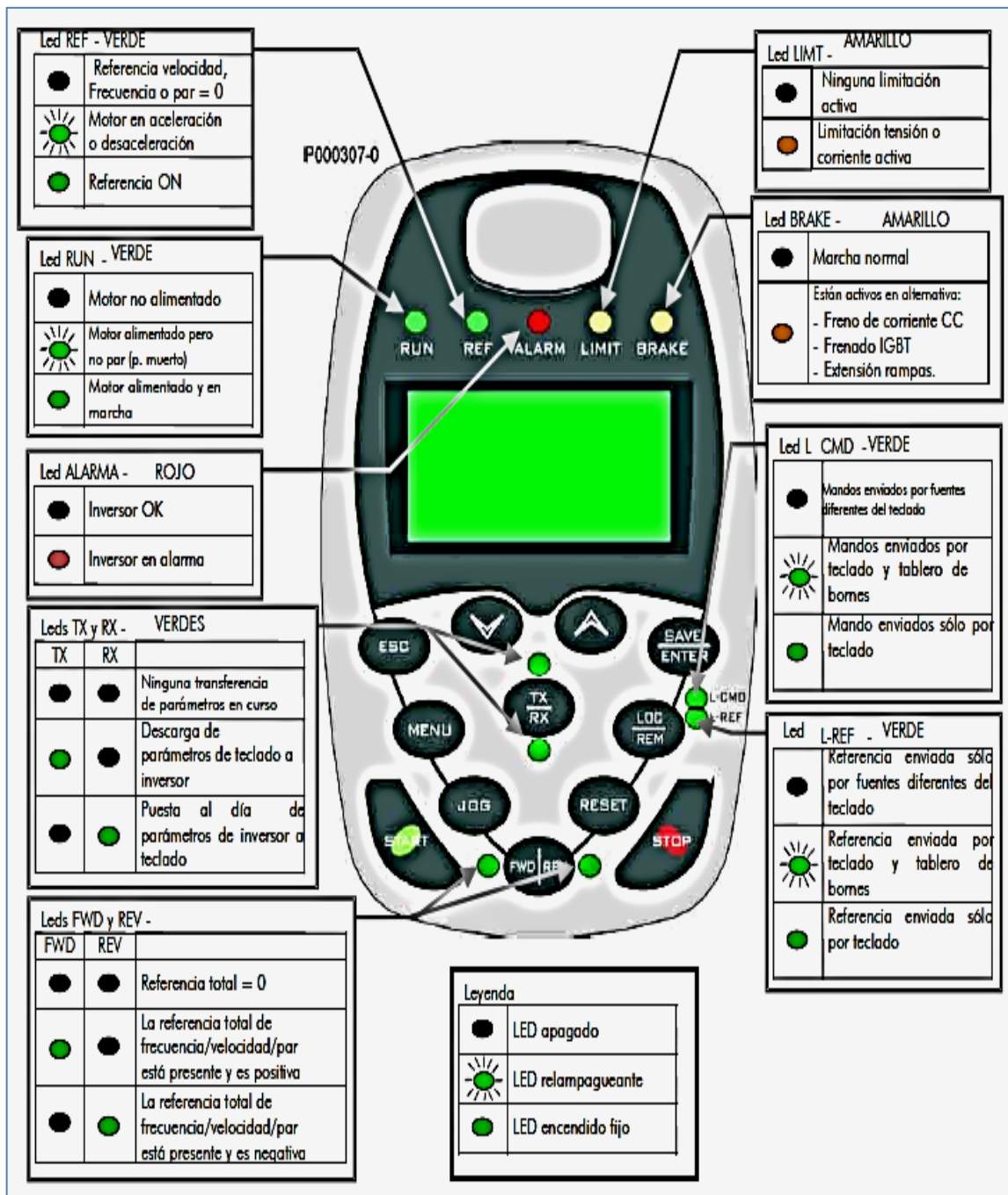


Figura 3.23: Display VDF Santerno  
Fuente: Manual variador Santerno – Sinus Penta

Después de mostrar el display del VDF Santerno, en la figura 3.24, se muestra el árbol menú para la programación y puesta en marcha del variador.

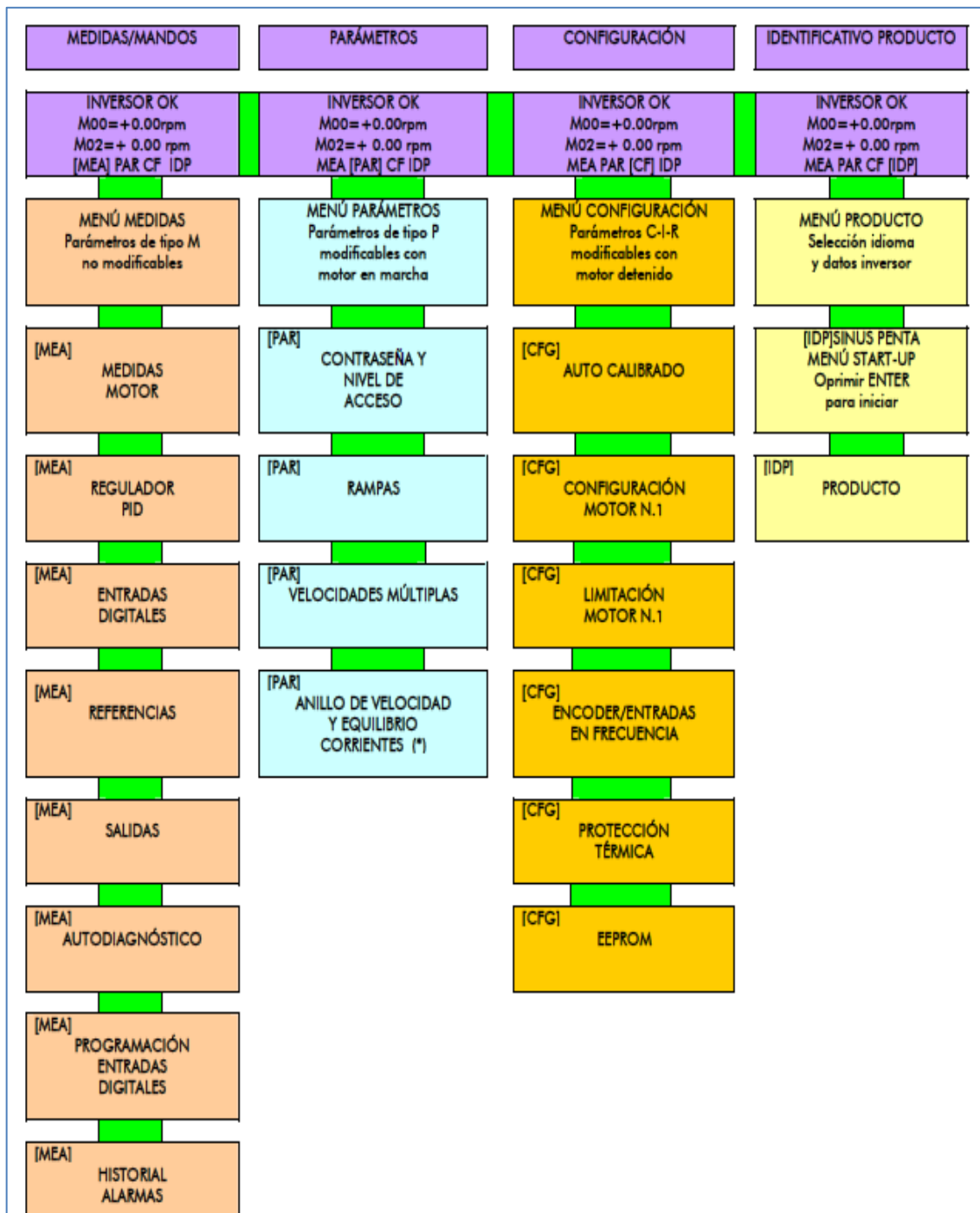


Figura 3.24: árbol menú VDF Santerno  
Fuente: Manual variador Santerno – Sinus Penta

En la siguiente figura 3.25 se muestra un ejemplo de navegación.

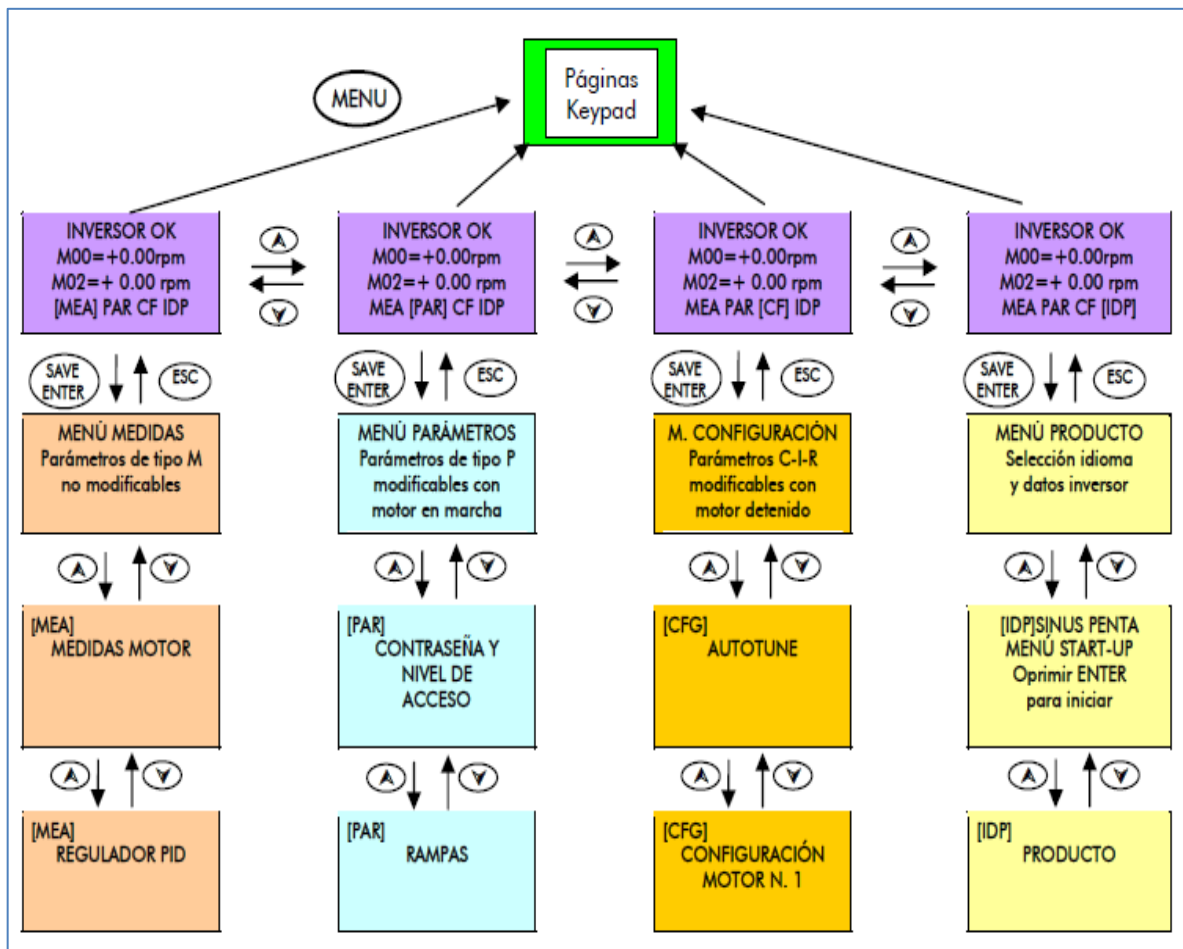


Figura 3.25. Ejemplo de navegación en display VDF Santerno  
Fuente: Manual variador Santerno – Sinus Penta

### 3.3 Revisión y consolidación de Resultados

#### 3.3.1 Programación de variador Santerno – Sinus Penta

Se realiza la programación del variador, para ponerlo en funcionamiento, por lo que a continuación se muestran los parámetros ingresados:

##### Datos del motor

El motor para el que se emplea el variador cuenta con el tag: M-85256, que está rotulado en el motor, en el tablero del variador y en sala de control.



- En la figura 3.26, se muestra el parámetro C017, que es la potencia nominal del motor.



Figura 3.26. Potencia del motor  
Fuente: elaboración propia

- En el parámetro C018, ingresamos la corriente nominal del motor, como se muestra en la figura 3.27.

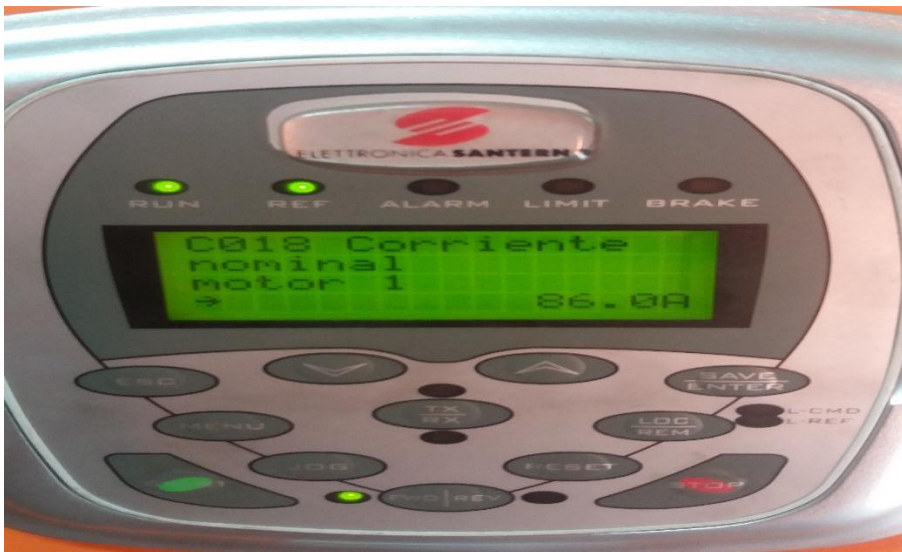


Figura 3.27. Corriente nominal del motor  
Fuente: elaboración propia

- En la figura 3.28, se observa el parámetro C016, que son las rpm nominales del motor.

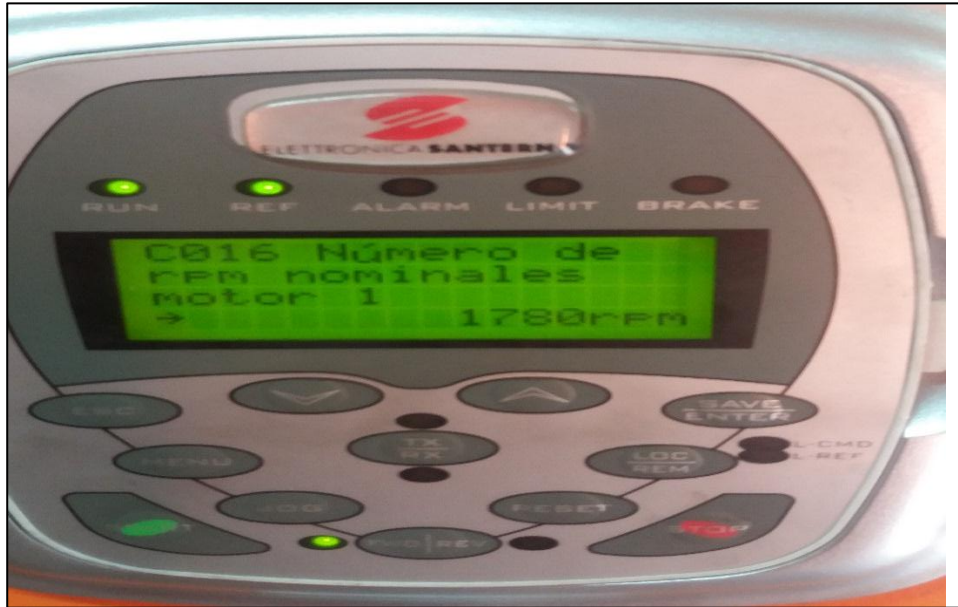


Figura 3.28. Numero de rpm nominales del motor  
Fuente: elaboración propia

Otros parámetros importantes del funcionamiento del motor, lo mencionamos a continuación:

- C015 → frecuencia nominal → 60.00 hz
- C010 → algoritmo de control → IFD tens / frec.
- C019 → tensión nominal del motor → 460 v
- C028 → numero de rpm mínimas → 200.0 rpm
- C029 → número de rpm maximas → 2350 rpm
- C043 → limitación de corriente en aceleración → 125%
- C045 → límite de corriente en desaceleración → 125%

### Parámetro de referencia de velocidad

Los siguientes 2 parámetros, que se programó son de suma importancia, ya que para que el equipo pueda determinar su velocidad de funcionamiento, es necesario programar el parámetro C140, como se muestra en la figura 3.29, para que el primer origen de mando sea desde teclado, es decir al arrancar el equipo en forma local podemos darle referencia desde el teclado.



Figura 3.29. Referencia de velocidad por teclado  
Fuente: elaboración propia

El otro parámetro para referenciar la velocidad del variador, es el C141, como se muestra en la figura 3.30, para darle referencia de velocidad por bus de campo, y en nuestro caso por comunicación profibus.



Figura 3.30. Referencia de velocidad por bus de campo  
Fuente: elaboración propia

Para poder configurar todos estos parámetros, fue necesario habilitar los 2 primeros parámetros:

- P000 → habilitación de escritura → 00001
- P001 → nivel de programación → Engineering

### 3.3.2 Programación sensor de nivel Vegason

Para poner en funcionamiento nuestro sensor de nivel, le asignamos un número Tag: LIT-85708, para codificarlo en el módulo de entrada analógica del controlador de campo, en el sensor de nivel y en sala de control.

Después se continúa ingresando los niveles del tanque, en nuestro sensor, por lo que a continuación mostramos parámetros importantes:

- Para marcar el 100% del nivel, es necesario medir desde el sensor hasta el rebose del tanque, dicho valor se muestra en la figura 3.31. En ese nivel del tanque al 100% en sensor envía una corriente de 20 ma.





Figura 3.31. Nivel máximo del tanque  
Fuente: elaboración propia

- Ingresamos el nivel mínimo de nuestra medición, que es del rebose del tanque hasta la succión de la bomba; dicha medición se muestra en la figura 3.32. En este nivel mínimo el sensor envía una corriente de 4 ma.



Figura 3.32. Nivel mínimo del tanque  
Fuente: elaboración propia

Otros parámetros importantes lo mencionamos a continuación:

- Medio → líquido
- Forma de depósito → depósito agitador

Por lo que nuestro equipo queda operativo como se muestra en la figura 3.33.



Figura 3.33. Pantalla equipo operativo  
Fuente: elaboración propia

### 3.3.2 Comprobación de resultados en sala de control

Podemos observar en sala de control, que el programa ya se realizó por personal especializado, que ante un nivel de 70% arranca el variador, y ante un nivel del 10% se detiene el variador. Por lo que los siguientes resultados se muestran a continuación:

- Nuestro variador con Tag: m-85256, queda comunicado en la red como se muestra en la figura 3.34:

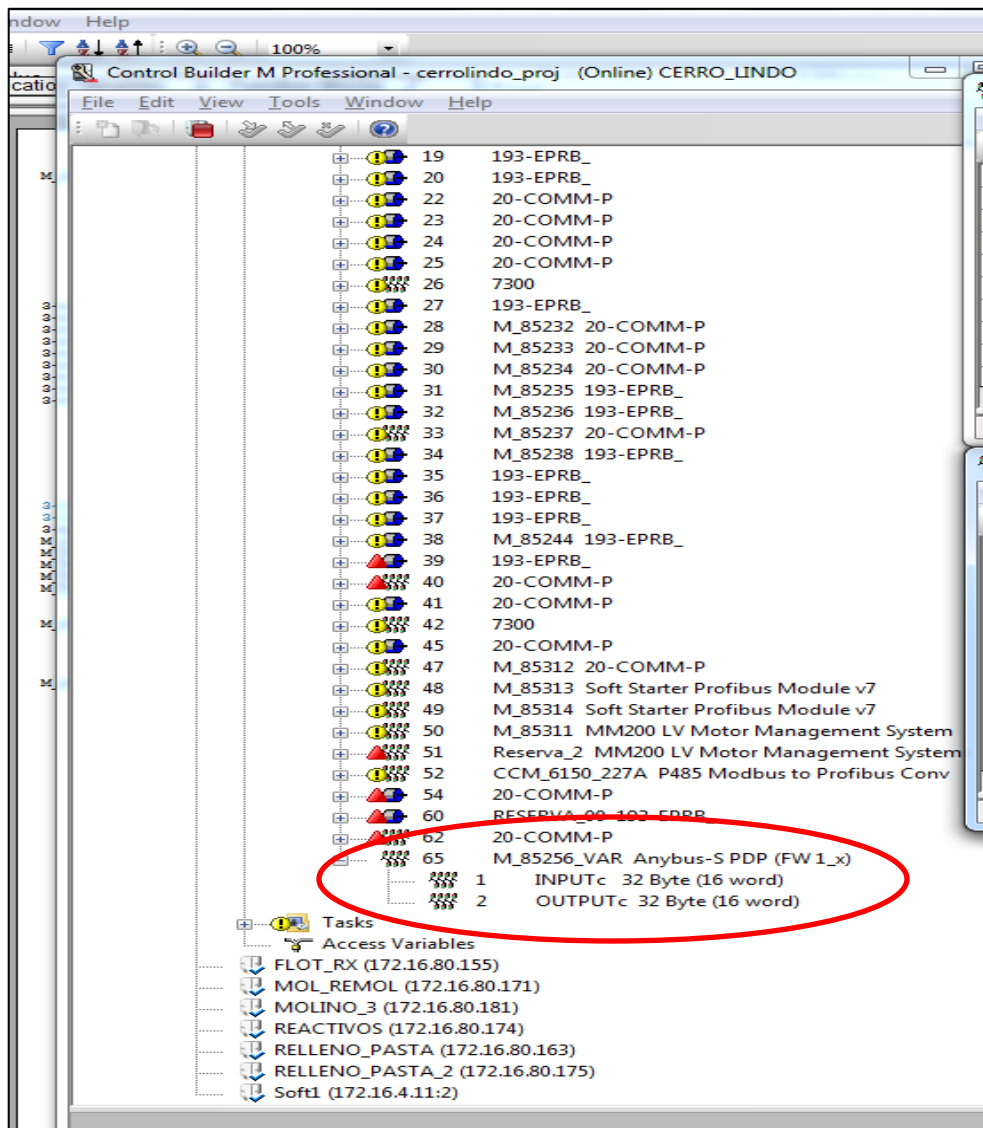


Figura 3.34. Comprobación de comunicación de variador M-85256  
Fuente: elaboración propia

- El modulo analógico empleado en nuestro sensor de nivel LIT-85708 del controlador de campo queda comunicado con sala de control como se observa en las figura 3.35. Donde también se observa que figura el sensor en el canal 2 del módulo empleado.

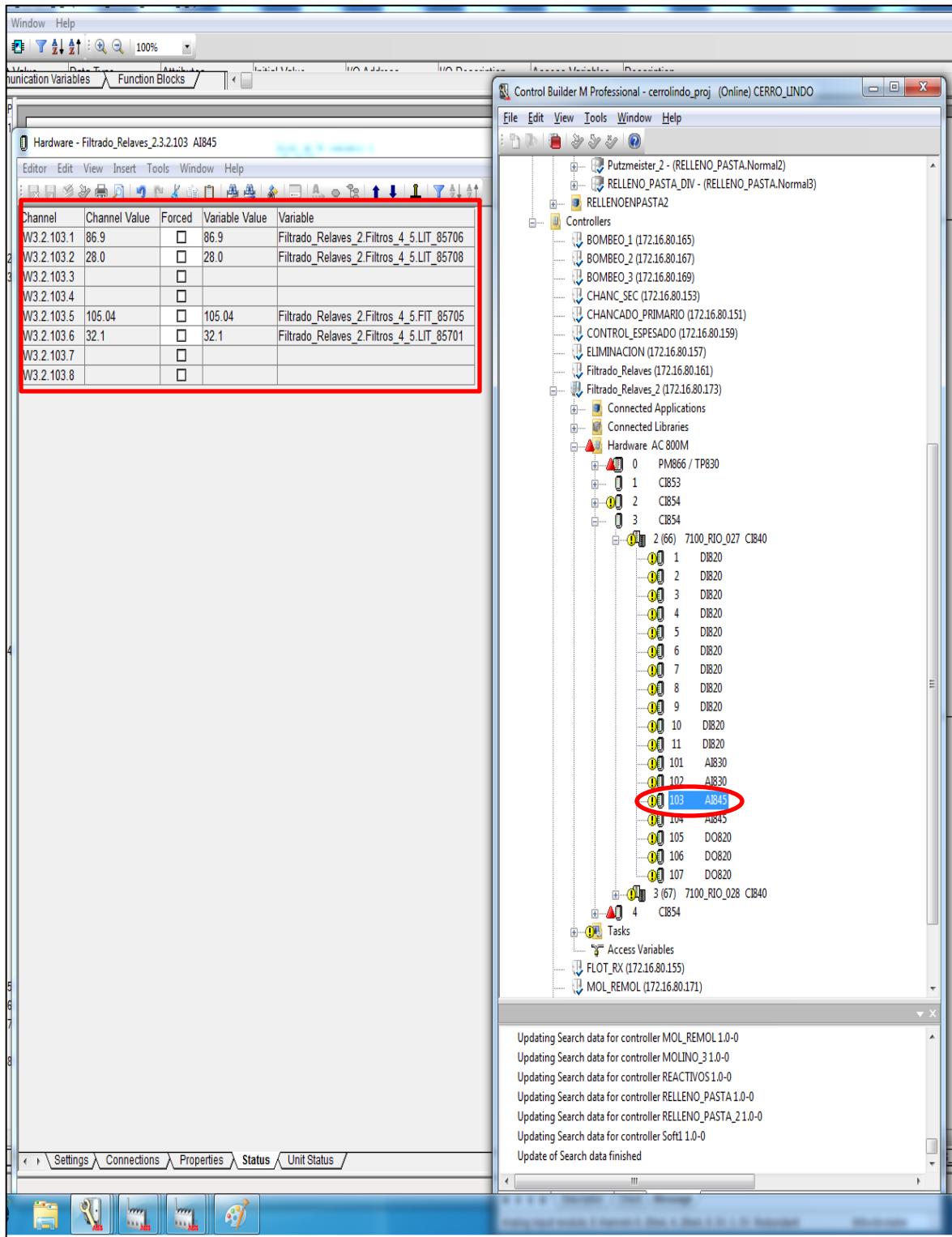


Figura 3.35. Comprobación de comunicación de sensor de nivel LIT-85708  
Fuente: elaboración propia



- En las figura 3.36, se observa el funcionamiento del sensor de nivel LIT-85708, en sala de control

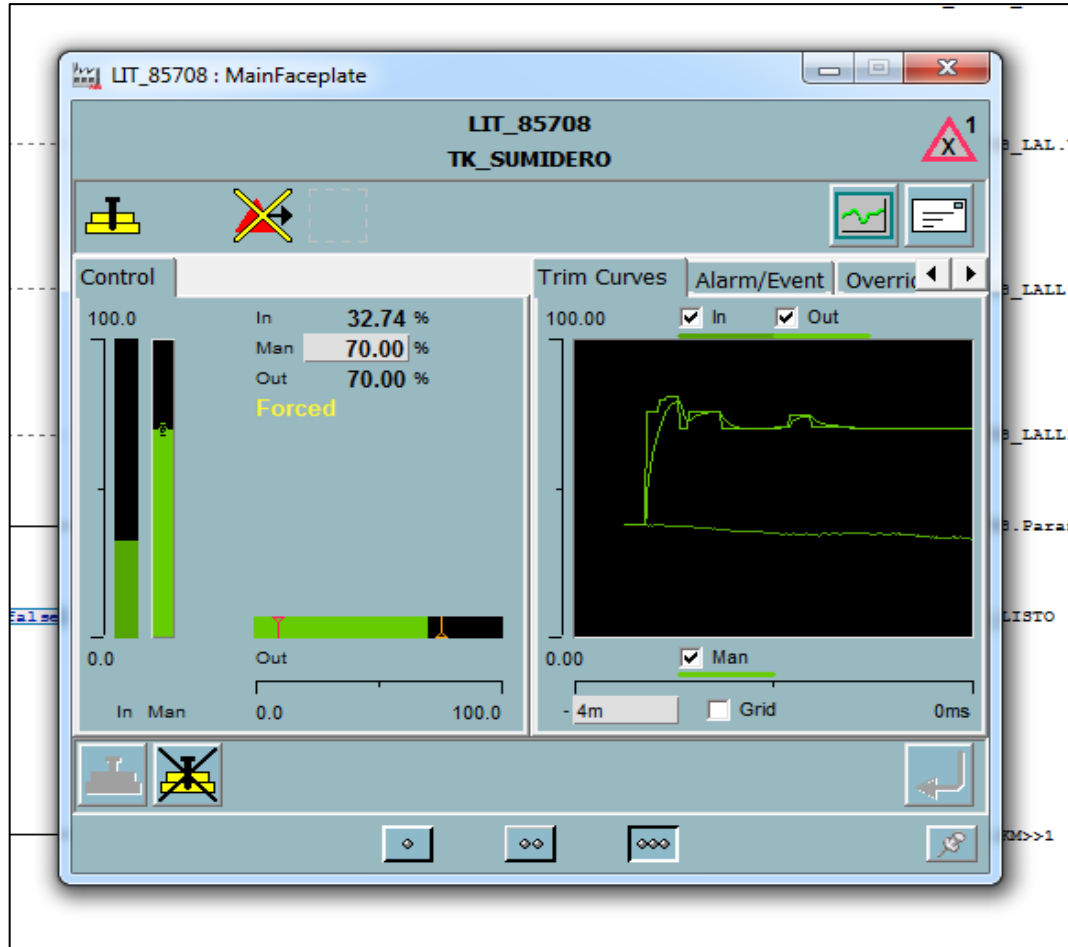


Figura 3.36. Funcionamiento en sala de control del sensor de nivel LIT-85708  
Fuente: elaboración propia

- En la figura 3.37, podemos observar en el sistema scada, el nivel de nuestro tanque y nuestro equipo arrancado, funcionando en remoto.

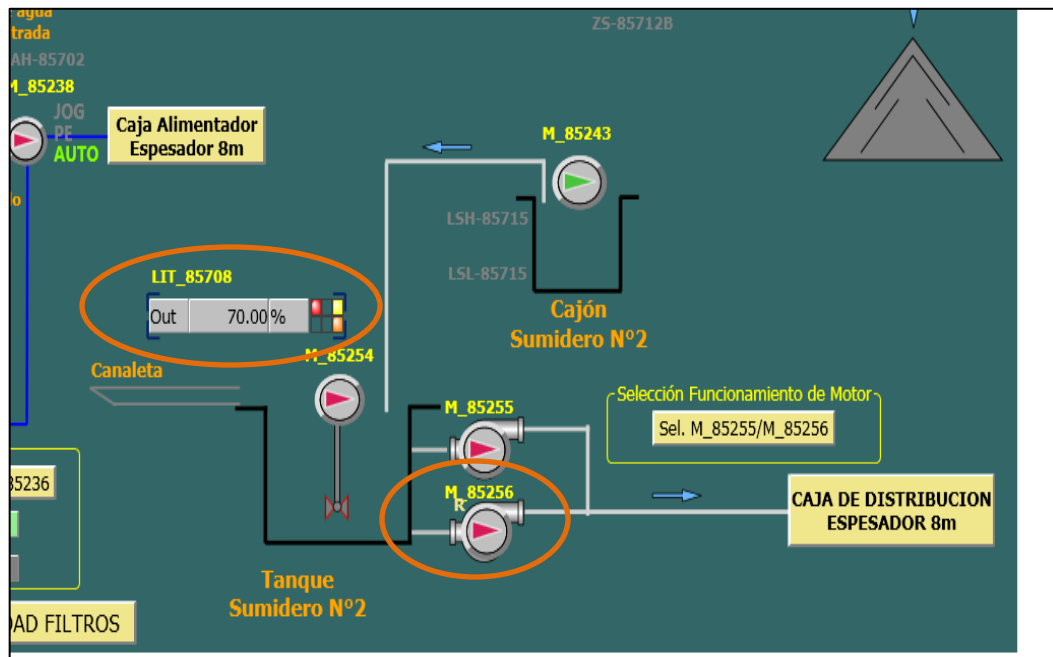


Figura 3.37. Funcionamiento del sistema en scada  
Fuente: elaboración propia

- En la figura 3.38 observamos nuestro variador en funcionamiento.



Figura 3.38 Variador Santerno – Sinus Penta funcionando  
Fuente: elaboración propia

- Se puede observar en la figura 3.39 que en el panel del operador, aparece nuestro equipo m-85256.

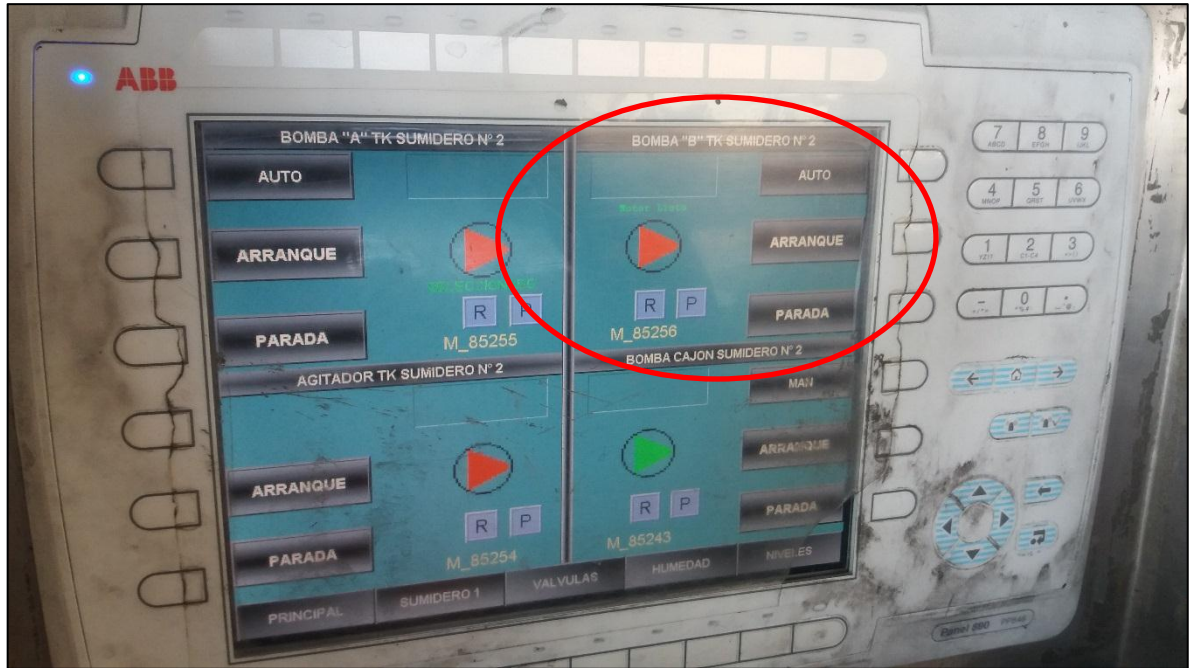


Figura 3.39 Arranque de variador desde panel de operador  
Fuente: elaboración propia

## Conclusiones

- Se diseñó y se implementó un sistema automatizado, para la recuperación de agua de los filtros banda, logrando un sistema con lazo de control de alta fiabilidad; permitiendo así una mejor recuperación de agua que es reutilizada en el proceso de la planta.
- Al implementar un variador de velocidad, nos permite obtener varios beneficios, como variar la velocidad para mejorar el proceso, uso eficiente de energía, mejora de arranque del motor, y mayor durabilidad de los componentes de la bomba al ya no trabajar cuando el tanque este vacío.
- Se implementó un sensor de nivel, que nos permitió un control automático para arrancar y parar el variador, según el nivel del tanque; por lo que el sensor trabaja eficientemente ante todas las condiciones que presenta el tanque.
- Al interconectar nuestro sistema con bus de comunicación Profibus, obtenemos un lazo de control de alta velocidad y confiabilidad.

## **Recomendaciones**

Se recomienda en su mayor parte, automatizar todos los sistemas para poder generar grandes beneficios, en cuanto a la efectividad del proceso y disminución del esfuerzo físico del hombre.

Considerar lo beneficioso que es implementar variadores de velocidad, para arrancar motores, ya que se hace un uso eficiente de la energía y nos permite variar la velocidad, según lo requiera el proceso

Se recomienda comunicar varios equipos, mediante el bus de comunicación profibus, por su alta velocidad y confiabilidad, enlazando sistemas con gran productividad.

Considerar las etapas para la realización de proyectos, que se mencionan en el presente trabajo, para la estructuración y realización de sistemas automatizados con lazo de control, ya que fueron muy efectivos al poner en funcionamiento el sistema implementado.

## Bibliografía

- [1] **larepublica.pe**. (2008). *Cerro Lindo: el milagro de la desalinización*. [Online] Available at: <http://larepublica.pe/11-04-2008/cerro-lindo-el-milagro-de-la-desalinizacion>.
- [2] **Anon**, (2016). [online] Available at: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/51113/1/T2298.pdf>.
- [3] **Fernandez, o.** (2007). [online] Available at: [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/hermesoft/portallG/home\\_1/recursos/tesis/contenidos/tesis\\_septiembre/05092007/estudio\\_de\\_viabilidad\\_y\\_fa.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/hermesoft/portallG/home_1/recursos/tesis/contenidos/tesis_septiembre/05092007/estudio_de_viabilidad_y_fa.pdf) [Accessed 14 Aug. 2016].
- [4] **ECHEVERRI, S.** (2010). [online] Repositorio. utp.edu.co. Available at: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4353/6298E18.pdf;jsessionid=4B9DDF5BA7D8E53B96F0DCC5F4C135FA?sequence=1>.
- [5] **Anon**, (n.d.). [online] Available at: [http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE2\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE2_1_1.pdf).
- [6] **CREUS**, (2014). [online] Available at: <http://www.profesaulosuna.com/data/files/ELECTRONICA/INSTRUMENTACION/LIBRO%20DE%20INSTRUM/inscreus8th.pdf>.
- [7] **Anon**, (n.d.). [online] Available at: [http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PLC\\_PDF\\_S/3\\_AUTOMATIZACION\\_GENERAL.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/3_AUTOMATIZACION_GENERAL.PDF).
- [8] **Anon**, (n.d.). [online] Available at: <http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1H2B63T5G-1SLKJ1L-J52/Sensores%20fundamentos,%20tipos%20y%20caracter%C3%ADsticas.pdf>.
- [9] **Anon**, (2003). [online] Available at: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>.
- [10] **Anon**, (2003). [online] Available at: <http://www.unet.edu.ve/~ielectro/sensores.pdf>.
- [11] **Anon**, (n.d.). [online] Available at: <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0813t.pdf>.
- [12] **Anon**, (n.d.). [online] Available at: <https://tommartmtz.files.wordpress.com/2012/02/unidad-iii-actuadores.pdf>.
- [13] **AP&C**, (2007). [online] Available at: <http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Curso%20basico%20de%20Variadores%20de%20Frecuencia.pdf>.

[14] **Anon**, (2010). [online] Available at: [http://www.fra.utn.edu.ar/download/carreras/ingenierias/electrica/materias/planestudio/quintonivel/electronicall/apuntes/variadores\\_de\\_frecuencia.pdf](http://www.fra.utn.edu.ar/download/carreras/ingenierias/electrica/materias/planestudio/quintonivel/electronicall/apuntes/variadores_de_frecuencia.pdf).

[15] **Anon**, (n.d.). [online] Available at: [http://www.infoplc.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC\\_net\\_Historia\\_Comunicaciones\\_Industriales.pdf](http://www.infoplc.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_Historia_Comunicaciones_Industriales.pdf).

[16] **Anon**, (n.d.). [online] Available at: <http://www.etitudela.com/celula/downloads/2profibus.pdf>.

[17] **PRIETO, P.** (2007). MONOGRAFICO: Lenguajes de programación - Principios básicos de PLC | Observatorio Tecnológico. [online] Recursostic.educacion.es. Available at: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>.

[18] **RAMIREZ, N.** (2007). [online] Available at: <http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/GuiaTecnOperacionDepRelaves.pdf>.

# ANEXO 1



## 10 Anexo

### 10.1 Datos técnicos

#### Datos generales

|  |   |
|--|---|
| Materiales, en contacto con el medio             |   |
| - Conexión a proceso                             | UP  |
| - Membrana del transductor                       | 316Ti   |
| - Sello transductor /conexión a proceso          | EPDM  |
| Materiales, sin contacto con el medio            |   |
| - Estribo de montaje                             | 1.4301  |
| - Brida suelta                                   | PPH, 316L   |
| - Carcasas                                       | Plástico PBT (Poliéster), fundición a presión de aluminio recubierta de polvo, 316L |
| - Sello entre la carcasa y la tapa de la carcasa | NBR (Carcasa acero inoxidable), Silicona (Carcasa de aluminio / plástico)           |
| - Mirilla en la tapa de la caja                  | Policarbonato   |
| - Borne de conexión a tierra                     | 316Ti/316L  |
| Peso   | 1,8 ... 4 kg (4 ... 8.8 lbs), en dependencia de la conexión al proceso y caja       |

#### Tamaño inicial

|  |  |
|--|--|
| Señal de salida  | 4 ... 20 mA/HART   |
| Resolución   | 1,6 µA   |
| Aviso de interrupción                                  | Salida de corriente invariable 20,5 mA, 22 mA, <3,6 mA (Ajustable) |
| Limitación de intensidad                               | 22 mA  |
| Carga  | máx. 500 Ohm <sup>®</sup>  |
| Tiempo de integración (63 % de la magnitud de entrada) | 0 ... 999 s, ajustable   |
| Recomendación Namur satisfecha                         | NE 43  |

#### Magnitud de entrada

|                      |  |
|----------------------|--|
| Magnitud de medición | Distancia entre el borde inferior del transductor acústico y la superficie del producto almacenado |
| Zona muerta          | 0,6 m (2 ft)   |

<sup>®</sup> En caso de carga inductiva parte óhmica mínima 25 Ohm/mH.

**Rango de medición**

- |            |                        |
|------------|------------------------|
| - Líquidos | hasta 15 m (49.213 ft) |
| - Sólidos  | bis 7 m (23 ft)        |

**Condiciones de referencia para la exactitud de medición (tomando como referencia la norma DIN EN 60770-1)****Condiciones de referencia según DIN EN 61298-1**

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| - Temperatura               | +18 ... +30 °C (+64 ... +86 °F)                         |
| - Humedad relativa del aire | 45 ... 75 %   |
| - Presión del aire          | 860 ... 1060 mbar/86 ... 106 kPa<br>(12.5 ... 15.4 psi) |

**Otras condiciones de referencia**

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| - Reflector                    | Reflector ideal, p.Ej. placa metálica 2x2 m<br>(6.56x6.56 ft) |
| - Reflexiones de interferencia | mayor eco perturbador 20 dB menor que el eco útil             |

**Características de medición**

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| Frecuencia ultrasónica         | 35 kHz   |
| Intervalo de medición          | >2 s (en función del ajuste de los parámetros) |
| Ángulo de haz -3 dB            | 6°   |
| Tiempo de ajuste <sup>6)</sup> | >3 s (en función del ajuste de los parámetros) |

**Precisión de medición**

- |                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| Resolución general de medida    | máx. 1 mm    |
| Error de medición <sup>7)</sup> | ver diagrama |

<sup>6)</sup> Tiempo hasta la salida correcta (máx. 10 % desviación) del nivel de llenado en caso de una variación repentina de nivel.

<sup>7)</sup> Inclusive falta de linealidad, histéresis y falta de reproducibilidad

# ANEXO 2

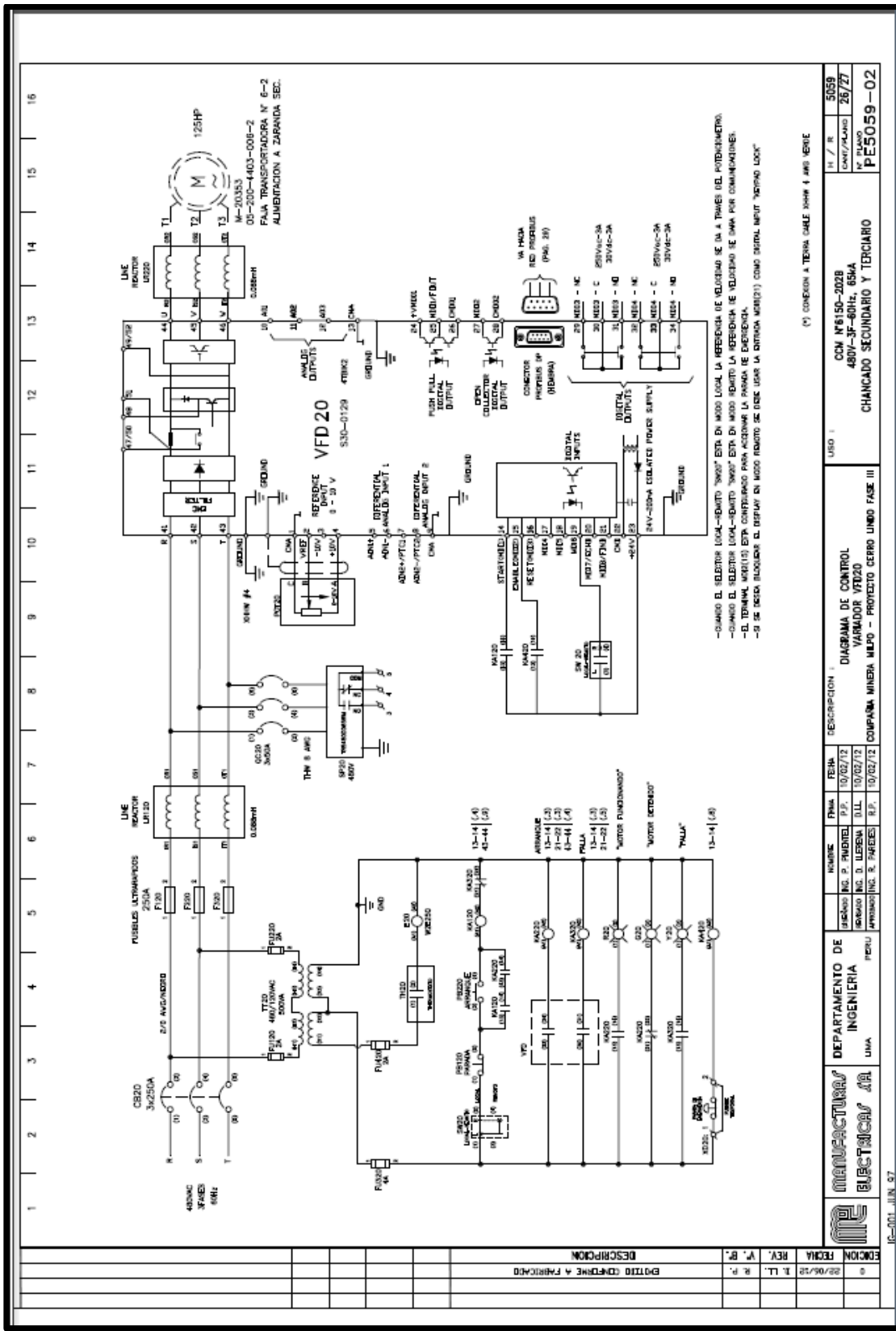
### 3.3.3. DIMENSIONES, PESOS Y POTENCIA DISIPADA

#### 3.3.3.1. MODELOS STAND-ALONE IP20 E IP00 (S05 - S60)

| Tamaño | MODELO           | L   | H    | P   | Peso | Potencia<br>disipada a la<br>Inom.<br>W |
|--------|------------------|-----|------|-----|------|---|
|        |                  | mm  | mm   | mm  | kg   |   |
| S05    | SINUS PENTA 0005 | 170 | 340  | 175 | 7    | 215                                     |
|        | SINUS PENTA 0007 |     |      |     | 7    | 240                                     |
|        | SINUS PENTA 0009 |     |      |     | 7    | 315                                     |
|        | SINUS PENTA 0011 |     |      |     | 7    | 315                                     |
|        | SINUS PENTA 0014 |     |      |     | 7    | 315                                     |
| S10    | SINUS PENTA 0016 | 215 | 391  | 216 | 10.5 | 350                                     |
|        | SINUS PENTA 0017 |     |      |     | 10.5 | 380                                     |
|        | SINUS PENTA 0020 |     |      |     | 10.5 | 420                                     |
|        | SINUS PENTA 0025 |     |      |     | 11.5 | 525                                     |
|        | SINUS PENTA 0030 |     |      |     | 11.5 | 525                                     |
|        | SINUS PENTA 0035 |     |      |     | 11.5 | 525                                     |
| S15    | SINUS PENTA 0038 | 225 | 466  | 331 | 22.5 | 750                                     |
|        | SINUS PENTA 0040 |     |      |     | 22.5 | 820                                     |
|        | SINUS PENTA 0049 |     |      |     | 22.5 | 950                                     |
| S20    | SINUS PENTA 0060 | 279 | 610  | 332 | 33.2 | 950                                     |
|        | SINUS PENTA 0067 |     |      |     | 33.2 | 1250                                    |
|        | SINUS PENTA 0074 |     |      |     | 36   | 1350                                    |
|        | SINUS PENTA 0086 |     |      |     | 36   | 1500                                    |
|        | SINUS PENTA 0113 |     |      |     | 51   | 2150                                    |
| S30    | SINUS PENTA 0129 | 302 | 748  | 421 | 51   | 2300                                    |
|        | SINUS PENTA 0150 |     |      |     | 51   | 2450                                    |
|        | SINUS PENTA 0162 |     |      |     | 51   | 2700                                    |
|        | SINUS PENTA 0179 |     |      |     | 112  | 3200                                    |
| S40    | SINUS PENTA 0200 | 630 | 880  | 381 | 112  | 3650                                    |
|        | SINUS PENTA 0216 |     |      |     | 112  | 4100                                    |
|        | SINUS PENTA 0250 |     |      |     | 112  | 4250                                    |
|        | SINUS PENTA 0312 |     |      |     | 148  | 4900                                    |
| S50    | SINUS PENTA 0366 | 666 | 1000 | 421 | 148  | 5600                                    |
|        | SINUS PENTA 0399 |     |      |     | 148  | 6400                                    |
|        | SINUS PENTA 0547 |     |      |     | 260  | 7400                                    |
| S60    | SINUS PENTA 0524 | 890 | 1310 | 530 | 260  | 8400                                    |



# ANEXO 3



-CAMBIO EL SELECTOR LOCAL-REMOTO "STOP" ESTA EN MODO LOCAL LA REFERENCIA DE VOLTAJE SE DA A TRAVES DEL POTENCIOMETRO.  
 -CAMBIO EL SELECTOR LOCAL-REMOTO "STOP" ESTA EN MODO REMOTO LA REFERENCIA DE VOLTAJE SE DA POR COMPARACIONES.  
 -SI TERMINA MANTENIENDO ESTA CONDICION PARA ADOPTAR LA MANERA DE EJECUCION.  
 -SI SE DESEA BLOQUEAR EL DISPLAY EN MODO REMOTO SE DEBE USAR LA ENTRADA MOTO(2) COMO INPUT MUIT "STOP LOCK"

(\*) CONEXION A TIERRA CABLE NOME 4 AWG NERVE

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

| ITEM | FECHA    | REV.  | Y. B. | DESCRIPCION                  |
|------|----------|-------|-------|------------------------------|
| 0    | 02/06/12 | L. L. | R. P. | DISEÑO DEFINITIVO A FABRICAR |

| DEPARTAMENTO DE | INGENIERIA | PERU | MANUFACTURAS | ELECTRICAS SA |
|-----------------|------------|------|--------------|---------------|
|-----------------|------------|------|--------------|---------------|

| FECHA    | REVISOR | PROYECTISTA | INSTRUMENTISTA | REVISOR |
|----------|---------|-------------|----------------|---------|
| 10/02/12 |         |             |                |         |

| NO. P. PROYECTO | FECHA    | NO. D. URBANA | NO. R. PARCELES |
|-----------------|----------|---------------|-----------------|
| 10/02/12        | 10/02/12 |               |                 |

| DESCRIPCION  | FECHA    | NO. P. PROYECTO | FECHA    |
|--|----------|-----------------|----------|
| DIAGRAMA DE CONTROL VARIADOR VFD20 <td>10/02/12</td> <td>10/02/12</td> <td>10/02/12</td> | 10/02/12 | 10/02/12        | 10/02/12 |

| CCN            | N° PLANO           | N° PLANO  |
|----------------|--------------------|-----------|
| CCN N°150-2028 | 480V-3F-60HZ, 65MA | PE5059-02 |

# ANEXO 4

## ControlIT AC 800M Controller

the modular and scalable process controller



**ABB**



**AC 800M is a modular, scalable and energy-efficient industrial controller belonging to ABB's Control<sup>IT</sup> family. It is configured and programmed with Control Builder M, a fully Windows 2000-integrated application.**

The controller is very capable and well suited to a wide range of applications. From basic logic to advanced regulatory control or any mix between these two. From only a handful of I/O points to thousands of them, installed locally or remotely. It is communicative too by supporting the IEEE 802.3 (Ethernet), PROFIBUS-DP/DP-V1, HART and several RS 232C protocols. And it supports calibration and diagnosis of HART-compatible field devices from a central system point.

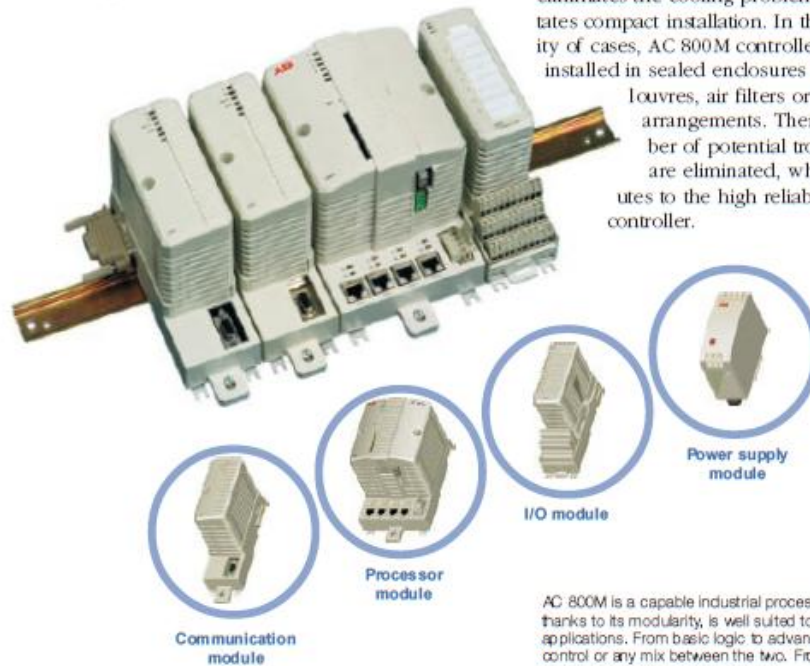
The unit mounts on a DIN rail and interfaces with ABB's S800 I/O system directly, by electrical or fiber-optic bus extension cable, or remotely by PROFIBUS-DP/DP-V1.

Thanks to this modularity and scalability, AC 800M is a feasible proposition for a wide range of industrial control applications, small or large, logic or loops, centralized or distributed.

Redundancy is available at a number of critical levels, i.e. control networks, processor modules, power supplies, fieldbus media, and process inputs/outputs. Thereby, the controller offers powerful ways of improving availability in critical applications.

A feature, common to all AC 800M modules, is low power consumption, which all but eliminates the cooling problem and facilitates compact installation. In the vast majority of cases, AC 800M controllers can be installed in sealed enclosures without fans,

louvers, air filters or similar arrangements. Thereby, a number of potential trouble factors are eliminated, which contributes to the high reliability of the controller.



AC 800M is a capable industrial process controller which, thanks to its modularity, is well suited to a wide range of applications. From basic logic to advanced regulatory control or any mix between the two. From only a handful of I/O points to thousands of them.

## Hardware

AC 800M consists of modules to be installed on DIN rails. Each module consists of a detachable unit and a base that are screwed together. The base carries all "external" connections, to/from the module, e.g. power supply as well as process and communication signals.

The heart of the controller is the central processor module and its base. The module is equipped with battery backed-up RAM to protect against power failures typically for a month. If longer back-up time is required an external battery back-up module can be installed.

Two processor modules can be connected in a redundant configuration with a maximum change-over time of 10 ms in case of trouble. That is equivalent to bumplessness in the vast majority of cases.

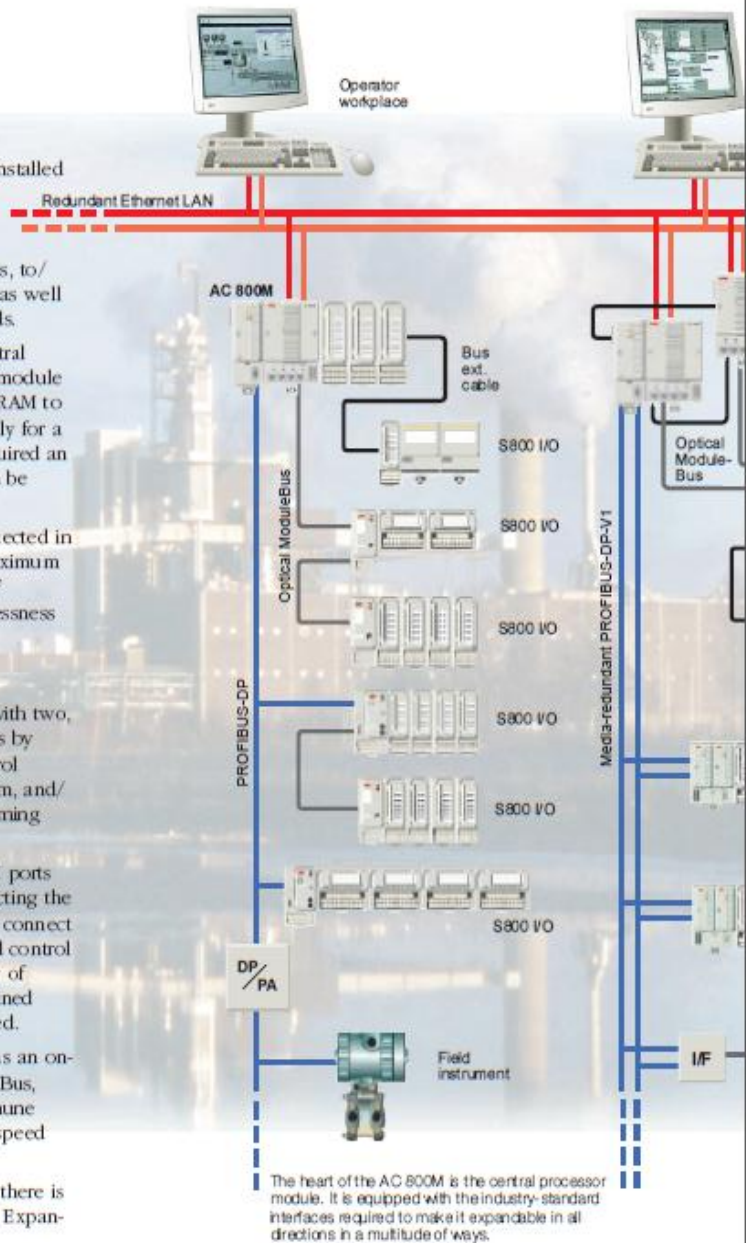
### Wide-ranging connectivity

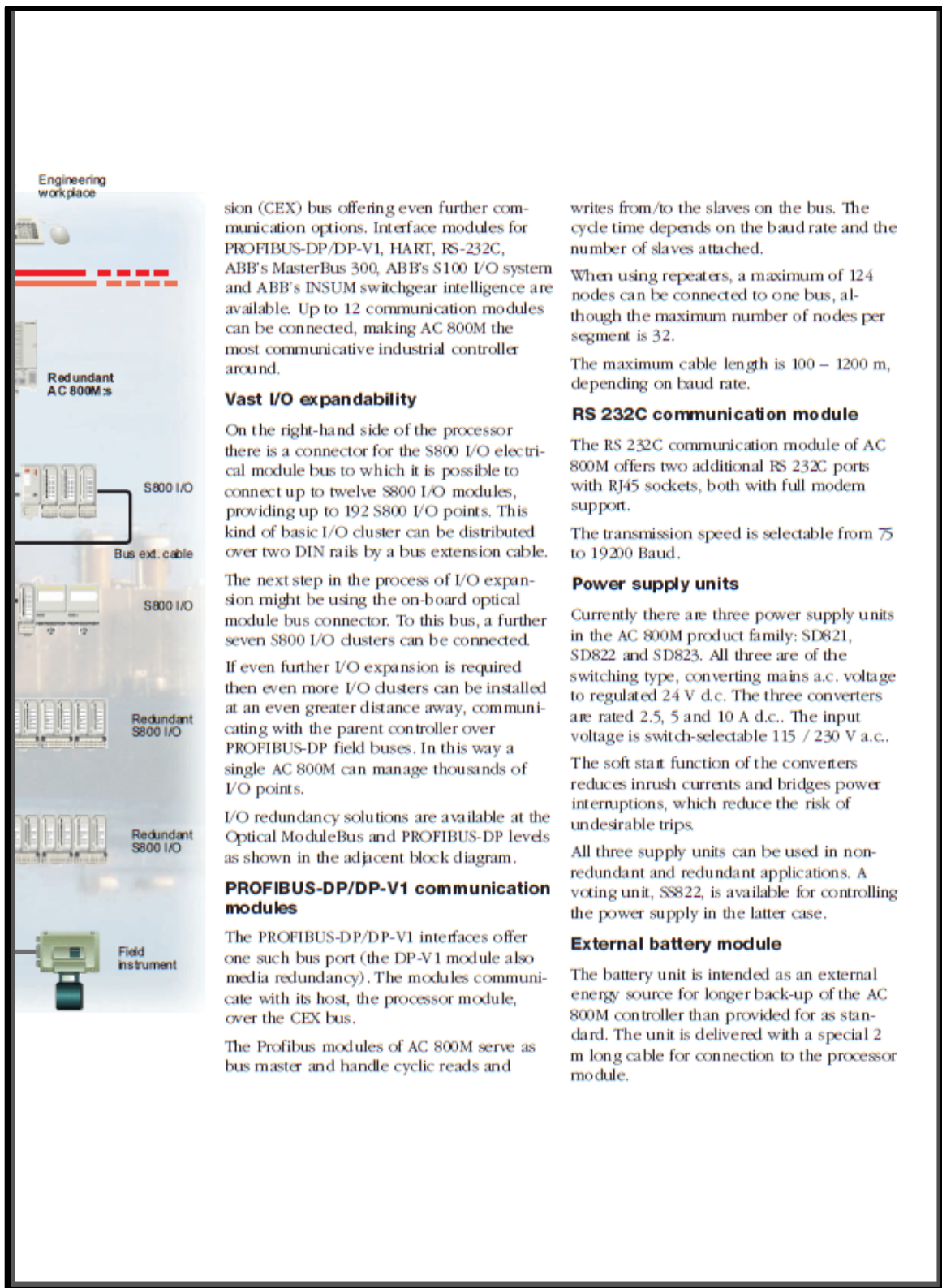
The processor module is equipped with two, on-board, IEEE 802.3 (Ethernet) ports by which it can be connected to a Control Network, a supervisory control system, and/or to the Control Builder M programming tool.

It is also equipped with two RS 232C ports offering an alternative way of connecting the Control Builder and the capability to connect to supervisory systems and dedicated control subsystems on the basis of a number of well-known protocols. Also user-defined protocols may be developed and used.

And finally, the processor module has an on-board port for ABB's Optical ModuleBus, offering cost-effective and noise-immune connection to I/O systems, variable speed drives, etc.

On the left-hand side of the module there is a connector for the Communications Expan-





sion (CEX) bus offering even further communication options. Interface modules for PROFIBUS-DP/DP-V1, HART, RS-232C, ABB's MasterBus 300, ABB's S100 I/O system and ABB's INSUM switchgear intelligence are available. Up to 12 communication modules can be connected, making AC 800M the most communicative industrial controller around.

**Vast I/O expandability**

On the right-hand side of the processor there is a connector for the S800 I/O electrical module bus to which it is possible to connect up to twelve S800 I/O modules, providing up to 192 S800 I/O points. This kind of basic I/O cluster can be distributed over two DIN rails by a bus extension cable.

The next step in the process of I/O expansion might be using the on-board optical module bus connector. To this bus, a further seven S800 I/O clusters can be connected.

If even further I/O expansion is required then even more I/O clusters can be installed at an even greater distance away, communicating with the parent controller over PROFIBUS-DP field buses. In this way a single AC 800M can manage thousands of I/O points.

I/O redundancy solutions are available at the Optical ModuleBus and PROFIBUS-DP levels as shown in the adjacent block diagram.

**PROFIBUS-DP/DP-V1 communication modules**

The PROFIBUS-DP/DP-V1 interfaces offer one such bus port (the DP-V1 module also media redundancy). The modules communicate with its host, the processor module, over the CEX bus.

The Profibus modules of AC 800M serve as bus master and handle cyclic reads and

writes from/to the slaves on the bus. The cycle time depends on the baud rate and the number of slaves attached.

When using repeaters, a maximum of 124 nodes can be connected to one bus, although the maximum number of nodes per segment is 32.

The maximum cable length is 100 – 1200 m, depending on baud rate.

**RS 232C communication module**

The RS 232C communication module of AC 800M offers two additional RS 232C ports with RJ45 sockets, both with full modem support.

The transmission speed is selectable from 75 to 19200 Baud.

**Power supply units**

Currently there are three power supply units in the AC 800M product family; SD821, SD822 and SD823. All three are of the switching type, converting mains a.c. voltage to regulated 24 V d.c. The three converters are rated 2.5, 5 and 10 A d.c.. The input voltage is switch-selectable 115 / 230 V a.c..

The soft start function of the converters reduces inrush currents and bridges power interruptions, which reduce the risk of undesirable trips.

All three supply units can be used in non-redundant and redundant applications. A voting unit, S8822, is available for controlling the power supply in the latter case.

**External battery module**

The battery unit is intended as an external energy source for longer back-up of the AC 800M controller than provided for as standard. The unit is delivered with a special 2 m long cable for connection to the processor module.





Control Software, the firmware and library software of AC 800M, offers a wide range of industrial control functionality. From binary logic to advanced regulatory control. From discrete process signals to high-level objects.

## Software

In terms of functional capabilities, AC 800M is just as flexible. It runs ABB's scalable Control Software, thereby providing a vast range of control and communication functionality, including:

- ◆ *basic data types and functions*, e.g. type conversions, math, logic gates, flip-flops, timers and counters, as specified by the IEC 61131-3 standard.
- ◆ *communications*, enabling AC 800M to take part in single or redundant Control Networks as both server and client, thereby facilitating interaction with other systems, e.g. other controllers, OPC servers, operator – and engineering – stations, etc.

The software also supports a number of well-known, third-party, communication protocols on both Ethernet and RS-232C, providing easy connectivity to a wide range of third-party equipment.

- ◆ *process object handling*, offering ready-to-use function blocks for frequently occurring plant devices such as motors and valves. This approach offers great benefits to both control engineers and plant operators,

- ◆ *regulatory control*, offering ready-to-use function blocks for single and cascaded PID control loops, with digital or analog output and an impressive set of functional options – including autotuning.
- ◆ *batch control* to the industry standards.
- ◆ *advanced PID control* and adaptive regulatory control.
- ◆ *advanced object-oriented process control* by means of a construct called Control Modules.
- ◆ *sequence-of-events identification*, offering valuable help in fault-finding situations.
- ◆ *Fuzzy logic control*.

Option:

- ◆ *integration with Operate<sup>IT</sup> Process Portal*, ABB's production supervision solution.

The unit is configured, programmed and handled with Control Builder M, which is fully Windows 2000-integrated software supporting all five of the programming languages specified by the IEC 61131-3 standard.

The functionality available from Control Software depends on the license level chosen for Control Builder M. For more information on this connection, see separate documentation on the latter software.

As part of its Industrial<sup>IT</sup> activities ABB has developed a long-term strategy of offering a comprehensive range of products and systems for industrial applications. At the heart of this strategy is the Aspect Objects<sup>™</sup> concept which allows users access to all control and information systems within the enterprise and to assemble the information they require in a format best suited to their needs. Users are able to extend, modify and migrate their systems without difficulty.

ABB has developed a suite of human-system interfaces which combines comprehensive process know-how and experience with advanced software functionality. Based on the Windows<sup>®</sup> platform, these user interfaces provide a consistent method for accessing enterprise-wide systems and for launching multiple applications from any connected workstation in a plant or office.

Automation Technologies within ABB offers a complete range of Industrial IT products, from individual programmable controllers to complete control systems for complex plants. These products are sold and supported by the worldwide network of ABB. If you would like to know more about the products please contact your local office or visit our website at [www.abb.com/controlsystems](http://www.abb.com/controlsystems).



**Automation Technologies**  
SE-721 59 Västerås, Sweden  
Phone: +46 (0) 21342000  
Fax: +46 (0) 21137845  
[www.abb.com/controlsystems](http://www.abb.com/controlsystems)  
e-mail: [processautomation@se.abb.com](mailto:processautomation@se.abb.com)

**Automation Technologies**  
29801 Euclid Avenue  
Wickliffe, Ohio 44092, USA  
Phone: +1 440 585 8500  
Fax: +1 440 585 8756  
[www.abb.com/controlsystems](http://www.abb.com/controlsystems)  
e-mail: [industrialitsolutions@us.abb.com](mailto:industrialitsolutions@us.abb.com)

**Automation Technologies**  
Dudenstraße 44-46  
D-68167 Mannheim, Germany  
Phone: +49 (0) 1805 266776  
Fax: +49 (0) 1805 776329  
[www.abb.de/controlsystems](http://www.abb.de/controlsystems)  
e-mail: [marketing.control-products@de.abb.com](mailto:marketing.control-products@de.abb.com)

3BSE023957R0401

© Copyright 2004 ABB. All rights reserved.

Specifications subject to change without notice. Pictures, schematics and other graphics contained herein are published for illustration purposes only and do not represent product configurations or functionality. User documentation accompanying the product is the exclusive source for functionality descriptions.

The Industrial<sup>IT</sup> wordmark and all above-mentioned product names to the same format are registered or pending trademarks of ABB.