



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICOMECÁNICA E  
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**Tesis de Grado**

Previo a la obtención del título de  
**INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN  
INDUSTRIAL**

Realizado por:

Oscar Javier Mariscal Bonilla  
Guillermo Alejandro Sánchez Naranjo  
Danny Rodolfo Chiriguaya Remache

**Tesis de Grado**

Previo a la obtención del título de  
**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN EMPRESARIAL**

Realizado por:

Byron Antonio Añasco Molina  
Cesar Sánchez Vásquez

Tema

**“ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE  
AUTOMATIZADO CON PLC PARA BOMBAS DE AGUA DE UCSG -  
SOCAVON CON CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO VIA  
TELEMETRÍA”**

Director de Tesis  
**Ing. Pedro Tutiven López**

**Guayaquil – Ecuador  
2010**



## **TESIS DE GRADO**

Título

### **“ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON PLC PARA BOMBAS DE AGUA DE UCSG - SOCAVON CON CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO VIA TELEMETRÍA”**

Presentada a la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Carrera de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica y de Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

#### **Tesis de Grado**

Previo a la obtención del título de  
**INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN  
INDUSTRIAL**

Realizado por:

Oscar Javier Mariscal Bonilla  
Guillermo Alejandro Sánchez Naranjo  
Danny Rodolfo Chiriguaya Remache

#### **Tesis de Grado**

Previo a la obtención del título de  
**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN EMPRESARIAL**

Realizado por:

Byron Antonio Añasco Molina  
Cesar Sánchez Vásquez

#### **Miembros del Tribunal**

---

Ing. Héctor Cedeño A.  
**Decano de la Facultad**

---

Ing. Pedro Tutiven López  
**Director de Carrera**

---

Ing. Pedro Tutiven López  
**Director de Tesis**

---

Dr. Kléber López Parrales  
**Coordinador Administrativo**

---

Ing. Víctor del Valle Ramos  
**Coordinador Académico**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**”.

### **INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

---

Guillermo A. Sánchez Naranjo

---

Oscar J. Mariscal Bonilla

---

Danny R. Chiriguaya Remache

### **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

---

Cesar Sánchez Vásquez

---

Byron A. Añasco Molina

# **ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON PLC PARA BOMBAS DE AGUA DE UCSG -SOCAVÓN CON CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO VÍA TELEMETRÍA**

## **ÍNDICE**

INTRODUCCIÓN.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA.....	III

### **CAPITULO I**

#### **SISTEMATIZAR EL BOMBEO DE AGUA POTABLE EN LA UCSG**

1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3

### **CAPITULO II**

#### **MARCO TEÓRICO DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN**

2.1 Marco Teórico de Sistemas de Automatización.....	4
2.2 Objetivos de la Automatización.....	4
2.3 Ventajas de la Automatización.....	5

2.4	Importancia de la Automatización.....	6
2.5	Elementos de una instalación automatizada.....	7
2.6	Componentes de un sistema básico automatizado.....	8
2.7	Elementos de la parte de mando.....	9
2.8	El controlador lógico programable (PLC).....	10
2.8.1	Campos de Aplicación.....	11
2.8.2	Arquitectura de un PLC.....	12
2.8.3	El CPU.....	13
2.8.4	Memoria.....	15
2.8.5	Unidades de entrada y salida (E/S).....	16
2.8.6	Interfaces.....	16
2.8.7	Periféricos.....	18
2.9	Lenguajes de Programación.....	18
2.10	Descripción de PLC Siemens Simatic S7 200.....	20
2.10.1	Direccionamiento de entradas y salidas.....	20
2.10.2	Instrucción de Control.....	21
2.10.3	Direccionamiento de Bytes.....	22
2.11	Comunicación en redes con CPUS S7-1 200.....	23
2.11.1	Protocolos para la comunicación en redes.....	24
2.11.2	Componentes para la comunicación en redes.....	29
2.11.3	Interfaces de Comunicación.....	30
2.11.4	Utilizar un cable PC/PPI para la comunicación.....	33
2.11.5	Comunicación en redes de periferia descentralizada.....	38
2.12	PLC SIMATIC S7–1200 .....	44

### **CAPITULO III**

#### **DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATISMO CON PLC PARA EL ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA UCSG** 43

3.1 Configuración del PLC Simatic S7-1200..... 44

3.2 Conectar el PC a la CPU..... 44

3.3 Configurando la comunicación del PLC..... 45

3.4 Configuración del equipo radio Nanostation..... 48

3.5 Sistema de Bombas Alternadas..... 60

3.5.1 Funcionamiento de cada Bomba..... 61

### **CAPITULO IV**

#### **IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN A SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE EN SOCAVON-UCSG**

4.1 Equipos utilizados en el sistema de Automatización..... 64

4.1.1 Operación Estación de Bomba..... 65

4.1.2 Indicaciones programadas en el sistema..... 68

### **CAPITULO V**

#### **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO PARA BOMBEO DE AGUA CON ENCENDIDO Y APAGADO VÍA TELEMETRÍA**

5.1 Proceso y prueba de la implementación del sistema automatizado de bombeo de agua en la UCSG..... 80

CONCLUSIONES..... 91

RECOMENDACIONES.....	92
BIBLIOGRAFÍA.....	93
ANEXOS.....	94

## **INTRODUCCIÓN**

La extraordinaria versatilidad de las computadoras en todos los campos de la actividad humana, así como su progresiva miniaturización de procesadores han hecho posible traspasar el umbral del uso de sofisticados equipos para controlar aplicaciones de sistemas mecánicos, electrónicos, neumáticos, domóticos, etc. Con necesarios conocimientos de programación en equipos controladores, se puede operar e intervenir cualquier proceso fijo, programable y flexible.

El desarrollo en la tecnología, donde se incluyen las poderosas computadoras, los actuadores de control retroalimentados, transmisión de potencia a través de engranajes, y la tecnología en sensores han contribuido a flexibilizar los mecanismos automatizados para desempeñar tareas dentro de la grande, mediana y pequeña industria. Así también para tareas residenciales etc.

El uso de Controladores Lógicos Programables (PLC) ha mejorado de manera eficiente procesos de automatización de control, supervisión y operación de sistemas de bombeo de agua. Se plantea como tema de implementación de tesis, el control de llenado de reservorios de agua en la Universidad Católica de Guayaquil (UCSG) de manera adecuada y optima.

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros padres y a las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y de manera muy especial al señor: Ing. Pedro Tutiven Lopez

## DEDICATORIA

Esta TESIS la dedico de manera muy especial a quienes estuvieron conmigo apoyándome a lo largo de estos años, solo pocos saben el esfuerzo que he realizado para llegar a este momento tan especial para mí y que HOY Noviembre 15 del año 2010, lo comparto con mi **Señora madre Doña Lucelina Naranjo Cisneros** además a quien fue mi apoyo y fuerza de empuje incondicional en este Maratón Universitario; y hoy a modo de Trofeo conjunto se la ofrezco a **mi Tía EDILMA NARANJO CISNEROS.**

A mis profesores de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL, sin mencionar algún nombre en especial, ya que cada uno es único en su área y que impartieron su cátedra de manera eficiente y sirvieron para intercambiar conocimientos como futuros profesionales.

A mis compañeros de aula, antes y después de la fecha de esta DEDICATORIA con quienes se compartió la camaradería propia de personas que deseamos alcanzar una meta y nos llene de orgullo lo alcanzado.

GRACIAS, a todos.

Guillermo Alejandro Sánchez Naranjo

A mi madre: Rosa Bonilla Castillo de Mariscal.

A mi padre: Fausto Mariscal Vargas-Machuca.

Estas breves líneas os dedico a vosotros que habéis confiado en mí. Siempre, comprendido y orientado en todo momento, que me habéis guiado. Sabiamente a tomar importantes decisiones que solo me hubieran sido difíciles hacerlo

Este es el mejor obsequio que les puedo brindar a vosotros el mismo Que realice con mi dedicación al estudio, con respeto, con amor, a mi profesión. Perdonadme si en algún momento no lo supe escuchar pues es Propio de los seres humanos que se están formando para alcanzar una profesión.

Recibid esta tesis que es una muestra del sacrificio de grandes esfuerzos, diario estudio y aprendizaje, largas noches, desengaños, amarguras, penas y alegrías siempre pensando en lograr el objetivo trazado, sabiendo que todo esto jamás podrá recompensar lo que me habéis entregado y enseñado.

Y justo sería en estas líneas no exhorto mi cariño y sentido reconocimiento por su invaluable ayuda a mi hermana Obstetiz. Grace Mariscal Bonilla. Y a mi sobrina Joanna Ortega Mariscal quienes han sido fundamental apoyo para continuar siempre adelante

La más noble virtud del ser humano es ser agradecido con las personas que desinteresadamente nos han educado y orientado, por ello los apreciare eternamente.

Oscar Javier Mariscal Bonilla

**ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
AUTOMATIZADO CON PLC PARA BOMBAS DE AGUA DE UCSG -  
SOCAVÓN CON CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO VÍA  
TELEMETRÍA**

**CAPITULO 1**

**SISTEMATIZAR EL BOMBEO DE AGUA POTABLE EN LA UCSG**

**1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Se desaprovecha el agua potable cuando se llenan los reservorios que posee la UCSG en la loma de la Facultad de Arquitectura, son horas en que se riega o se rebosa los tanques que reciben el agua desde las cisternas ubicadas en el sector conocido como socavón, esto genera más consumo eléctrico y por supuesto más tiempo de trabajo de las 3 bombas que componen el sistema de almacenamiento y distribución de agua potable en la Universidad Católica.

**1.2 JUSTIFICACIÓN**

Por ser un recurso natural no renovable, el agua potable es un bien preciado que debemos todos, cuidarlo, protegerlo, no desperdiciarlo. Creando conciencia sobre este recurso los beneficiados directos somos todos los que hacemos la UCSG, autoridades, profesores y estudiantes. Se ahorra dinero en gasto por consumo eléctrico y se desgasta mecánicamente menos las 3 bombas que forman el sistema de bombeo de agua dentro de la UCSG.

### **1.3 HIPÓTESIS**

Al diseñar e implementar un eficaz sistema de automatización con controladores lógicos Programables para el almacenamiento y llenado del agua potable desde las cisternas hasta los reservorios es una forma de controlar el desperdicio del líquido vital, como también esto da más vida útil a las bombas que componen el sistema de bombeo para almacenamiento y llenado de agua en la UCSG.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar el estudio, diseño e implementación de un sistema automatizado con Controladores Lógicos Programables (PLC) para bombas de agua de la UCSG-Socavón con control de encendido y apagado vía telemetría.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1 Conocer las operaciones de control en procesos de automatización.
- 2 Identificar las aplicaciones de los Controladores lógicos Programables
- 3 Diseñar e implementar un sistema automatizado para almacenamiento y llenado de agua con Controladores Lógicos Programables (PLC) dentro de la UCSG.
- 4 Diseñar e implementar el encendido y apagado de las bombas de agua de la UCSG-Socavón por medio de un enlace inalámbrico punto a punto a 5GHz.

## **CAPITULO 2**

### **2.1 MARCO TEÓRICO DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN**

Para realizar el diseño de automatizar el encendido y apagado de las bombas que suministran agua potable a la Universidad Católica, primeramente se define los objetivos de la automatización en el contexto de un proceso productivo.

### **2.2 OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN**

A continuación se ponen los argumentos para automatizar:

- Requerimientos de un aumento en la producción
- Requerimientos de una mejora en la calidad de los productos
- Necesidad de bajar los costos de producción
- Escasez de energía
- Encarecimiento de la materia prima
- Necesidad de protección ambiental
- Necesidad de brindar seguridad al personal
- Desarrollo de nuevas tecnologías

La automatización solo es viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían obtener al automatizar, estas son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema. Según se plantea en el capítulo anterior, hay una necesidad de protección ambiental al agua o mejor dicho, a no desperdiciar el agua potable que se desborda de los tanques reservorios de la Universidad Católica.

### **2.3 VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN**

La automatización de un proceso frente al control manual del mismo proceso, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico, pudiéndose resaltar las siguientes:

- Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso, esta dependerá de la eficiencia del sistema implementado.
- Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.
- Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos (fabricación flexible y multi fabricación).
- Se obtiene un conocimiento más detallado del proceso, mediante la recopilación de información y datos estadísticos del proceso.
- Se obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento y performance de los equipos y máquinas que intervienen en el proceso.
- Factibilidad técnica en procesos y en operación de equipos.
- Factibilidad para la implementación de funciones de análisis, optimización y auto diagnóstico.
- Aumento en el rendimiento de los equipos y facilidad para incorporar nuevos equipos y sistemas de información.
- Disminución de la contaminación y daño ambiental.
- Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.
- Aumento en la seguridad de las instalaciones y la protección a los trabajadores.

## 2.4 IMPORTANCIA DE LA AUTOMATIZACIÓN

Se pueden citar los siguientes aspectos:

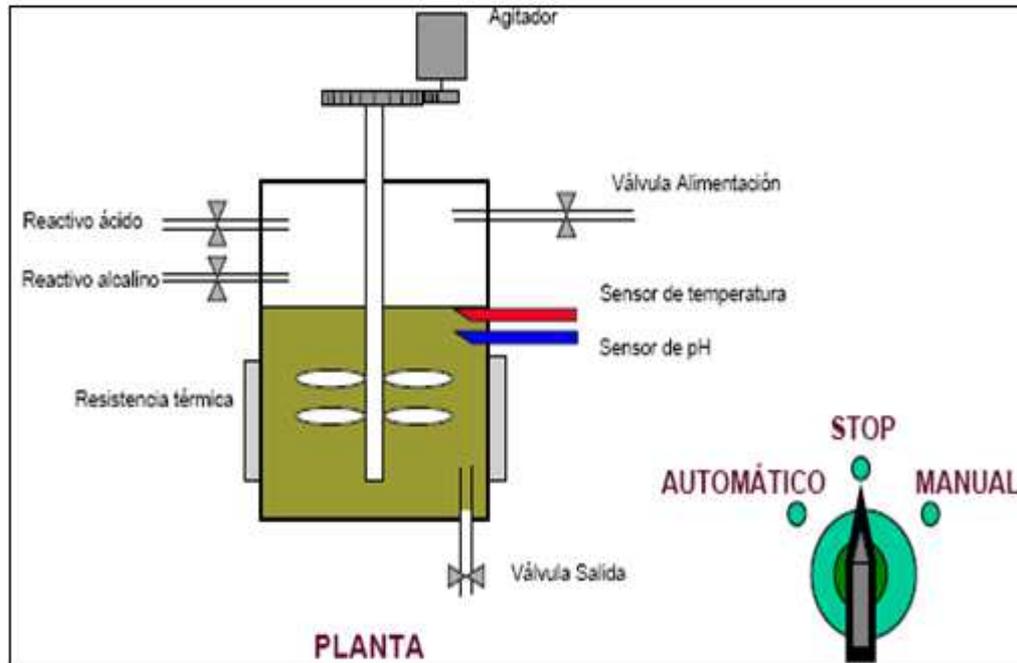
- *Expansibilidad y escalabilidad:* Es una característica del sistema que le permite crecer para atender las ampliaciones futuras de la planta, o para atender las operaciones no tomadas en cuenta al inicio de la automatización. Se analiza bajo el criterio de análisis costo-beneficio, típicamente suele dejarse una reserva en capacidad instalada ociosa alrededor de 10% a 25%.
- *Manutención:* Se refiere a tener disponible por parte del proveedor, un grupo de personal técnico capacitado dentro del país, que brinde el soporte técnico adecuado cuando se necesite de manera rápida y confiable. Además implica que el proveedor cuente con repuestos en caso sean necesarios.
- *Sistema abierto:* Los sistemas deben cumplir los estándares y especificaciones internacionales. Esto garantiza la inter conectabilidad y compatibilidad de los equipos a través de interfaces y protocolos, también facilita la inter operabilidad de las aplicaciones y el traslado de un lugar a otro.

## 2.5 ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN AUTOMATIZADA

Son los elementos siguientes:

- **MAQUINAS:** Son los equipos mecánicos que realizan los procesos, traslados, transformaciones, etc. de los productos o materia prima.
- **ACCIONADORES:** Son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje, embalaje. Pueden ser:
- **ACCIONADORES ELÉCTRICOS:** Usan la energía eléctrica, son por ejemplo, electroválvulas, motores, resistencias, cabezas de soldadura, etc.

- ACCIONADORES NEUMÁTICOS: Usan la energía del aire comprimido, son por ejemplo, cilindros, válvulas, etc.



**Fig. 2-1 Ejemplo de automatismo**

- ACCIONADORES HIDRÁULICOS: Usan la energía de la presión del agua, se usan para controlar velocidades lentas pero precisas.
- PRE-ACCIONADORES: Se usan para comandar y activar los accionadores. Por ejemplo, contactores, switches, variadores de velocidad, distribuidores neumáticos, etc.
- CAPTADORES: Son los sensores y transmisores, encargados de captar las señales necesarias para conocer el estados del proceso, y luego enviarlas a la unidad de control.
- INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA: Permite la comunicación entre el operario y el proceso, puede ser una interfaz gráfica de computadora, pulsadores, teclados, visualizadores, etc.

- **ELEMENTOS DE MANDO:** Son los elementos de cálculo y control que gobiernan el proceso, se denominan autómatas, y conforman la unidad de control.

## **2.6 COMPONENTES DE UN SISTEMA BÁSICO AUTOMATIZADO**

Los sistemas automatizados se conforman de dos partes: parte de mando y parte operativa

- **PARTE DE MANDO:** Es la estación central de control o autómata. Es el elemento principal del sistema, encargado de la supervisión, manejo, corrección de errores, comunicación, etc.
- **PARTE OPERATIVA:** Es la parte que actúa directamente sobre la máquina, son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice las acciones. Son por ejemplo, los motores, cilindros, compresoras, bombas, relés, etc.

## **2.7 ELEMENTOS DE LA PARTE DE MANDO**

La parte de mando se divide en 2 tecnologías:

### 1. Tecnologías cableadas

Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Esta fue la primera solución que se utilizó para crear equipos electrónicos industriales, pero presenta varios inconvenientes.

Los dispositivos que se utilizan en las tecnologías cableadas para la realización del automatismo son:

- Relés electromagnéticos.

- Módulos lógicos neumáticos.
- Tarjetas electrónicas.

## 2. Tecnologías programadas

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas. En la realización de automatismos. Los equipos realizados para este fin son: El computador, como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones de proceso. Pero, al mismo tiempo, y debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción. Y un equipo programable industrial es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos del computador.

### 2.8 EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

El PLC o Controlador Lógico Programable, es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. En la figura 2-2 se aprecia el PLC SIMATIC S7-1200 estructura externa de Siemens.



**Fig. 2-2 Controlador Lógico Programable SIMATIC de Siemens**

La figura 2.3 muestra un PLC de estructura modular en los que la CPU, la fuente de alimentación, las entradas, las salidas, etc. son cada una un módulo, que se elige en función de la aplicación requerida.



**Figura 2-3 PLC's estructura modular de siemens**

### **2.8.1 CAMPOS DE APLICACIÓN**

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie en aplicaciones generales como:

- ✓ Maniobra de máquinas
- ✓ Maquinaria industrial de plástico
- ✓ Máquinas transfer
- ✓ Maquinaria de embalajes
- ✓ Maniobra de instalaciones:
  - Instalación de aire acondicionado, calefacción.
  - Instalaciones de seguridad
- ✓ Señalización y control:
  - Chequeo de programas
  - Señalización del estado de procesos.

## 2.8.2 ARQUITECTURA DE UN PLC

Los elementos esenciales, que todo PLC posee como mínimo, son:

**Sección de entradas:** se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser digitales o analógicas.

A estas líneas conectaremos los sensores (captadores).

**Sección de salidas:** son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico.

A estas líneas conectaremos los actuadores.

**Unidad Central de Proceso (CPU):** se encarga de procesar el programa que el usuario ha introducido.

La CPU toma, una a una, las instrucciones programadas por el usuario y las va ejecutando, cuando llega al final de la secuencia de instrucciones programadas, la CPU vuelve al principio y sigue ejecutándolas de manera cíclica.

Para ello, dispone de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa.

Adicionalmente, en determinados modelos, podemos disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición, etc.

A parte de estos podemos disponer de los siguientes elementos:

\***Unidad de alimentación** (algunas CPU's la llevan incluida).

**\*Consola de programación:** que nos permitirá introducir, modificar y supervisar el programa de usuario. Tiende a desaparecer, debido a que la mayoría se programan a partir del computador mediante programas específicos facilitados por cada fabricante; o programados directamente desde el propio PLC.

**\*Dispositivos periféricos:** como nuevas unidades de E/S, mas memoria, unidades de comunicación en red, etc.

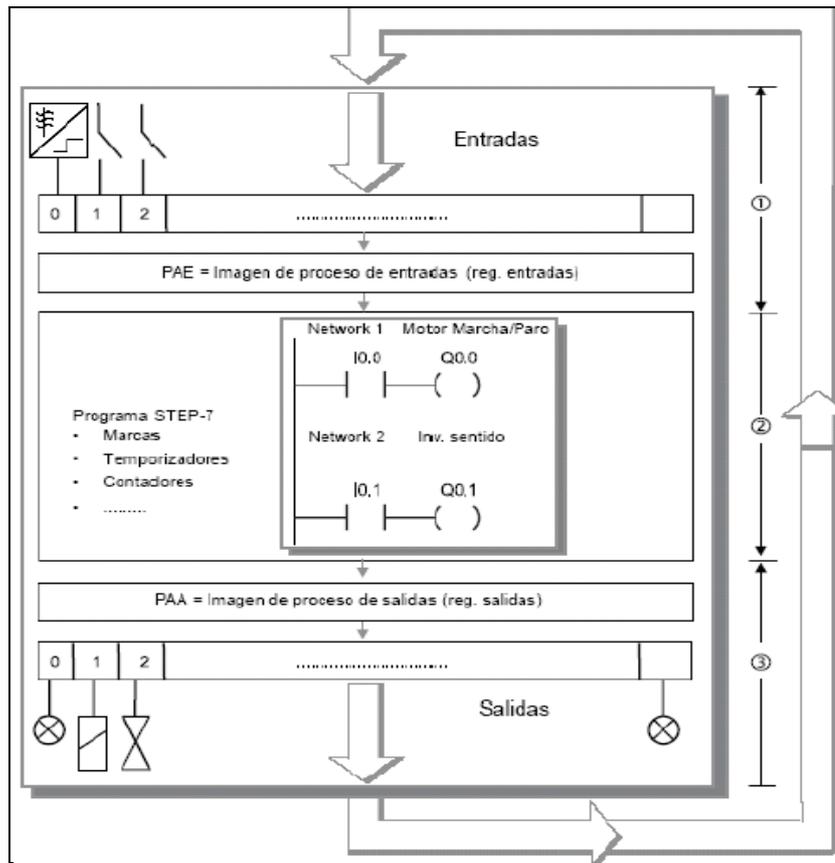
**\*Interfaces:** facilitan la comunicación del PLC con otros dispositivos (como un computador), otros PLC's etc.

### **2.8.3 EL CPU**

Es la memoria del PLC. Sus funciones son:

- a) Ejecutar el programa de usuario.
- b) Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no excede un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar Watchdog (perro guardián).
- c) Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no accede directamente a dichas entradas.
- d) Renovar el estado de las salidas, en función de la imagen de las mismas, obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- e) Chequear del sistema.

En la figura 2.4 se aprecia como es la arquitectura del PLC, este va a poseer un ciclo de trabajo, que ejecutara de forma continua:



**Figura 2-4 La arquitectura del PLC Simatic S7-1200**

Durante el funcionamiento cíclico, primero se leen los estados en las entradas, memorizándose en la imagen de proceso de las entradas enunciadas como PAE. Con estas informaciones trabaja luego el programa de control cuando se ejecuta.

De acuerdo a la lógica definida en el programa se modifica el estado de las salidas depositadas en la imagen de proceso de las salidas enunciadas como PAA. En la última etapa del ciclo, los estados memorizados en la PAA se transfieren a las salidas físicas. Seguidamente comienza de nuevo el ciclo.

Un ciclo dura normalmente entre 3 y 10 ms. La duración depende del número y tipo de instrucciones (operaciones) utilizadas. El ciclo consta de dos partes principales:

1. Tiempo del sistema operativo, normalmente 1 ms; corresponde con las fases 1 y 3.
2. Tiempo para ejecutar las instrucciones; corresponde con la fase 2.

Por otro lado, el ciclo solo se ejecuta cuando el PLC se encuentra en estado RUN.

## 2.8.4 MEMORIA

Dentro de la CPU dispondremos de un área de memoria, la cual emplearemos para diversas funciones:

- a) **Memoria del programa de usuario:** aquí introduciremos el programa que el PLC va a ejecutar cíclicamente.
- b) **Memoria de la tabla de datos:** se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).
- c) **Memoria del sistema:** aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/microcontrolador que posea el PLC.
- d) **Memoria de almacenamiento:** se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

Cada PLC hace subdivisiones específicas según el modelo y fabricante.

## 2.8.5 UNIDADES DE ENTRADA Y SALIDA (E/S)

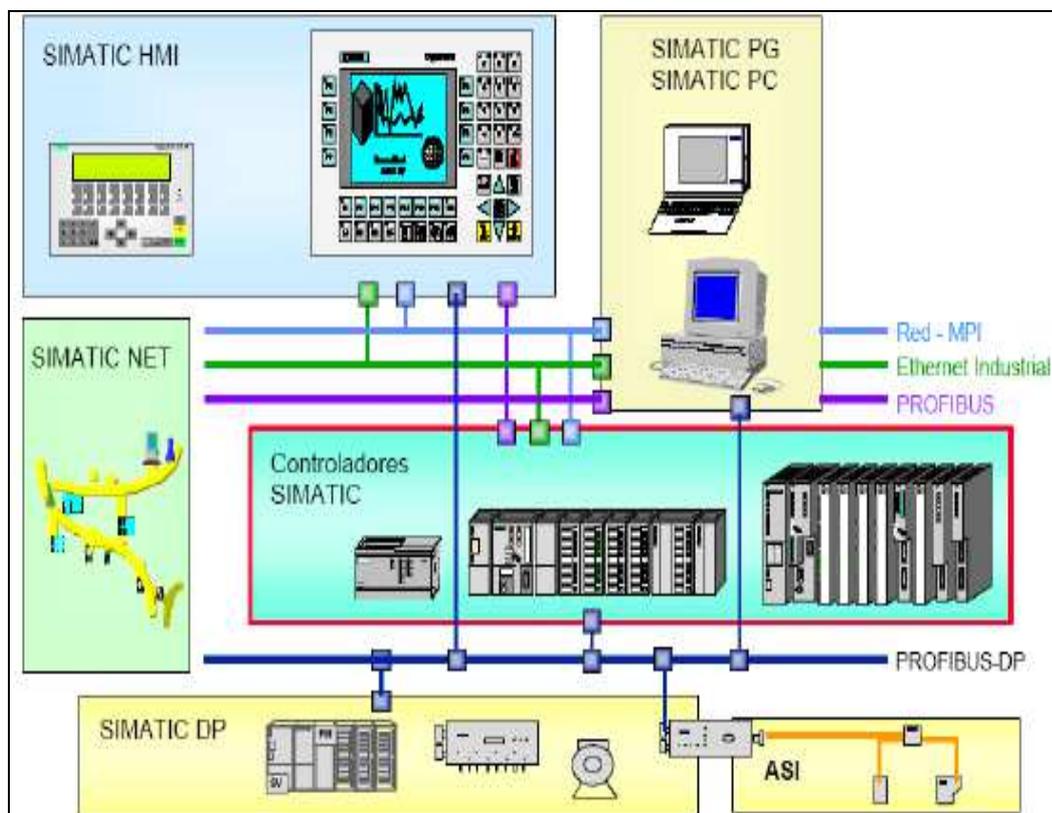
Podemos disponer de dos tipos de módulos de entrada y/o salida:

1. **Digitales.** Se basan en el principio de todo o nada, es decir o no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas E/S se manejan a nivel de bit dentro del programa de usuario.
2. **Analógicas.** Pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Estas señales se manejan a nivel de byte o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

Las E/S son leídas y escritas dependiendo del modelo y del fabricante, es decir, pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de E/S.

## 2.8.6 INTERFACES

Todo PLC, salvo casos excepcionales, posee la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos (como un PC). Lo normal es que posea una E/S serie del tipo RS-232 (puerto serie). A través de esta línea se pueden manejar todas las características internas del PLC, incluida la programación del mismo, y suele emplearse para monitorizar el proceso. La figura 2.5 muestra un ejemplo de interfaces para automatización integral basada en redes cableadas e inalámbricas industrial.



**Figura 2-5 Sistema de automatización integral con Simatic de Siemens**

La programación del PLC puede realizarse, generalmente, empleando alguno de los siguientes elementos:

1° **Consola de programación:** suele tener la forma de un teclado.

2° **PC:** es el modo más empleado en la actualidad. Permite programar desde un computador personal estándar, con todo lo que ello supone: herramientas más

potentes, posibilidad de almacenamiento, impresión, transferencia de datos, monitorización mediante software SCADA, etc.

Cada PLC, dependiendo del modelo y fabricante, posee una conexión a uno o a varios de los elementos anteriores.

### **2.8.7 PERIFÉRICOS**

El PLC, en la mayoría de los casos, puede ser ampliado. Las ampliaciones abarcan un gran abanico de posibilidades: módulos auxiliares de E/S (analógicas, digitales, etc.), memoria adicional, conexión con otras Placas, etc.

Cada fabricante facilita las posibilidades de ampliación de sus modelos, los cuales pueden variar incluso entre modelos de la misma serie.

## **2.9 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN**

Los primeros PLC's surgieron debido a la necesidad de sustituir los enormes cuadros de maniobra contruidos con contactores y relés. Por lo tanto, la comunicación hombre máquina debía ser similar a la utilizada hasta ese momento. El lenguaje utilizado, debería ser interpretado, con facilidad, por los mismos técnicos electricistas que anteriormente estaban en contacto con la instalación.

Con el tiempo estos lenguajes evolucionaron de tal forma que algunos de ellos ya no tenían nada que ver con el típico plano eléctrico a relés, además de haber evolucionado siguiendo caminos distintos. Todo esto unido al incremento en la complejidad de los procesos a automatizar, no hizo más que complicar el uso de aquello que se creó con una finalidad bien distinta.

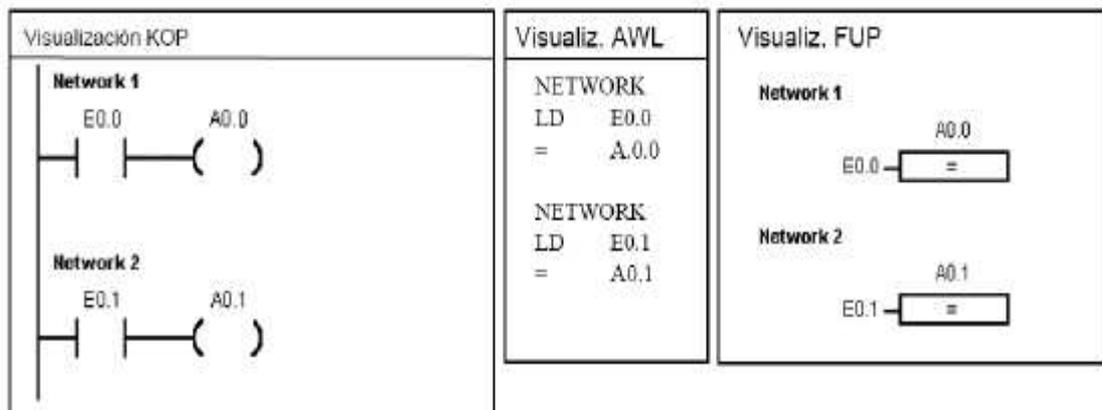
Con el fin de rectificar este problema la dirección del IEC, Comisión Electrotécnica Internacional, institución internacional encargada de normalizar los campos de lo eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas, ha presentado numerosas normalizaciones desarrolladas conjuntamente con la ISO (Organización Internacional para la Estandarización). Así se tiene las normas ISO/IEC, dentro de ello el estándar

IEC 1131-3, existe para la programación de PLC's, con la idea de desarrollar el estándar adecuado para los varios lenguajes que existen por fabricante.

Los lenguajes más significativos son:

1. **Lenguaje de contactos (KOP):** Es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos. Los elementos de un esquema de circuitos, tales como los contactos normalmente cerrados y normalmente abiertos, se agrupan en segmentos. Uno o varios segmentos constituyen el área de instrucciones de un bloque lógico
2. **Lenguaje por lista de instrucciones (AWL):** Este lenguaje consiste en elaborar una lista de instrucciones, en otras palabras es un lenguaje textual orientado a la máquina. Las diversas instrucciones equivalen a los pasos de trabajo con los que la CPU ejecuta el programa y éstas se pueden reunir en segmentos.
3. **Plano de funciones lógicas (FUP):** Aquí se utiliza el diagrama de funciones utiliza los símbolos gráficos del álgebra booleana para representar la lógica. También es posible representar en conexión directa con los cuadros lógicos funciones complejas, por ejemplo, funciones matemáticas
4. **GRAFCET:** Es el llamado Grafico de Orden Etapa-Transición. Ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociada a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos.

La figura 2.6 muestra varios lenguajes para PLC's aquí descritos.



**Figura 2-6 Algunos lenguajes de programación en Simatic**

## 2.10 DESCRIPCIÓN DEL PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200

El SIMATIC S7-1200 cubre aplicaciones que van de la sustitución de relés y contactores hasta tareas complejas de automatización operando aislado, interconectado en red o en configuraciones descentralizadas. La familia SIMATIC S7-1200 está compuesta de los siguientes módulos:

- 5 equipos básicos escalonados por potencia en diversas variantes.
- 15 módulos de ampliación digitales y analógicos diferentes.
- módulos de comunicaciones para la conexión a PROFIBUS y AS-Interface.

Con destacadas prestaciones de tiempo real y potentes posibilidades de comunicación (PPI, PROFIBUS-DP, AS-Interface).

### 2.10.1 DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS

En primer lugar el PLC utiliza un operando distintivo:

- ❖ **I** para denominar entradas (algunos lenguajes utilizan la E).
- ❖ **Q** para denominar salidas (algunos lenguajes utilizan la A).

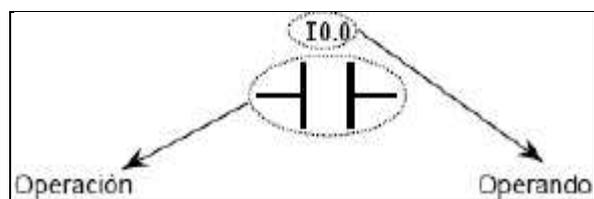
Junto con el distintivo de entrada o salida aparece el parámetro 0.4, 1.2 o 4.7. El parámetro consiste en una combinación:

➤ 0., 1. o 4. → byte.

➤ .4, .2 o .7 → bit.

### 2.10.2 INSTRUCCIÓN DE CONTROL

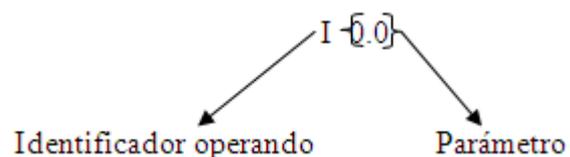
Una instrucción de control constituye la menor unidad dentro de un programa de usuario PLC. Una instrucción consta de operación y operando



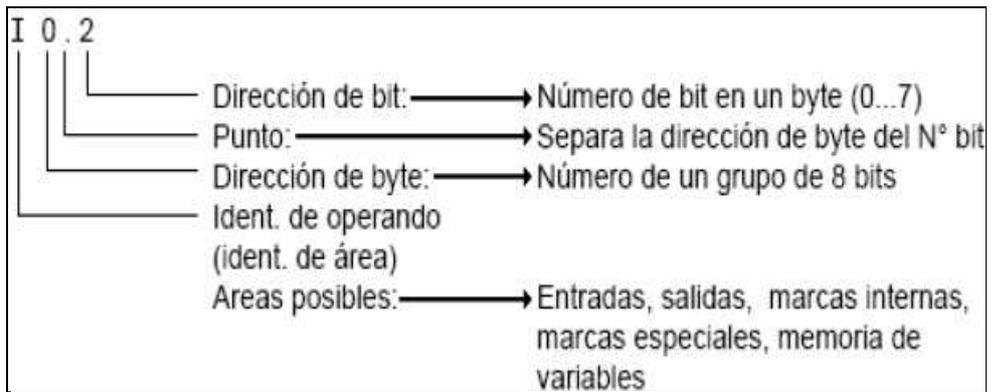
**Figura 2-7 Instrucción de control para PLC Simatic**

**Operación.-** Aquí se determina qué función debe ejecutarse a la hora de tratar una instrucción de control (ej. Una combinación Y, según la figura 2.8)

**Operando.-** El operando de una instrucción (Aquí la entrada 0.0) incluye la información necesaria para una instrucción de control. El operando consta de identificador de operando y de un parámetro.



La estructura de un operando se define en la siguiente figura 2.8

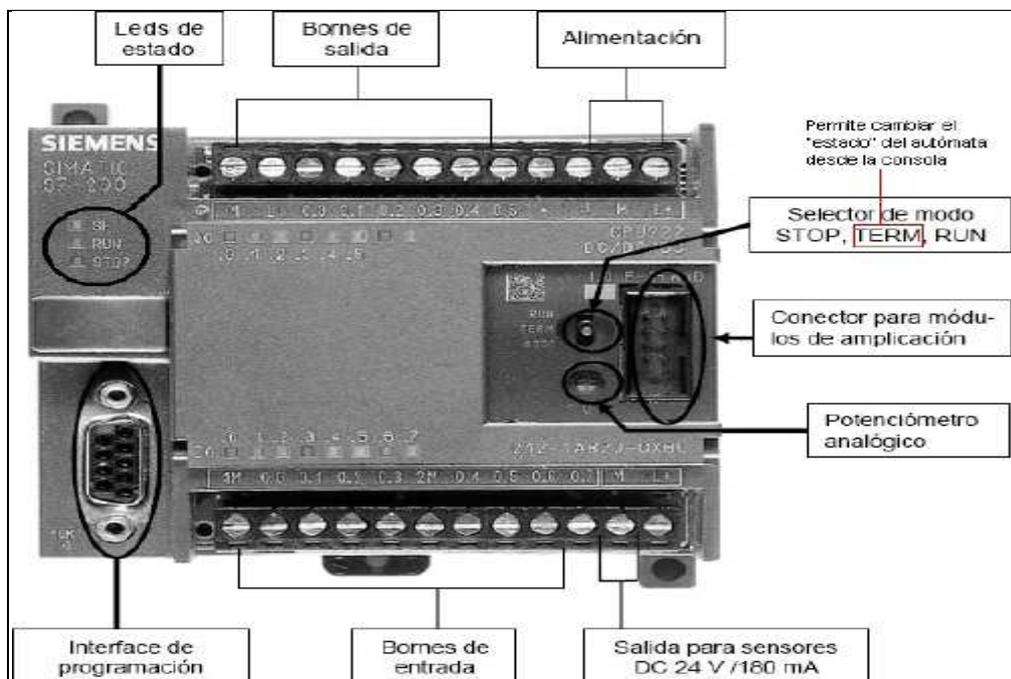


**Figura 2-8 Estructura del operando**

### 2.10.3 DIRECCIONAMIENTO DE BYTES

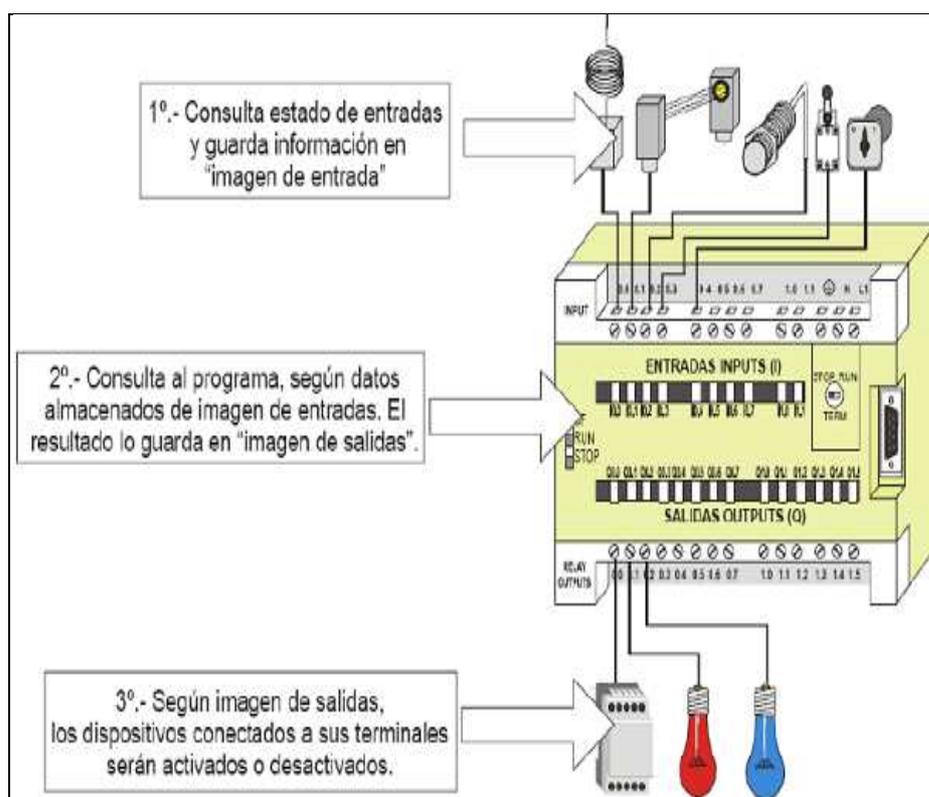
El direccionamiento de bytes es similar al de bits, pero en este caso solo se utiliza el identificador de parámetro, seguido de la letra B (byte) más la dirección de byte. De este modo podemos acceder a distintos bits con una sola “llamada”

En la figura 2.9 se observa el PLC Simatic de la familia S7-1200.



**Figura 2-9 Constitución del PLC Simatic S7-1200**

En este caso se trata de una CPU-222, vale destacar en la implementación se trabaja con el Simatic S7-1200 y de CPU 1211C. Existen varios modelos de CPU, pese a ello la distribución de componentes es exactamente la misma, variando la cantidad de E/S, potenciómetros analógicos, etc. Este divide en dos partes, obsérvese el diagrama de la figura 2-10, llamados Proceso Inicial y Ciclo de Operación.



**Fig. 2-10 Ejemplo de ciclos del funcionamiento de un PLC**

## 2.11 COMUNICACIÓN EN REDES CON CPU's S7-200 HASTA S7-1200

Las CPU's S7-200 hasta la 1200 presentan métodos de comunicación, un poco diversos, ya que el ultimo de la familia Simatic , el 1200 es de avanzada tecnología pero más que todo es más robusto, puede operar y controlar miles de instrucciones. En los siguientes sub capítulo se hace un estudio básico sobre la familia Simatic para

la S7-1200 en general sus tipos de comunicación de redes con CPU's son las siguientes.

- Comunicación punto a punto (PPI)
- Comunicación en una red multimaestro
- Comunicación en redes de periferia descentralizada (DP)

### 2.11.1 PROTOCOLOS PARA LA COMUNICACIÓN EN REDES

Dependiendo de la CPU S7-1200 utilizada, la red puede asistir uno o varios de los siguientes protocolos de comunicación:

- Interface punto a punto (PPI)
- Interface multipunto (MPI)
- PROFIBUS-DP

En la tabla 2-1 se indican más detalles al respecto.

CPU	Inter- face	Esclavo PPI	Maestro PPI	Esclavo PROFIBUS-DP	Esclavo MPI	Freeport	Velocidad de transferencia
212	0	Sí	No	No	No	Sí	9,6 kbit/s, 19,2 kbit/s
214	0	Sí	Sí	No	No	Sí	9,6 kbit/s, 19,2 kbit/s
215	0	Sí	Sí	No	Sí	Sí	9,6 kbit/s, 19,2 kbit/s
	DP, DPV2	No	No	Sí	Sí	No	9,6 kbits/s, 19,2 kbits/s, 93,75 kbits/s, 187,5 kbits/s, 500 kbits/s, 1 Mbit/s, 1,5 Mbit/s, 3 Mbit/s, 6 Mbit/s, 12 Mbit/s
216	0	Sí	Sí	No	Sí	Sí	9,6 kbit/s, 19,2 kbit/s
	1	Sí	Sí	No	Sí	Sí	9,6 kbit/s, 19,2 kbit/s

**Tabla 2.1 Posibilidades de comunicación de los CPU's 200**

Estos protocolos se basan en la intercomunicación de sistemas abiertos (OSI) de la arquitectura de siete capas. Los protocolos PPI, MPI y PROFIBUS-DP se implementan en una red "token ring" (red de anillo con testigo) conforme al estándar Process Field Bus (PROFIBUS) que se describe en la norma europea EN 50170.

Se trata de protocolos asíncronos de caracteres que utilizan un bit de inicio, ocho bits de datos, un bit de paridad par y un bit de parada. Los bloques de comunicación dependen de los caracteres especiales de inicio y de parada, de las direcciones de estación de fuente y de destino, de la longitud de dichos bloques y de la suma de verificación para garantizar la integridad de los datos.

Los tres protocolos se pueden utilizar simultáneamente en una red sin que interfieran entre sí, con la condición de que usen una misma velocidad de transferencia.

La red PROFIBUS utiliza el estándar RS-485 con cables de par trenzado. Ello permite interconectar hasta 32 dispositivos en un segmento de la red. Los segmentos pueden tener una longitud máxima de 1.200 m, dependiendo de la velocidad de transferencia. Es posible conectar repetidores para poder incorporar más dispositivos en la red o con objeto de utilizar cables más largos. Si se usan repetidores, las redes pueden tener una longitud de hasta 9.600 m, dependiendo de la velocidad de transferencia (ver tabla 2.3).

Los protocolos prevén dos tipos de dispositivos de red: los maestros y los esclavos. Los maestros pueden enviar una petición a otros dispositivos. En cambio, los esclavos sólo pueden responder a las peticiones de los maestros, sin poder lanzar nunca una petición por su propia cuenta.

Los protocolos asisten 127 direcciones (0 a 126) en una red. Una red puede comprender 32 maestros como máximo. Todos los dispositivos que formen parte de una red deberán tener direcciones unívocas para poder comunicarse entre sí. El ajuste estándar para las unidades de programación SIMATIC y para los PCs con STEP 7-Micro/WIN es la dirección "0". El visualizador de textos TD 200 y los paneles de operador OP3 y OP7 tienen la dirección predeterminada "1". La dirección estándar de los sistemas de automatización es "2". La dirección predeterminada del interface DP de la CPU 215 es "126".

#### **a) Protocolo PPI**

PPI es un protocolo maestro/esclavo. Los maestros (otras CPUs, unidades de programación

SIMATIC o visualizadores de textos TD 200) envían peticiones a los esclavos y éstos últimos responden. Los esclavos no inician mensajes, sino que esperan a que un

maestro les envíe una petición o solicite una respuesta. Todas las CPUs S7-1200 actúan de estaciones esclavas en la red.

Estando en modo RUN, algunas CPUs S7-1200 pueden actuar de estaciones maestras en la red si se encuentra habilitado el modo maestro PPI en el programa de usuario. (Consulte la descripción de SMB30 en el Anexo D). Una vez habilitado el modo maestro PPI, se podrán enviar mensajes a otras CPUs, usando las operaciones Leer de la red (NETR) y Escribir en la red (NETW).

Mientras actúa de estación maestra PPI, la CPU S7-200 sigue respondiendo en calidad de esclava a las peticiones de otros maestros. El protocolo PPI no limita la cantidad de maestros que pueden comunicarse con una CPU cualquiera que actúe de esclava, pero la red no puede comprender más de 32 maestros.

#### **b) Protocolo MPI**

MPI puede ser un protocolo maestro/maestro, o bien maestro/esclavo. El funcionamiento de dicho protocolo depende de los equipos utilizados. Si el dispositivo de destino es una CPU S7-300, se establece un enlace maestro/maestro, puesto que todas las CPUs S7-300 son estaciones maestras en la red. Si es una CPU S7-1200, se establece un enlace maestro/esclavo, ya que las CPUs S7-1200 son unidades esclavas.

El protocolo MPI crea siempre un enlace entre los dos dispositivos comunicados entre sí. Un enlace es una conexión privada entre los dos dispositivos. Ningún otro maestro puede interferir en un enlace establecido entre dos dispositivos. Un maestro puede establecer un enlace para utilizarlo durante un tiempo breve o indefinido.

Puesto que los enlaces son conexiones privadas entre los dispositivos y utilizan recursos en la CPU, cada CPU puede asistir sólo una cantidad limitada de enlaces. La tabla 2-2 muestra la cantidad y el tipo de enlaces MPI asistidos por las diversas CPUs S7-1200. Cada CPU reserva algunos de sus enlaces para las unidades de programación SIMATIC y para los paneles de operador. El enlace reservado para una unidad de programación (PG) SIMATIC o para un PC con STEP 7-Micro/WIN garantiza que el usuario pueda conectar siempre por lo menos una PG SIMATIC a la CPU para poder acceder a ésta última.

CPU	Inter- face	Cantidad total de enlaces	Cantidad y tipo de enlaces lógicos reservados
215	0	Cuatro	Dos: Uno para la unidad de programación Uno para el panel de operador
	DP, DPV2	Seis	Dos: Uno para la unidad de programación Uno para el panel de operador
216	0	Cuatro	Dos: Uno para la unidad de programación Uno para el panel de operador
	1	Cuatro	Dos: Uno para la unidad de programación Uno para el panel de operador

**Tabla 2.2 Cantidad y tipo de enlaces lógicos asistidos por las CPU's 200**

Las CPUs S7-300 y S7-400 se pueden comunicar con las CPUs S7-1200 estableciendo una conexión por los enlaces no reservados de éstas últimas. Las CPUs S7-300 y S7-400 pueden leer y escribir datos en las CPUs S7-1200, utilizando las operaciones XGET y XPUT.

**c) Protocolo PROFIBUS-DP**

d) El protocolo PROFIBUS-DP se ha diseñado para la comunicación rápida con unidades periféricas descentralizadas. Hay numerosos dispositivos PROFIBUS ofrecidos por diversos fabricantes.

Dichos dispositivos abarcan desde módulos sencillos de entradas o de salidas hasta controladores de motores y sistemas de automatización.

Por lo general, las redes PROFIBUS-DP incorporan un maestro y varios esclavos. La configuración del maestro le permite reconocer cuáles tipos de esclavos están conectados, así como sus respectivas direcciones. El maestro inicializa la red y verifica si los esclavos coinciden con la configuración. Continuamente, el maestro escribe los datos de salida en los esclavos y lee de allí los datos de entrada. Una vez que un maestro DP haya configurado correctamente a un esclavo, éste último le pertenecerá. Si hay otro maestro en la red, tendrá apenas un acceso muy limitado a los esclavos del primer maestro.

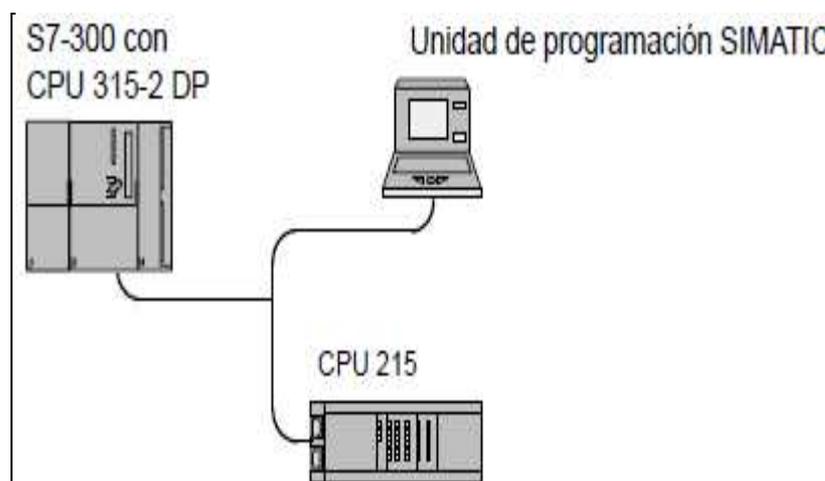
La CPU 215 dispone de un interface que actúa de puerto PROFIBUS-DP (ver figura 2.11). Para obtener informaciones más detalladas acerca de la función DP de la CPU 215.

#### e) Protocolos definidos por el usuario (Freeport)

La comunicación Freeport es un modo de operación con el que el programa de usuario puede controlar el interface de comunicación de la CPU S7-1200. Con el modo Freeport se pueden implementar protocolos de comunicación definidos por el usuario para crear enlaces con numerosos dispositivos inteligentes.

El programa de usuario controla el funcionamiento del interface de comunicación utilizando interrupciones de recepción y de transmisión, así como las operaciones Transmitir mensaje (XMT) y Recibir mensaje (RCV). En modo Freeport, el programa de usuario controla por completo el protocolo de comunicación. El modo Freeport se habilita con las marcas SMB30 (interface 0) y SMB130 (interface 1), estando activo únicamente cuando la CPU se encuentre en modo RUN.

Cuando la CPU retorna a modo STOP, la comunicación Freeport se detiene y el interface de comunicación vuelve a utilizar el protocolo PPI normal. Para obtener informaciones más detalladas acerca de la utilización del modo Freeport.



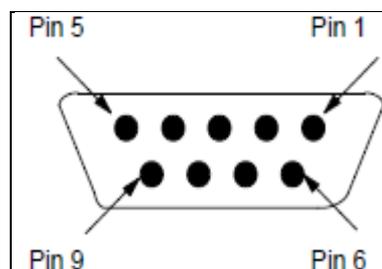
**Figura 2-11 CPU 215 conectada a una CPU S7-300 y a una unidad de programación vía interface DP**

### 2.11.2 COMPONENTES PARA LA COMUNICACIÓN EN REDES

Un sistema de automatización Simatic se puede conectar a través del interface de comunicación a un bus de red. A continuación se describen dicho interface; los conectores para el bus, el cable de conexión y los repetidores utilizados para ampliar la red.

### 2.11.3 INTERFACE DE COMUNICACIÓN PARA LA FAMILIA SIMATIC

Los interfaces de comunicación de las CPUs de la familia Simatic son compatibles con el estándar RS-485 mediante un conector D subminiatura de 9 pines conforme al estándar PROFIBUS definido en la norma europea EN 50170. La figura 2-12 muestra el conector que ofrece el enlace físico para el interface de comunicación y la tabla 2.3 describe las señales para un modelo básico S7-1200.



**Figura 2-12 Pines del interface de comunicación de la CPU S7-1200**

Pin	Denominación PROFIBUS	Interfaces 0 y 1	Interface DP
1	Blindaje	Hilo lógico	Hilo lógico
2	Hilo de retorno 24 V	Hilo lógico	Hilo lógico
3	Señal B RS-485	Señal B RS-485	Señal B RS-485
4	Request-to-Send	Sin conexión	Request-to-send <sup>1</sup>
5	Hilo de retorno 5 V	Hilo lógico	Isolated +5 V Return <sup>2</sup>
6	+5 V	+5 V, 100 $\Omega$ series limit	+5 V, con separación galvánica, 90 mA
7	+24 V	+24 V	+24 V
8	Señal A RS-485	Señal A RS-485	Señal A RS-485
9	No aplicable	Sin conexión	Sin conexión
Carcasa del enchufe	Blindaje	Hilo lógico (CPU 212/214) Tierra (CPU 215/216)	Tierra

**Tabla 2.3 Asignación de pines del interface de comunicación de la CPU S7-1200**

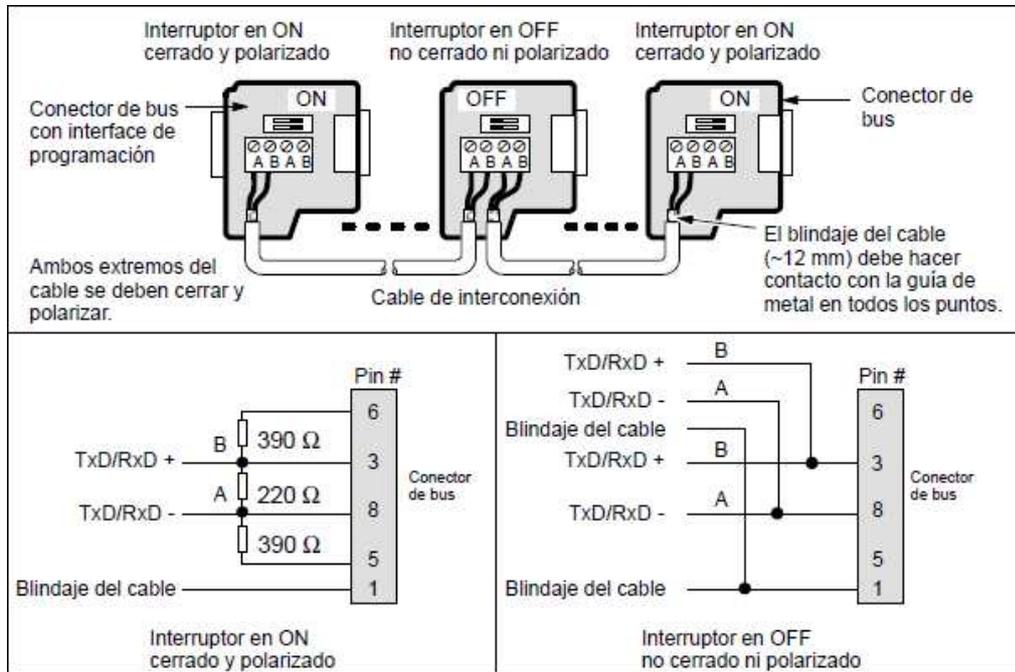
1  $V_{OH} = 3,5$  V, 1,6 mA,  $V_{OL} = 0,6$  V, 1,6 mA, señal =  $V_{OH}$  cuando la CPU esté enviando.

2 Las señales A, B y la petición de enviar (request-to-send) en el interface DP están separadas galvánicamente de la lógica de la CPU, teniendo como tensión de referencia el hilo de retorno de 5 V con separación galvánica.

### Conectores de bus

Siemens ofrece dos tipos de conectores de bus que permiten conectar fácilmente varios dispositivos a una red. Ambos conectores poseen dos juegos de tornillos para fijar los cables de entrada y salida. Asimismo, disponen de interruptores para polarizar y cerrar la red de forma selectiva. Uno de ellos ofrece sólo un enlace a la CPU, en tanto que el otro agrega un interface de programación (ver figura 2-13). En el Anexo G se indican las correspondientes referencias.

El conector que provee un interface de programación permite añadir a la red una unidad de programación SIMATIC o un panel de operador, sin perturbar ningún enlace existente. Dicho conector transmite todas las señales de la CPU a través del interface de programación, adecuándose para conectar dispositivos alimentados por la CPU (p.ej. un TD 200 o un OP3). Los pines de alimentación del conector del puerto de comunicación se pasan por el interface de programación.



**Figura 2-13 Polarizar y cerrar el cable de interconexión**

**a) Cable para una red PROFIBUS**

La tabla 2.4 muestra los datos técnicos generales de un cable para una red PROFIBUS.

Propiedades generales	Datos técnicos
Tipo	Apantallado, con par trenzado
Sección transversal del cable	24 AWG (0,22 mm <sup>2</sup> ) o superior
Capacidad del cable	< 60 pF/m
Impedancia nominal	100 Ω a 120 Ω

**Tabla 2.4 Datos técnicos de un cable para una red Profibus**

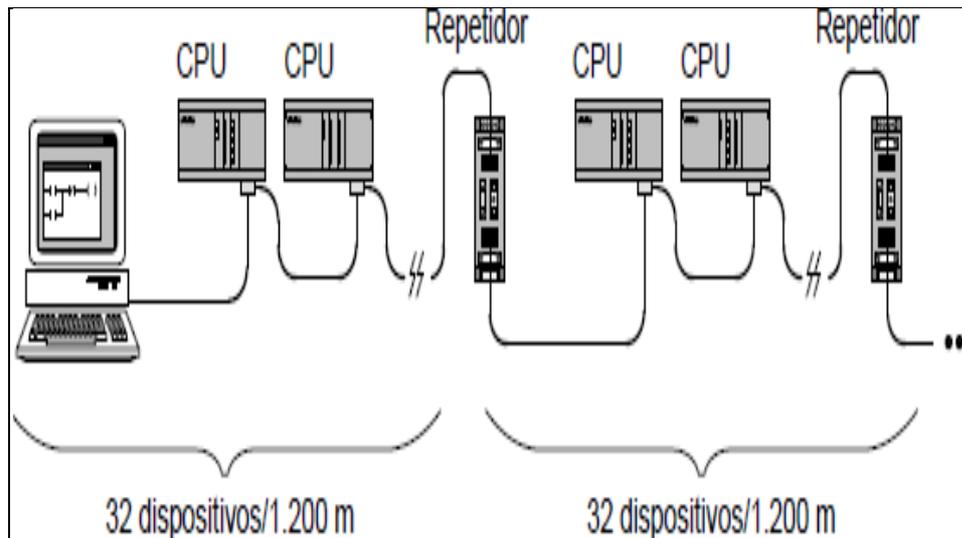
La longitud máxima de un segmento de red PROFIBUS depende de la velocidad de transferencia y del tipo de cable utilizados. En la tabla 2.5 figuran las longitudes máximas de los segmentos para el cable indicado en la tabla 2.4.

Velocidad de transferencia	Longitud máxima del cable en un segmento
9.6 kbit/s a 93,75 kbit/s	1.200 m
187,5 kbit/s	1.000 m
500 kbit/s	400 m
1,5 Mbit/s	200 m
3 Mbit/s a 12 Mbit/s	100 m

**Tabla 2.5 Longitudes máximas de los cables para una red Profibus**

#### **b) Repetidores**

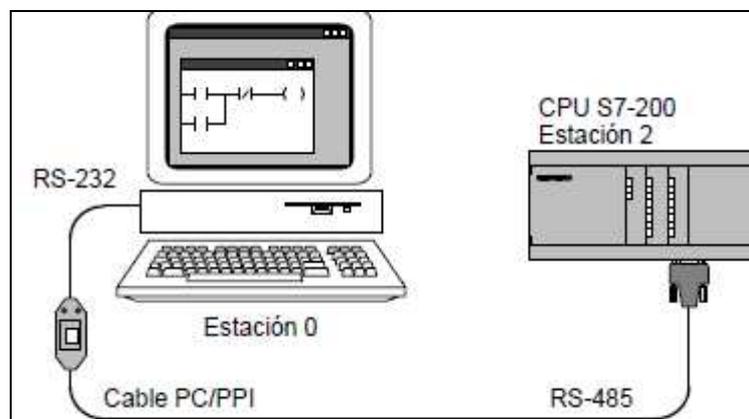
Siemens ofrece repetidores para interconectar segmentos de redes PROFIBUS (ver figura 2-14). Utilizando repetidores es posible ampliar la longitud total de la red y/o agregar dispositivos a la misma. El protocolo PROFIBUS asiste máximo 32 dispositivos en un segmento de red de hasta 1.200 m a una velocidad de transferencia de 9.600 bit/s. Cada repetidor permite agregar 32 dispositivos adicionales a la red y ampliar ésta última en 1.200 m a una velocidad de transferencia de 9.600 bit/s. En una red se pueden utilizar 9 repetidores como máximo. Cada repetidor permite polarizar y cerrar el segmento de red en cuestión.



**Figura 2-14 Red con repetidores**

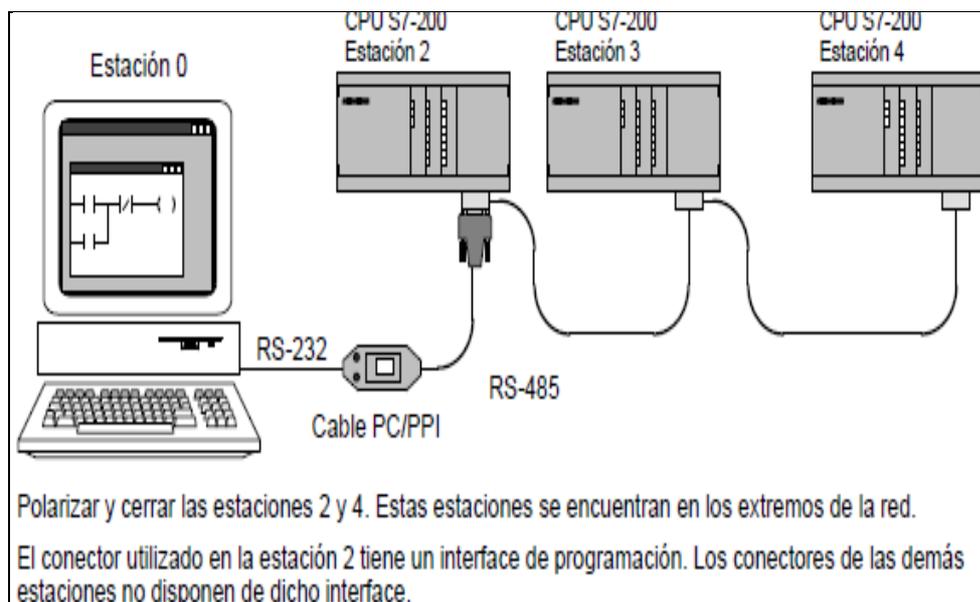
#### **2.11.4 UTILIZAR UN CABLE PC/PPI PARA LA COMUNICACIÓN**

Cable PC/PPI.- Por lo general, los puertos de comunicación de una PC son compatibles con el estándar RS-232. Los interfaces de comunicación de la CPU S7-200 O S7-1200 utilizan el estándar RS-485 para poder agregar varios dispositivos a una misma red. El cable PC/PPI permite conectar el puerto RS-232 de un PC al interface RS-485 de una CPU S7-1200 (ver figura 2-15). Dicho cable se puede utilizar también para conectar el interface de comunicación de una CPU S7-1200 a otros dispositivos compatibles con el estándar RS-232.



**Figura 2-15 Cable PC/PPI para la comunicación con una CPU S7-1200**

**Software STEP 7-Micro/WIN con un cable PC/PPI.-** STEP 7-Micro/WIN puede utilizar el cable PC/PPI para comunicarse con una o varias CPUs S7-1200 (ver figura 2-16). Al utilizar STEP 7-Micro/WIN, verifique que la velocidad de transferencia del cable PC/PPI se ajuste a la exigida en la red. STEP 7-Micro/WIN asiste sólo velocidades de transferencia de 9.600 bit/s y 19.200 bit/s.



**Figura 2-16 Cable PC/PPI para la comunicación con una CPU a la vez**

Al comunicarse con CPU's S7-1200, el ajuste estándar de STEP 7-Micro/WIN es el protocolo PPI multimaestro. Dicho protocolo permite que STEP 7-Micro/WIN coexista con otros maestros (visualizadores de texto TD 200 y paneles de operador) en una red. Este modo se habilita marcando la casilla de verificación "Red multimaestro" en el cuadro de propiedades del cable PC/PPI al que se accede desde el cuadro de diálogo "Ajustar interface PG/PC".

STEP 7-Micro/WIN asiste también el protocolo PPI con un maestro único. Al utilizar éste último, STEP 7-Micro/WIN asume que es el único maestro en la red, por lo que

no coopera para compartir la red con otros maestros. Este protocolo sólo se deberá utilizar al transmitir vía módems o en redes con muchas interferencias. El protocolo con un maestro único se selecciona borrando la marca de verificación en la casilla “Red multimaestro” en el cuadro de propiedades del cable PC/PPI al que se accede desde el cuadro de diálogo “Ajustar interface PG/PC”.

**Utilizar el cable PC/PPI con otros dispositivos y en modo Freeport.-** El cable PC/PPI y el modo Freeport se pueden utilizar para conectar las CPU’s S7-1200 a numerosos dispositivos compatibles con el estándar RS-232.

El cable PC/PPI asiste velocidades de transferencia comprendidas entre 600 bit/s y 38.400 bit/s.

Utilice los interruptores DIP dispuestos en la carcasa del cable PC/PPI para configurar la velocidad de transferencia correcta. La tabla 2.6 muestra las velocidades de transferencia y las correspondientes posiciones de los interruptores.

Velocidad de transferencia	Interruptor DIP (1 = arriba)
38400	0000
19200	0010
9600	0100
4800	0110
2400	1000
1200	1010
600	1100

**Tabla 2.6 Seleccionar la velocidad de transferencia del cable PC/PPI**

El interface RS-232 del cable PC/PPI se considera un equipo de comunicación de datos (DCE o Data Communications Equipment). Las únicas señales presentes en dicho interface son: transmitir datos, recibir datos y tierra. La tabla 2.7 muestra los números de los pines y las funciones del interface RS-232 del cable PC/PPI. El cable PC/PPI no utiliza ni envía ninguna de las señales de control del RS-232, tales como Request to Send (RTS) y Clear to Send (CTS).

Nº de pin	Función
2	Recibir datos (de DCE)
3	Transmitir datos (de DTE a DCE)
5	Tierra

**Tabla 2.7 Cable PC/PPI: definición de pines del interface RS-232**

El cable PC/PPI se encuentra en el modo de transmisión cuando los datos se envían del interface RS-232 al RS-485. En cambio, se encuentra en modo de recepción al estar en vacío, o bien cuando los datos se transmiten del interface RS-485 al RS-232. El cable cambia inmediatamente de modo de recepción a transmisión cuando detecta caracteres en el canal de transmisión del RS-232. Dicho tiempo depende de la velocidad de transferencia seleccionada con los interruptores DIP del cable (v. tabla 2.8).

Si el cable PC/PPI se utiliza en un sistema que use también el modo Freeport, el tiempo de inversión se deberá tener en cuenta en el programa de usuario de la CPU S7-200 en las situaciones siguientes:

\*La CPU S7-1200 responde a los mensajes que envía el dispositivo RS-232.

Tras recibir una petición del dispositivo RS-232, la transmisión de una respuesta de la CPU S7-1200 se deberá retardar por un período mayor que o igual al tiempo de inversión del cable.

\*El dispositivo RS-232 responde a los mensajes que envía la CPU S7-1200.

Tras recibir una respuesta del dispositivo RS-232, la transmisión de la siguiente petición de la CPU S7-1200 se deberá retardar por un período mayor que o igual al tiempo de inversión del cable.

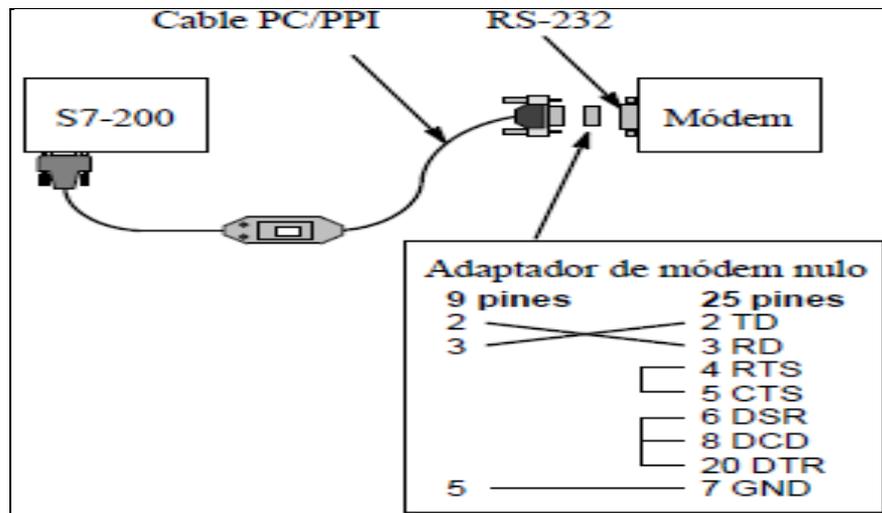
En ambos casos, el tiempo de retardo es suficiente para que el cable PC/PPI pueda cambiar de modo de transmisión a modo de recepción, enviando entonces los datos del interface RS-485 al RS-232.

Velocidad de transferencia	Tiempo de inversión (en milisegundos)
38400	1
19200	1
9600	2
4800	4
2400	7
1200	14
600	28

**Tabla 2.8 Tiempo de inversión del cable PC/PPI (cambio de transmisión a recepción)**

**Utilizar un módem con un cable PC/PPI.-** El cable PC/PPI se puede utilizar para conectar el interface de comunicación RS-232 de un módem a una CPU S7-1200. Por lo general, los módems utilizan las señales de control RS-232 (tales como RTS, CTS y DTR) para que un PC pueda controlar el módem. El cable PC/PPI no usa ninguna de dichas señales. Por tanto, al utilizar un módem con un cable PC/PPI, el módem se deberá configurar para que funcione sin dichas señales. Como mínimo, se deberán ignorar las señales RTS y DTR. Consulte el manual del módem para determinar los comandos necesarios para configurarlo.

Al conectar un módem a un cable PC/PPI, se deberá enchufar un adaptador de módem nulo entre el módem y el interface RS-232 del cable PC/PPI. Los módems se consideran equipos de comunicación de datos (DCE o Data Communications Equipment). El interface RS-232 del cable PC/PPI también se considera un DCE. Al conectarse dos dispositivos de una misma clase (ambos DCE), los pines para transmitir y recibir datos se deberán invertir. El adaptador de módem nulo invierte los canales de transmisión y recepción. La figura 2-17 muestra una instalación típica y la asignación de pines de un adaptador de módem nulo. STEP 7-Micro/WIN sólo se puede utilizar con un módem dúplex que asista cadenas de 11 caracteres. Si se utiliza un protocolo Freeport definido por el usuario, se puede emplear cualquier módem que asista el tamaño de la cadena de caracteres del protocolo.



**Figura 2-17 Módem con adaptador de módem nulo**

### 2.11.5 COMUNICACIÓN EN REDES DE PERIFERIA DESCENTRALIZADA

**Estándar PROFIBUS-DP.-** PROFIBUS-DP (o estándar DP) es un protocolo de telecomunicaciones definido en la norma europea EN 50170. Los dispositivos que cumplen con dicha norma son compatibles entre sí, aunque sean de diferentes fabricantes. “DP” es la abreviatura inglesa de “Distributed Peripherals” que significa periferia descentralizada (o periferia distribuida). “PROFIBUS” es la abreviatura de “Process Field Bus”.

El protocolo estándar DP está implementado en la CPU 215 como se define para las unidades esclavas en las siguientes normas relativas a los protocolos de comunicación:

- EN 50 170 (PROFIBUS) describe el acceso de bus y el protocolo de transferencia, indicando las propiedades del soporte de transferencia de datos.
- EN 50 170 (estándar DP) describe el intercambio de datos rápido y cíclico entre los maestros DP y los esclavos DP. En esta norma se definen también los procedimientos de configuración y parametrización, el intercambio de datos cíclico con las unidades periféricas descentralizadas y las funciones de diagnóstico asistidas.

La configuración de un maestro DP le permite reconocer las direcciones, los tipos de esclavos y las informaciones relativas a la parametrización que éstos necesitan. Al maestro se le indica también dónde depositar los datos que haya leído de los esclavos (entradas) y de dónde obtener los datos a escribir en los esclavos (salidas). El maestro DP establece la red e inicializa sus esclavos DP, escribiendo posteriormente los parámetros y la configuración de E/S en el esclavo. Luego lee las informaciones de diagnóstico del esclavo DP para verificar que éste haya aceptado los parámetros y la configuración de E/S.

El maestro comienza entonces a intercambiar datos con el esclavo. En cada intercambio con el esclavo, escribe en las salidas y lee de las entradas. Dicho intercambio de datos continúa indefinidamente. Los esclavos pueden informar al maestro si se presenta una condición excepcional. Entonces, el maestro lee la información de diagnóstico del esclavo.

Una vez que un maestro DP haya escrito los parámetros y la configuración de E/S en un esclavo DP y éste los haya aceptado, el esclavo será propiedad del maestro. El esclavo sólo acepta peticiones de escritura de su respectivo maestro. Los demás maestros de la red pueden leer las entradas y salidas del esclavo, pero no escribir datos en él.

**Utilizar la CPU 215 en calidad de esclavo DP.-** La CPU 215 se puede conectar a una red PROFIBUS-DP para actuar allí de esclavo DP. El interface 1 de la CPU 215 (que lleva el letrero DP) es el puerto DP. Éste último puede funcionar a una velocidad de transferencia cualquiera comprendida entre 9.600 bit/s y 12 Mbps. En calidad de esclavo DP, la CPU 215 acepta varias configuraciones de E/S diferentes del maestro, pudiendo transferir diferentes cantidades de datos de y al maestro.

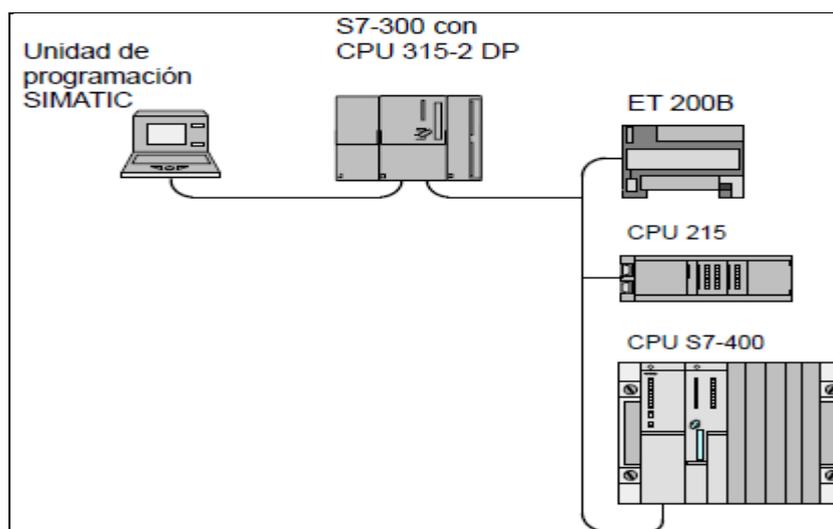
Esta función permite adaptar a las exigencias de la aplicación la cantidad de datos que se deban transferir. A diferencia de numerosos dispositivos DP, la CPU 215 no se limita a transferir datos de E/S. Antes bien, utiliza un bloque de la memoria de variables para transferir los datos al y del maestro. Gracias a ello puede intercambiar cualquier tipo de datos con él.

Las entradas, los valores de los contadores y de los temporizadores, así como cualquier otro valor calculado se pueden enviar al maestro transfiriendo primero los

datos a la memoria de variables de la CPU 215. De igual manera, los datos recibidos del maestro se almacenan en la memoria de variables de la CPU 215, pudiéndose transferir de allí a otras áreas de datos.

El interface DP de la CPU 215 se puede conectar a un maestro DP en la red, siendo posible comunicarse aún como esclavo MPI con otros maestros tales como unidades de programación (PG's) SIMATIC o CPU's S7-300/S7-400 en esa misma red.

La figura 2-18 muestra una red PROFIBUS con una CPU 215. En este ejemplo, la CPU 315-2 es el maestro DP que ha sido configurado por una unidad de programación SIMATIC con el software de programación STEP 7. La CPU 215 es un esclavo DP de la CPU 315-2. El módulo ET 200 es también un esclavo de la CPU 315-2. La CPU S7-400 se encuentra conectada a la red PROFIBUS y está leyendo datos de la CPU 215 mediante las operaciones XGET contenidas en el programa de usuario de la CPU S7-400.



**Figura 2-18 CPU 215 en una red PROFIBUS**

La dirección de estación del interface DP es el único parámetro que se debe ajustar en la CPU 215 para que ésta actúe de esclavo PROFIBUS. Dicha dirección debe coincidir con la indicada en la configuración del maestro. STEP 7-Micro/WIN se puede utilizar para modificar la dirección del interface DP en la configuración de la CPU, cargándose luego la nueva configuración en la CPU 215.

La dirección del interface DP de la CPU 215 también se puede ajustar mediante un dispositivo de configuración DP conectado al interface DP. La dirección de éste último sólo se podrá parametrizar con uno de los dispositivos DP si en la configuración de la CPU indicada en STEP 7-Micro/WIN se ha ajustado la dirección estándar 126 para el interface DP. La dirección del interface DP configurada en STEP 7-Micro/WIN tiene prioridad sobre una dirección ajustada mediante un dispositivo de configuración DP.

Hasta aquí se explicó cómo se puede configurar varios modelos de PLC de la familia Simatic, en la actualidad en proceso industriales está en auge la configuración vía software, STEP 7-Micro/WIN, el cual un ingeniero en electrónica y electricidad debe conocer para automatizar la fuerza y control dentro de los procesos.

## **2.11 PLC SIMATIC S7 1200**

**El controlador.-** El controlador o PLC SIMATIC S7-1200 es un equipo modular, compacto versátil y potente, que hacen del PLC un componente clave en soluciones completas de automatización.

**Los Paneles.-** En muchos casos, es posible mejorar aún más el funcionamiento de máquinas o aplicaciones sencillas, recurriendo a elementos adicionales para la visualización. Los paneles de Siemens de la gama SIMATIC HMI Basic Panels y su funcionalidad básica permiten obtener un potencial de rentabilidad a soluciones de automatización creativas. Estos paneles tienen pantallas táctiles gráficas de alto contraste, con teclas de funciones táctiles, funcionalidad básica de red y comunicación homogénea, características que los hacen perfectos para aplicaciones del nuevo Simatic S7-1200.

**El software.-** El sistema de ingeniería totalmente integrado Simatic Step 7 Basic on Simatic WinCC Basic está orientado a la tarea, es inteligente y ofrece editores intuitivos y táctiles de usar para una configuración eficiente de Simatic HMI Basic Panels. Simatic Step 7 Basic se inspira en un marco común de hardware y red, esquemas de diagnóstico y mucho más. La funcionalidad de este sistema es el

elemento central que otorga esta gran potencia a la interacción de controlador y HMI.

El Simatic S7-1200 presenta las siguientes características técnicas:

- \*Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits
- \*Interfaz Ethernet / PROFINET integrado
- \*Entradas analógicas integradas
- \*Bloques de función para control de ejes conforme a PLCopen
- \*Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v10.5 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panels.

El S7-1200 desarrollado viene equipado con tres modelos diferentes de CPU (CPU 1211C, CPU 1212C y CPU 1214C) que se podrán expandir a las necesidades y requerimientos de las máquinas. Un Signal Board puede añadirse en la parte frontal de cualquiera de las CPUs de manera que se pueden expandir fácilmente las señales digitales y analógicas sin afectar al tamaño físico del PLC.

Los módulos de señales pueden conectarse en la parte derecha de la CPU con la finalidad de aumentar la capacidad de Entradas / Salidas de la CPU. La CPU 1212C está capacitada para aceptar hasta dos módulos y la CPU 1214C hasta un total de ocho módulos de señal.

Finalmente, todas las CPUs del Simatic S7-1200 pueden ser equipadas con tres módulos de comunicación en la parte izquierda del controlador para poder realizar comunicación punto a punto.

Para el caso de la implementación es necesario una configuración básica de control, esta se detalla en el siguiente capítulo.

### CAPITULO 3

#### DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATISMO CON PLC PARA EL ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA UCSG

Dentro de la UCSG en el sector llamado “socavón”, se inspeccionó previamente el lugar donde están las 3 bombas de 6 HP (caballos de fuerza). Se propone poner un cebado electrónico o “cheque” adecuado para que trabaje con el Controlador Lógico Programable. Se verifico que se puede poner 2 PLC´s uno en el lugar donde se hallan las 3 bombas y el otro PLC estará en los reservorios ubicados en la loma de la Facultad de Arquitectura. El encendido y apagado se lo realizar vía conexión de un enlace inalámbrico punto a punto en la banda no licenciada de 5.8 GHz. En la figura 3.1 está el grafico de la ubicación del sistema a implementar.

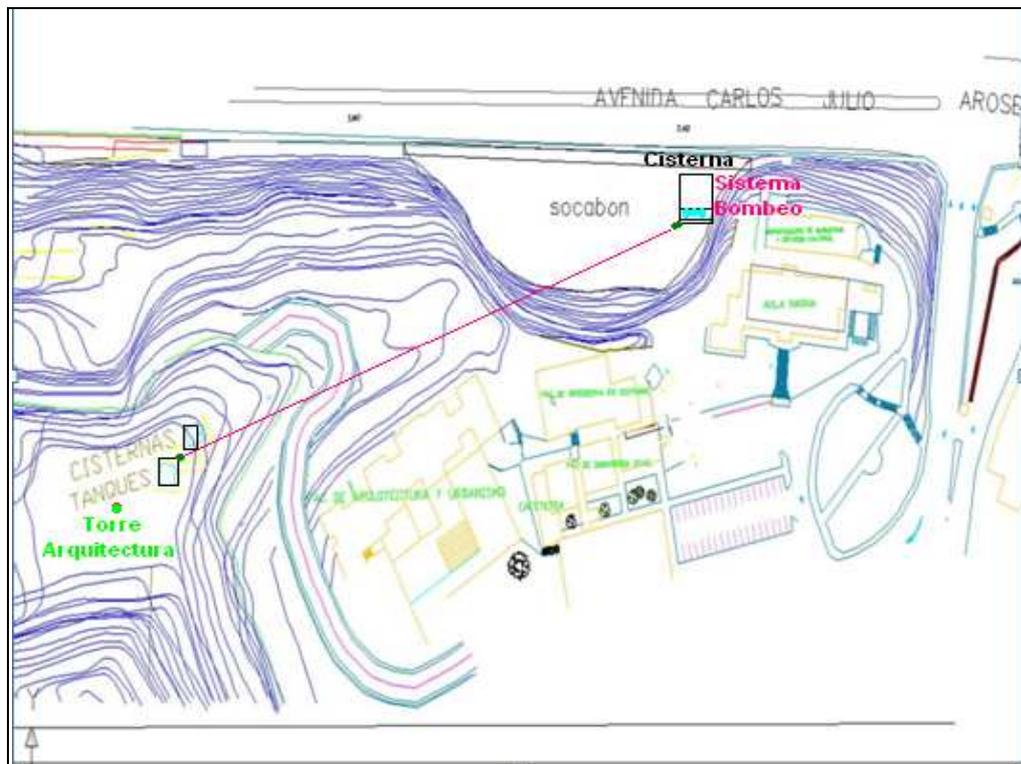


Figura 3.1 Plano del lugar para el diseño de bombeo automático con PLC

### 3.1 CONFIGURACIÓN DEL PLC SIMATIC S7 1200

Primeramente se realiza la Configuración de la comunicación (cable PC/PPI), luego vamos a configurar la comunicación entre la CPU S7-224 y la computadora, utilizando para ello el cable PC/PPI, este cable es un convertidor de RS 232 a RS485. La configuración se realizara con un solo maestro y sin ningún otro equipo de hardware instalado. A continuación se detalla paso a paso el proceso para configura cada uno de los PLC's que automatizará el sistema de bombeo de agua potable dentro de la UCSG.

### 3.2 CONECTAR EL PC A LA CPU

Para establecer una conexión correcta entre los dos componentes, deberemos realizar (figura 3-2)

1. Ajuste los interruptores DIP del cable PC/PPI a la **velocidad de transferencia** asistida por su PC. Seleccione también las paciones “**11 bits**” y “**DCE**”.
2. Conecte el extremo RS-232 (“PC”) del cable PC/PPI al puerto de comunicaciones de su PC (COM1 o COM2).
3. Conecte el extremo RS-485 (“PPI”) del cable PC/PPI al puerto de comunicaciones de la CPU.

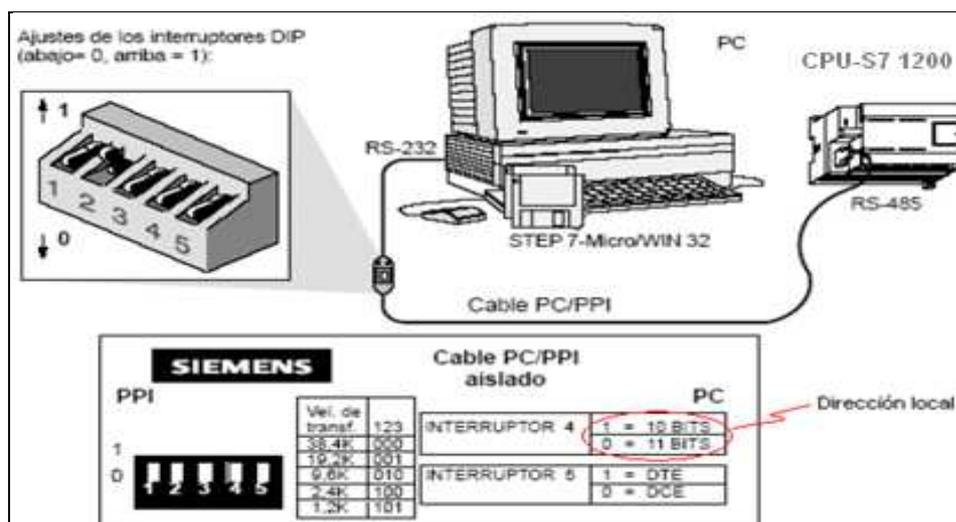


Figura 3-2 Conexión del PC con el PLC Simatic

### 3.3 CONFIGURANDO LA COMUNICACIÓN DEL PLC

1. Hacer clic sobre el icono de comunicación en la barra de navegación. O en su lugar seleccionar la opción “**Tipo**” dentro del menú “**CPU**”. La CPU que debería aparecer es:

CPU 224 Rel. 1.12

En caso contrario, comprobar los valores de configuración ajustados para la comunicación dentro de la ventana “**Configurar la comunicación**”. Obsérvese la figura 3-3

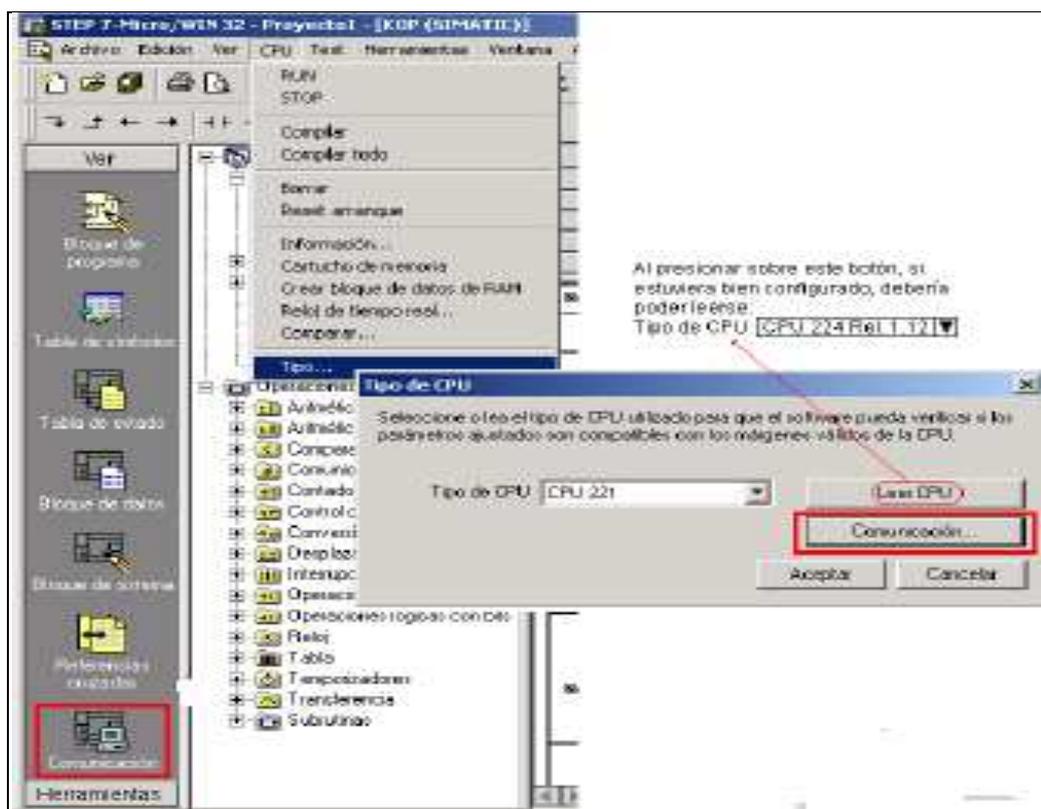
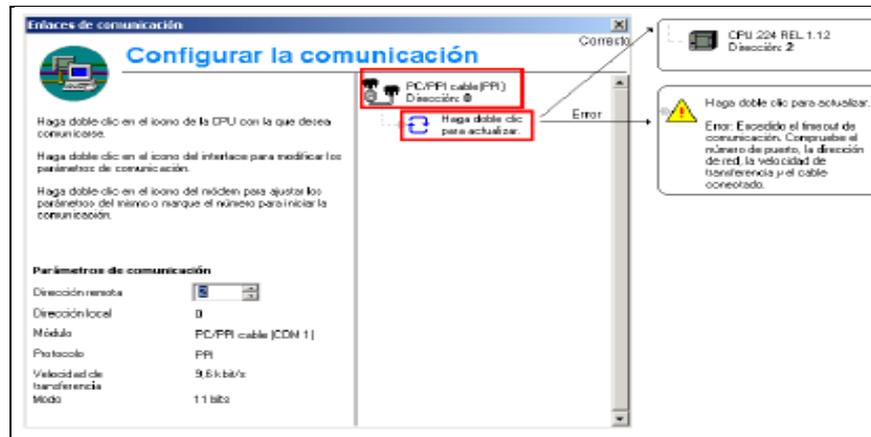


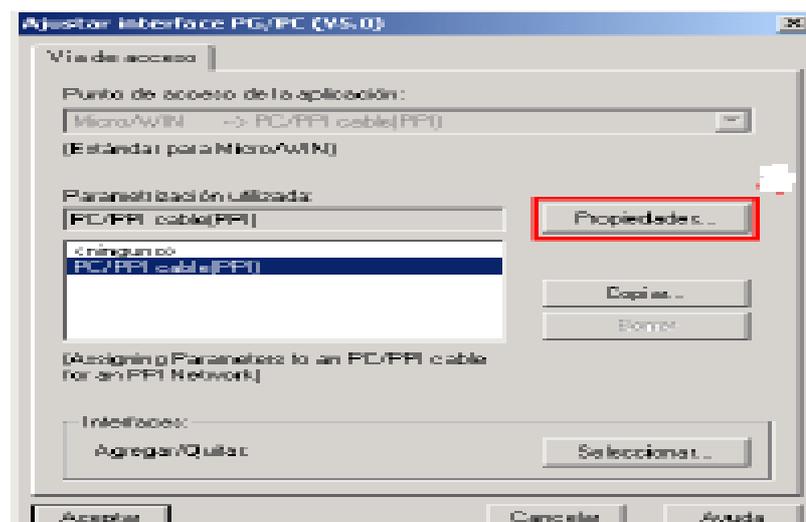
Figura 3.2 Configuración con el software STEP 7-Micro/WIN

2. Hacer doble clic en el campo destinado a **actualizar** la comunicación. Con ello, la CPU conectada debería reconocerse y registrarse automáticamente. Ver figura 3-4 que muestra el firmware para configurar la comunicación de la computadora con el PLC.



**Figura 3.4 Utilizando cable PPI**

3. Si la CPU no es reconocida o aparece una información relativa a que no es posible establecer la comunicación, deberemos hacer doble clic en el campo **Cable PPI**.
4. En la opción Puerto PG/PC, seleccione Cable PC/PPI y se presiona el botón “**Propiedades**”.

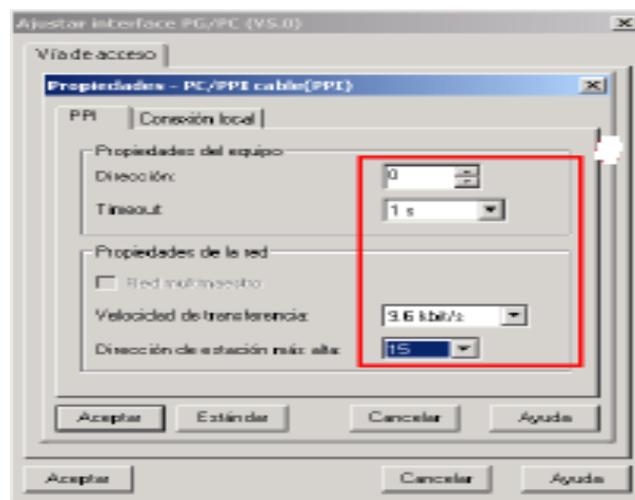


**Figura 3-5 Seleccionamos el modo Vía de acceso: PPI**

5. En la carpeta **PPI**, se ajusta:

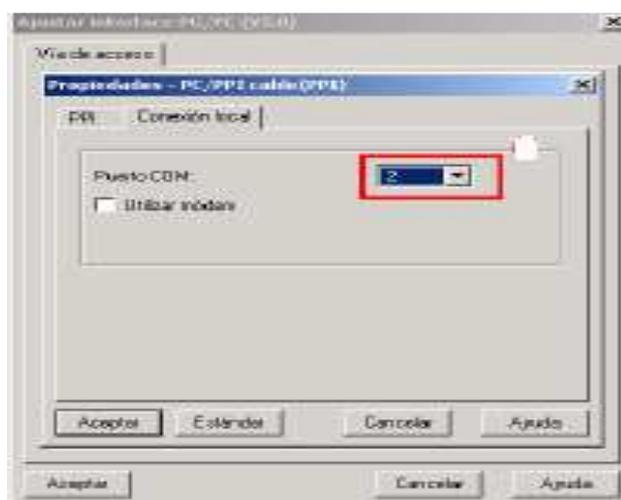
- Dirección de CPU → 0.
- Timeout → 1 s.
- Velocidad de transferencia → 9'6 Kbps.
- Dirección de estación más alta → 15.

En la figura 3-6 se muestra como se escogen los parámetros para la conexión local.



**Figura 3-6 Parámetros de conexión local**

6. En la carpeta **Conexión Local**, seleccionaremos el puerto (interface) en el que hayamos conectado el cable PC/PPI. Según figura 3-7



**Figura 3-7 Finalización de conexión local**

### **3.4 CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO RADIO NANOSTATION**

En la comunicación para encender y apagar el sistema de bombeo de agua potable, desde la cisterna donde recibe el líquido vital desde la empresa comercializadora hasta el lugar donde se hallan los tanques de almacenamiento, se utilizara equipos de radio WiFi de la conocida marca Ubiquiti. Estos dispositivos son dos NanoStation M5 que operan en la banda de 5 GHz que nos proporcionará hasta 300 Mbps y comunicación a distancias de hasta 15 Km. Entonces una vez seleccionado los equipos nanostation se procede a configurar un enlace punto a punto con estos dispositivos. En nuestro ejemplo se encuentran a unos 100 metros lineales de distancia y con visión directa. Los pasos a seguir durante la implementación son los siguientes:

#### **1. Configuración unidad base.**

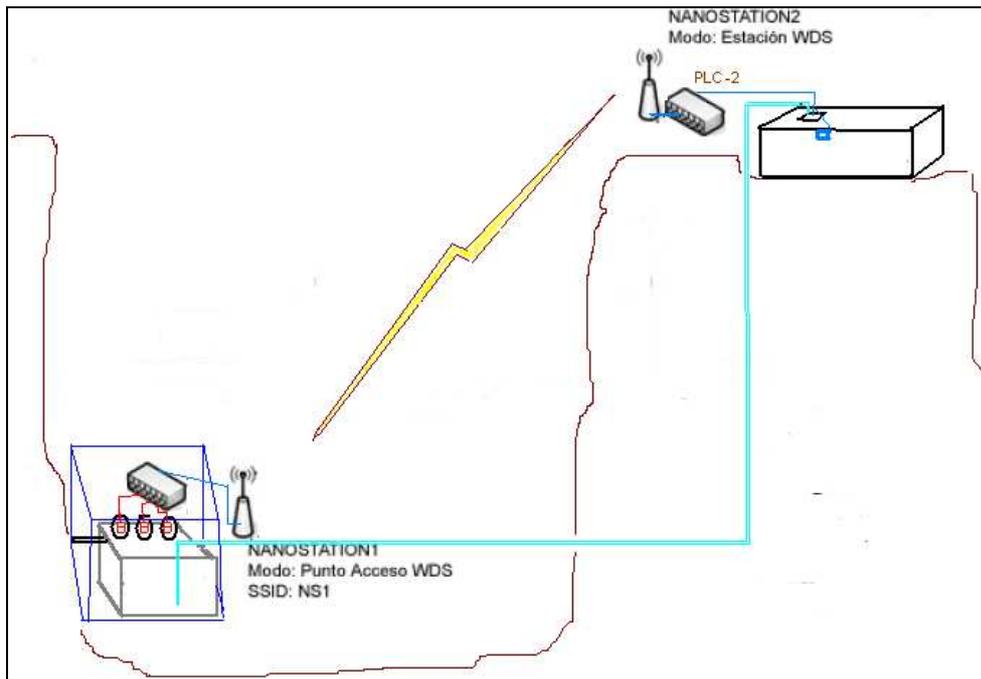
1. Configuración de red.
2. Configuración wireless.
3. Configuración avanzada.
4. Configuración de servicios.
5. Configuración del sistema.

#### **2. Configuración unidad remota.**

1. Configuración de red.
2. Configuración wireless.
3. Configuración avanzada.
4. Configuración de servicios.
5. Configuración del sistema.

#### **3. Se prueba el enlace punto a punto**

**Configuración unidad base.-** Como se explicaba llamamos unidad base al dispositivo que va a hacer las tareas de NODO, es decir, la de "equipo máster" del enlace. Se va a enlazar un equipo se le puede decir base "cliente" que está en los reservorios, arriba en la torre de arquitectura veamos figura 3-8



**Figura 3-8 Enlace inalámbrico entre las cisternas y reservorios de agua**

Entonces por medio de una laptop se conecta el cable de red a una nanostation, y el primer paso es entrar a comunicarnos con el equipo, de fábrica la dirección IP *192.168.1.20* y las claves de usuario y contraseña son *ubnt/ubnt* para ambos casos. Ver figura 3-9

En la figura 3-10 se muestra el setup del equipo nanostation, allí se procede a configurar los parámetros básicos.

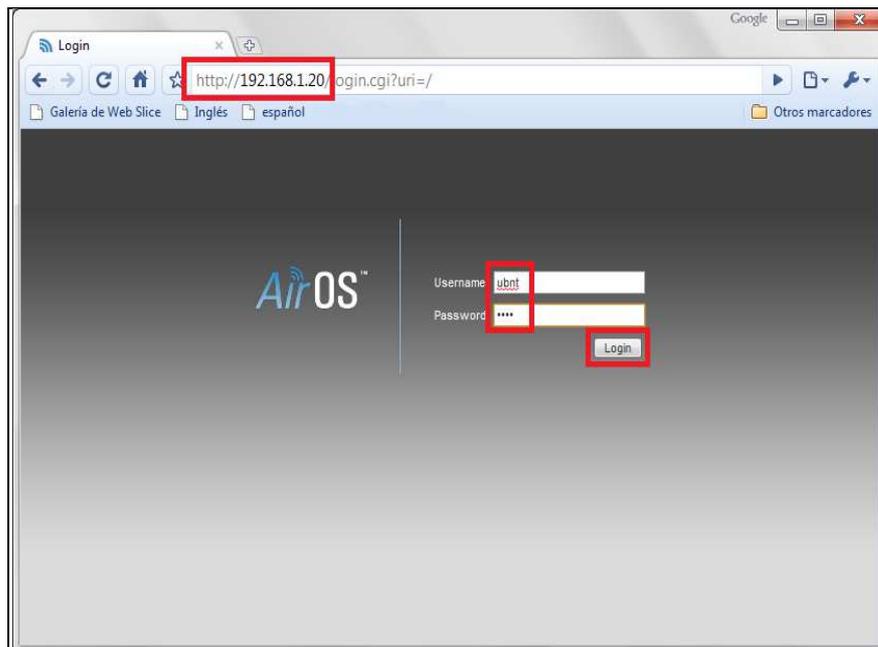


Figura 3-9 Entrar al setup del nanostation

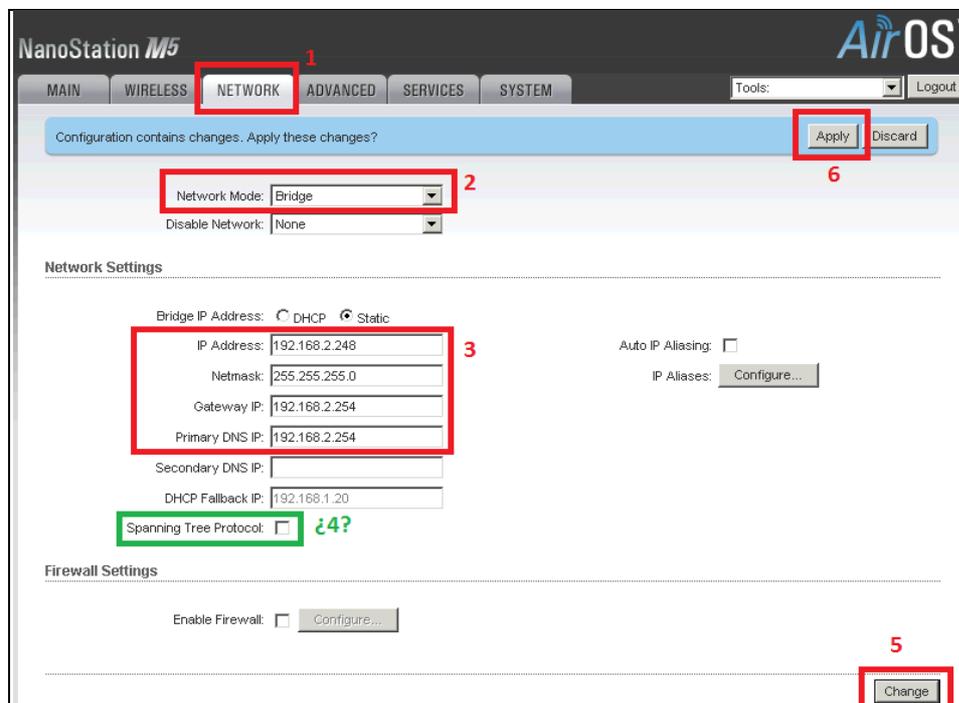


Figura 3-10 Ambiente del firmware del equipo nanostation

**Configuración de red.**- El primer paso es asignar el direccionamiento a nuestra unidad base. Para ello nos dirigimos a la ventana **Network** y configuramos los siguientes parámetros:

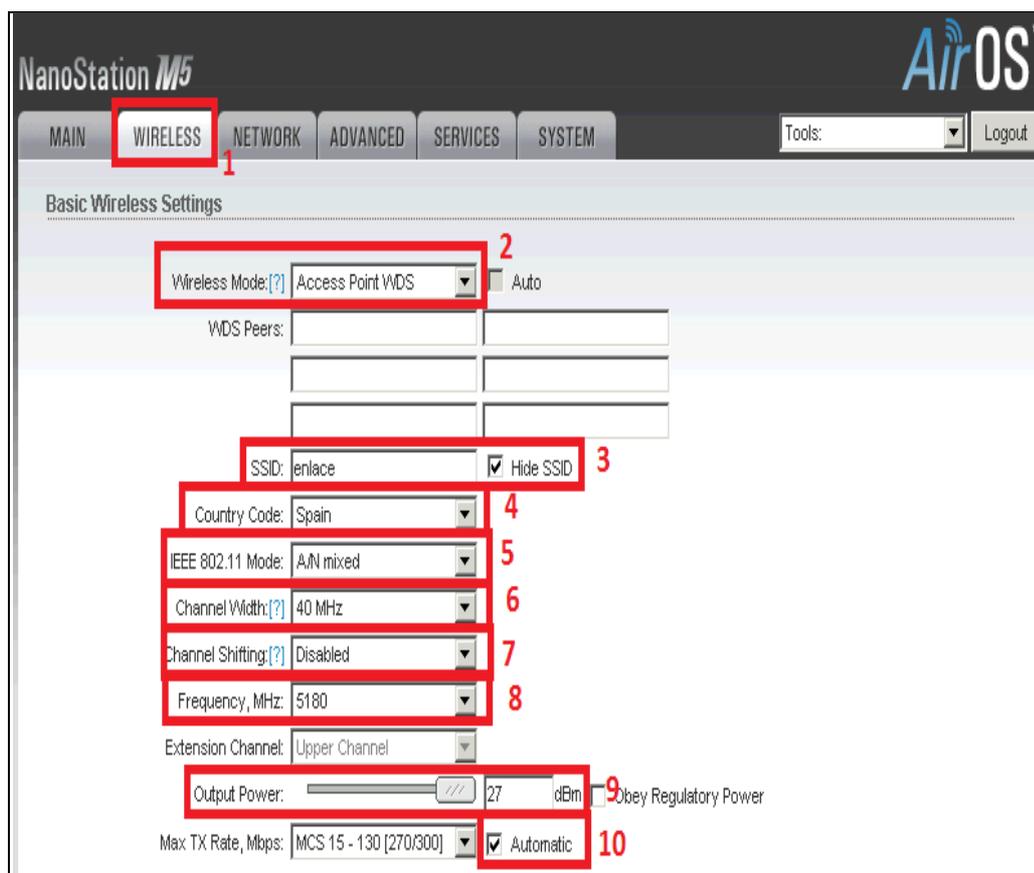
- Network Mode: *Bridge*
- IP Address: *IP*
- Netmask: *Máscara*
- Gateway IP: *Puerta de enlace*
- Primary DNS IP: *Servidor DNS*
- Spanning Tree Protocol: *Activar si vamos a tener un anillo (evitamos bucles)*

Una vez introducimos los datos, pulsamos en *Change* y posteriormente en *Apply*

Es recomendable cerrar el explorador y volver a iniciar sesión pero esta vez a la nueva IP de gestión.

**Configuración wireless.**- Ahora vamos a la parte más importante de la configuración, donde vamos a definir la frecuencia, país, seguridad y otros parámetros. Para ello nos situamos en la pestaña o ventana *Wireless* y configuramos los siguientes parámetros en el apartado configuración básica:

- Wireless Mode: *Access Point WDS*
- SSID: *enlace* | Marcar ocultar SSID (*Hide SSID*)
- Country Code: *Seleccionar el país*
- IEEE 802.11 Mode: *A/N mixed*
- Channel Width: *40 MHz*
- Channel Shifting: *Disabled*
- Frequency, MHz: *5180* (seleccionar frecuencia con menor ruido)
- Output Power: *27* (seleccionar potencia sin saturar la señal)
- Max TX Rate, Mbps: Marcar automático (*Automatic*)

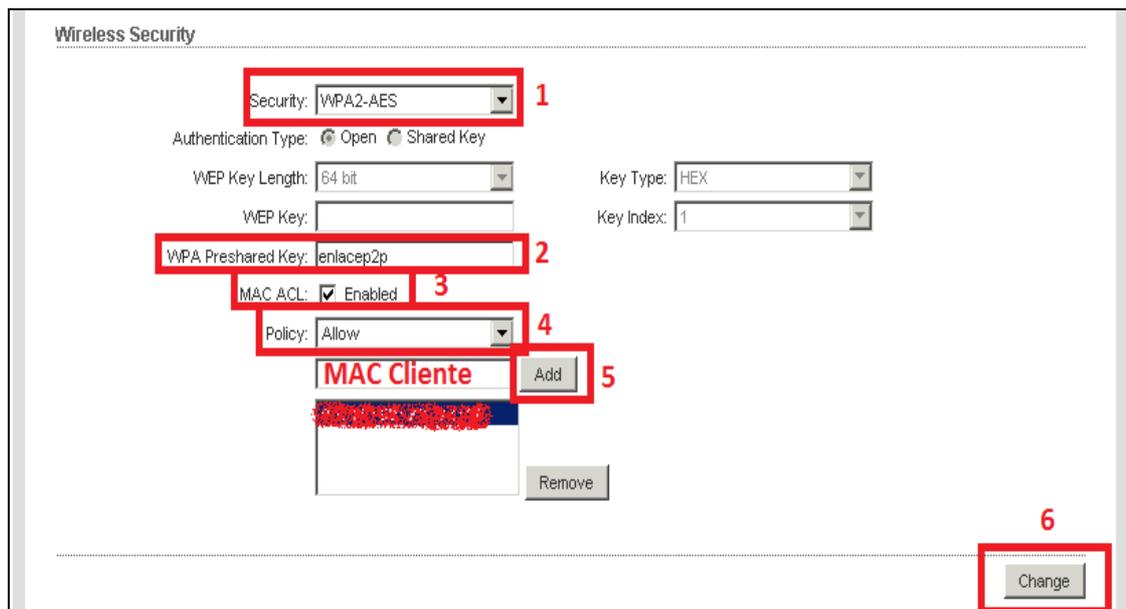


**Figura 3-11 Configuración de parámetros básicos al equipo**

Ahora la configuración del apartado de seguridad:

- Security: *WPA2-AES*
- WPA Preshared Key: *Clave compartida*
- MAC ACL: La activamos (*Enabled*)
- Policy: *Allow* | Introducimos la *MAC de la unidad remota* *XX:XX:XX:XX:XX:XX* y pulsamos en *Add*

Para confirmar los parámetros hacemos clic en *Change* y a continuación en *Apply*.

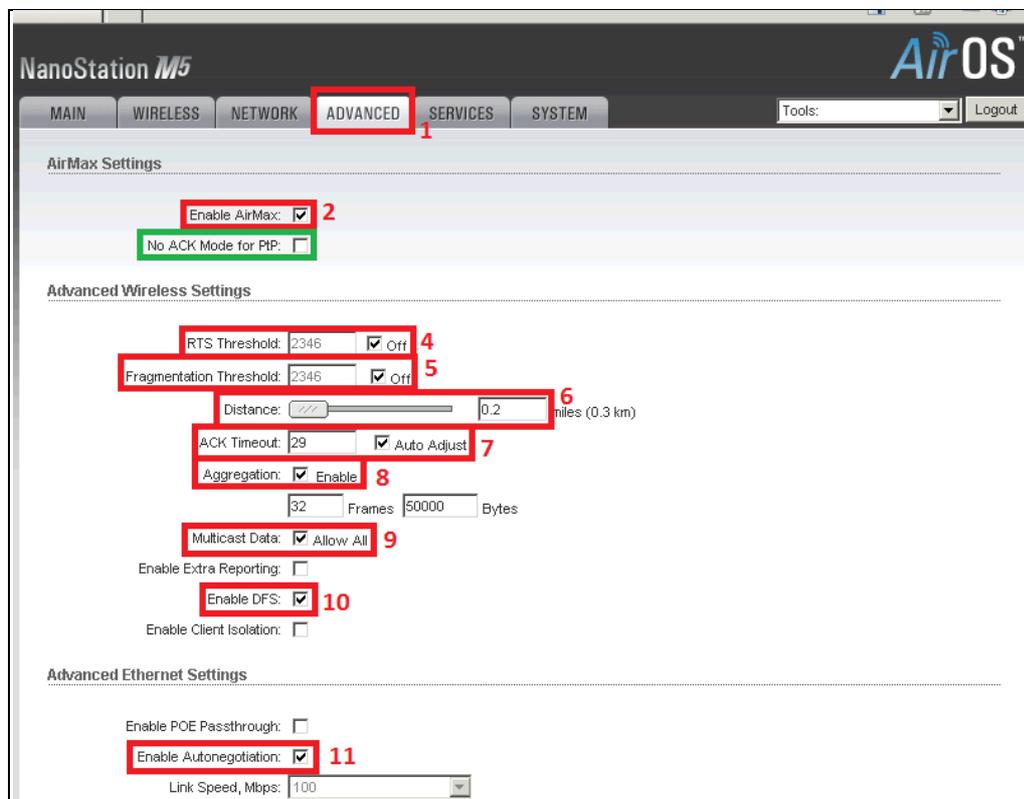


**Figura 3-12 Colocando seguridad al enlace inalámbrico**

**Configuración avanzada** Ahora nos situamos en la pestaña **Advanced** y configuramos los siguientes parámetros:

- Enable AirMax: *Activar*
- No ACK Mode for PtP: *Activar esta opción para enlaces con una distancia superior a 17 Km*
- RTS Threshold: *Off*
- Fragmentation Threshold: *Off*
- Distance: *Digitar distancia* en millas (auto convierte a Km)
- ACK Timeout: *Activar Auto Adjust* (con enlace estable dejar desactivada la opción para un mejor rendimiento)
- Aggregation: *Activar*
- Multicast Data: *Activar*
- Enable DFS: *Activar según normativa* (detecta radares militares para no solapar frecuencias)
- Enable Autonegotiation: *Activar*

Hacemos clic en *Change* y posteriormente en *Apply*.



**Figura 3-13 Demostración de configuración avanzada en el equipo**

**Configuración de servicios.-** Nos situamos en la pestaña *Services* y configuramos los siguientes parámetros:

- Enable NTP Client: *Activar*
- NTP Server: Si no tenemos servidores en nuestra red podemos usar *0.europe.pool.ntp.org*
- Enable SSH Server: *Activar*
- Enable Password Authentication: *Activar*
- Enable Log: *Activar*

Pulsamos en *Change* y posteriormente en *Apply*.

The screenshot shows the 'SERVICES' configuration page in the NanoStation M5 AirOS web interface. The page is organized into several sections:

- Ping Watchdog:** Includes fields for IP Address To Ping, Ping Interval (300 seconds), Startup Delay (300 seconds), and Failure Count To Reboot (3).
- SNMP Agent:** Includes fields for Enable SNMP Agent, SNMP Community (public), Contact, and Location.
- NTP Client:** Includes 'Enable NTP Client' (checked, 2) and 'NTP Server' (192.168.2.254, 3).
- Web Server:** Includes 'Use Secure Connection (HTTPS)' (unchecked), Secure Server Port (443), Server Port (80), and Session Timeout (15 minutes).
- Telnet Server:** Includes 'Enable Telnet Server' (unchecked) and Server Port (23).
- SSH Server:** Includes 'Enable SSH Server' (checked, 4) and 'Enable Password Authentication' (checked, 5), with a Server Port of 22.
- System Log:** Includes 'Enable Log' (checked, 6), 'Enable Remote Log' (unchecked), Remote Log IP Address, and Remote Log Port (514).

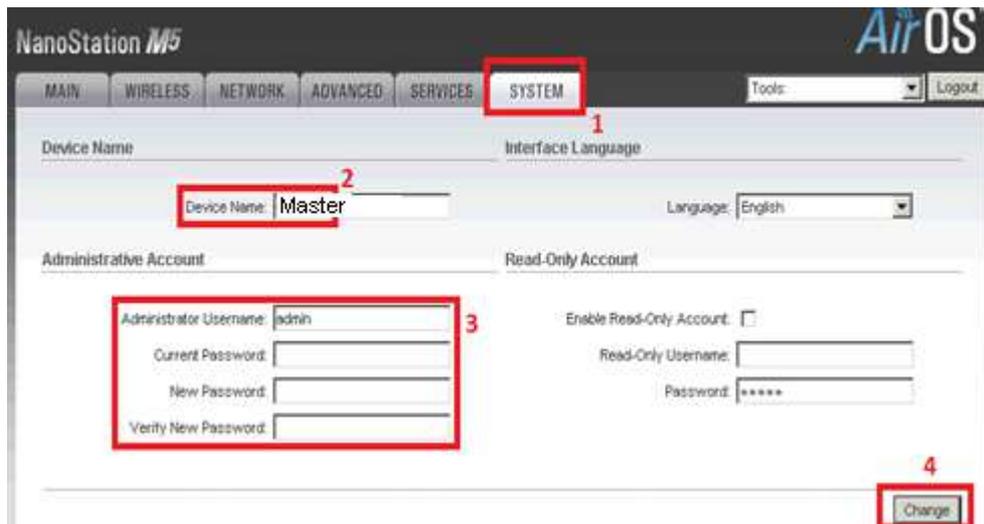
A 'Change' button (7) is located at the bottom right of the configuration area.

**Figura 3-14 Configuración de servicios**

**Configuración del sistema.-** Por último nos situamos en la pestaña *System* y configuramos los siguientes parámetros:

- Device Name: *Introducimos un nombre descriptivo* (podemos usar la raíz BU para diferenciar la unidad base o cliente)
- Administrator Username: *Admin*
- Current Password: *ubnt*
- New Password: *Introducir nueva contraseña* (por seguridad cambiar la contraseña predeterminada)
- Verify New Password: *Repetir la nueva contraseña*

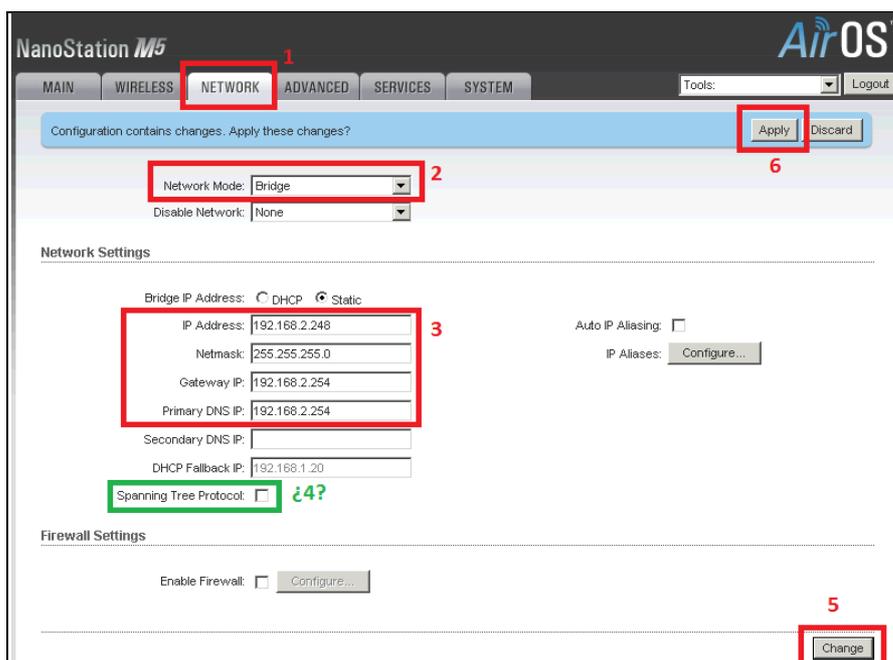
Pulsamos en *Change* y a continuación en *Apply*.



**Figura 3-15 Colocando nombres a equipo máster**

**Configuración unidad remota.-** Una vez configurada la unidad base es hora de configurar la unidad remota, la cual va a ser una estación cliente. Los pasos que vamos a seguir con los mismos, cambiando pocos parámetros respecto a la unidad base. Iniciamos sesión en la unidad remota por la IP *192.168.1.20* y con las credenciales predeterminadas *ubnt/ubnt*.

**Configuración de red.-** Repetimos exactamente el mismo procedimiento que el explicado en el mismo apartado en la unidad base, con la salvedad que la dirección IP del dispositivo ha de ser diferente a la de la unidad base para evitar conflicto de IP's.



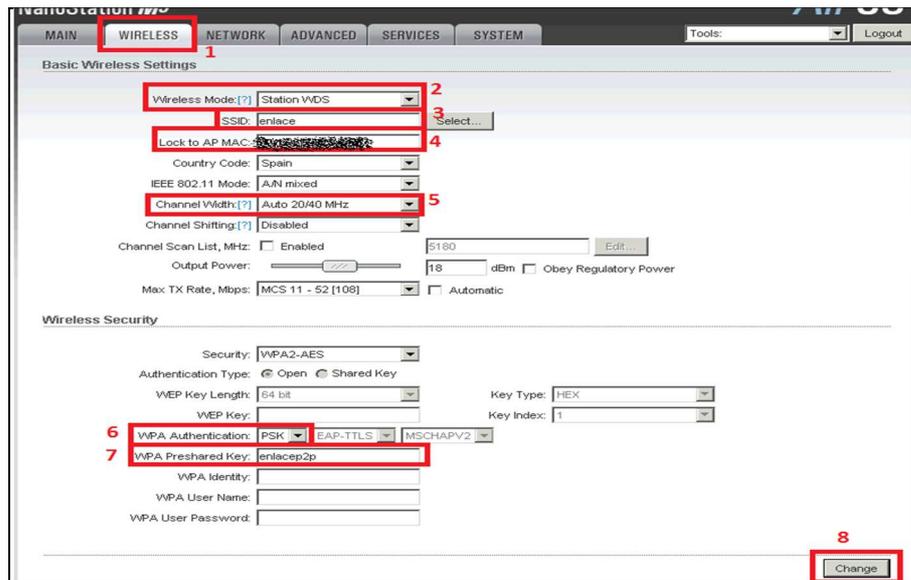
**Figura 3-16 Configuración de red**

Una vez cambiada la IP cerramos el explorador y accedemos nuevamente por la IP configurada.

**Configuración Wireless.-** Los parámetros de país, modo, potencia y seguridad se los deja configurado igual que en la unidad máster. Los parámetros nuevos a configurar son los siguientes:

- Wireless Mode: *Station WDS*
- SSID: *enlace* (SSID configurado en la unidad base o máster)
- Lock to AP MAC: *MAC de la unidad base*
- Channel Width: *Auto 20/40 MHz*
- WPA Authentication: *PSK*
- WPA Preshared Key: *Clave compartida* (la configurada en la unidad base)

Pulsamos en *Change* y seguidamente en *Apply*.

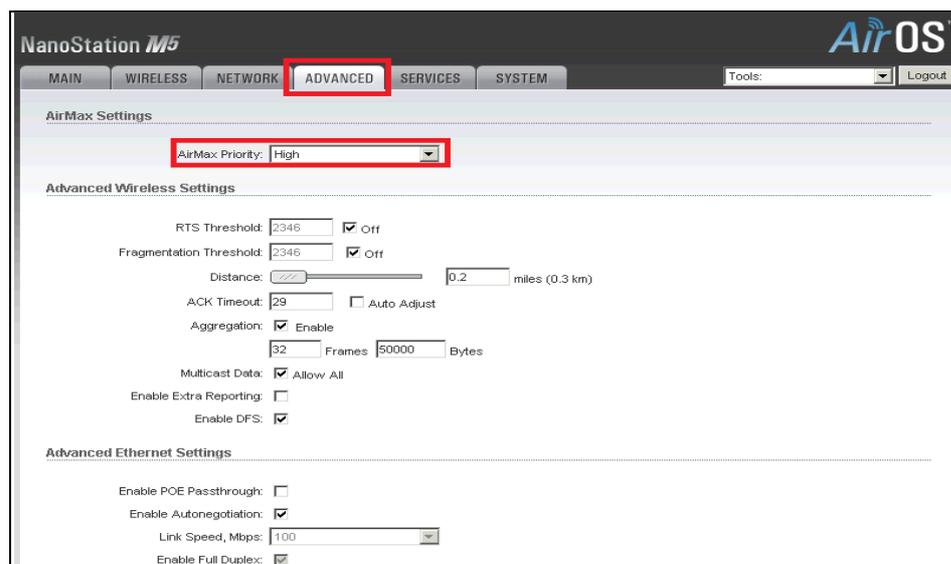


**Figura 3-17** Parámetros de seguridad

**Configuración avanzada.**- Nuevamente en este apartado introducimos los mismos parámetros que en la unidad base a excepción del siguiente parámetro:

- AirMax Priority: *High*

Pulsamos en *Change* y posteriormente en *Apply*.



**Figura 3-18** Configuración modo avanzado

**Configuración de servicios.-** Usamos la misma configuración que en la unidad máster, además de los siguientes parámetros que realizará un reinicio de la unidad remota si pierde comunicación con la unidad base. Resulta útil cuando existen cuelgues en la unidad remota y no tenemos forma de reiniciar el equipo mediante la interfaz WEB.

- Enable Ping Watchdog: *Activar*
- IP Address To Ping: *IP de la unidad base o máster*

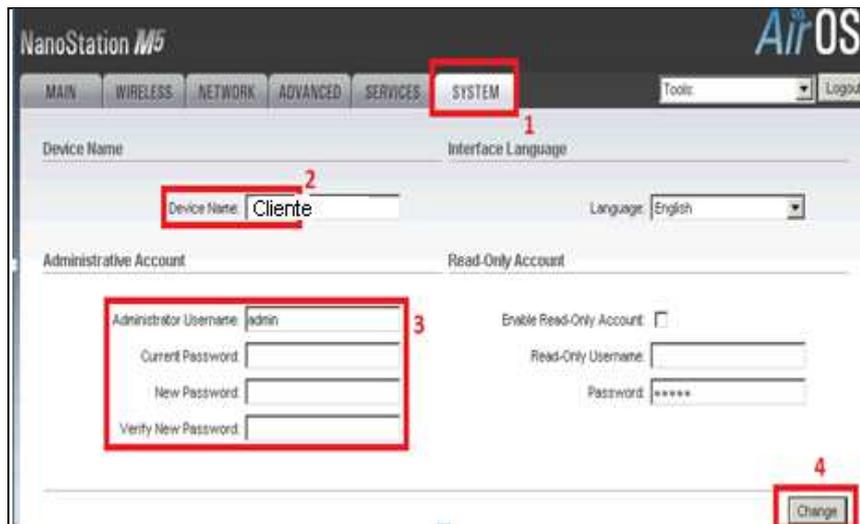
Hacemos clic en *Change* y luego en *Apply*.

The screenshot shows the NanoStation M5 configuration interface with the SERVICES tab selected. The 'Ping Watchdog' section is highlighted with red boxes and numbers 1, 2, and 3. Box 1 points to the SERVICES tab, box 2 points to the 'Enable Ping Watchdog' checkbox, and box 3 points to the 'IP Address To Ping' text field. Other sections visible include SNMP Agent, NTP Client, Web Server, Telnet Server, SSH Server, and System Log.

**Figura 3-19 Configuración de equipo cliente**

**Configuración del sistema.-** Realizamos los mismos pasos que en la unidad base pero cambiando el nombre del dispositivo:

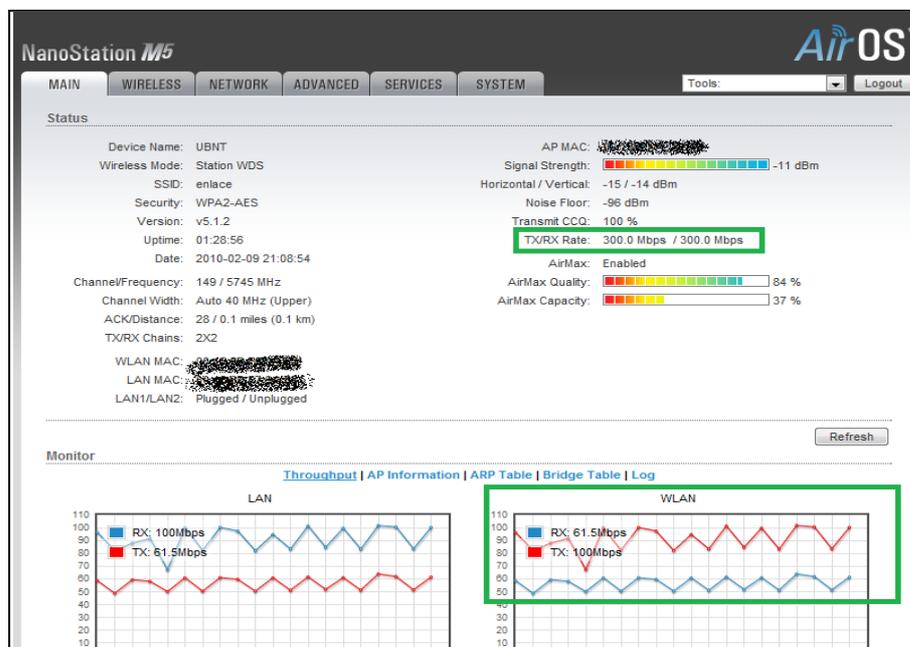
- Device Name: *Introducimos un nombre* (podemos usar la raíz RB o “cliente”)



**Figura 3-20 Culminación de la configuración del equipo cliente**

### Probando el enlace

Para probar el enlace podemos usar la herramienta gratuita “Btest” (Bandwidth Test) de Mikrotik. O Ejecutamos con comando ping en consola ejecutar y verificamos la conectividad (tiempo de respuesta en mm) entre base máster y en base cliente.



**Figura 3-21 Probando la conexión del enlace entre los radios nanostation**

### **3.5 SISTEMA DE BOMBAS ALTERNADAS**

Es un tipo de sistema de bombeo de agua, que como su nombre lo indica consiste en el arranque alternado de las bombas. El alternado de las bombas puede ser de acuerdo:

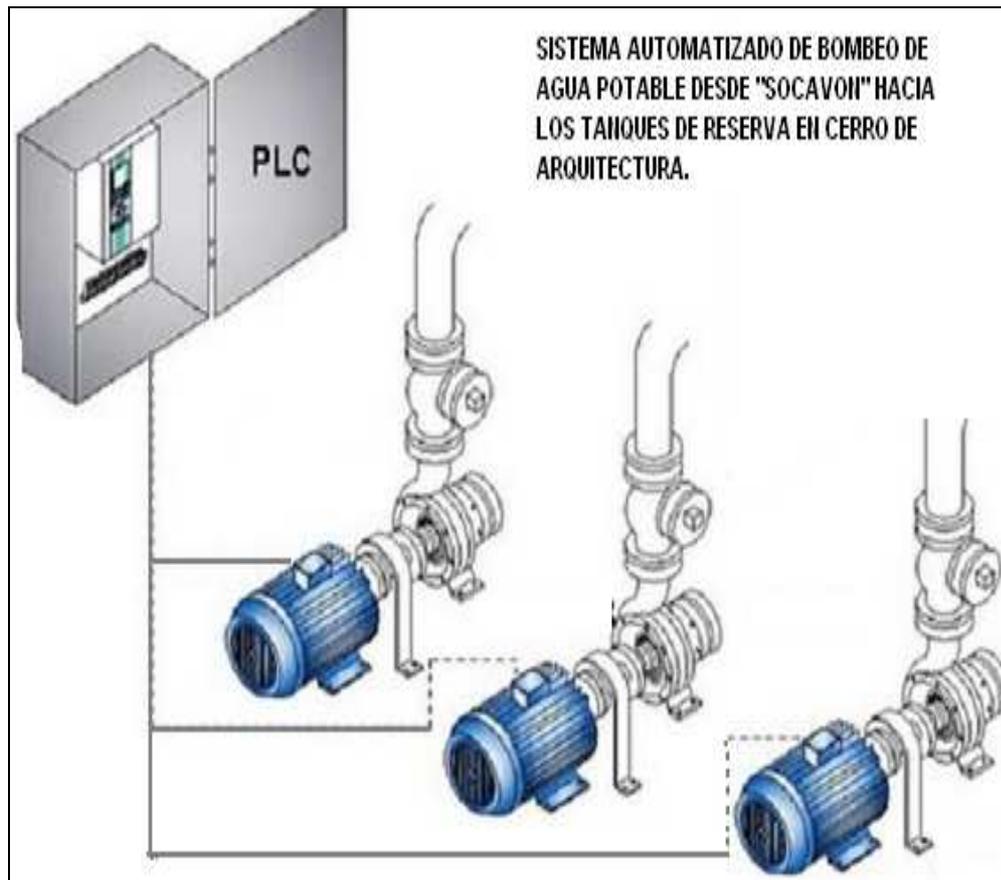
- 1) A una secuencia de arranque de las bombas uno tras la otra
- 2) Al tiempo de funcionamiento de cada bomba.
- 3) Horas, días, semanas, etc. fijadas por el usuario donde una bomba A realice el trabajo.
- 4) Al requerimiento del usuario etc.,

#### **3.5.1 FUNCIONAMIENTO DE CADA BOMBA.**

Un alternador de bombas utilizado para el llenado de agua en un tanque; donde la alternancia dependa de las horas de operación acumuladas por cada bomba. Es decir, que la bomba que inicia un nuevo ciclo de llenado no sea estrictamente la bomba que ha descansado, si no la que hasta ese momento haya acumulado una menor cantidad de horas trabajadas. Un alternado de bombas que está referida al arranque de la bomba B después que la bomba A haya realizado su funcionamiento, esto quiere decir que las bombas van ser encendidas una a la vez después que el nivel de agua haya bajado en el tanque de elevación si este fuese el caso.

La alternancia de las bombas está en función al tiempo determinado por el usuario donde las bombas pueden tener un tiempo de operación de marcha y paradas durante un día, una semana, etc.

Los sistemas de bombeo alternado pueden ser acondicionados de acuerdo al requerimiento del usuario y el tipo de trabajo que se realiza.



**Figura 3-22 Sistema de bombeo a automatizado sector socavón**

Se deja para el capítulo siguiente la configuración de ambos PLC para la automatización del sistema de bombeo de agua potable hacia tanques reservorios

## CAPITULO 4

### IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN A SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE EN SOCAVON-UCSG

Según la arquitectura del sistema de automatización para el bombeo de Agua Potable desde el cuarto de bombas o llamado también “Socavón” es importante definir que el sistema automatizará a 3 bombas de agua potable de 6 HP. Ver figura 4-1

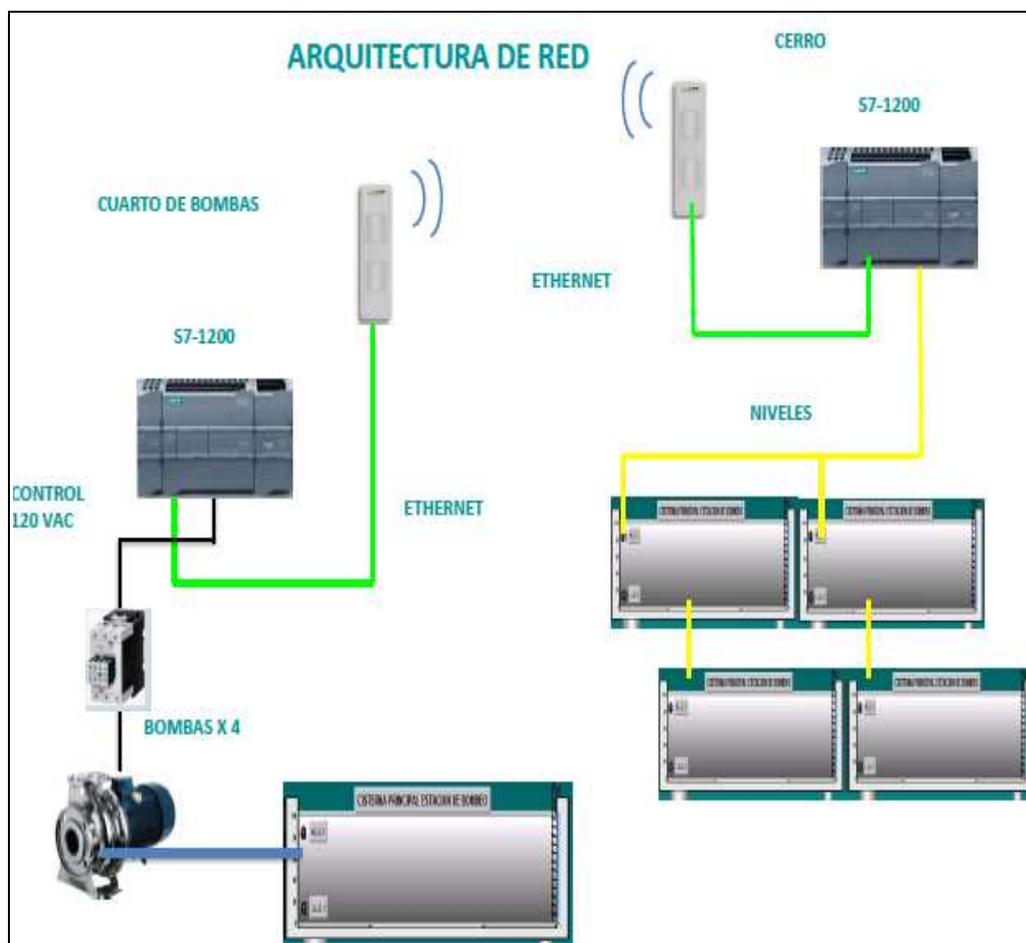


Figura 4-1 Arquitectura del sistema completo

#### 4.1 EQUIPOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

En la tabla 4-2 se detalla los dispositivos que se encuentran en el tablero eléctrico del cuarto de bombas

Descripción	Modelo	Fabricante
<b>Controlador Lógico Programable (PLC)</b>	S7 -1200 CPU 1212C	Siemens
<b>Sensor de Nivel</b>	Péndulo	General Electric
<b>Selectores</b>	2 Estados	Telemecanique
<b>Luz piloto</b>	120 VAC	Camsco
<b>Arrancadores Directos (Existentes)</b>		Siemens

**Tabla 4-2 Dispositivos del tablero de fuerza que alimenta al sistema de bombeo**

##### 4.1.1 OPERACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO

El sistema de control para el bombeo de agua desde el Socavón de la Universidad Católica (UCSG) hacia los tanques elevados (en cerro de Arquitectura) está compuesto por tres bombas, dos cisternas principales de succión de agua y cuatro cisternas en la parte superior que mediante caída libre se provee de agua a toda la UCSG.

El principal elemento para un sistema de control es el sensor de nivel el cual sirve para poder saber en qué momento se encuentra llena o vacía la cisterna para poder prender o apagar la bomba. Se ubicaron los sensores de nivel en las cisternas de manera que el nivel bajo está ubicado a un 20% de la altura y el nivel alto a un 80% de la altura de la cisterna.

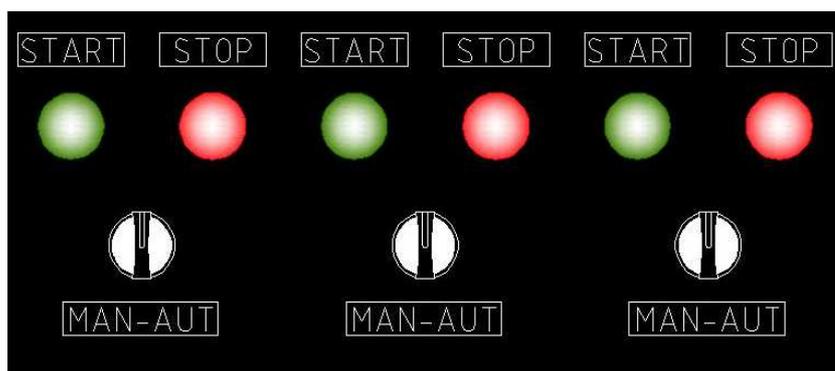
Cada bomba encenderá cuando el sensor indique que existe un nivel bajo para que se empiece a bombear agua y se apagará cuando la cisterna tenga un nivel alto, pero no encenderá la misma bomba siempre, cada vez que se active el nivel bajo y se necesite bombear agua se activa un contador interno en el PLC el cual activará una bomba distinta.

Las indicaciones de los niveles de las cisternas ubicadas en la parte superior de la universidad se encuentran comunicadas con el sistema de control de la estación de bombeo por medio de un sistema de radiofrecuencia el cual se comporta como si la conexión es de par de cobre. Este enlace de radio sirve para poner en red los dos PLC S7-1200 uno de estos está colocado en la parte superior receptando las señales de los sensores de nivel y las retransmite hacia el PLC maestro colocado en la estación de bombeo.

Para evitar fatiga y aumentar la vida útil de los motores se realizó una secuencia de encendido de esta manera cada vez que se necesite encender una bomba nunca encenderá la misma se realizará un encendido alternado.

Los motores de la bomba pueden ser operados de dos maneras:

- 4.2 Manual:** El operador puede dar marcha y paro a las bombas desde las botoneras ubicadas en el tablero. Para que pueda poder trabajar desde las botoneras el selector debe de estar ubicado en selección manual según figura 4-3



**Figura 4-3 Selectores para operación manual y/o automático**

**4.3 Automático:** Las bombas funcionan de manera automática cuando se coloca el selector en la posición de automático, de esta manera las bombas encenderán y apagaran automáticamente y de manera alternada.

El arranque de cada bomba posee estados los cuales son leídos por el PLC para poder realizar su sistema de control estas indicaciones son las siguientes:

**Run:** Se activa cuando se encuentra en funcionamiento el motor. Puede ser leído sin importar el tipo de control en el que se encuentra operando el motor (arrancador directo).

**Sobrecorriente:** Se activa cuando la corriente del motor se encuentra sobre los parámetros de la corriente nominal y que esta corriente elevada permanezca por varios segundos. Puede ser visualizada sin importar el tipo de control en el que se encuentra operando el motor (arrancador directo).

Las bombas se apagan cuando la cisterna o el tanque elevado llega al 90 % de su nivel, la bomba primaria se enciende cuando el nivel este en 80 %, y la bomba secundaria se encenderá cuando el nivel llegue a un 70 %, con esta secuencia se logra mantener el nivel del tanque elevado a un nivel optimo para poder cumplir la demanda de agua de la UCSG.

La secuencia automática también puede ser detenida con el botón de **Stop** el cual desactiva las dos bombas que se encuentren funcionando y para dar arranque es

necesario volver a elegir la bomba primaria y la secundaria. Si al momento de seleccionar las bombas se comete un error o se seleccionó una bomba la cual no querían que opere se debe pulsar el botón de stop y se borra la selección y se elige nuevamente.

#### **4.1.2 INDICACIONES PROGRAMADAS EN EL SISTEMA**

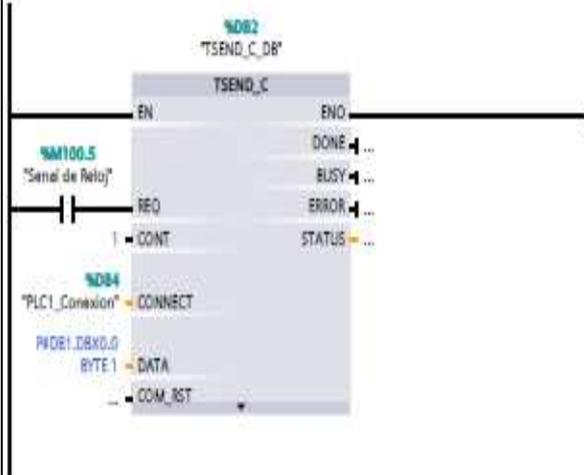
Se describe el funcionamiento del proceso de bombeo con su secuencia de arranque, estado de los equipos, visualización de alarmas, selección de tipo de control. Los accionamientos de los motores (arrancadores directos) pueden ser operado de manera automática, manual y local. Teniendo varias formas y lugares de operación se brinda al sistema continuidad, se elimina dependencia del control automático de un PLC cuando pueda existir algún problema con el sistema, y el operador siempre tendrá el control sobre el proceso haciéndolo más eficiente y seguro.

- Nivel Alto tanque principal
- Nivel Bajo tanque principal
- Nivel Alto tanque elevado 2
- Nivel Bajo tanque elevado 2
- Nivel Alto tanque elevado 2
- Nivel Bajo tanque elevado 2
- Sobrecorriente Bomba 1
- Sobrecorriente Bomba 2
- Sobrecorriente Bomba 3

Las siguientes configuraciones realizadas en el software Step 7 Basic muestran los pasos del proceso de automatización en cada uno de los dos PLC's Simatic 1200.

## Block title: Programa Principal Control de Estacion de Bombeo de Agua

### Network 1: Bloque de transmision de datos ethernet



Name	Address	Type
PLC1_Conexion		Block_DB
Senal de Reloj	%M100.5	Bool
TSEND_C_DB		Block_DB

### Network 2: Bloque de recepcion de datos ethernet

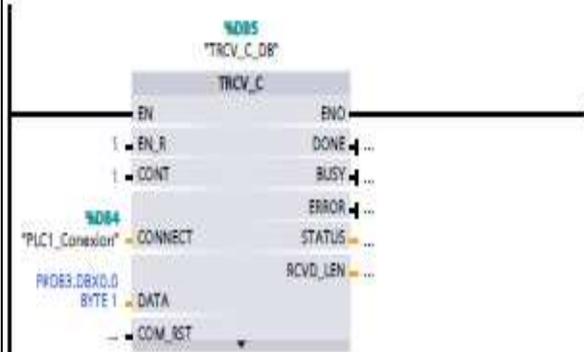
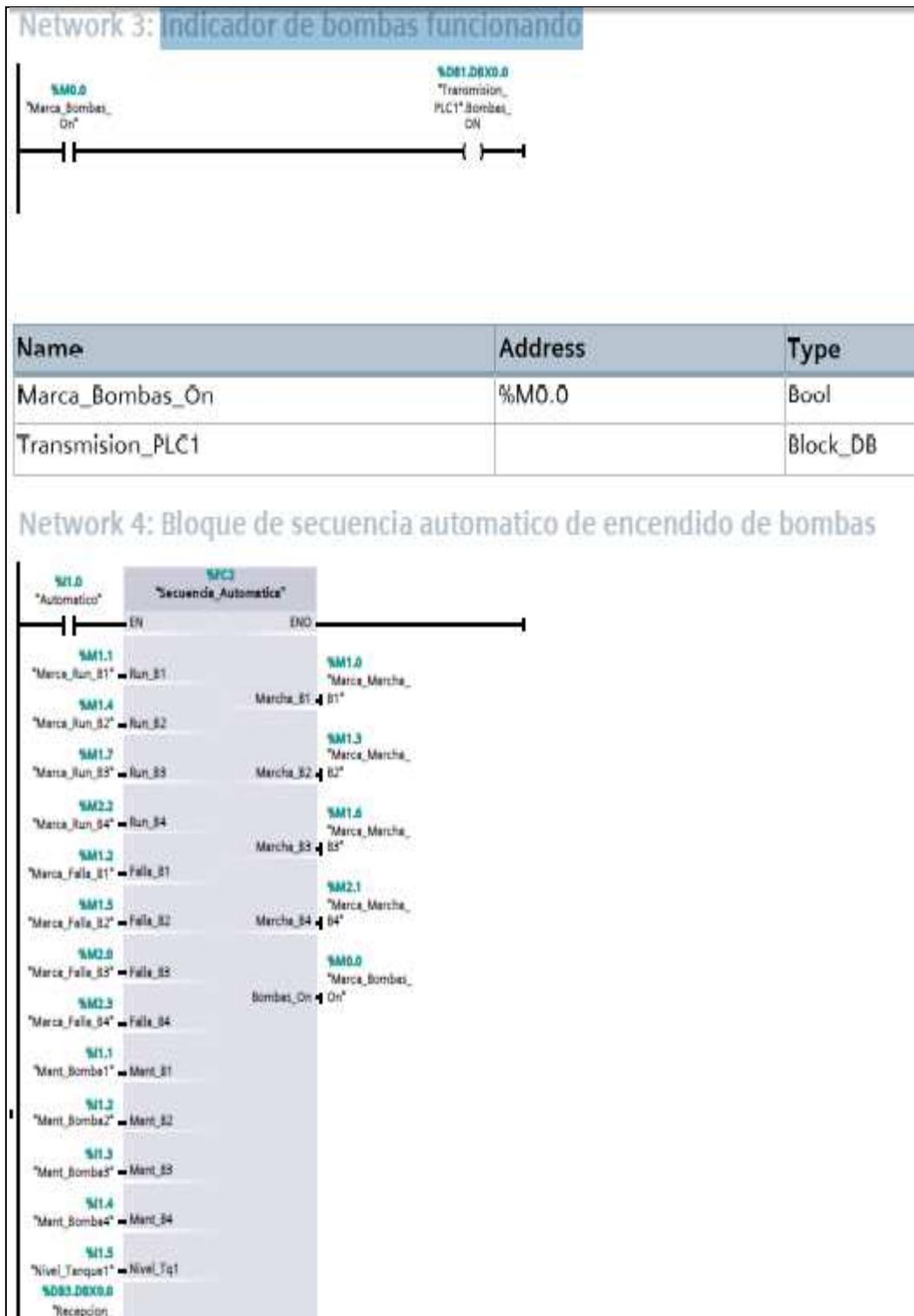
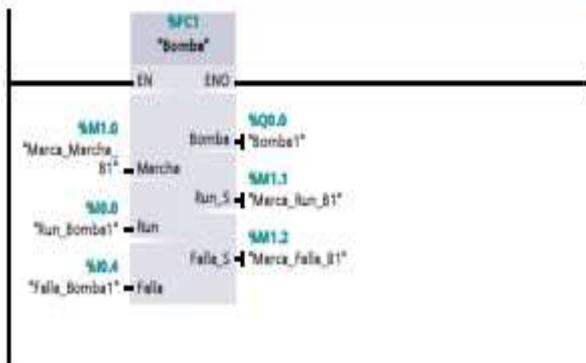


Figura 4-4 Programa Principal Control de Estación de Bombeo de Agua



**Figura 4-5 Indicador de secuencias de bombas funcionando**

### Network 5: Control de arranque bomba 1



Name	Address	Type
Bomba		Block_FC
Bomba1	%Q0.0	Bool
Falla_Bomba1	%I0.4	Bool
Marca_Falla_B1	%M1.2	Bool
Marca_Marcha_B1	%M1.0	Bool
Marca_Run_B1	%M1.1	Bool
Run_Bomba1	%I0.0	Bool

### Network 6: Control de arranque bomba 2

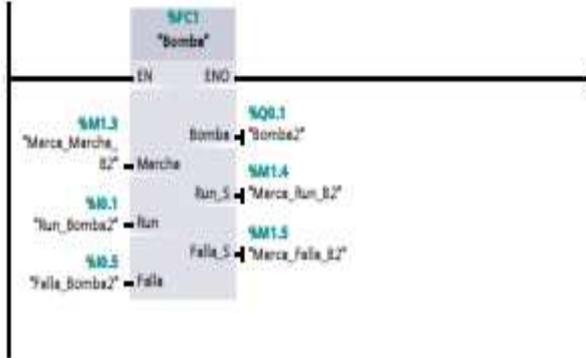
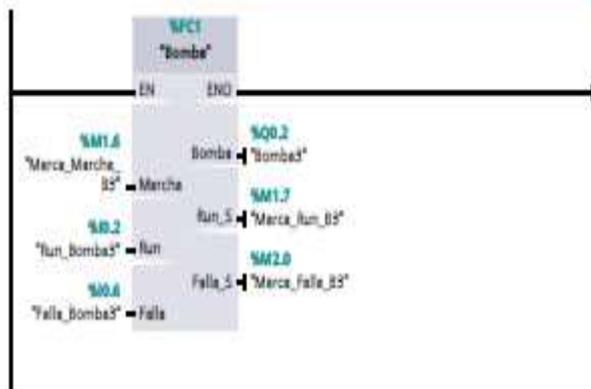


Figura 4-6 Control de arranque de las bombas 1 y 2

### Network 7: Control de arranque bomba 3



Name	Address	Type
Bomba		Block_FC
Bomba3	%Q0.2	Bool
Falla_Bomba3	%I0.6	Bool
Marca_Falla_B3	%M2.0	Bool
Marca_Marcha_B3	%M1.6	Bool
Marca_Run_B3	%M1.7	Bool
Run_Bomba3	%I0.2	Bool

### Network 8: Control de arranque bomba 4

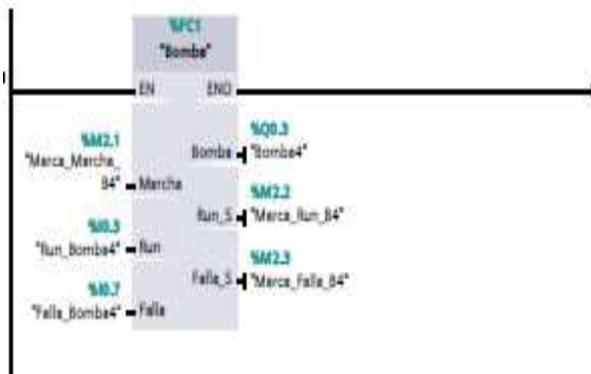


Figura 4-7 Control de arranque de las bombas 3 y 4

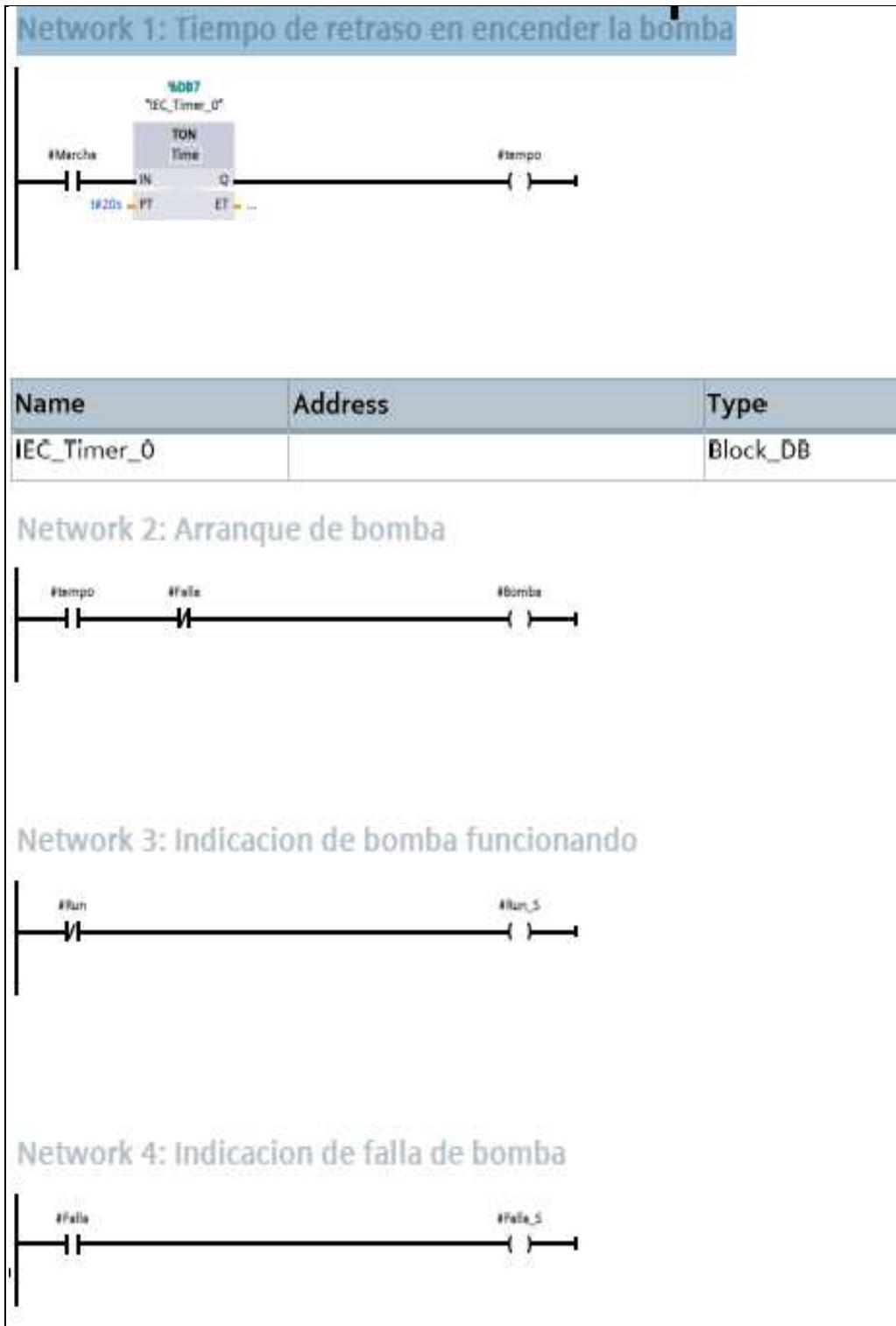
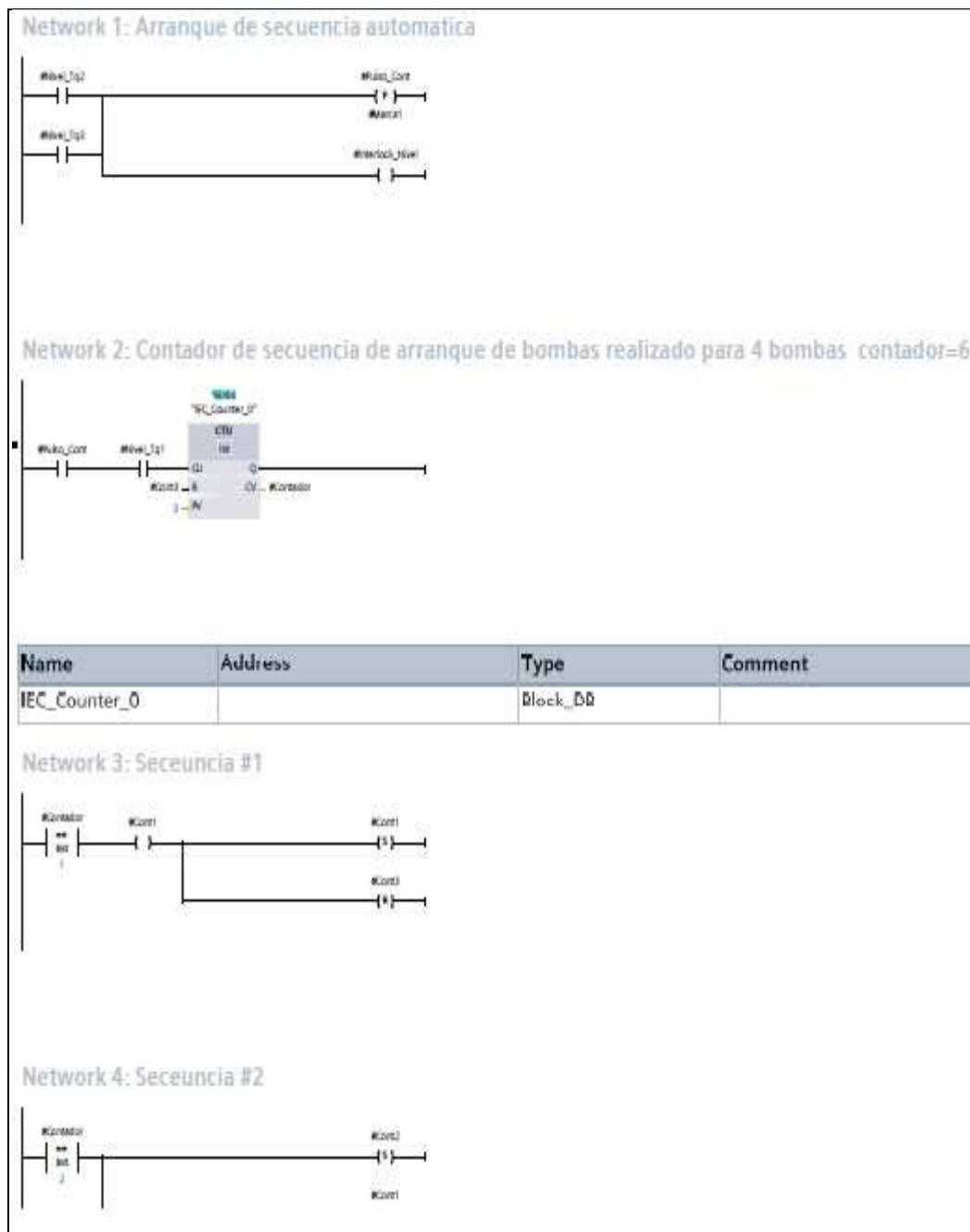


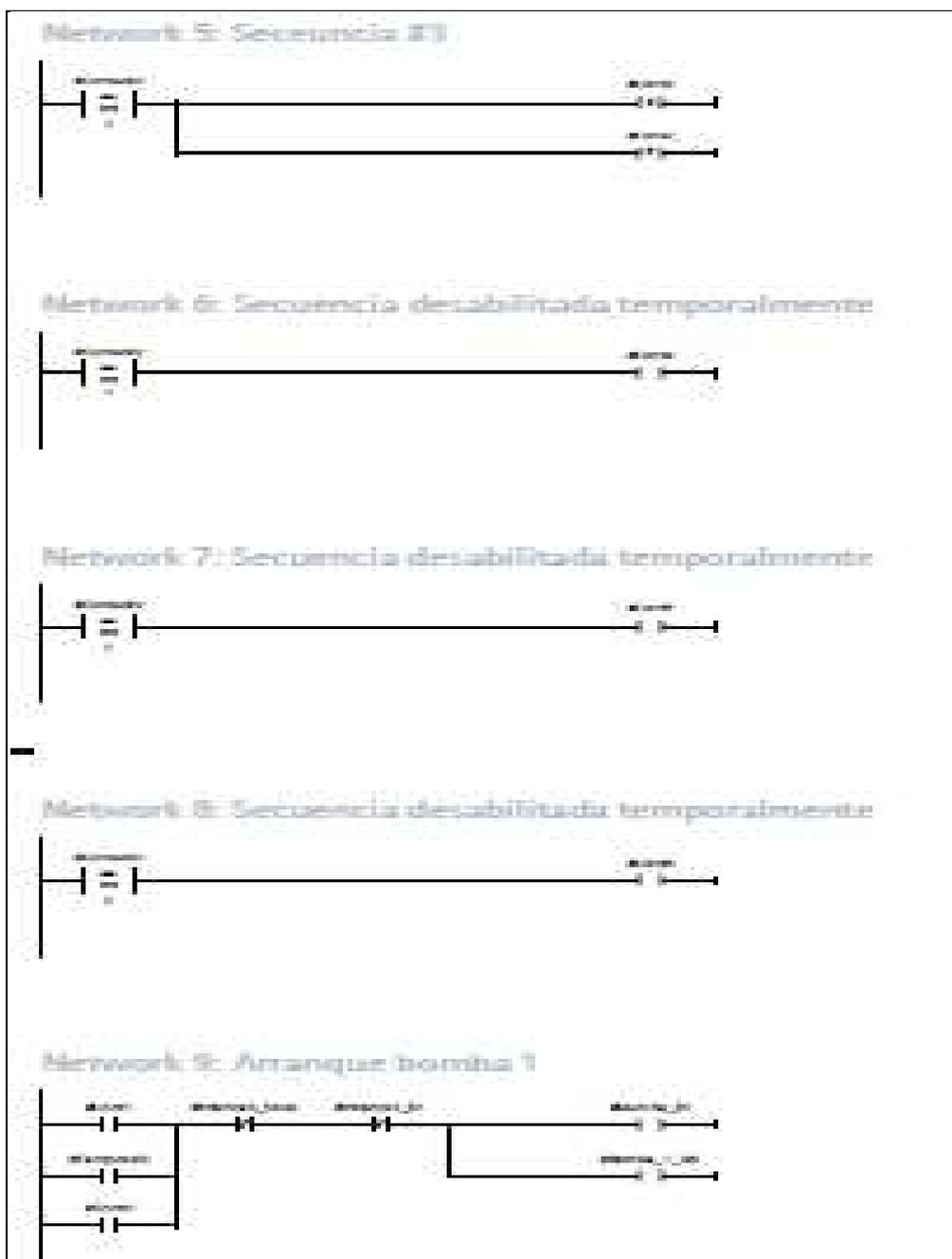
Figura 4-8 Símbolos en programación KOP



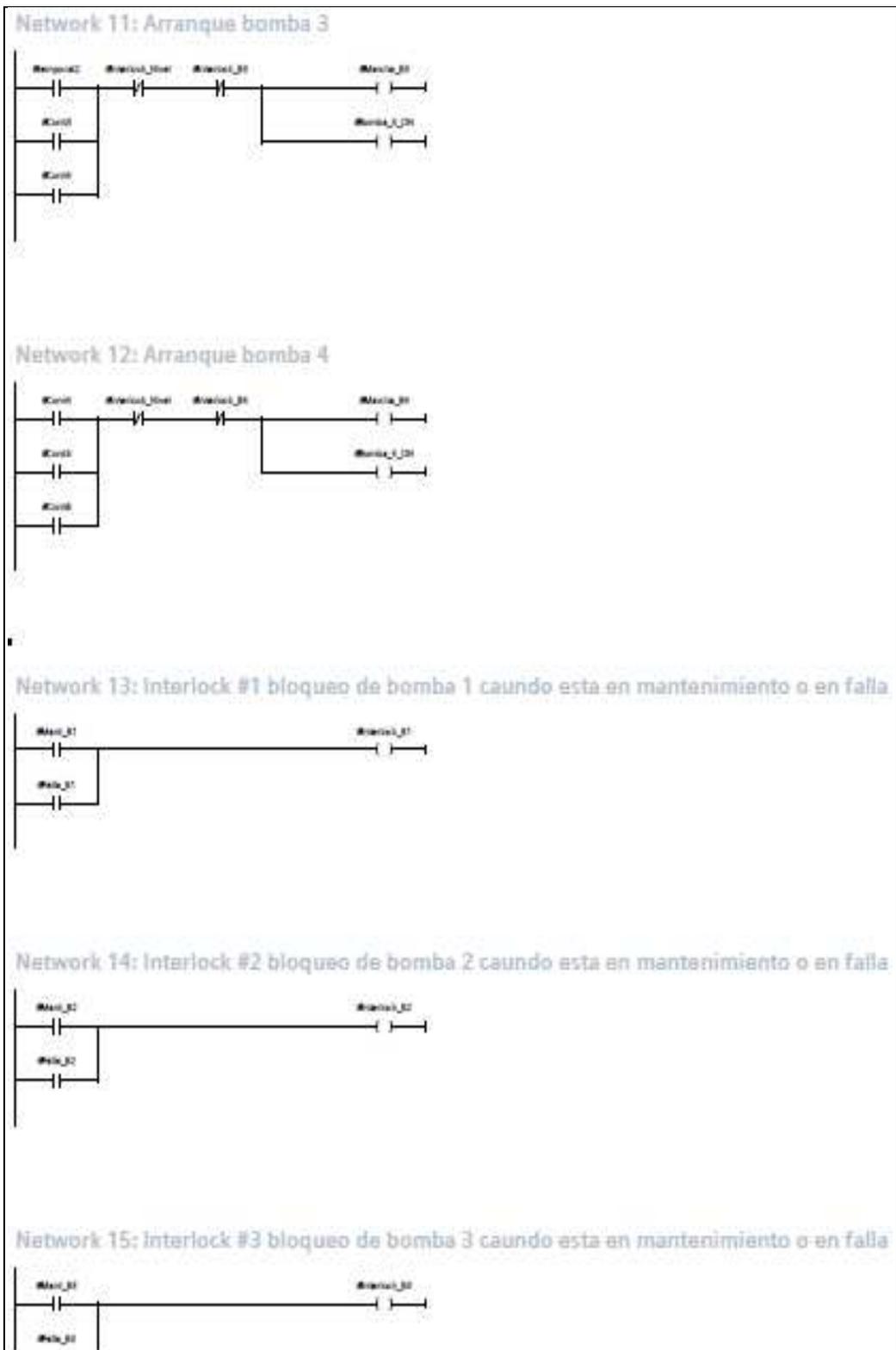
**Figura 4-9 Contadores de secuencia para las bombas**

Estos procedimientos de configuración se puntualiza, que sirven para el control del sistema, con ello se pueda visualizar el estado de los arrancadores y cualquier falla que se presentase.

Así también optimizar y simplificar la operación del sistema de control para evitar errores, tiempos improductivos y desabastecimiento de agua para la Universidad Católica.



**Figura 4-10 La desactivación en arranque alternado**



**Figura 4-11 Programación para el bloqueo de las bombas**



**Figura 4-12 Activación de secuencias de las bombas**

Los siguientes esquemas representan la configuración del PLC 2, el que se encuentra en los reservorios ubicados en el cerro de Arquitectura, se procede a programar datos para el nivel de las cisternas o bien se puede llamar tanques (1, 2 y 3).

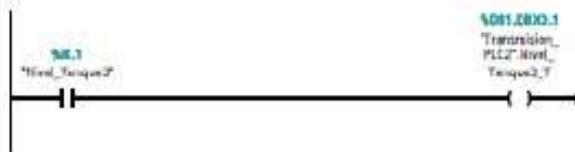
**Block title: Programa principal de tanque elevado**

Network 1: Nivel de tanque # 2



Name	Address	Type
Nivel_Tanque2	%I.0	Bool
Transmision_PLC2		Block_DB

Network 2: Nivel de tanque # 3



Name	Address	Type
Nivel_Tanque3	%I.1	Bool
Transmision_PLC2		Block_DB

Network 3: Rloque de transmision ethernet



**Figura 4-13 Configuración de los tanques por nivel de agua (PLC-2)**

## CAPITULO 5

### PRUEBAS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO PARA BOMBEO DE AGUA CON ENCENDIDO Y APAGADO VÍA TELEMETRÍA

El siguiente capítulo muestra en imágenes los pasos del proceso de automatizar el sistema de bombeo de agua Potable en el sector Socavón hacia tanques elevados (cerro arquitectura), en la figura 5-1 se muestra la caseta o cuarto donde se encuentra la cisterna que recibe de la empresa comercializadora el liquido vital.



**Figura 5-1 Cuarto de bombas y cisterna (subterránea-profunda)**

Dentro de la cisterna de aproximadamente 80 m<sup>2</sup> se puede observar que tiene un sensor mecánico (boya) el cual indica que se lleno en 90% la cisterna y así cerrar el paso a la red de la empresa de agua. La figura 5-2 muestra la boya.



**Figura 5-2 Sensor mecánico (boya) para el llenado de cisterna en UCSG**

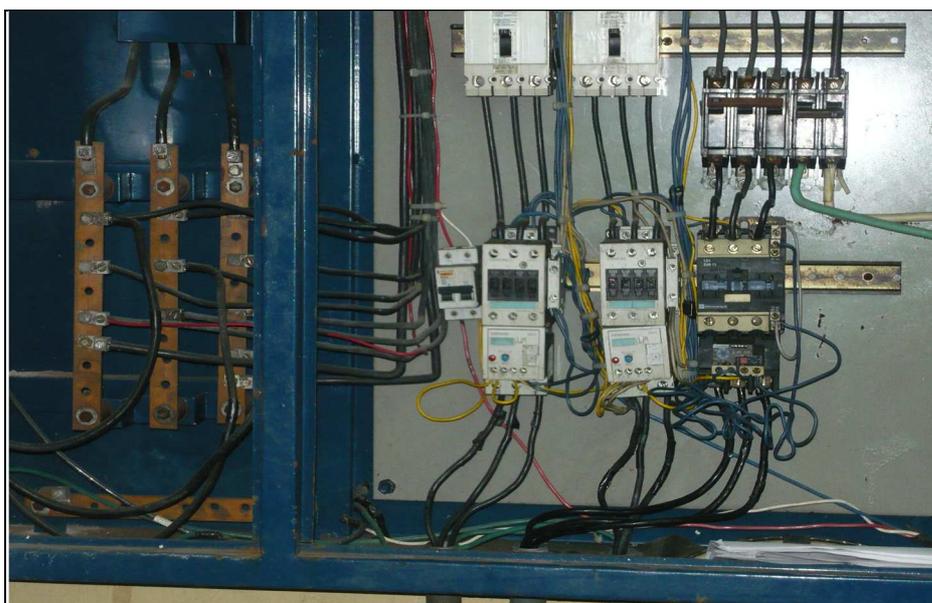
El sistema de bombeo lo conforman 3 bombas de 10 caballos de fuerza, esta anteriormente, encendían o arrancaban las tres bombas y según un cálculo de un par de horas el encargado apagaba dichas bombas, en el transcurso de ese tiempo los tanques elevados podían estar regando el liquido vital por más de media hora, a veces no se acordaban que debían apagar las bombas y así el agua se salía de los tanques por horas, este dato se confirmo pues como grupo de tesis quisimos averiguarlo y presenciarlo y unos días del mes de febrero el agua se despreciaba por más de hora y media. De allí nació la idea de este proyecto de tesis, cuidar el liquido vital y hacerlo de forma automatizada, aplicando los conocimiento de eléctrico-mecánica mas los de telecomunicaciones.

En la figura 5-3 se observa las bombas de 10 HP.



**Figura 5-3 Bombas de agua UCSG**

El tablero de control, tuvo que ser modificado con el diseño de automatismo. En la figura 5-4 se muestra el antes del tablero de control eléctrico.



**Figura 5-4 Tablero de control eléctrico. Sistema de bombeo UCSG**



**Figura 5-5 Tablero eléctrico mas el sistema PLC-Simatic 1200 (caja blanco)**

En la figura 5-5 se está realizando el fijado de la caja metaliza donde se está colocando el PLC Simatic 1200 de la marca siemens este controlara de forma automática el encendido y apagado de las bombas y haciéndolos trabajar de forma alternada, es decir trabaja una bomba un hora y esta se apaga dando a su vez paso al arranque y trabajo de la segunda bomba y así dentro de una hora esta se apagara por orden del PLC y entrará a arrancar la tercera bomba si en ese transcurso de tiempo los tanques elevados aun no se llenan, la operación antes descrita vuelve hacerse cíclica.

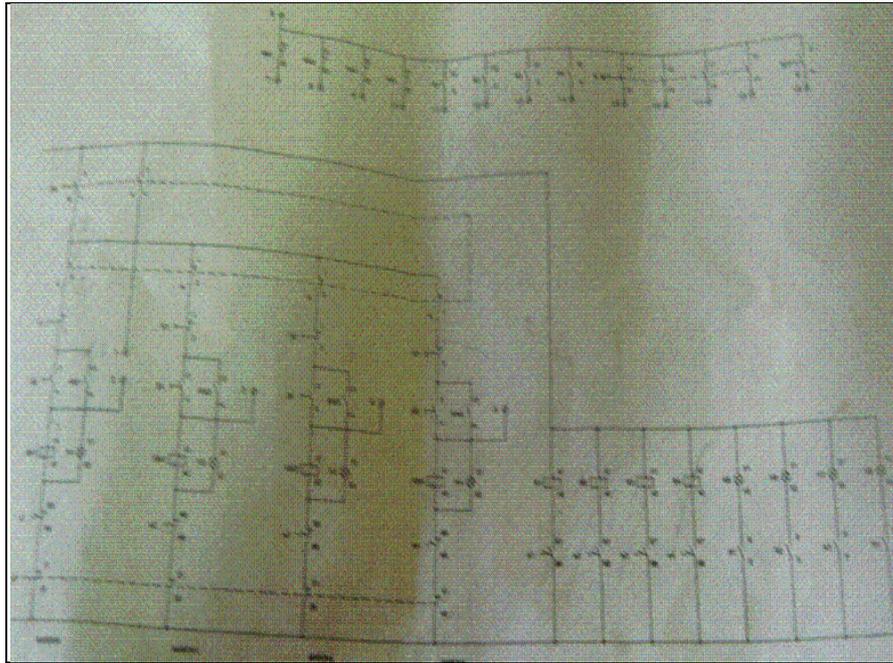
En la siguiente figura 5-6 se muestra la caja con las conexiones de las entradas y salidas del PLC Simatic 1200 de Siemens.



**Figura 5-6 PLC Simatic S7-1200, cableado hacia tablero de Control eléctrico**

La configuración y programación del PLC se presentó en el capítulo anterior aquí se detalla en imágenes como se hizo el trabajo y sus pruebas de funcionamiento con el sistema completo.

Se pone en los anexos los esquemas de la programación de los 2 PLC's. en la siguiente figura se muestra el diagrama eléctrico del sistema figura 5-7



**Figura 5-7 Esquema eléctrico del sistema de automatización de bombas**

En la siguiente figura 5-8 se detalla cómo queda finalmente el PLC dentro de su caja metálica protegida con llave para que personas no autorizadas manipulen el programador. La parte de la programación se la realizo con el software Step-7 cuyo manejo y características especiales de operación se lo explico en el capítulo cuatro.

La parte del cableado, conexión de relés, de breakers, acometida para la alimentación del sistema, térmicos, contactores lo realizo todos los integrantes, con mayor interés los compañeros de eléctrico-mecánico, dejando para el enlace inalámbrico a los compañeros de telecomunicaciones el trabajo del enlace mencionado.



**Figura 5-8 Conexiones finalizadas del PLC en cuarto de bombas (cisterna)**

En la otra parte es decir en el cerro de arquitectura se realizo de forma similar la conexión de otro PLC que controlará o dará la orden de apagar las bombas que estén operando en el cuarto.

Antes existía un cableado para censar el nivel de llenado de agua en los tanques elevados, pero como este sector es algo desolado se robaban el cable concéntrico dejando sin sistema de apagado en esta vez se lo realizar el encendido y pagado vía telemetría, es decir de forma inalámbrica. En la figura 5-9 se muestra el lugar de los tanques elevado, dentro del cuarto de equipos de la UCSG se puso el PLC en su caja respectiva.

Y la antena que utilizará el enlace inalámbrico esta ubicado en la torre de arquitectura de allí bajara un cable de red hacia el PLC-2.



**Figura 5-9 Bajante con cable de red hacia PLC-2**

La figura 5-10 muestra la colocación de la caja que contiene al PLC-2 este censa los valores de llenado en los dos tanques elevados, como se mencionó dentro del cuarto de equipos está ubicada la caja, aquí los compañero de telecomunicaciones con la colaboración de los que son de eléctrico-mecánica realizaron la conexión del enlace inalámbrico.



**Figura 5-10 Caja con el PLC-2**



**Figura 5-11 Bajando cable de red de la antena Nanostation para enlace inalámbrico (torre de arquitectura hacia cuarto de bombas)**



**Figura 5-12 Instalando equipo Nanostation (transceptor a 5.8 GHz)**

Una vez realizado todas las conexiones entre los equipos nanostation en los dos puntos recordamos que la IP que se utilizó es la:

En el momento de prueba se puso a un compañero para que mueva el sensor dentro de uno de los tanques elevados, para que el PLC-2 se de cuenta que hace falta llenar

de agua el tanque. Esto se entiende debe que arrancar una de las bombas. Y así también cambiamos el tiempo.



**Figura 5-13 Pruebas del sistema (Cuarto de bombas)**



**Figura 5-14 PLC-1 operando de forma satisfactoria**

Poniendo un temporizador para que arranque en corto tiempo es decir 5 minutos se comprobó que funciona bien el sistema de bombeo y así se pago la bomba 1. Y se encendió automáticamente la bomba 2 y así sucesivamente el sistema entró a operar satisfactoriamente.



**Figura 5-15 vista del cuarto de bombas que se enlaza con tanques de reserva  
AAPP dentro del sector Socavón-UCSG**

## CONCLUSIONES

La implementación de un sistema de control automático de bombeo de agua dentro de la UCSG, resultó fundamental pues se aplicó los conocimientos de las carreras Eléctrico-Mecánica y de Telecomunicaciones, pues se realizó la automatización de todo un sistema de bombeo y un eficaz encendido y apagado vía inalámbrica.

Esta tesis reunió 2 carreras para cuidar el agua y evitar que se desaproveche este recurso hídrico lo cual genera costos para la UCSG y a su vez un desperdicio de agua tan importante y escaso en la actualidad.

El proceso de bombeo con su secuencia de arranque, estado de los equipos, visualización de alarmas, selección de tipo de control. Y los accionamientos de los motores (arrancadores directos) pueden ser operado de manera automática, manual y local.

Los controladores lógicos programables de la familia siemens Simatic 1200 son los que reemplaza los sistemas de electrónica industrial especiales, es decir que ahora tenemos el mismo control pero de forma mas económica y eficiente.

Los módulos de comunicación de un Simatic permiten la comunicación mediante conexiones punto a punto. Para ello se utilizan los niveles físicos (interface) RS232 y RS485. La transferencia de datos se realiza en el denominado modo "Freeport" de la CPU.

La interfaz PROFINET integrada permite la comunicación con: Programadora y Dispositivos HMI

## RECOMENDACIONES

El sistema de bombeo automatizado debe tener un mantenimiento preventivo, es decir limpiar de polvo la caja metálica, en sector de cuarto de bombas así mismo cuidar que la alimentación este siempre presente para que así de un trabajo optimo, en caso de suspensión se puede hacerlo de forma manual, aunque se puede recomendar un banco de baterías para energizar el sistema

Se recomienda que el sistema inalámbrico en caso de fallar el enlace se ponga un cableado subterráneo es decir enterrado los tubos aunque esto puede resultar oneroso, esto solo es para dar una redundancia al sistema.

Se recomienda que en departamento de mantenimiento siempre este en contacto con los ingenieros eléctricos y de telecomunicaciones de la Facultad Técnica para que el sistema siempre este operando sin ningún inconveniente.

Se recomienda pintar el cuarto de bombas y si se coloca una cuarta bomba esta puede trabajar en el sistema sin ningún problema, aunque debe proveerse ciertos dispositivos esenciales.

Que la Facultad Técnica tenga en sus laboratorio de electricidad o electrónica de control y automatismo, el software STEP-7 que es una herramient apoderoa para programar PLC's de la familia Siemens, marca industrial que es ampliamente conocida en el mercado de control automatizado en el país.

## BIBLIOGRAFIA

[1] <http://www.siemens.com/simatic>

[2] <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>

[3] <http://www.virusprot.com/POPUP/index.html>

[4] <http://www.agiusa.com/ssremote.sp.shtml>

[5] [http://newsindustria.siemens.com.ar/industria/News22/productos\\_tc2.asp?NroIdEnvio=22&NroIdLink=102&NroIdContacto=0](http://newsindustria.siemens.com.ar/industria/News22/productos_tc2.asp?NroIdEnvio=22&NroIdLink=102&NroIdContacto=0)

[6] <http://tv.uvigo.es/es/serial/694.html>

[7] <http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-redes-industriales/284-ethernet-industrial-inalambrico-comunicacion-robusta-y-confiable.html>

## ANEXOS

### CONTACTOR

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada".

**Contactores electromagnéticos.** Su accionamiento se realiza a través de un electroimán.

**Contactores electromecánicos.** Se accionan con ayuda de medios mecánicos.

**Contactores neumáticos.** Se accionan mediante la presión de un gas.

**Contactores hidráulicos.** Se accionan por la presión de un líquido.

#### **Constitución de un contactor electromagnético.**

**Contactos principales.** Son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia. Están abiertos en reposo.

- **Contactos auxiliares.** Son los encargados de abrir y cerrar el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados.

- **Bobina.** Elemento que produce una fuerza de atracción (FA) al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24 y 220V de corriente alterna, siendo la de 220V la más usual.

- **Armadura.** Parte móvil del contactor. Desplaza los contactos principales y auxiliares por la acción (FA) de la bobina.

- **Núcleo.** Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.
- **Resorte.** Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez cesa la fuerza FA.

### **Funcionamiento del contactor.**

A los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, será bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases abiertos y cerrados. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las autoalimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactos principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos el circuito entre la red y el receptor. Este arrastre o desplazamiento puede ser:

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.

La bobina está concebida para resistir los choques mecánicos provocados por el cierre y la apertura de los contactos y los choques electromagnéticos debidos al paso de la corriente por sus espiras, con el fin de reducir los choques mecánicos la bobina o circuito magnético, a veces los dos se montan sobre amortiguadores.

Si se debe gobernar desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y el de parada en serie.

### **Simbología y referenciado de bornes.**

Los bornes de conexión de los contactores se nombran mediante cifras o códigos de cifras y letras que permiten identificarlos, facilitando la realización de esquemas y las labores de cableado.

- Los **contactos principales** se referencian con una sola cifra, del 1 al 16.
- Los **contactos auxiliares** están referenciados con dos cifras. Las cifras de unidades o cifras de función indican la función del contacto:
  - \* 1 y 2, contacto normalmente cerrados (NC).
  - \* 3 y 4, contacto normalmente abiertos (NA).
  - \* 5 y 6, contacto de apertura temporizada.
  - \* 7 y 8, contacto de cierre temporizado.
- La cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor. En un lado se indica a qué contactor pertenece.
- Las **bobinas** de un contactor se referencian con las letras A1 y A2. En su parte inferior se indica a qué contactor pertenece.
- El contactor se denomina con las letras **KM** seguidas de un número de orden.

### **Elección de un contactor electromagnético.**

Es necesario conocer las siguientes características del receptor:

- La tensión nominal de funcionamiento, en voltios (V).

- La **corriente de servicio ( $I_e$ )** que consume, en amperios (A).

## **DISYUNTORES**

### ***El arco eléctrico***

Cuando se abre un circuito eléctrico, entre los dos electrodos que se separan aparece un arco eléctrico que mantiene la continuidad del circuito y permite que siga circulando una corriente (inercia debida a la presencia de las componentes sélficas).

Este arco está constituido por electrones y gas ionizado a temperaturas muy altas (2500 °C a 10000 °C); el arco es un conductor gaseoso. Al contrario de lo que sucede en los conductores metálicos ordinarios, la caída de tensión  $\Delta v$  a través del arco disminuye cuando aumenta la corriente  $i$ , porque el arco, más caliente y más ionizado, ofrece una resistencia  $R$  menor al paso de la corriente:  $\Delta v \propto Ri$  disminuye con  $i$  porque la influencia de  $Ri$  decreciente es más importante que el crecimiento con  $i$ .

### ***Experimentalmente:***

Se aplica un voltaje entre los dos electrodos y el arco aparece a partir de un cierto valor  $0 v$ , que depende del medio y de la distancia entre los electrodos ( $0 v$  crece con esa distancia).

Si se aumenta la intensidad de la corriente, la tensión  $v$  entre electrodos disminuye:

Pero si en un cierto momento, se baja  $i$ ,  $v$  vuelve a aumentar hasta un valor  $1 0 v$  para el cual el arco se extingue.

$v$

$0 v$

$v$

$0 v$

$1 v$

$0 i$

## **CURSO REDES ELECTRICAS I 2**

Por este motivo, cuando la corriente  $i$  es sinusoidal en el tiempo, el voltaje

presenta la siguiente variación:

Si miramos la evolución de  $i$  y  $v$  en el caso de corriente sinusoidal, tenemos la siguiente variación:

$i$

0

$t$

$v$

0  $v$

1  $v$

0

$t$

$i$

0

$v t$

*inicial v*

$t$

$t$

### CURSO REDES ELECTRICAS I 3

El arco se extingue cuando  $v$  es menor que el valor 0  $v$  para la distancia entre electrodos (observar que en el caso de un interruptor esa distancia va aumentando al separarse los electrodos por actuación de los mecanismos de apertura). Lo normal es que la corriente se extinga al tercer pasaje de la corriente por cero; el hecho de que la corriente alterna pase por cero 100 veces por segundo (frecuencia 50 Hz) facilita mucho el fenómeno de interrupción en corriente alterna.

#### ***Funciones de un disyuntor o interruptor***

El aparato debe cumplir con dos funciones fundamentales:

1. Debe ser capaz de disipar la energía producida por el arco sin que se dañe el equipo.
2. Debe ser capaz de restablecer muy rápidamente la rigidez dieléctrica del medio comprendido entre los contactos una vez extinguido el arco, o sea que las rigidez

dieléctrica del medio quede en todo momento por encima del voltaje de recuperación (es decir que resulte siempre  $v > v_d > 0$ ).

### ***Acción del disparo con relé***

Hacemos un esquema de principio para explicar el funcionamiento de un disyuntor accionado por un relé de sobreintensidad:

DISYUNTOR

Línea

Fuente

de

continua

RELÉ

a b

TI

Bobina de disparo

del disyuntor

Vástago

### **CURSO REDES ELECTRICAS I 4**

Cuando la corriente en la línea supera un valor preestablecido, esa corriente (a través del transformador de intensidad TI) hace cerrar los contactos a-b del relé, lo cual establece una corriente en el circuito de la bobina de disparo del disyuntor. Se realiza entonces el movimiento del vástago del disyuntor, lo cual provoca la interrupción del circuito principal.

### ***Tipos de disyuntores***

Según el medio eléctrico en el cual se encuentran los contactos, los tipos empleados para los disyuntores son los siguientes:

1. En aceite.
2. En SF<sub>6</sub> (hexafluoruro de azufre).
3. De soplo de aire.
4. En vacío.

Describimos los diferentes tipos:

1. En aceite:

Se aprovecha la energía desprendida por el arco mismo para apagarlo:

La separación de los contactos se hace en baño de aceite, lo cual tiene dos ventajas para

aumentar el poder de corte:

- a) La rigidez dieléctrica del aceite es mayor que la del aire a presión atmosférica.
- b) El arco descompone el aceite, generando hidrógeno, que es un medio refrigerante superior al aire.

Los contactos están en un pequeño recipiente, llamado cámara de explosión, provista de orificios de salida. El hidrógeno desprendido por el arco y contenido en la cámara de explosión aumenta la presión, lo cual hace crecer la rigidez dieléctrica del aceite.

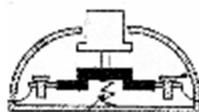
Además el gas a presión que atraviesa el arco para salir por los orificios de la cámara lo alarga, lo enfría y lo apaga.

## **PULSADORES**

Pulsador: Elemento que permite el paso o interrupción de la corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo.

Puede ser el contacto normalmente cerrado en reposo NC, o con el contacto normalmente abierto Na.

Consta del botón pulsador; una lámina conductora que establece contacto con los dos terminales al oprimir el botón y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición primitiva al cesar la presión sobre el botón pulsador.

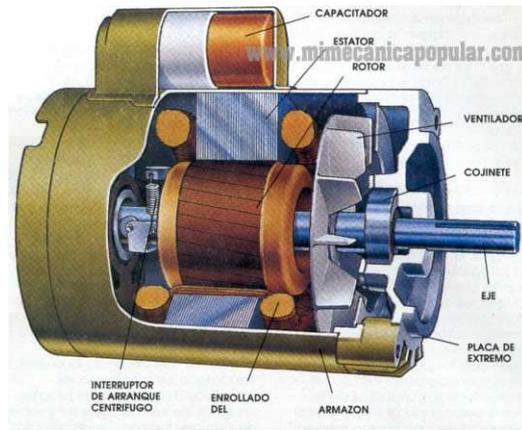
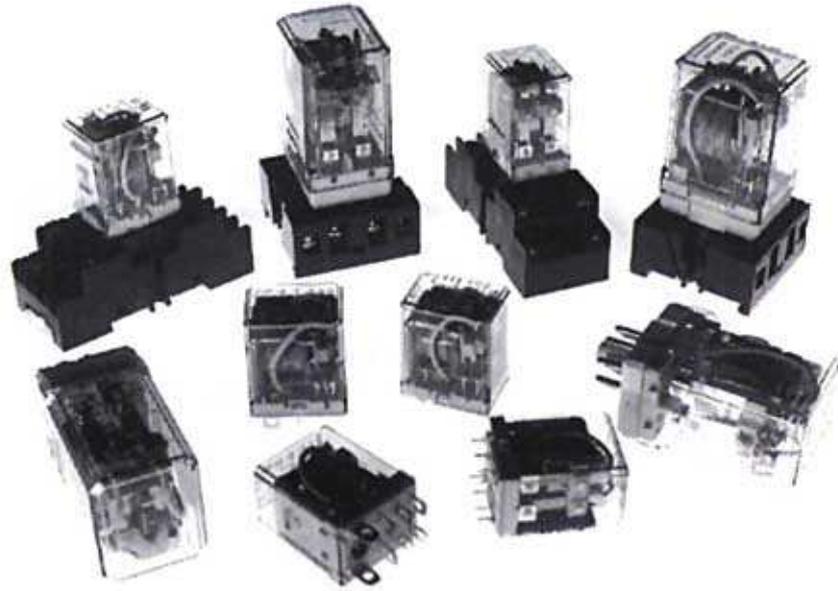


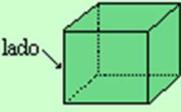
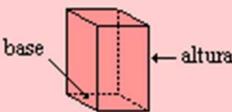
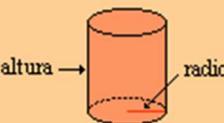
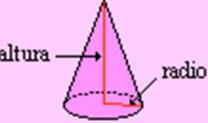
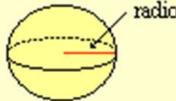
Pulsa sobre la imagen para verla ampliada

Diferentes tipos de pulsadores: (a) Basculante. (b) Pulsador timbre. (c) Con señalizador. (d) Circular. (e) Extraplano.

 Pulsa sobre la imagen para verla ampliada





<p style="text-align: center;"><b>Cubo</b></p>  <p style="text-align: center;">Volumen cubo = <math>l^3</math></p> <p style="text-align: center;">El volumen de un cubo se obtiene elevando al cubo la longitud de su arista</p>	<p style="text-align: center;"><b>Prisma</b></p>  <p style="text-align: center;">Volumen prisma = <math>\text{sup. base} \times h</math></p> <p style="text-align: center;">El volumen de un prisma se obtiene multiplicando la superficie de su base por la altura del prisma.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Pirámide</b></p>  <p style="text-align: center;">Volumen pirámide = <math>\frac{\text{sup. base} \times h}{3}</math></p> <p style="text-align: center;">El volumen de una pirámide es equivalente a un tercio del volumen de un prisma de igual base y altura.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Cilindro</b></p>  <p style="text-align: center;">Volumen cilindro = <math>(\pi \times r^2) \times h</math></p> <p style="text-align: center;">El volumen de un cilindro se obtiene multiplicando la superficie de su base por la altura del cilindro.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Cono</b></p>  <p style="text-align: center;">Volumen cono = <math>\frac{(\pi \times r^2) \times h}{3}</math></p> <p style="text-align: center;">El volumen de un cono es equivalente a un tercio del volumen de un cilindro de igual base y altura.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Esfera</b></p>  <p style="text-align: center;">Volumen esfera = <math>\frac{4}{3} \times \pi \times r^3</math></p> <p style="text-align: center;">El volumen de una esfera es igual a <math>\frac{4}{3}</math> de <math>\pi</math> por el radio al cubo.</p>



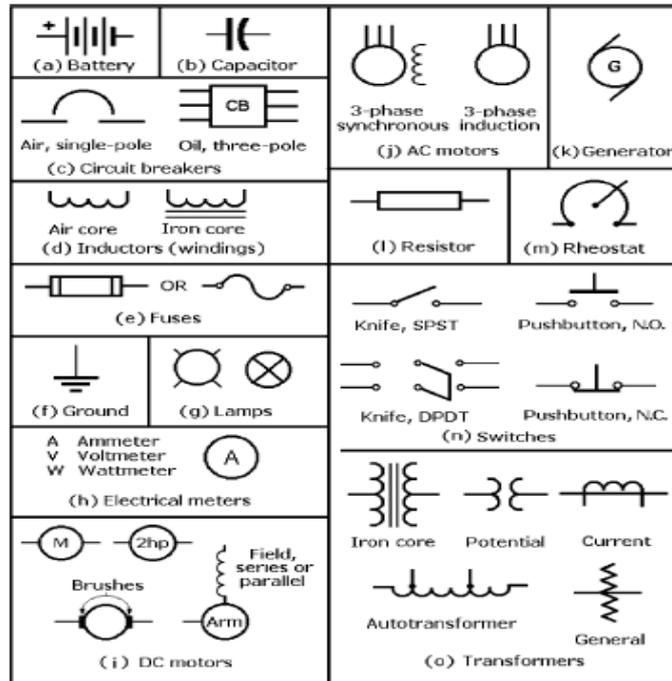


Figure 1-3 Graphic symbols for electrical schematics, Part 1.

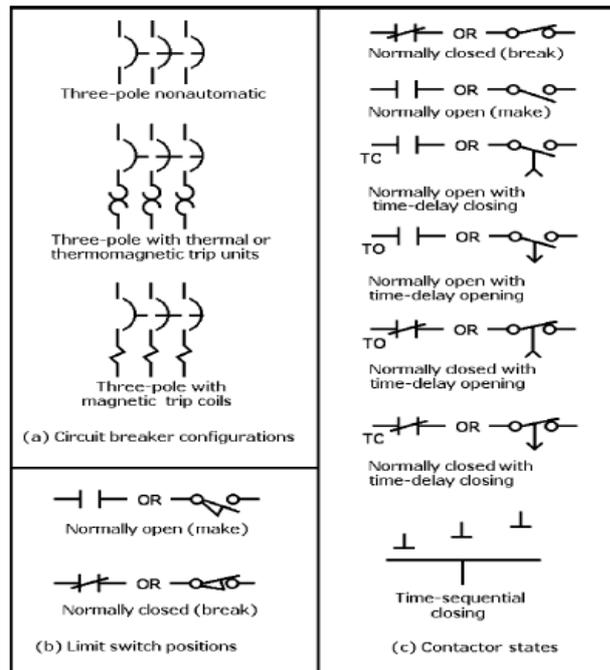
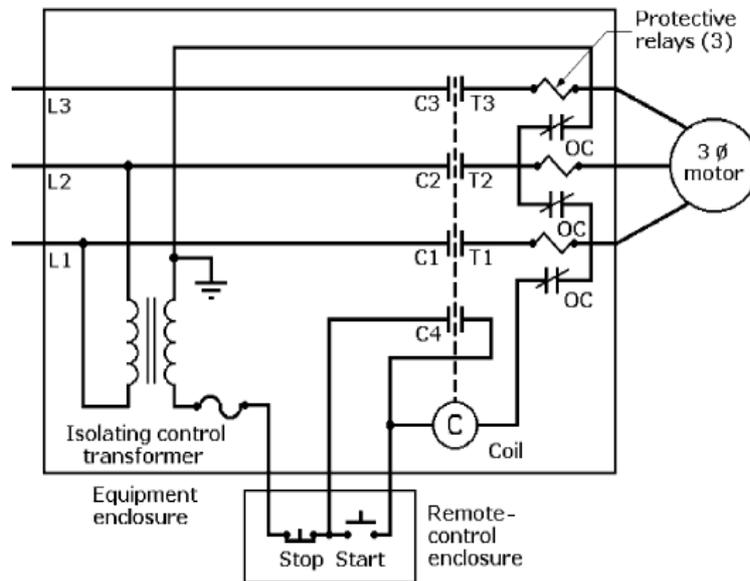
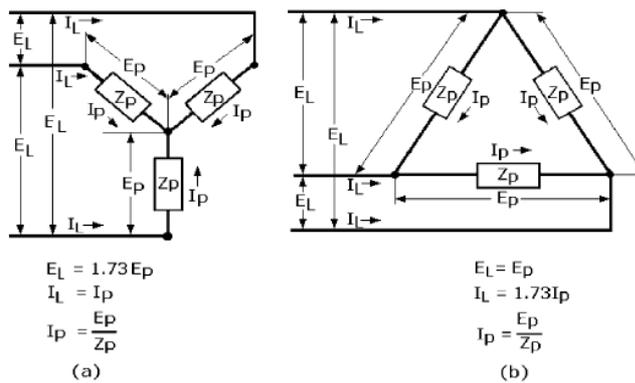


Figure 1-4 Graphic symbols for electrical schematics, Part 2.

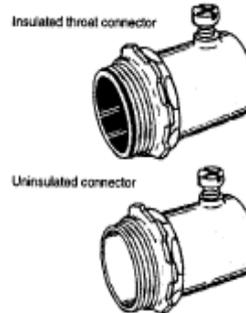
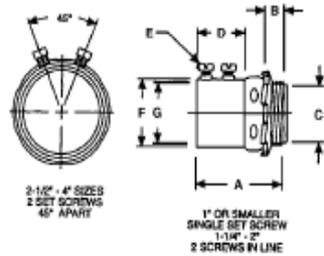


**Figure 1-9** Schematic diagram for an across-the-line motor starter.



**Figure 2-5** Three-phase connections for a load or source: (a) wye; (b) delta.

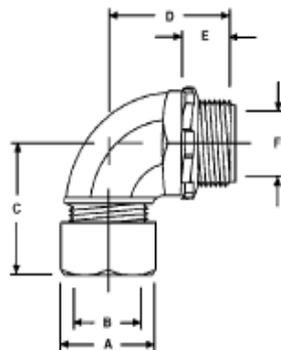
EMT SET SCREW CONNECTORS



DIMENSIONS (inches)

A	B	Thd. Spec.	C	D	E Set Screw	F	G
1.57	.47	1/2-14 NPS	.63	.78	Tri-drive, 12-24 x .25 in	2.22	.72
1.63	.34	3/4-14 NPS	.81	.91	Tri-drive, 12-24 x .25 in	1.06	.94
.88	.39	1-11 1/2 NPS	1.03	1.16	Tri-drive, 12-24 x .25 in	1.28	1.19
2.34	.63	1 1/4-11 1/2 NPS	1.38	1.41	Hex Head/Slot .25-28 x .31	1.72	11.22
2.59	.63	1 1/2-11 1/2 NPS	1.58	1.5	Hex Head/Slot .25-28 x .31	1.94	1.75
2.47	.63	2-11 1/2 NPS	2.06	1.78	Hex Head/Slot .25-28 x .31	2.42	2.22
2.94	.94	2 1/4-11 1/2 NPS	2.56	1.88	Hex Head .31-24 x .34	3.22	2.92

EMT SHORT 90° COMPRESSION CONNECTORS



DIMENSIONS (inches)

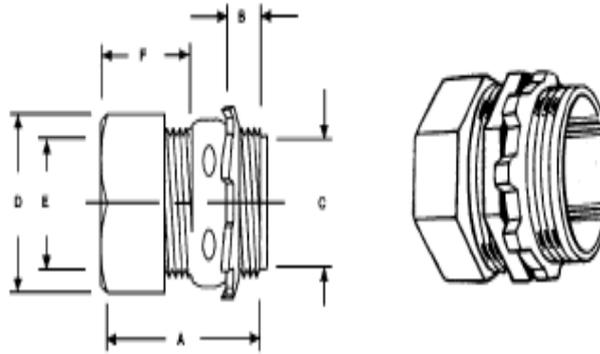
A	B	C	D
1.13	.76	1.26	1.22
1.38	.94	1.59	1.47
1.67	1.69	1.97	1.56

E	Thread Spec.	F
.5	1/2-14 NPT	.63
.56	3/4-14 NPT	.81
.5	1-11.5 NPT	1.03

Figure 6-6 Gallery of drawings and dimensions of conduit connectors, cou-

### EMT COMPRESSION CONNECTORS



DIMENSIONS (inches)

A	B	Thd. Spec.	C	D	E	F
2.68	.44	½-14 NPS	.63	1.13	.72	1.25
2.75	.44	½-14 NPS	.63	1.38	.94	.94
1.44	.34	¾-14 NPS	.83	1.67	1.17	1.06
2	.39	1-11.5 NPS	1.03	2.19	1.53	.94
2	.56	1¼-11.5 NPS	1.38	2.44	1.75	1.06
2.31	.63	1½-11.5 NPS	1.61	2.68	2.22	1.75
2.5	.63	2-11.5 NPS	2.06	3.94	2.94	1.69

### EMT SET SCREW OFFSET CONNECTORS

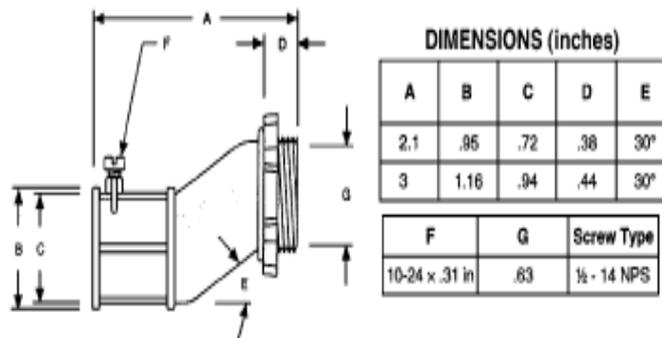
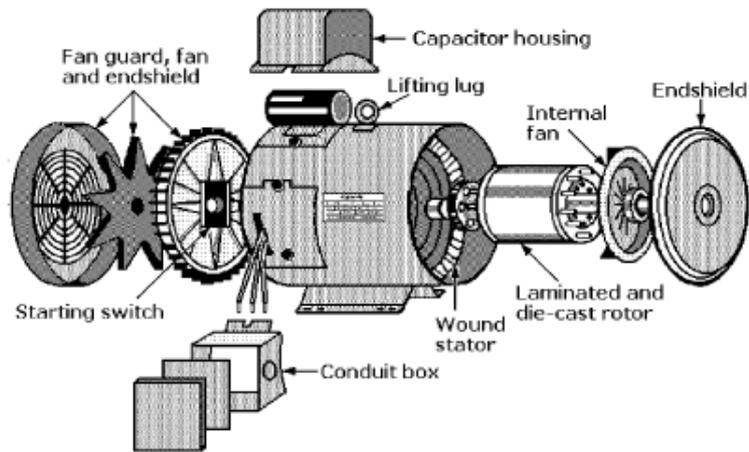
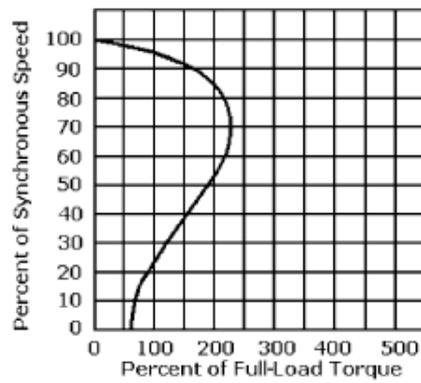


Figure 6-6 (Continued)



**Figure 10-6** Exploded view of a capacitor-start motor in a 182-4T frame.



**Figure 10-7** Speed-torque curve for a typical permanent split-capacitor motor.