

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

Tema:

Diseño e implementación de un módulo de adquisición de datos y medición de energía con el autómata programable S7-300, integrado a un sistema de comunicación profibus dp, para su utilización en la asignatura sistemas de medición.

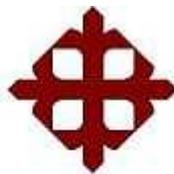
Previa a la Obtención del Título:

INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

Elaborado por:

**Pedro Roberto Troya Torres
Ángel Raúl Poaquiza Simbaña**

Guayaquil, Enero 2013.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

TESIS DE GRADO

**Presentado a la Facultad Técnica, Carrera de Ingeniería Electrónica en
Control y Automatismo de la Universidad Católica de Santiago de
Guayaquil, por**

TROYA TORRES PEDRO ROBERTO POAQUIZA SIMBAÑA ÁNGEL RAÚL

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE
DATOS Y MEDICIÓN DE ENERGÍA CON EL AUTÓMATA PROGRAMABLE S7-300,
INTEGRADO A UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN PROFIBUS DP, PARA SU
UTILIZACIÓN EN LA ASIGNATURA SISTEMAS DE MEDICIÓN.**

**Para dar cumplimiento con uno de los requisitos para optar por el Título
de:**

INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

Tribunal de Sustentación

Ing. Judith Gálvez Soto

Director de Tesis

Ing. Manuel Romero Paz
Decano Facultad Técnica

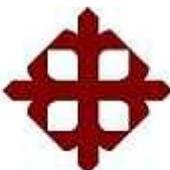
Ing. Armando Heras Sánchez
Director de Carrera

Ing. Luis Vallejo Samaniego
Coordinador Académico

Eco. Gladys Contreras Molina
Coordinadora Administrativa

Ing. Efrén Herrera Muentes
Profesor Revisor

Ing. Carlos Romero Rosero
Profesor Revisor



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Sres. Pedro Roberto Troya Torres y Ángel Raúl Poaquiza Simbaña como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO.

DIRECTOR:

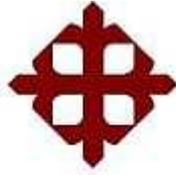
ING. JUDITH GÁLVEZ SOTO

REVISADO POR:

ING. EFRÉN HERRERA MUENTES

ING. CARLOS ROMERO ROSERO

GUAYAQUIL, ENERO 2013.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

TROYA TORRES PEDRO ROBERTO
POAQUIZA SIMBAÑA ÁNGEL RAÚL

DECLARO QUE:

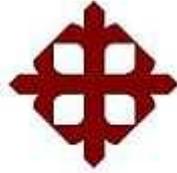
El proyecto de grado denominado “Diseño e implementación de un módulo de adquisición de datos y medición de energía con el autómata programable S7-300, integrado a un sistema de comunicación profibus dp, para su utilización en la asignatura sistemas de medición”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el presente documento, sección bibliografías.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Guayaquil, Enero 2013

LOS AUTORES



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

TROYA TORRES PEDRO ROBERTO

POAQUIZA SIMBAÑA ÁNGEL RAÚL

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: "Diseño e implementación de un módulo de adquisición de datos y medición de energía con el autómata programable S7-300, integrado a un sistema de comunicación profibus dp, para su utilización en la asignatura sistemas de medición", cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Enero 2013

AGRADECIMIENTO

Todos los logros en mi vida, así como este trabajo, se lo debo a mi Abuela, Ninfa Enriqueta Silva Sánchez y Mamá, Ana María Torres Marín, por eso les agradezco su enorme esfuerzo por ayudarme. Mi agradecimiento también va dirigido a mi Esposa, Nancy Roció Zambrano Figueroa e Hijo, Matías Alessandro Troya Zambrano.

También un enorme agradecimiento a el Ing. Luis Torres por su apoyo durante la ejecución del proyecto y por habernos dado las facilidades, para realizar las prácticas en el laboratorio de electricidad.

Además agradezco, al Jefe de Mantenimiento de la empresa NOVACERO S.A por darme el apoyo y las facilidades para culminar mi carrera profesional
Gracias.

PEDRO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios eterno, por darme la fuerza y el valor, para seguir adelante en mi carrera profesional, por darme la pauta y enseñarme el camino del bien y lograr las metas propuestas.

Agradezco a mi esposa Margarita Diaz e hijos Anggie, Emely, Ángel y Abraham, que fiel e incondicionalmente me brindaron su apoyo.

Agradezco a mis padres y hermanos por ser parte fundamental en mi vida profesional.

Agradezco al Coordinador y Jefe de Mantenimiento Industrial de la Compañía Arca Continental Ecuador, por darme el apoyo y la facilidad de continuar en mi carrera profesional.

Agradezco a la institución académica por darme la oportunidad de aprender y permitir ser un profesional.

ÁNGEL

DEDICATORIA

A mi Madre y Abuela por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi esposa e hijo por su comprensión y apoyo durante toda mi carrera.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

PEDRO

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, por haber permitido culminar con éxito el trabajo propuesto.

A mi esposa Margarita Diaz e hijos Anggie, Emely, Ángel y Abraham que me supieron comprender y apoyar en los momentos difíciles de mi carrera profesional.

A mi hermana Patricia que siempre me inculcó a seguir en los estudios y por ser ejemplo e inspiración de profesionalismo.

A mis padres y hermanos que siempre estuvieron apoyándome.

Dedico este trabajo al tutor de mi tesis por dirigirme y aconsejarme en mi proyecto.

ÁNGEL

ÍNDICE	Pág.
Titulo del Proyecto.....	I
Portada.....	II
Certificación.....	III
Declaración de responsabilidad.....	IV
Autorización.....	V
Agradecimiento.....	VI
Dedicatoria.....	VIII
Índice.....	X
Índice de figuras.....	XIII
Índice de tablas.....	XV
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1 Delimitación del Problema	3
1.1.2 Justificación	3
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 METODOLOGÍA APLICADA.....	5

1.4.1	Método.....	5
1.4.2	Justificación del método	5
CAPÍTULO 2		6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....		6
2.1	PLC.....	6
2.1.1	Clasificación Del PLC	8
2.1.2	Características Del PLC	10
2.1.2	Aplicaciones Del PLC.....	11
2.1.3	Aspectos Generales del S7-300.....	12
2.1.4	Principales Componentes Del PLC	13
2.1.5	Tamaño del S7-300.....	15
2.1.6	Descripción de los 5 Módulos Centrales	15
2.1.7	Montaje e Interconexión de los Módulos	18
2.1.8	Prestaciones	20
2.1.8	Tipos de Módulos Disponibles	22
2.1.9	Prestaciones Especiales Del PLC.....	25
2.1.10	Comunicación	26
2.1.11	Ventajas Del PLC.....	28
2.2	MEDIDOR DE ENERGÍA SENTRON PAC3200.....	29
2.2.1	Medición de energía eléctrica con el multimedidor SENTRON PAC3200.....	30
2.2.2	Características del SENTRON PAC 3200.....	30
2.2.3	Configuraciones del SENTRON PAC3200.....	33
2.2.4	Aplicaciones del SENTRON PAC3200.....	35
2.3	REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIALES.....	35
2.3.1	Profibus.....	36
2.3.2	Características principales	37
2.3.3	Topología.	40

2.3.4 Acceso al Bus	40
2.3.5 Maestros	42
2.3.6 Esclavos.....	42
2.3.7 FMS/DP en común.....	43
2.3.8 PA/DP en común.....	44
CAPÍTULO 3	49
DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL MÓDULO DIDÁCTICO.....	49
3.1 Desarrollo del sistema de control.....	49
3.1.1 Configuración de hardware.....	49
3.2 Diseño de topología de red.....	56
3.2.1 Topología de red profibus implementada.....	56
3.3 Explicación del programa.....	57
3.4 Diseño, construcción y armado del módulo didáctico.....	63
3.4.1 Diseño en autocad, para grabado con láser en plancha de aluminio.	63
3.4.2 Corte por hilo y perforaciones, para montaje de equipos.....	64
3.4.3 Perforaciones de planchas de aluminio para montaje de interruptores, luces pilotos y bornes.....	65
3.4.4 Montaje de equipos en planchas de aluminio luego del corte por hilo, perforaciones y grabado.....	66
3.4.5 Cableado de módulo didáctico.....	67
CAPÍTULO 4	71
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	71
4.1 Pruebas del sistema de control y topología de red del modulo didáctico.	71
4.1.1 Pruebas de comunicación del módulo didáctico.....	71
4.1.2 Pruebas de monitoreo de la programación realizada y cargada al módulo didáctico.....	72
4.2 Resultados Obtenidos.....	73

CAPÍTULO 5	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
5.1 Conclusiones.....	75
5.2 Recomendaciones.....	75
Bibliografía.....	77
ANEXOS	78
1. Diseño de módulo didáctico.....	78
2. Diagramas para construcción metalmecánica del módulo	78
3. Diagramas eléctricos.....	78
4. Programa de PLC, topología de red profibus y reportes.....	78
5. Modelo de prácticas.....	78
6. Datos técnicos de PLC 314C-2DP	78
7. Manual de conexiones del SENTRON PAC 3200.....	78
ANEXO 1: Diseño de módulo didáctico.....	78
ANEXO 2: Diagramas para construcción metalmecánica del módulo.....	80
ANEXO 3: Diagramas eléctricos.....	78
ANEXO 4: Programa de PLC, topología de red profibus y reportes.....	78
ANEXO 5: Modelo de prácticas.....	78
ANEXO 6: Datos técnicos de PLC 314C-2DP	78
ANEXO 7: Manual de conexiones SENTRON PAC 3200.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 2.1 ESTRUCTURA DE UN PLC.....	6
FIGURA 2.2 PERIFERIA DE ENTRADA Y SALIDA DE UN PLC.....	7
FIGURA 2.3 CICLO DE TRABAJO DE UN PLC	8
FIGURA 2.4 PARTES DE UN PLC S7-300	14
FIGURA 2.5 MONTAJE EN RIEL DE PLC S7-300	19
FIGURA 2.6 EXPANSIÓN USANDO ET-200 TIPO IM.....	20
FIGURA 2.7 EXPANSIÓN MODULAR DE PLC S7-300.....	28
FIGURA 2.8 SENTRON PAC 3200.....	29
FIGURA 2.9 MÓDULO DE COMUNICACIONES.....	34
FIGURA 2.10 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES	37
FIGURA 2.11 COMPONENTES DE UN BUS DE CAMPO.....	39
FIGURA 2.12 TOPOLOGÍA DE RED MAESTRO ESCLAVO.....	40

FIGURA 2.13 TOPOLOGÍA DE RED MAESTRO ESCLAVO CON REPETIDORES.	40
FIGURA 2.14 TOPOLOGÍA DE RED, TOKEN RING ENTRE DISPOSITIVOS MAESTROS.	41
FIGURA 2.15 FMS/DP	43
FIGURA 2.16 PROFIBUS PA/DP EN COMÚN.	44
FIGURA 2.17 TOPOLOGÍA DE RED PROFIBUS DP/PA.	45
FIGURA 2.18 CONECTORES PARA RED PROFIBUS.	46
FIGURA 2.19 RESISTENCIA TERMINAL DE RED PROFIBUS.	47
FIGURA 2.20 ESTRUCTURA DE SEGMENTOS.....	48
FIGURA 3.1 CREACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO.	49
FIGURA 3.2 NOMBRE DEL PROYECTO NUEVO	50
FIGURA 3.3 INGRESO DE BASTIDOR EN HW CONFIG.	50
FIGURA 3.4 SELECCIÓN DEL PLC.	50
FIGURA 3.5 ASIGNACIÓN DE NOMBRE A RED PROFIBUS.....	51
FIGURA 3.6 VELOCIDAD DE RED PROFIBUS	52
FIGURA 3.7 SELECCIÓN DE PLC COMO MAESTRO DE LA RED.....	52
FIGURA 3.8 ASIGNACIÓN DE DIRECCIÓN A PLC	53
FIGURA 3.9 INTEGRACIÓN DE PAC 3200 A LA RED PROFIBUS.	53
FIGURA 3.10 COMPILACIÓN DE PROGRAMA	54
FIGURA 3.11 SELECCIÓN DE DIRECCIÓN DEL BUS EN PAC 3200.....	54
FIGURA 3.12 CONEXIÓN DE PC/ADAPTER.	55
FIGURA 3.13 ENVÍO DE PROGRAMA A PLC.....	55
FIGURA 3.14 TOPOLOGÍA DE RED PROFIBUS DP.	56
FIGURA 3.15 CREACIÓN DEL OB1.....	57
FIGURA 3.16 BLOQUES FC1, FC2, Y DB1.....	58
FIGURA 3.17 LLAMADOS DE FUNCIÓN DESDE EL OB1.	58
FIGURA 3.18 PROGRAMACIÓN FC1.	59
FIGURA 3.19 PROGRAMACIÓN DB1.	59
FIGURA 3.20 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS A VISUALIZAR DEL PAC 3200.	60
FIGURA 3.21 PROGRAMACIÓN FC2	60
FIGURA 3.22 AJUSTE DE INTERFACE.....	61
FIGURA 3.23 ENVIÓ DE PROGRAMAS A PLC	61
FIGURA 3.24 MONITOREO ONLINE DE ENTRADAS Y SALIDAS.....	62
FIGURA 3.25 MONITOREO DE DB1.....	62
FIGURA 3.26 DISEÑO EN CAD DE MÓDULO DIDÁCTICO.	63
FIGURA 3.27 DISEÑO EN CAD DE MÓDULO DIDÁCTICO.	63
FIGURA 3.28 PROGRAMACIÓN DE MAQUINA CORTE POR HILO.....	64
FIGURA 3.29 REVISIÓN DE AVANCE DEL CORTE DE LA PLANCHA.	64
FIGURA 3.30 REVISIÓN DE AVANCE DEL CORTE DE LA PLANCHA.	65
FIGURA 3.31 PERFORACIONES PARA INTERRUPTORES.....	65
FIGURA 3.32 PERFORACIONES PARA LUCES PILOTO.....	66
FIGURA 3.33 MONTAJE DE EQUIPOS	66

FIGURA 3.34 MONTAJE DE INTERRUPTORES Y LUCES PILOTO.....	67
FIGURA 3.35 REVISIÓN DE AVANCE DEL CORTE DE LA PLANCHA.	67
FIGURA 3.36 CORTE DE CANALETA RANURADA.	68
FIGURA 3.37 ARMADO DE DOBLE FONDO PARA CABLEADO DE MÓDULO DIDÁCTICO.....	68
FIGURA 3.38 CABLEADO DE INTERRUPTORES Y LUCES PILOTO.	69
FIGURA 3.39 CABLEADO DE ENTRADAS Y SALIDAS ANÁLOGAS.....	69
FIGURA 3.40 CONEXIÓN DE L1+ Y MASA A BORNERAS.....	70
FIGURA 3.41 CONEXIÓN DE CONECTORES DE RED PROFIBUS.....	70
FIGURA 4.1 CONEXIÓN PC/ADAPTER A PLC.....	71
FIGURA 4.2 CONEXIÓN ENTRE PLC Y MÓDULO DIDÁCTICO.....	72
FIGURA 4.3 ESTABLECIENDO COMUNICACIÓN CON EL MÓDULO DIDÁCTICO.	72
FIGURA 4.4 CARGA TRIFÁSICA	73
FIGURA 4.5 ANÁLISIS DE UNA CARGA TRIFÁSICA.....	73
FIGURA 4.6 MEDICIÓN DE BAJO FACTOR DE POTENCIA.....	74
FIGURA 4.7 MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA MEJORADO.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

TABLA 2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SENTRON PAC 3200.....	32
TABLA 2.2 VELOCIDADES, MÁXIMA LONGITUD Y EXPANSIÓN PERMITIDA DE LA RED PROFIBUS.....	46

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El módulo de prueba está compuesto de un autómata programable S7-300 y un medidor de energía SENTRON PAC 3200, los cuales están integrados a través de una comunicación profibus DP, la comunicación de esta red está dirigida por el autómata programable S7-300, el cual está configurado como maestro de la red profibus DP, y, el medidor de energía SENTRON PAC 3200 como esclavo de la red profibus DP.

Así, luego de diseñado e implementado el módulo de prueba contará con 3 prácticas aplicadas en la industria las cuales estarán documentadas con una guía práctica y reforzaran los siguientes temas (Anexo 5):

1. Medición de parámetros eléctricos en un sistema trifásico balanceado de voltaje.
2. Corrección del factor de potencia en un sistema trifásico balanceado en un motor trifásico
3. Medición de parámetros eléctricos en un sistema trifásico desbalanceado de voltaje.

Este módulo didáctico de adquisición de datos y medición de energía entre el autómata programable S7-300 vía comunicación profibus con el SENTRON PAC3200 contribuye al mejoramiento de las prácticas académicas en el laboratorio de la materia sistemas de medición.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el ámbito industrial en la actualidad se ha visto el crecimiento tecnológico en la industria ecuatoriana lo cual obliga a mejorar los procesos productivos con la ayuda de la automatización.

Esta necesidad da paso a que la industria demande personal con conocimientos en sistemas de automatización lo cual exige a las universidades mejorar sus sistemas de enseñanza e implementar laboratorios didácticos.

El repunte tecnológico exige que muchas de las universidades implementen prototipos, para aplicar los conocimientos teóricos de una manera práctica. En la actualidad la carrera de Ingeniería en Electrónica en Control y Automatismo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil no cuenta con la suficiente cantidad y variedad de módulos de pruebas didácticos adecuados que permitan al estudiante relacionar los conceptos teóricos con los prácticos.

La asignatura sistemas de medición en la actualidad no cuenta con un módulo didáctico de adquisición de datos y medición de energía entre el autómata programable S7-300 y el medidor de energía SENTRON PAC 3200, vía comunicación profibus que facilite el aprendizaje del estudiante. Los conocimientos teóricos deben enlazarse con el aprendizaje práctico de laboratorio para garantizar el aprendizaje dentro de la materia.

1.1.1 Delimitación del Problema

El tema de tesis propuesto está delimitado de la siguiente manera:

Integración de equipos como; el PLC S7-300 de modelo 314C-2DP vía comunicación profibus con el medidor de energía SENTRON PAC 3200, así como también el diseño, construcción e implementación del módulo didáctico.

1.1.2 Justificación

La necesidad de implementar sistemas de enseñanzas con el cual se pueda interactuar de manera dinámica con los estudiantes, complementar los laboratorios con equipos utilizados en la industria, para facilitar el aprendizaje en el monitoreo y control de los equipos a través de medidores de energía, tener una herramienta, para el análisis de los datos medidos y poder tomar decisiones mejorando la eficiencia de la energía eléctrica.

1.2 ANTECEDENTES

La materia de sistemas de medición es dictada en el octavo semestre de la Carrera Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo, durante las prácticas realizadas en la materia es necesario integrar más equipos que faciliten complementar la teoría impartida en esta asignatura, con el fin de que el estudiante desarrolle prácticas aplicadas dentro del ámbito industrial.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General

- ❖ Implementar un módulo de adquisición de datos y medición de energía entre el autómata programable S7-300 integrado a un sistema de comunicación profibus DP con el medidor de energía SENTRON PAC3200 que facilite el aprendizaje del estudiante a fin de poder relacionar los conceptos teóricos con los prácticos, para ser aplicados a la industria.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ❖ Diseñar un módulo didáctico para la asignatura de sistemas de medición de la carrera de Ingeniería en Electrónica en Control y Automatismo de la Facultad Técnica de la UCSG.
- ❖ Construir un módulo didáctico con topología de red de comunicación profibus DP.
- ❖ Programar el módulo didáctico con prácticas aplicadas a la industria.
- ❖ Reforzar lo aprendido de manera teórica con la ayuda del módulo didáctico de pruebas.
- ❖ Fomentar una mejor dinámica de estudio a través del uso del módulo didáctico elaborando una guía de prácticas a realizar con el módulo.
- ❖ Familiarizar a los estudiantes con los diversos equipos industriales utilizados en la construcción de este módulo.

1.4 METODOLOGÍA APLICADA

1.4.1 Método

Las metodologías utilizadas y aplicadas en esta tesis son:

- Método de la Inducción y Deducción.
- Método de Medición y Observación.

1.4.2 Justificación del método

Las metodologías fueron utilizadas debido a las siguientes razones:

El módulo didáctico implementado contribuirá a realizar prácticas más dinámicas que integren los conceptos estudiados de la asignatura sistema de medición.

Así mismo el módulo didáctico podrá ser utilizado de manera interactiva con un computador, para establecer mediante la comunicación profibus DP implementada, el monitoreo de las variables programadas a fin de poder medir y observar la variables eléctricas medidas por el PAC 3200 y enviadas por comunicación profibus DP al PLC 314C-2DP.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 PLC

P.L.C. (Programmable Logic Controller) significa Controlador Lógico Programable.

Los Controladores Lógicos Programables (PLCs), también llamados autómatas programables, forman parte de la familia de los ordenadores. Se usan en aplicaciones comerciales e industriales. Un autómata monitoriza las entradas, toma decisiones basadas en su programa, y controla las salidas para automatizar un proceso o máquina. (Figura 2.1)

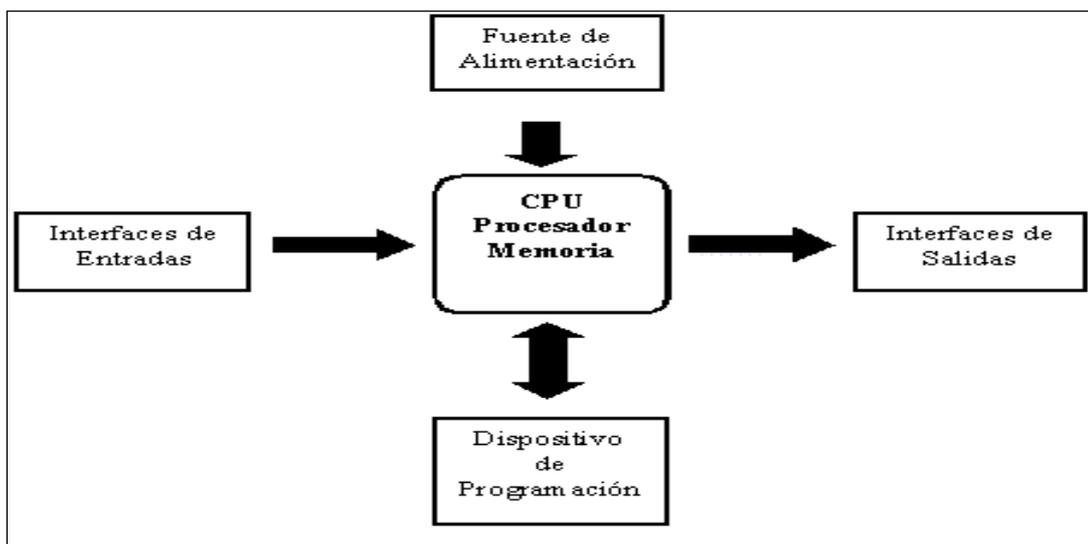


Figura 2.1 Estructura de un PLC.

(PROFESORES- FRC, 2012)

Para explicar el funcionamiento del PLC, se pueden distinguir las siguientes partes: (Figura 2.2)

- ❖ Interfaces de entradas y salidas
- ❖ CPU (Unidad Central de Proceso)
- ❖ Memoria
- ❖ Dispositivo de programación.

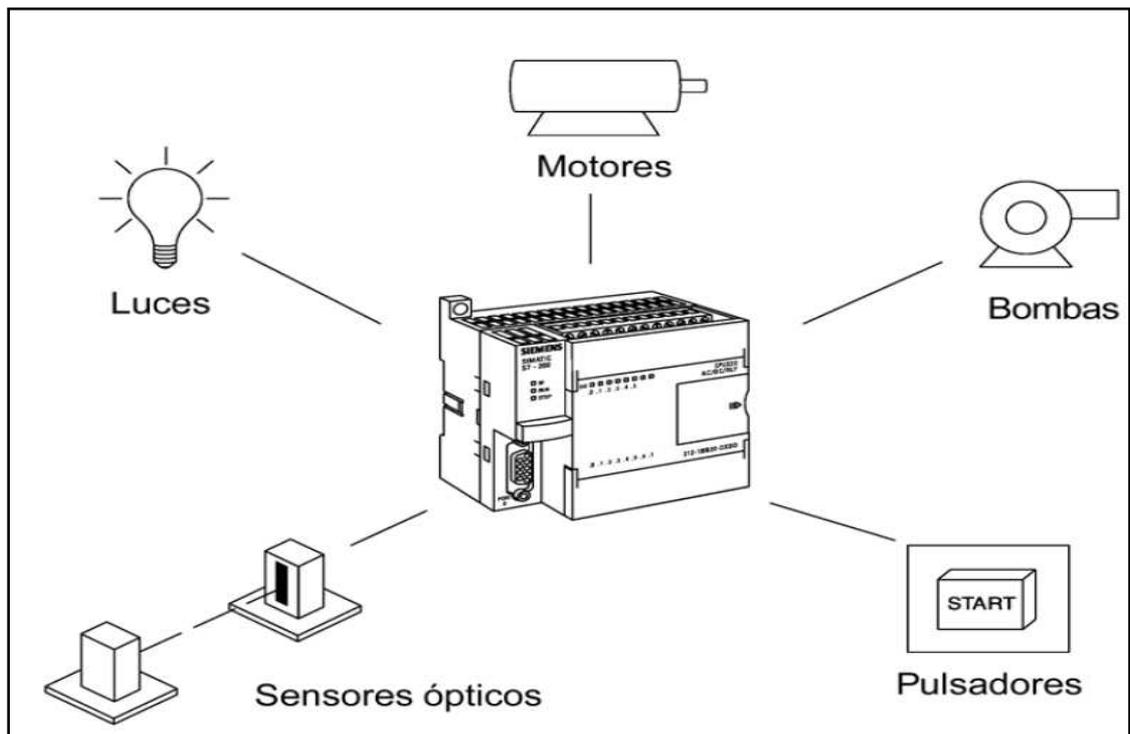


Figura 2.2 Periferia de entrada y salida de un PLC.

(SIEMENS, 2012)

El usuario ingresa el programa a través del dispositivo adecuado (un cargador de programa o PC) y éste es almacenado en la memoria de la CPU.

La CPU, que es el "cerebro" del PLC, procesa la información que recibe del exterior a través de la interfaz de entrada y de acuerdo con el programa, activa una salida a través de la correspondiente interfaz de salida.

Evidentemente, las interfaces de entradas y salidas se encargan de adaptar las señales internas a niveles de la CPU. Por ejemplo, cuando la CPU ordena la

activación de una salida, la interfaz adapta la señal y acciona un componente (transistor, relé, etc.)

Al comenzar el ciclo, la CPU lee el estado de las entradas. A continuación ejecuta la aplicación empleando el último estado leído. Una vez completado el programa, la CPU ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación. Al final del ciclo se actualizan las salidas. El tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, del número de entradas y salidas, además de la cantidad de comunicación requerida. (Figura 2.3)

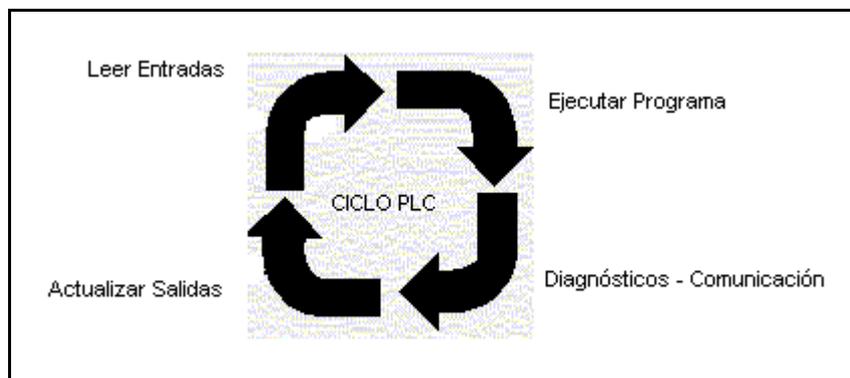


Figura 2.3 Ciclo de trabajo de un PLC

(PROFESORES- FRC, 2012)

- ❖ Leer entradas Ejecutar programa
- ❖ Ciclo PLC
- ❖ Actualizar salidas Diagnósticos-Comunicación

2.1.1 Clasificación Del PLC

Debido a la gran variedad de distintos tipos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros, es posible clasificar los distintos tipos de PLC en las siguientes categorías:

- ❖ PLC tipo Nano.

- ❖ PLC tipo Compactos.
- ❖ PLC tipo Modular.

2.1.1.1 PLC tipo Nano:

Generalmente el PLC de tipo nano (Fuente, CPU, entradas y salidas integradas) que puede manejar un conjunto reducido de entradas y salidas, generalmente en un número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

2.1.1.2 PLC tipo Compacto:

Estos PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de entradas y salidas en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas entradas y salidas hasta varios cientos (alrededor de 500 entradas y salidas) , su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- ❖ Entradas y salidas análogas.
- ❖ Módulos contadores rápidos.
- ❖ Módulos de comunicaciones interfaces de operador expansiones de entradas y salidas.

2.1.1.3 PLC tipo Modular:

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- ❖ Rack.
- ❖ Fuente de Alimentación.
- ❖ CPU.
- ❖ Módulos de entradas y salidas.

De estos tipos existen desde los denominados MicroPLC que soportan gran cantidad de entradas y salidas, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de entradas y salidas.

2.1.2 Características Del PLC

Un microprocesador puede tener como unidades de acoplamiento los módulos de entradas y salidas.

Si en su memoria se sitúa la adecuada secuencia de instrucciones, resulta evidente que un microcomputador se puede comportar igual que un autómatas programable realizado con una unidad lógica. Pero además, un microcomputador es capaz de ejecutar un programa de control, no solo con variables de entradas y salidas digitales sino también analógicas y puede incorporar interfaces o procesadores de comunicaciones.

Además las siguientes características:

- ❖ Posee unidades de entradas y salidas de variables digitales y analógicas, así como unidades de entradas y salidas especiales.
- ❖ Posee procesadores de comunicaciones para realizar su conexión con sistemas externos (unidades de desarrollo del programa de control, unidades de entradas y salidas distribuidas, etc.).
- ❖ Posee una unidad de memoria de acceso aleatorio dividida en tres partes que deben tener un comportamiento diferente en relación con la permanencia (volatilidad) de la información al dejar de aplicarles la tensión de alimentación.

2.1.2 Aplicaciones Del PLC

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 procesos en que se producen necesidades tales como:

- ❖ Espacio reducido.
- ❖ Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- ❖ Procesos secuenciales.
- ❖ Maquinaria de procesos variables.
- ❖ Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- ❖ Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Ejemplos de aplicaciones generales:

- ❖ Señalización y control.
- ❖ Chequeo de programas.

- ❖ Señalización del estado de procesos.
- ❖ Máquina troqueladora para realizar sobres de papel.
- ❖ Envasadora automática de botellas y frascos.
- ❖ Sistema de control de entradas y salidas de personal de una empresa.
- ❖ Planta productora de hormigón y asfalto.
- ❖ Máquina terminadora de asfalto (Máquina vial).
- ❖ Plantas de tratamiento de agua para consumo humano.
- ❖ Planta formuladoras de productos alimenticios.
- ❖ Dosificación de productos en la industria química.
- ❖ Curtido de cueros.
- ❖ Transportes de material a granel.
- ❖ Transporte de sustancias líquidas.
- ❖ Almacenamiento de stock automatizado.

2.1.3 Aspectos Generales del S7-300

Este autómata de SIEMENS ideado especialmente para aumentar la cadencia y disminuir sensiblemente los tiempos de ciclo, respuesta y aumentar la calidad del proceso, opera más allá de los límites de prestaciones anteriores, asegurando la adquisición y tratamiento de señales (analógicas o digitales) a cualquier velocidad y en cualquier forma en que se presenten, de allí que es ideal para usarlo en maquinarias de embalaje y en máquinas herramientas, sector agroalimentario o en industria química o farmacéutica.

Posee una CPU cuya velocidad es 100 veces mayor a las convencionales (la más potente de sus 5 CPU no necesita más de 0,3 ms para ejecutar 1024

instrucciones binarias y no mucho más al procesar palabras), una Memoria de programa de 16K instrucciones de capacidad máxima, 1024 entradas y salidas digitales y 32 módulos dentro de un solo sistema (para tareas especiales se ofrecen módulos específicos), alta potencia de cálculo con hasta aritmética de 32 bits en coma flotante e interfaces multipunto o puerto MPI.

Pequeño, extremadamente rápido y universal son las características más importantes de éste PLC, además de su modularidad, sus numerosos módulos de extensión, su comunicabilidad por bus, sus funcionalidades integradas de visualización y operación así como su lenguaje de programación bajo entorno Windows 7, 32 BIT.

2.1.4 Principales Componentes Del PLC

El autómata programable consta de los siguientes componentes: (Figura 2.4)

- ❖ Unidad central de procesamiento (CPU), que constituye el "cerebro" del sistema y toma decisiones en base a la aplicación programada.
- ❖ Módulos para señales digitales y analógicas.
- ❖ Procesadores de comunicación (CP) para facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina o entre máquinas. Se tiene procesadores de comunicación para conexión a redes y para conexión punto a punto.
- ❖ Módulos de función (FM) para operaciones de cálculo rápido.

Existen otros componentes que se adaptan a los requerimientos de los usuarios:

- ❖ Módulos de suministro de energía.

- ❖ Módulos de interfaces para conexión de racks múltiples en configuración multi-hilera.

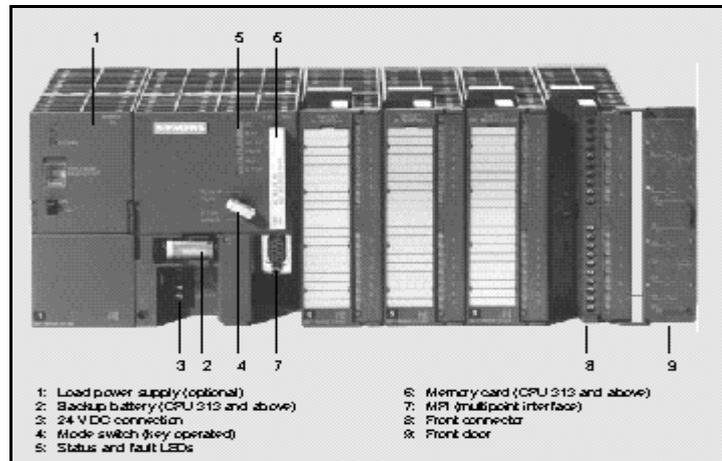


Figura 2.4 Partes de un PLC S7-300

(PROFESORES- FRC, 2012)

En los módulos de entradas pueden ser conectados:

- ❖ Sensores inductivos, capacitivos, ópticos
- ❖ Interruptores
- ❖ Pulsadores
- ❖ Llaves
- ❖ Finales de carrera
- ❖ Detectores de proximidad

En los módulos de salidas pueden ser conectados:

- ❖ Contactores
- ❖ Electroválvulas
- ❖ Variadores de velocidad
- ❖ Alarmas

2.1.5 Tamaño del S7-300

El tamaño de la CPU (independientemente del modelo) es de 80 mm de largo, 125 mm de alto y 130 mm de profundidad. En cuanto a los módulos, sus medidas son 40 mm x 125 mm x 130 mm, respectivamente.

Además, el S7-300 requiere una alimentación de 24 VDC. Por ésta razón, los módulos (fuentes) de alimentación de carga transforman la tensión de alimentación de 115/230 VAC en una tensión de 24 VDC. Los módulos de alimentación se montan a la izquierda junto a la CPU.

2.1.6 Descripción de los 5 Módulos Centrales

El sistema modular comprende de cinco CPU para distintas exigencias, módulos de entradas y salidas analógicas y digitales, módulos de función de contaje rápido, posicionamiento de lazo abierto y lazo cerrado, así como módulos de comunicación para el acoplamiento a redes en bus.

La CPU más potente puede tratar 1024 instrucciones binarias en menos de 0,3 ms. Pero como las instrucciones puramente binarias constituyen más bien la excepción, tenemos que mencionar los tiempos de ejecución de las instrucciones mixtas: 65% de instrucciones con bits y un 35% con palabras, el más rápido de los autómatas puede con 1K en sólo 0,8 ms.

Otro detalle es la simplicidad de diagnóstico. Los datos de diagnóstico de todo el autómata están fijamente almacenados en la CPU (hasta 100 avisos). Estos datos pueden consultarse centralizadamente en la CPU, ya que todos los módulos relevantes son accesibles vía interfaces MPI de ésta, lo que permite

ahorrarse gastos suplementarios y evita molestas manipulaciones de conectores.

En una configuración de PLC en red, el puesto central de mando puede acceder directamente a cualquier CPU y a cualquier módulo de función, a cualquier panel de operador y a cualquier procesador de comunicaciones de la red, todo ello sin hardware ni software adicional.

El sistema de diagnóstico inteligente de la CPU se activa al reemplazar un módulo: se encarga de verificar si la configuración del autómatas es aún compatible y evita así funcionamientos anómalos en la instalación, incluso la destrucción de módulos.

Además realiza automáticamente el registro de la hora y la memorización de los fallos, contribuyendo así a un diagnóstico rápido y puntual a posterior, cuando ya no se manifieste más el defecto o cuando éste sea de naturaleza esporádica.

Si nombramos sus características generales, tenemos:

- ❖ Los cinco ofrecen hasta 2048 marcas, 128 temporizadores y 64 contadores.
- ❖ Según el tipo de CPU, una parte de ellos o su totalidad puede hacerse remanente, es decir, no volátil.
- ❖ La salvaguarda y gestión de datos está asegurada por una memoria especial exenta de mantenimiento y que funciona sin pila (depende del tipo de CPU).

1. CPU 312 IFM

Este es capaz de procesar 1024 instrucciones binarias en 0,6 ms. Es la solución óptima para aplicaciones que requieren funciones simples como contaje y medición de frecuencias.

Para tareas sencillas no hay más que usar la función Contador con dos canales para contar atrás y adelante (el contador puede contar señales de hasta 10 Khz y tiene un ancho de banda de 32 bits).

Puesto que ésta CPU lleva incorporada una memoria para el programa de usuario, (E) EPROM y dispositivos de respaldo sin pilas, no necesita mantenimiento alguno.

2. CPU 313

Es similar al CPU 312 IMF con la diferencia de que tiene el doble de memoria. Además permite guardar el programa en una Memory Card, con lo cual éste autómata tampoco requiere mantenimiento.

3. CPU 314

Ejecuta el programa al doble de velocidad, es decir, en 0,3 ms. Por 1K de instrucciones binarias.

Tampoco hay peligro de perder datos pues también permite guardar el programa en una Memory Card tipo Flash-EEPROM.

4. CPU 315

Tiene la misma rapidez que la CPU 314 (1K de instrucciones al bit en 0,3ms.), pero dos veces más de memoria (48 Kbytes), es decir, para más de 16.000 instrucciones.

También contiene una memoria Flash del tipo EPROM que le permite salvaguardar los datos. Además, el reloj está asociado a un acumulador de energía enchufable dotado de una reserva de marcha de 4 semanas en caso de falla de la red.

5. CPU 315-2DP

Si se configura el S7-300 con ésta CPU, es posible extender el autómata a 64 estaciones DP (periferia descentralizada), totalizando más de 1000 entradas/salidas a varios kilómetros de distancia y con puertos abiertos y normalizados.

Esta posibilidad que brinda el CPU 315-DP, confiere una flexibilidad total, ya que permite la libertad de direccionamiento de entradas/salidas centralizadas y descentralizadas.

2.1.7 Montaje e Interconexión de los Módulos

El diseño simple permite que el S7-300 sea flexible y fácil de utilizar.

Rieles de montaje DIN: Los módulos son enganchados de la parte superior del riel, ajustándola hasta el tope y luego atornillando arriba y abajo.

En cuanto a la interconexión de módulos se refiere, éstos llevan incorporados el bus posterior (de fondo de panel), lo que significa que no hay más que enchufar los conectores de bus suministrados en la parte posterior de la carcasa y así, todos los módulos quedarán correctamente interconectados. (Figura 2.5)

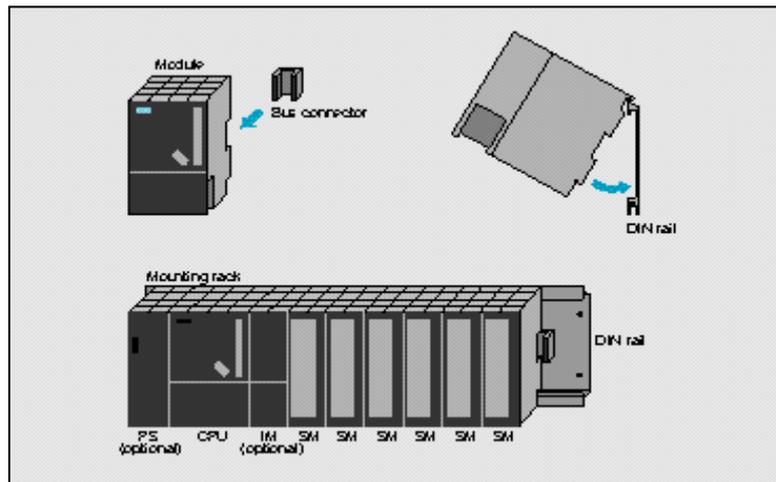


Figura 2.5 Montaje en Riel de PLC S7-300

(PROFESORES- FRC, 2012)

Además, si se requiere montar una CPU o cambiar solamente un módulo, oprimiendo un pulsador se suelta el conector frontal, quedando a la vista el esquema de conexiones del módulo; por su parte, los conectores frontales están codificados por lo que resulta imposible enchufarlos accidentalmente en un módulo equivocado (además, el plano de conexiones está situado en la parte interior de la tapa frontal, por lo que siempre estará disponible) y, en posición de montaje, se interrumpe la conexión eléctrica.

Otra ventaja que tiene el S7-300 es el sistema de pre cableado (llamado SITOP) que se compone solamente de elementos pasivos, tales como

conectores frontales, cables planos en vaina redonda, bloques de bornes y además el cableado ya viene preparado. Este sistema permite establecer conexiones a 1, 2 ó 3 hilos con toda facilidad y evitar errores en el cableado.

Es especialmente útil cuando los módulos de entradas y salidas, sensores y actuadores conectados se encuentran a una distancia de 30 mts, como máximo.

2.1.8 Prestaciones

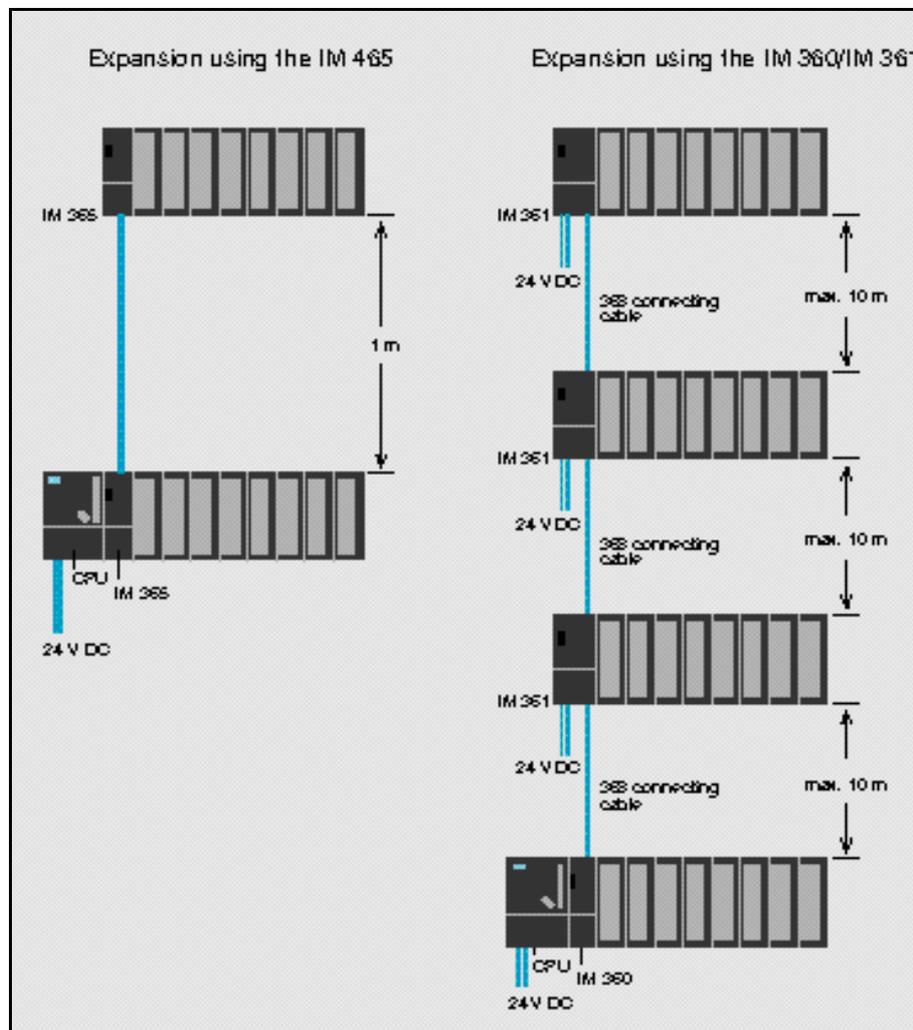


Figura 2.6 Expansión usando ET-200 tipo IM

(SIEMENS, 2012)

La CPU permite montar 256 entradas y salidas digitales en un sólo perfil y, si bien es cierto que en la fila central sólo caben 8 módulos de entradas y salidas, además de la CPU, pueden emplearse otras cuatro filas de éste tipo:

Por ejemplo, la CPU 314 permite incorporar hasta 32 módulos, repartidos en cuatro filas. (Figura 2.6)

Para enlazar las distintas filas basta usar los módulos de interconexión, también llamados interfaces (IM).

Estos se encargan por sí solos de comunicar las demás filas, incluso salvando las distancias de hasta 10 mts.

Los módulos de interconexión son dos: IM360 e IM361. El IM360 se monta en la fila central y por cada fila adicional se coloca un IM361, respectivamente. Si solo necesita una fila adicional, la pareja de módulos IM365 es la más económica (el primero de ellos se coloca en la fila central y el segundo, en la fila adicional).

- ❖ **Pueden ser instalados 32 módulos en 4 racks:** un total de 3 racks de expansión pueden ser conectados al rack central. Ocho módulos pueden ser conectados en cada rack.
- ❖ **Módulos de conexión vía interfaces:** cada rack tiene su propio módulo de interfaces. Este es siempre conectado en la ranura adyacente al CPU.
- ❖ **Instalación separada:** los racks individuales pueden ser instalados también en forma separada. La distancia máxima entre racks es de 10 metros

- ❖ **Distribución versátil:** los racks pueden ser instalados horizontalmente o verticalmente, de manera de obtener la distribución óptima en el espacio del que se dispone.

2.1.8 Tipos de Módulos Disponibles

Tanto si son analógicas o digitales como si son entradas o salidas, éste autómata trata las señales a medida que se van presentando.

- ❖ **Módulos de entradas digitales**

Los módulos de entradas digitales convierten las señales digitales externas del proceso al nivel interno del autómata.

Por ejemplo, si se va a utilizar detectores de proximidad o finales de carreras con una tensión de 24 VDC, se debe elegir el modulo de entrada de 24 V., que le ofrece 16/32 entradas y conecta los sensores con separación galvánica y en grupos de 8 entradas con contacto común.

Para señales de corriente alterna de 120 ó 230 V., existe un módulo de 8 canales que se encarga de traducir las señales para que las pueda leer el autómata.

- ❖ **Módulos de salidas digitales**

Los módulos de salidas digitales convierten las señales internas del S7-300 en señales externas adaptadas al proceso.

Por ejemplo, si desea conectar electroválvulas, contactores, pequeños motores, lámparas, etc., entonces necesitará un módulo de éste tipo. En lo que

respecta a los actuadores de 24 VDC, como por ejemplo contactores y válvulas, el autómata ofrece varias alternativas como ser: desde módulos de 16/32 canales y 0,5 A. Con separación galvánica hasta módulos de relé de 8 a 16 canales.

❖ **Módulos de entradas analógicas**

Este convierte las señales analógicas en señales digitales, para que el autómata procese internamente. Se puede conectar sensores y emisores de señal de tipo tensión o intensidad, resistencia, así como termopares y termo resistencias y se puede elegir entre módulos que van de los 2 a 8 canales.

❖ **Módulos de salidas analógicas**

Este módulo convierte las señales digitales del S7-300 en señales analógicas para el proceso. Es una herramienta indispensable para convertidores de frecuencias, regulaciones, etc. Además dispone de 2 ó 4 canales y tiene una resolución de 4 bits, con posibilidad de configuración para señales tipo tensión o corriente.

❖ **Módulos económicos**

Este módulo es especial cuando el factor económico es fundamental. Tiene una resolución de 8 bits, convierte señales analógicas en digitales y viceversa, y está dotado de 4 entradas y 2 salidas.

❖ **Módulos de función para tareas especiales**

Son módulos de contaje rápido que superan el ámbito de los 100 kHz y son idóneos para medir frecuencias, procesar los valores medidos, medir revoluciones o longitudes, así como para realizar tareas de posicionamiento.

Se ofrecen diversos módulos de posicionamiento para controlar tareas de posicionamiento, motores pasos a paso, así como para simular controladores de levas y accionamiento de 2 marchas (lenta/rápida).

❖ **Módulo de simulación**

Este módulo se utiliza para comprobar el programa de aplicación antes de poner el sistema en marcha, o durante su funcionamiento. Este módulo permite simular señales de sensores mediante interruptores y averiguar los estados de señal de las salidas por medio de indicadores LED. Se monta en lugar de un módulo de entradas y salidas digitales.

❖ **Módulo de suministro de energía**

Este módulo es la fuente de alimentación del autómatas que transforma la tensión externa de suministro en la tensión operativa interna. Las tensiones de alimentación posibles para el S7-300 son: 24 VCC, 115 VCA o 230 VCA.

❖ **Módulos de interconexión o interface**

Estos módulos permiten la comunicación entre los distintos racks. Se encuentran IM360, IM361, IM 365.

2.1.9 Prestaciones Especiales Del PLC

El PLC ofrece otras prestaciones de hardware y software que aumentan su flexibilidad. A continuación se describen algunas de estas prestaciones:

- ❖ **Contadores de alta velocidad:** Diseñados para contar a mayor velocidad que el autómata programable, son capaces de detectar eventos, pudiendo contar tres trenes de impulsos simultáneamente y cambiar el sentido de cómputo.
- ❖ **Protección con contraseña:** Permitiendo el usuario definir su propia contraseña se puede prevenir el acceso no autorizado a las funciones y a la memoria del autómata programable.
- ❖ **Función de forzado:** Forzar entradas y salidas aunque no estén presentes en el programa; puede utilizarse en modo RUN o STOP.
- ❖ **Modo Freeport:** El usuario puede definir desde el esquema de contactos los parámetros para las interfaces de comunicación, lo que permite ampliar las posibilidades de conexión con otras unidades inteligentes, tales como impresoras, lectores de códigos de barras, balanzas, etc.
- ❖ **Marcas especiales:** Se trata de bits de datos internos que ejecutan funciones de estado y control entre el sistema y el programa.
- ❖ **Direccionamiento simbólico:** Permite utilizar en el programa un nombre simbólico asignado a un punto de entradas y salidas como operando.
- ❖ **Libre mantenimiento:** El condensador de alto rendimiento hace superfluo el uso de pilas para respaldar los datos en la memoria.

2.1.10 Comunicación

El SIMATIC S7-300 tiene diferentes interfaces de comunicación:

- ❖ Procesadores de comunicación CP 343-5, CP 343-1 y CP 343 TCP para conexión al PROFIBUS y sistemas bus de Ethernet Industrial.
- ❖ Procesador de comunicaciones CP 340 para conexión a sistemas punto a punto.
- ❖ La interface multipunto (MPI) está integrada al CPU; para conexión simultánea de los mandos de programación, PC, sistemas MMI y sistemas de automatización SIMATIC S7, M7 o C7.

2.1.10.1 Mecanismos de Comunicación

El SIMATIC S7-300 tiene varios mecanismos de comunicación:

- ❖ Intercambio cíclico del conjunto de datos entre redes de CPU mediante la comunicación global de datos.
- ❖ Comunicación de resultado transmitido por las redes utilizando bloques de comunicación.

Mediante el servicio de comunicación global de datos, las redes de CPU pueden intercambiar datos cíclicamente con cada una de las otras unidades centrales de procesamiento. Esto permite a uno CPU acceder a la memoria de datos de otra CPU. La comunicación global de datos solo puede ser enviada vía interfaces multipunto (MPI).

2.1.10.2 Funciones de Comunicación

El PLC, al ser un elemento destinado a la Automatización y Control, teniendo como objetivos principales el aumento de la Productividad y la disminución de

los Tiempos Ciclos, no puede o mejor dicho no es un simple ejecutador de datos almacenados en su memoria para transmitir directivas a sus dispositivos que controla.

Es decir, debe ser un elemento que en cualquier momento sea capaz de cambiar la tarea que realiza con simples cambios en su programación, ésta tarea sería imposible sin la ayuda de otros dispositivos tales como PC's, programadoras o paneles de control, dispositivos de campo, PLC's, etc.

Por lo tanto necesitamos COMUNICAR al PLC. Estos conceptos no son otros en los que se basa la Fabricación Flexible, y una comunicación eficiente depende esencialmente de la red en la que se encuentra trabajando el PLC. No solamente el PLC sino también los computadores industriales, unidades de programación, etc., que una vez conectados todos a la red, desde cualquier punto es posible acceder a cada uno de los componentes.

En particular el S7-300 de Siemens viene dotado con 3 interfaces para trabajar en equipo o red, ellos son:

- ❖ **El M.P.I. (Interface Multi Punto)**
- ❖ **El P.P.I. (Interface Punto por Punto)**
- ❖ **El Profibus-DP**

Existen además a nivel industrial otras redes tales como la Profibus-FMS, Industrial Ethernet, etc., pero no intervendrán en nuestro trabajo a pesar de que también puede ser conectado a cualquiera de ellas.

2.1.11 Ventajas Del PLC

Las ventajas en el uso del PLC comparado con sistemas basados en relé o sistemas electromecánicos son: (Figura 2.7)

- ❖ Flexibilidad: Posibilidad de reemplazar la lógica cableada de un tablero o de un circuito impreso de un sistema electrónico, mediante un programa que corre en un PLC.
- ❖ Tiempo: Ahorro de tiempo de trabajo en las conexiones a realizar, en la puesta en marcha y en el ajuste del sistema.
- ❖ Cambios: Facilidad para realizar cambios durante la operación del sistema.
- ❖ Confiabilidad.
- ❖ Flexibilidad de expansión.
- ❖ Espacio.
- ❖ Modularidad.
- ❖ Estandarización.

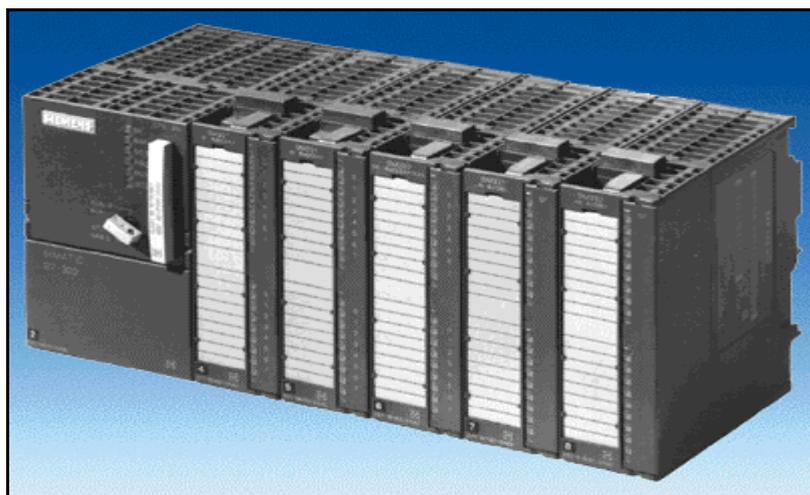


Figura 2.7 Expansión modular de PLC S7-300

(PROFESORES- FRC, 2012)

2.2 MEDIDOR DE ENERGÍA SENTRON PAC3200

Todo aquel que desea reducir los costos de energía necesita tener, en primer lugar, un panorama claro del consumo de la energía y de su circulación por la instalación. El multimedidor SENTRON PAC3200 permite conocer los consumos con total precisión. En forma exacta y confiable capta los valores de la energía en salidas o consumidores individuales de la instalación eléctrica.

Además, mide los valores característicos más importantes, tales como intensidad de la corriente eléctrica, tensión y potencia. (Figura 2.8)

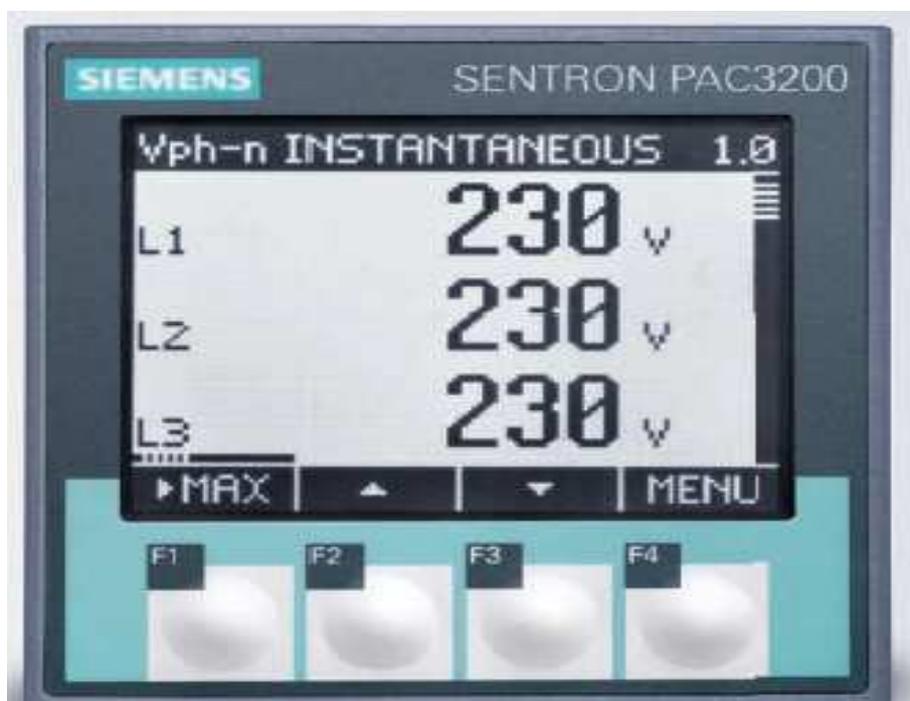


Figura 2.8 SENTRON PAC 3200

(SIEMENS, 2011)

El multimedidor SENTRON PAC3200 puede aplicarse en todos aquellos puntos donde se consume energía eléctrica. Capta diferentes valores de medición y los representa en un display LCD gráfico.

La conexión del instrumento SENTRON PAC3200 con los sistemas de automatización y gestión de energía de nivel superior es extremadamente sencilla. Estos sistemas podrán procesar los valores de medición que le suministra el instrumento según esté programado. En estas funciones se debe destacar la potencia de los paquetes de software, SIMATIC PCS 7 powerrate y SIMATIC WinCC powerrate.

2.2.1 Medición de energía eléctrica con el multimedidor SENTRON PAC3200

El multimedidor SENTRON PAC3200 permite medir energía activa, reactiva y aparente. Los valores de energía podrán determinarse tanto para la tarifa alta como para la baja. El instrumento SENTRON PAC3200 mide los valores de la potencia y energía en los cuatro cuadrantes, es decir, capta por separado cuando el sistema toma energía y cuando la entrega. Además, este multimedidor posibilita el registro de los valores medios de la potencia activa y reactiva en un periodo de medición. Luego, estos valores podrán procesarse en un sistema de gestión de la energía eléctrica para obtener la evolución de la(s) carga(s). Para esto, en condiciones típicas, se utilizan los valores de periodos de 15 minutos.

2.2.2 Características del SENTRON PAC 3200

El SENTRON PAC3200 capta más de 50 magnitudes eléctricas, tales como tensiones, intensidades de la(s) corriente(s), potencias, valores de la energía eléctrica, frecuencia, factor de potencia, simetría y THD. (ThirdHarmonic Distortion / distorsión de tercera armónica). Para las magnitudes de medición no sólo se capta el valor de medición actual sino también el mínimo y el máximo (función agujas de arrastre). El multimedidor SENTRON PAC3200

puede conectarse en redes monofásicas o polifásicas con y sin conductor del centro estrella. Una particularidad importante es que permite medir en forma directa tensiones de 400 V respecto al neutro y 690V entre fases. Por lo tanto, el instrumento SENTRON PAC3200 se puede utilizar sin problemas en redes de 690 V. Además, podrán realizarse mediciones por medio de transformadores de tensión requiriendo sólo el ajuste correspondiente a la relación de transformación. Las entradas para corrientes fueron diseñadas para mediciones con transformadores de intensidad de 1Amp - 5Amp.

La exactitud de las mediciones no tiene precedentes en esta clase de instrumentos: para potencias es del 0,5 %, para tensiones, 0,3 % y en el caso de las intensidades de la corriente, 0,2 %.

El multimedidor puede supervisar un valor máximo o mínimo para un total de hasta seis magnitudes de medición. La función lógica integrada permite vincular las seis magnitudes de medición supervisadas. De serie, el multimedidor SENTRON PAC3200 está equipado con una entrada y una salida multifuncional. Esta salida puede utilizarse como de impulsos, alarma o de conmutación. La entrada, por ejemplo, se podrá usar para contar impulsos o para conmutar entre registro en tarifa alta o baja. (Tabla 2.1)

Funciones Integradas		
Valores eficaces momentáneos		
Tensión	Fase-fase / Fase-neutro	√
Intensidades de la corriente	Por fase	√
Potencia activa, reactiva y aparente	Por fase y total	√
Factor de potencia	Por fase y total	√
Frecuencia de red		√
THD de la tensión e intensidad de la corriente	Por fase	√
Valores mínimo/máximo	Función agujas de arrastre	√
Valores medios	Para todas las fases	√
Registro de energía por medidor		
Energía activa	Suministro y realimentación; tarifa alta / baja	√
Energía reactiva	Positiva / negativa; tarifa alta / baja	√
Energía aparente	Tarifa alta / baja	√
Demanda de energía por periodo de medición	Valor medio de la potencia activa y la reactiva	√
Periodo de medición ajustable		de 1...60 minutos
Valores mínimos/máximos de la potencia en el periodo de medición		√
Cuenta-horas de servicio	Tiempo en el que se consumió energía	√
Contador universal	Por ejemplo, para conteo de los impulsos de energía de medidores externos o similares	√
Límites de errores		
Tensiones / intensidades de la corriente		±0,3 % / ±0,2 %
Potencias		±0,5 %
Energía activa		Clase 0,55 según la norma IEC 62053-22
Energía reactiva		Clase 2 según la norma IEC 62053-22
Funciones de supervisión		
Supervisión de valores límite		Hasta 6 valores límites
Funciones lógicas sencillas para la combinación de valores límites		√
Asimetría	Tensión e intensidad de la corriente	√
Comunicación		
Ethernet (Integrada)	Velocidad máxima de transferencia	10 Mbit/s
	Protocolos	A elección SEAbus TCP o MODBUS TCP (conmutables)
Módulo de ampliación (opcional) SENTRON PAC PROFIBUS DP	Módulo de ampliación opcional *Asignación de parámetros en el centro del aparato *Selección de valores de medición a transmitir por archivo GSD *Se soportan todas las velocidades de baudios desde 9,6 Kbit/s hasta 12 Mbit/s	√
	Velocidad máxima de transferencia	12 Mbit/s
	Protocolo	DPV 1
Módulo de ampliación (opcional) SENTRON PAC RS485	Velocidad de transferencia	A elección 4,8 / 9,6 / 19,2 / 38,4 kBd
	Protocolo	A elección SEAbus o MODBUS RTU (conmutables)
Entradas/Salidas		
Entrada digital	Multifuncional	1
Salida digital	Multifuncional	1

Tabla 2.1 Características del SENTRON PAC 3200.

(SIEMENS, 2011)

2.2.3 Configuraciones del SENTRON PAC3200

2.2.3.1 Comunicación por medio de Ethernet

Como equipamiento estándar, el multimedidor SENTRON PAC3200 posee una interfaz Ethernet y, por lo tanto, no requiere hardware adicional. Esto ahorra espacio y costos. Así, el instrumento se puede configurar a través de redes LAN, y por estas también podrán transmitirse los datos de medición. Para esto podrá seleccionarse entre el protocolo de sistema de Siemens SEAbus TCP y Modbus TCP. Una interfaz Ethernet en un aparato de esta clase es una singularidad que señala un futuro prometedor.

2.2.3.2 Configuración con el software SENTRON powerconfig

El software SENTRON powerconfig permite configurar el aparato. Este software asiste en la asignación de los más variados parámetros de los instrumentos en una forma muy sencilla. Esta es una considerable ventaja, en especial, cuando a numerosos instrumentos deben asignarse parámetros similares.

2.2.3.3 Módulo de ampliación SENTRON PAC PROFIBUS DP

Para la transmisión de datos por medio de Profibus DP con velocidades de transferencia de hasta 12 Mbit/s, soporta el Protocolo DPV1.

2.2.3.4 Borneras

Para la medición de tensión, intensidad de la corriente, tensión auxiliar y entradas y salidas digitales, así como para conexiones con terminales a ojal.

2.2.3.5 Módulo de ampliación SENTRON PAC RS 485

Para la transmisión de datos por medio de MODBUS RTU y SEAbus con velocidades de transferencia de hasta 38,4 kBd.

2.2.3.6 Gestión de la energía y SENTRON PAC3200

Los módulos opcionales de ampliación, SENTRON PAC PROFIBUS DP o SENTRON PAC RS 485, permiten integrar en forma sencilla el instrumento de medición multifunción en cualquier sistema de gestión de energía eléctrica o de automatización. A través de esta comunicación el multimedidor SENTRON PAC3200 suministra valores de medición a los sistemas de nivel superior. En estos sistemas los datos podrán procesarse luego para conformar indicaciones o funciones de control. (Figura 2.9)

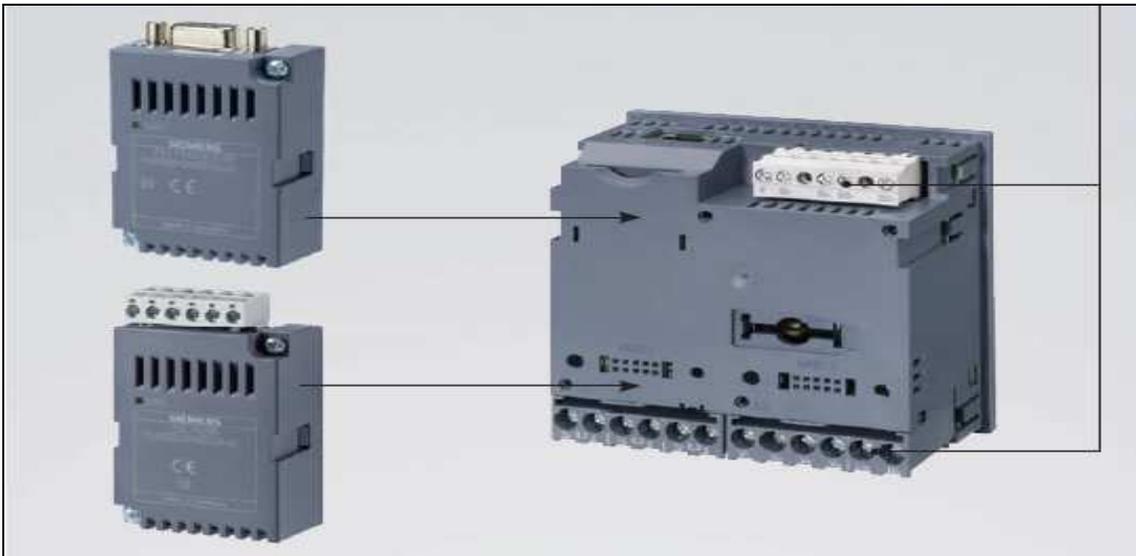


Figura 2.9 Módulo de comunicaciones.
(SIEMENS, 2011)

2.2.4 Aplicaciones del SENTRON PAC3200

2.2.4.1 Múltiples campos de aplicación

- ❖ Conexión directa a redes industriales con tensiones de hasta 690 V, CAT III.
- ❖ Es posible realizar mediciones a través de transformadores de tensión.
- ❖ Conexión a transformadores de intensidad x/1 A ó x/5 A.
- ❖ Uso en instalaciones que requieran aprobaciones UL/CSA.
- ❖ Utilización en condiciones ambientales extremas: están protegidos contra polvo y chorros de agua (IP 65) por medio de una junta de goma incorporada.
- ❖ Desarrollados y probados de acuerdo con normas europeas e internacionales.

2.3 REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIALES.

Bus de Campo: Redes digitales bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie que conectan dispositivos de campo como transductores, actuadores, sensores, módulos de E/S, controladores de velocidad, terminales de operador con los sistemas de control: PLC's, PC's, NC, RC, etc...

Normalmente son sistemas abiertos. Buses DeviceNet, WorldFip, Foundation Fieldbus, Modbus, Interbus y Profibus.

Comunicación en el Nivel de Campo, requisitos:

- ❖ Sistema robusto y resistente al ambiente industrial.

- ❖ Requisitos temporales críticos, transmisión de los datos del proceso en tiempo real (determinística), en forma cíclica.
- ❖ Comunicación de datos de diagnóstico, parámetros y mensajes transmisión acíclica, según demanda.
- ❖ Facilidad de instalación y mantenimiento.
- ❖ Reducción de costos por: instalación, mantenimiento y modificación.

2.3.1 Profibus

Se inicia con un proyecto de 21 empresas e institutos de investigación alemanes en el año 1987.

Objetivo: Bus de campo, bit serial que soporte manufactura y procesos.

PROFIBUS es actualmente el líder de los sistemas basados en buses de campo en Europa y goza de una aceptación mundial (20% del mercado en 1999).

Todos los fabricantes líderes en tecnología de automatización, ofrecen interfaces PROFIBUS para sus dispositivos.

Es estándar europeo EN 50170 e internacional IEC 61158.

PROFIBUS puede ser usado tanto para transmisión crítica en el tiempo de datos, a alta velocidad, como para tareas de comunicación extensas y complejas.

Esta versatilidad viene dada por las tres versiones compatibles que componen la familia PROFIBUS. (Figura 2.10)

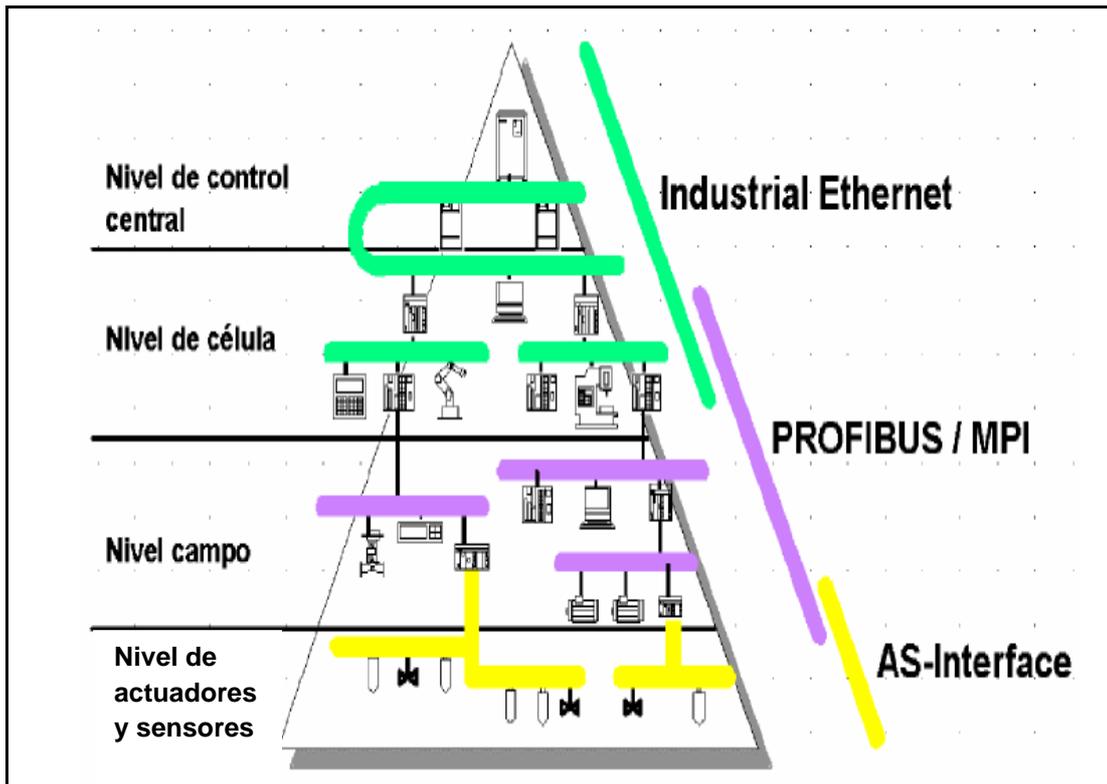


Figura 2.10 Clasificación de las redes

(SIEMENS, 2012)

2.3.2 Características principales

2.3.2.1 Profibus-DP (Periferia Descentralizada)

- ❖ Optimizado para alta velocidad y costo reducido.
- ❖ Intercambio de datos cíclico.
- ❖ Transferencia de pequeñas cantidades de datos.
- ❖ Plug & Play.
- ❖ Diseñado especialmente para la comunicación entre los sistemas de control de automatismos y las entradas/salidas distribuidas en procesos de manufactura.
- ❖ Profibus-PA (Automatización de Procesos)

- ❖ Básicamente es la ampliación de Profibus-DP con una tecnología apta para ambientes peligrosos y con riesgo de explosión, MBP technology (estándar IEC 1158-2).
- ❖ Permite la conexión de sensores y actuadores a una línea de bus común en áreas especialmente protegidas.
- ❖ Comunicación de datos y energía en el bus mediante el uso de 2 conductores.
- ❖ Destinado a reemplazar la tecnología en lazo 4 a 20 mA en instrumentación y control.
- ❖ Profibus-FMS (Fieldbus Messages Specifications)
- ❖ Diseñado para un gran número de aplicaciones y comunicaciones al nivel de célula, donde PC's y PLC's se comunican entre sí.
- ❖ Comunicaciones de propósito general, supervisión, configuración,...
Transmisión de grandes cantidades de datos: programas y bloques de datos.
- ❖ Intercambio acíclico de datos con tiempos no críticos, par a par (peer to peer), entre estaciones inteligentes.
- ❖ Homologado: Con ensayo de conformidad e interoperabilidad realizado en laboratorios de ensayos autorizados por la Asociación de Usuarios de Profibus (PNO).
- ❖ Profibus Internacional (www.profibus.com) y la PNO coordinan el desarrollo y la distribución de los productos Profibus en el mercado.

- ❖ La Organización Profibus International (PI), con más de 1100 (año 2004) miembros es la organización de buses de campo más grande del mundo.

2.3.2.2 Elementos del bus.

Los elementos de un bus de campo son los siguientes: (Figura 2.11)

- ❖ Nodos: Son los elementos esenciales del bus.
- ❖ Activos: son nodos que pueden actuar como maestro del bus, tomando enteramente el control del bus.
- ❖ Pasivos: son nodos que únicamente pueden actuar como esclavos y no tienen capacidad de control sobre el bus. Dialogan con los nodos activos mediante un mecanismo de pregunta-respuesta, pero no pueden dialogar directamente entre sí.
- ❖ Repetidores: Son simples transceptores bidireccionales para regenerar la señal (amplificadores).

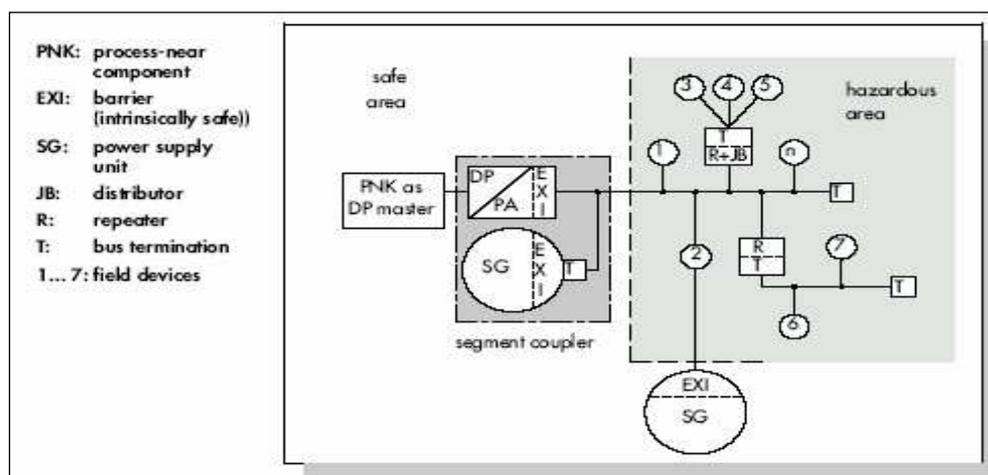


Figura 2.11 Componentes de un bus de campo.

(SIEMENS, 2012)

2.3.3 Topología.

La topología puede ser en forma de bus lineal o en forma de árbol, en el que los repetidores constituyen el nudo de partida de una expansión del bus.

(Figura 2.12, 2.13)

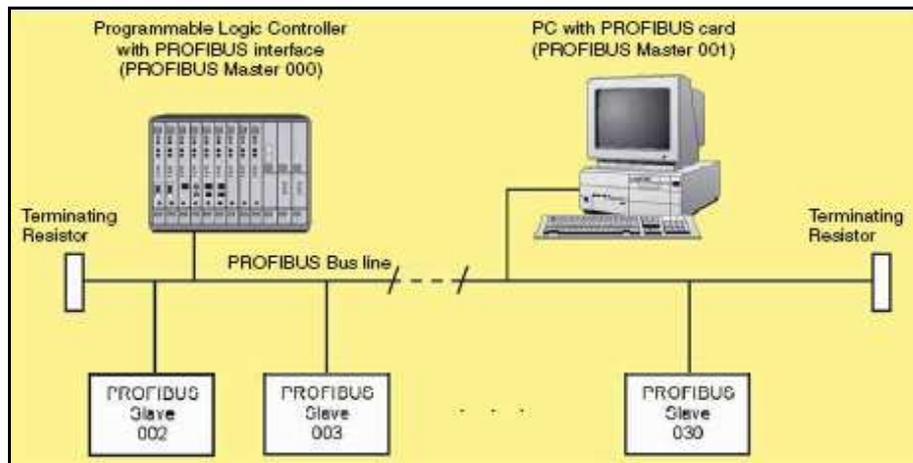


Figura 2.12 Topología de red maestro esclavo.

(SIEMENS, 2012)

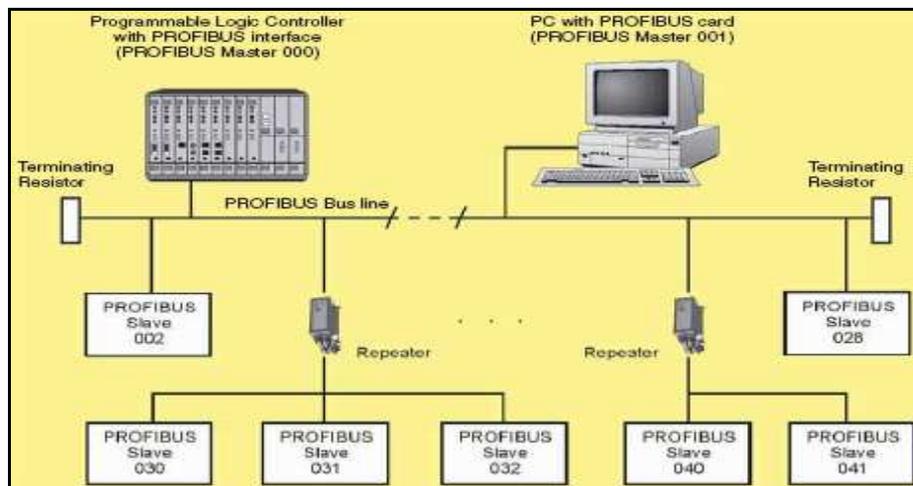


Figura 2.13 Topología de red maestro esclavo con repetidores.

(SIEMENS, 2012)

2.3.4 Acceso al Bus

- ❖ Data Link Layer (Capa 2, Modelo ISO/OSI): Descripción del protocolo de acceso al bus (Médium Acces Control: MAC) incluyendo la seguridad de los datos.

- ❖ Procedimiento que determina en qué momento una estación puede enviar datos.
- ❖ ISO: Internacional Organization for Standardization.
- ❖ OSI: Open System Interconnection Reference Model. Define los elementos, estructuras y tareas requeridos para una comunicación y las arregla en 7 capas.
- ❖ El PROFIBUS Bus Access Method combina comunicaciones Multi-Maestro y Maestro-Esclavo. (Figura 2.14)

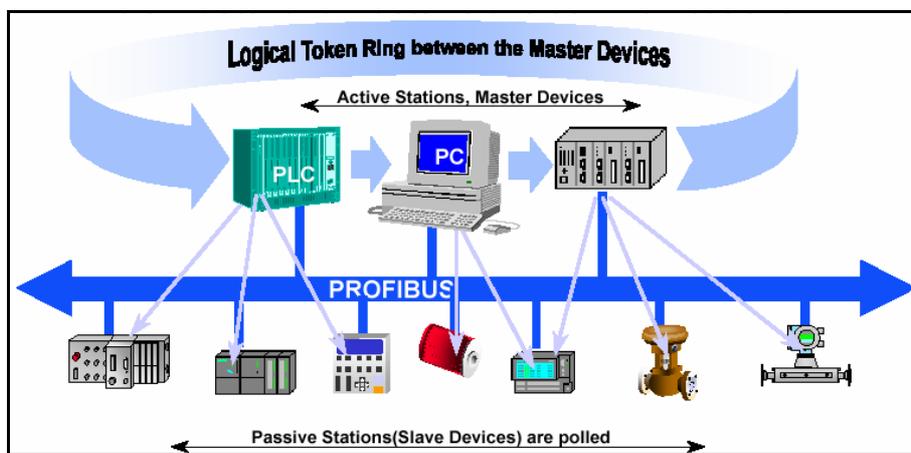


Figura 2.14 Topología de red, Token Ring entre dispositivos maestros.
(SIEMENS, 2012)

- ❖ El protocolo de acceso al bus es idéntico para los tres perfiles de Profibus.
- ❖ Esto habilita la comunicación transparente entre secciones FMS/DP/PA en una misma red.
- ❖ Debido a que FMS/DP usa el mismo medio físico (RS-485/FO), ellos pueden combinarse en el mismo cable.
- ❖ Protocolo de acceso híbrido Paso de testigo (Token Passing) entre los maestros.

- ❖ Master Slave entre maestros y esclavos.

2.3.5 Maestros

Son estaciones activas que pueden tomar el control del bus durante una cantidad de tiempo limitada (Token - Hold - Time).

2.3.6 Esclavos

Los esclavos solo responden cuando son interrogados por el maestro; no controlan el bus.

El paso de testigo en redes multimaestro debe asegurar que cada maestro posea el tiempo suficiente para completar sus tareas de comunicación.

El usuario debe configurar el tiempo de rotación proyectado para el testigo (Target Token Rotation Time, TTR) tomando en cuenta las posibles tareas de todos los maestros.

Cada maestro calcula el tiempo del que dispone al recibir el testigo según ecuación propuesta:

TTH= Token Hold Time

TTR= Target Token Rotation Time

$$\mathbf{TTH = TTR - TRR}$$

TRR= Real Token rotation Time

2.3.7 FMS/DP en común

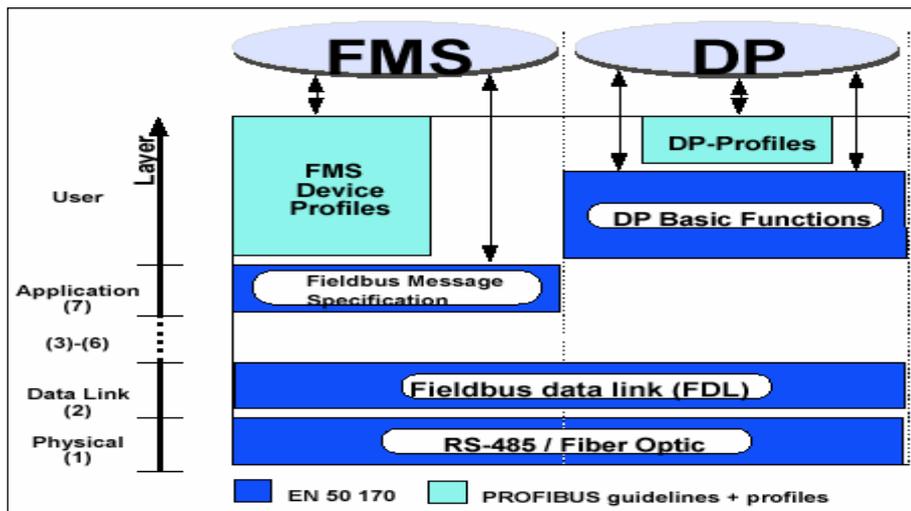


Figura 2.15 FMS/DP.

(SIEMENS, 2012)

1. DP and FMS están basados en capas 1 y 2 idénticas, según Figura 2.15:
 - ❖ DP y FMS pueden operar en el mismo bus.
 - ❖ Son idénticas los encabezados y la longitud de datos.
 - ❖ Las capas físicas son iguales.
2. Un maestro puede manejar a varios esclavos.
3. Varios maestros pueden participar en el bus.
4. Velocidades de 9.6 kBd hasta 12 MBd.
5. Los datos transmitidos pueden ser entre 1 y 244 bytes.
6. Hasta 126 estaciones.
7. Sistemas con varios segmentos, con 32 estaciones por segmento (repetidores RS 485).
8. Componentes comunes (ahorro en mantenimiento e inventarios de almacén).
 - ❖ Cable, conectores, repetidores, fibra óptica.

2.3.8 PA/DP en común

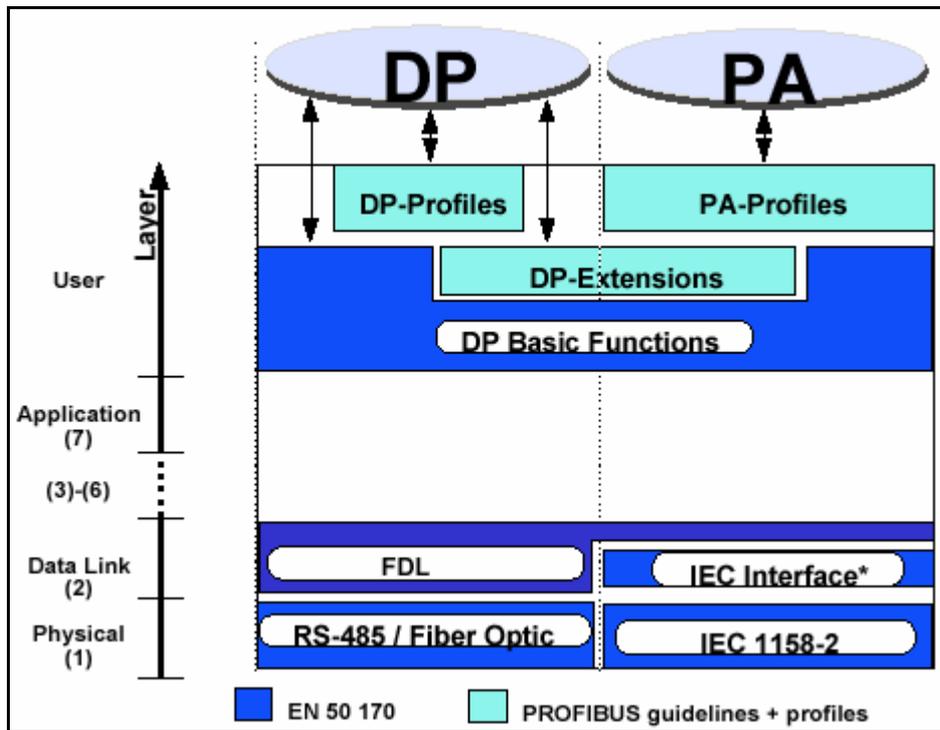


Figura 2.16 Profibus PA/DP en común.

(SIEMENS, 2012)

DP and PA, están basados en la misma definición de protocolo de acceso al bus - DP/V1, extended DP. (Figura 2.16)

- ❖ DP y PA pueden usar el mismo maestro.
- ❖ Las tramas son idénticas.
- ❖ Las mismas herramientas de configuración.
- ❖ Los datos transmitidos pueden ser entre 1 y 244 bytes.

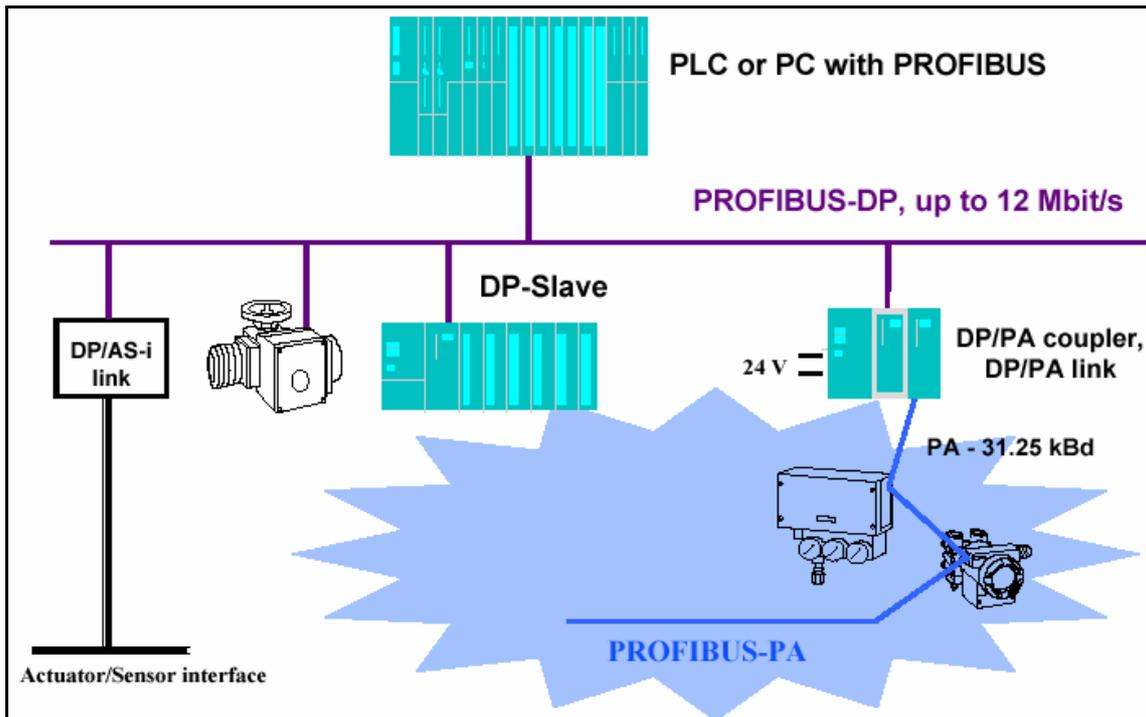


Figura 2.17 Topología de red profibus DP/PA.

(SIEMENS, 2012)

A continuación se detalla la topología de red profibus DP/PA según Figura 2.17:

1. DP/PA couplers

1. Redes simples.
2. Bajos tiempos de procesamiento.
3. Interfaz entre ambos buses.

2. DP/PA link

- ❖ Redes grandes.
- ❖ Esclavo DP y maestro PA.
- ❖ Desacopla las comunicaciones.

3. Cableado de Profibus DP/FMS

- ❖ Par trenzado y apantallado.
- ❖ Características definidas en EN50170.
- ❖ Se utilizan cables y conectores según el estándar.

En la Tabla 2.2 se indican las velocidades de trabajo y máxima longitud del segmento y expansión permitidos de la red profibus:

Velocidad en baudios	Max. Longitud del segmento	Max. Expansión
9,6	1000m / 3278 pies	10000m / 32786 pies
19,2	1000m / 3278 pies	10000m / 32786 pies
93,75	1000m / 3278 pies	10000m / 32786 pies
187,5	1000m / 3278 pies	10000m / 32786 pies
500	400m / 1311 pies	4000m / 13114 pies
1500	200m / 655 pies	2000m / 6557 pies
3000	100m / 327 pies	1000m / 3270 pies
6000	100m / 327 pies	1000m / 3270 pies
12000	100m / 327 pies	1000m / 3270 pies

Tabla 2.2 Velocidades, máxima longitud y expansión permitida de la red profibus.

(SIEMENS, 2011)

Se logran velocidades en baudios > 1.5MBaud utilizando conectores especiales.

Se utiliza preferentemente el conector 9 pin Sub D. Provee IP20. (Figura 2.18)

Otros conectores son posibles. Ej. M12 para IP65/67.

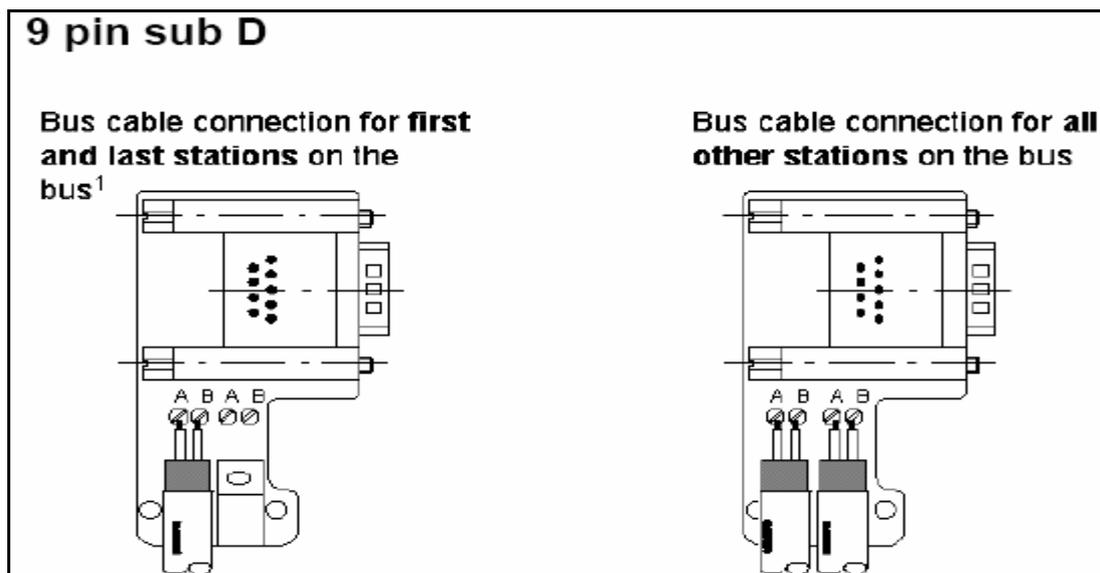


Figura 2.18 Conectores para red profibus.

(SIEMENS, 2012)

4. Fibra Óptica

- ❖ Fibra de plástico o vidrio.
- ❖ Se utilizan conectores y módulos específicos.

Ventajas:

- ❖ Inmunidad al ruido.
- ❖ Aislamiento galvánico, distintos potenciales.
- ❖ Grandes distancias.
- ❖ Operación redundante es posible.
- ❖ Configuraciones de anillo y estrella.

5. Profibus FMS/DP sobre RS485

- ❖ Se requieren terminaciones.
- ❖ La expansión de la red se da a través de segmentos.

6. Terminación RS485 (Figura 2.19)

- ❖ Cada segmento debe “terminar” en ambos extremos.
- ❖ La terminación debe estar alimentada todo el tiempo.
- ❖ Se alimenta desde el dispositivo que la posee.
- ❖ Se prefiere colocar en el maestro.

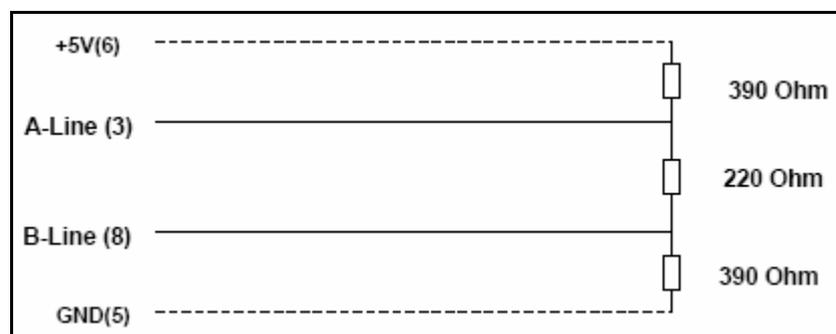


Figura 2.19 Resistencia terminal de red profibus.

(SIEMENS, 2012)

7. Estructura de segmentos (Figura 2.20)

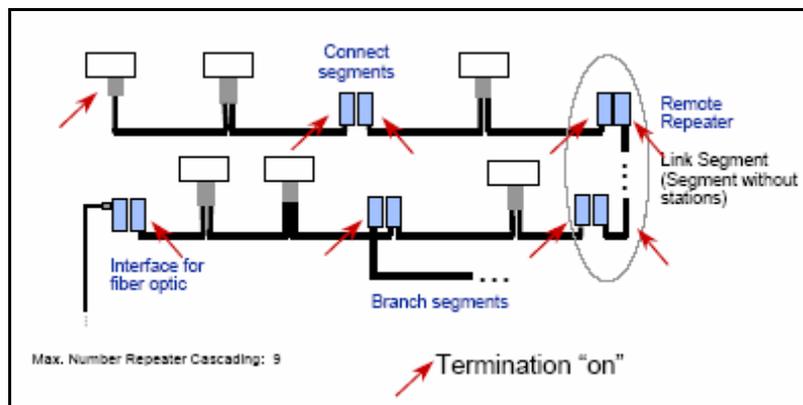


Figura 2.20 Estructura de segmentos.

(SIEMENS, 2012)

Segmentos

Se necesitan:

- ❖ Se excede la longitud máxima.
- ❖ Se excede la cantidad de dispositivos 32 (incluidos los repetidores).

Se pueden usar:

- ❖ Se quiere ramificar el bus.
- ❖ Se quieren utilizar las 126 estaciones disponibles.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL MÓDULO DIDÁCTICO.

3.1 Desarrollo del sistema de control.

Para desarrollar el sistema de control del módulo didáctico se utiliza el software SIMATIC Manager de Siemens, el cual permite programar el sistema de control en tres lenguajes diferentes como son AWL, KOP y FUP además, permite configurar el tipo de topología de red que se quiere utilizar, para el desarrollo del proyecto, en este caso la red utilizada es profibus DP, y los lenguajes utilizados son; AWL y KOP.

El desarrollo del sistema de control inicia de la siguiente manera:

3.1.1 Configuración de hardware.

1. Se crea un nuevo proyecto en el software SIMATIC Manager de Siemens, como se observa en la figura 3.1.

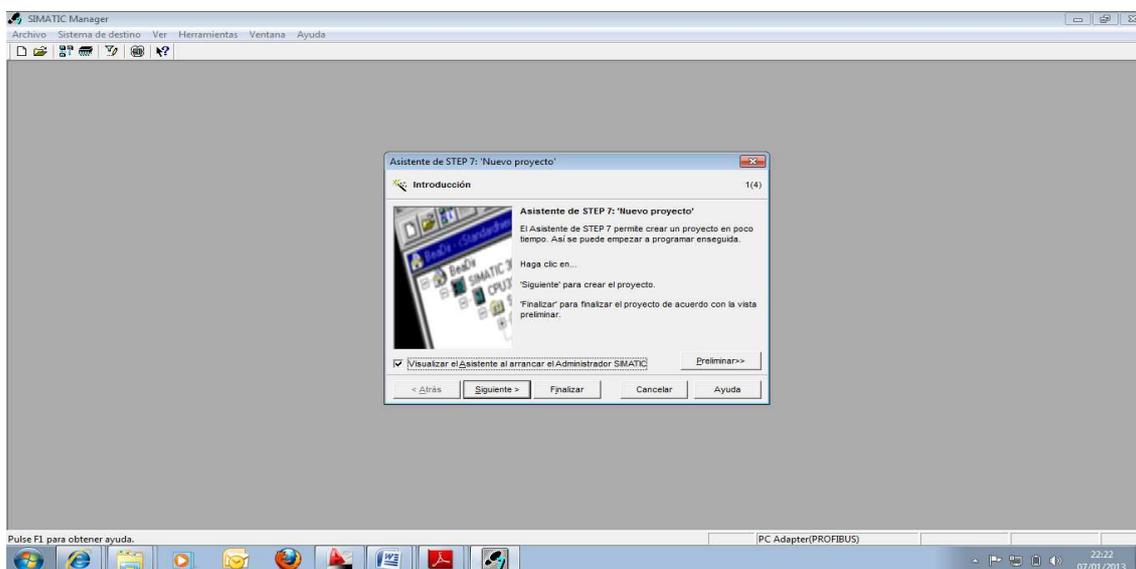


Figura 3.1 Creación de un nuevo proyecto.

(Simatic Manager, Configuración)

2. Se asigna el nombre al proyecto como se observa en figura 3.2.

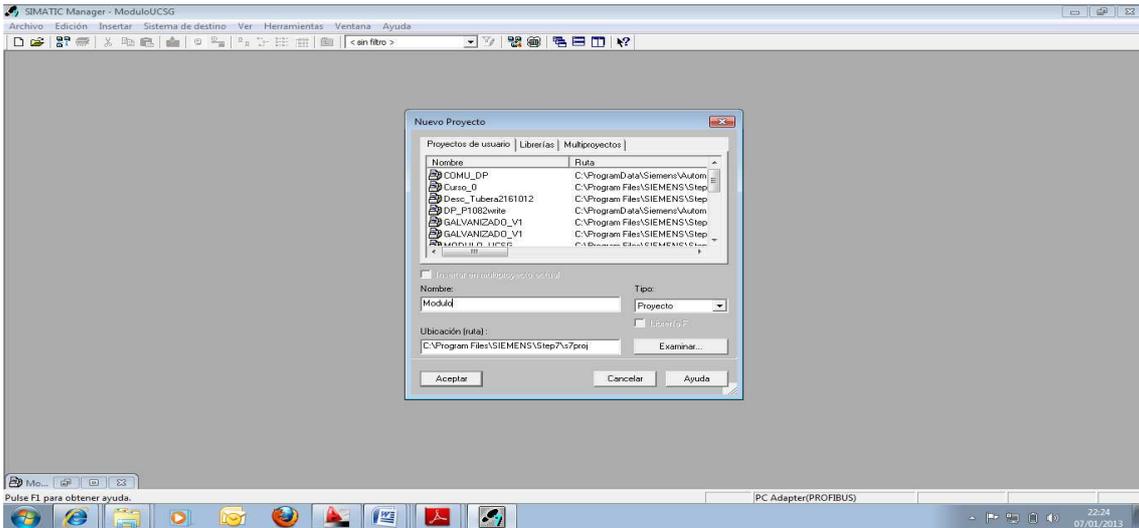


Figura 3.2 Nombre del proyecto nuevo.

(Simatic Manager, Configuración)

3. En HW Config se ingresa el bastidor, para luego insertar los equipos necesarios, para el proyecto.

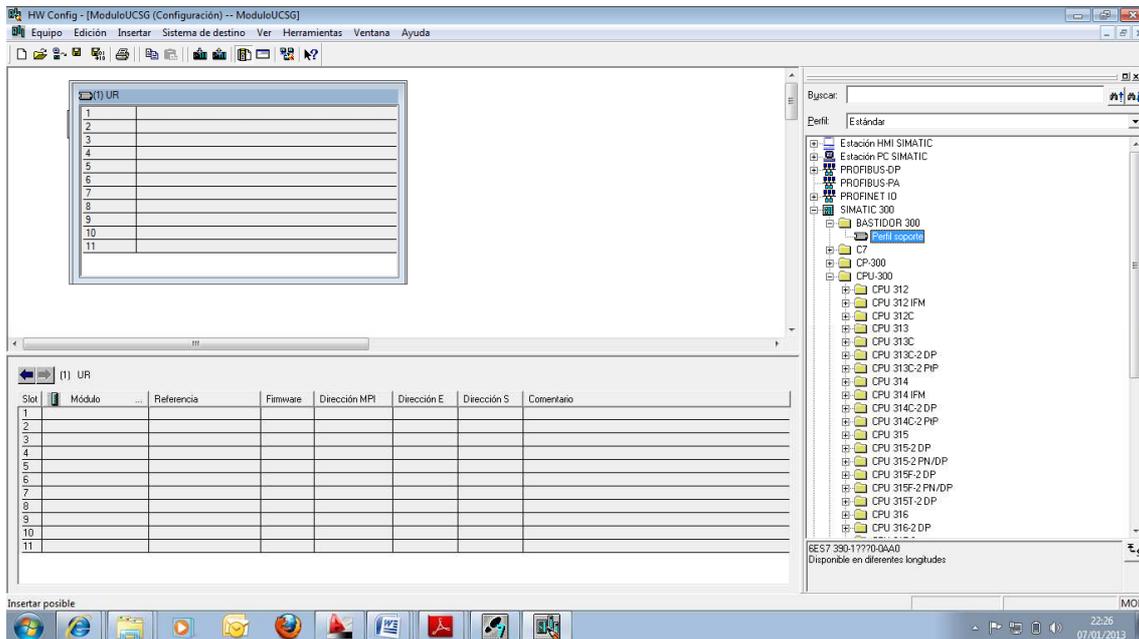


Figura 3.3 Ingreso de bastidor en HW Config.

(Simatic Manager, Configuración)

4. Se identifica físicamente el modelo y versión del PLC.

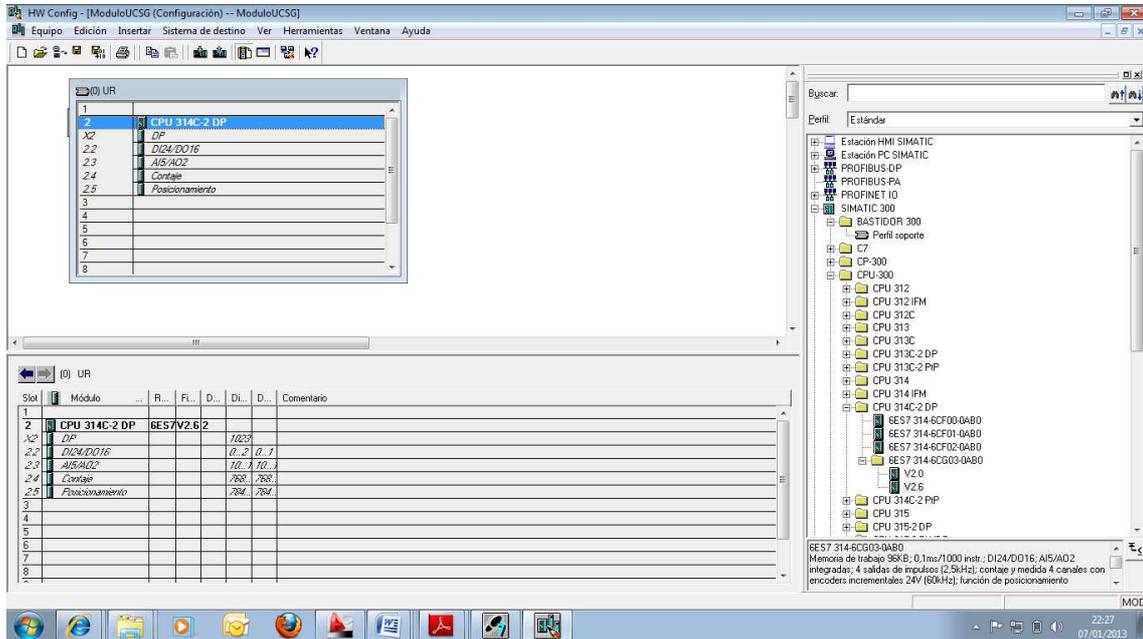


Figura 3.4 Selección de PLC.

(Simatic Manager, Configuración)

5. Se configura la red profibus en el HW Config y se asigna un nombre.

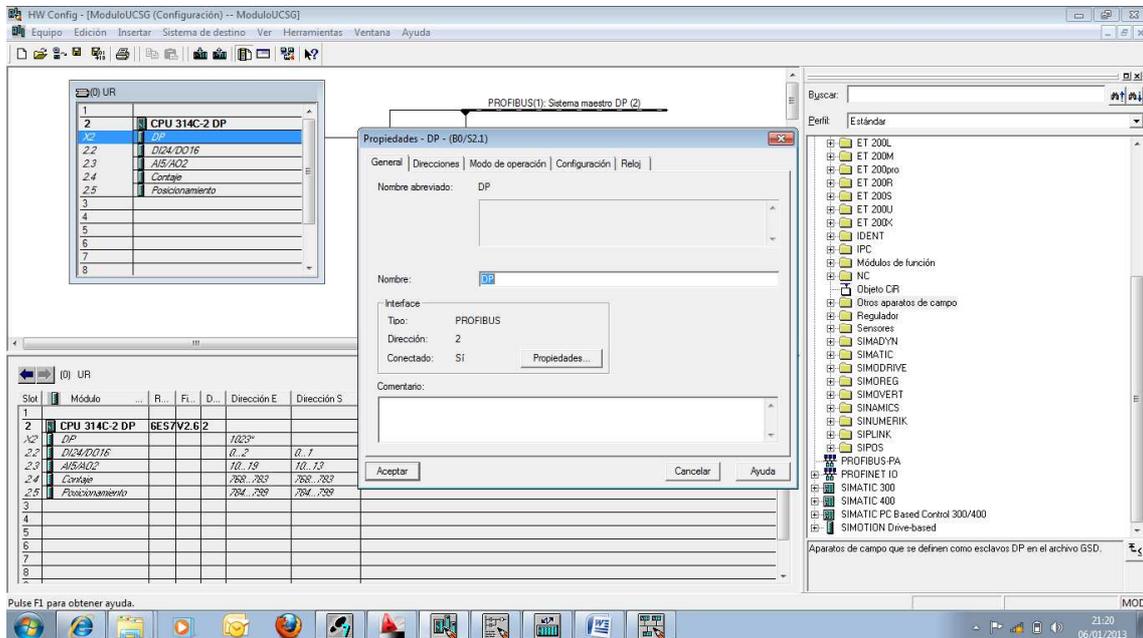


Figura 3.5 Asignación de nombre a red profibus.

(Simatic Manager, Configuración)

6. Selección de la velocidad de trabajo de la red profibus, se asigna la velocidad 1.5 Mbit/seg.

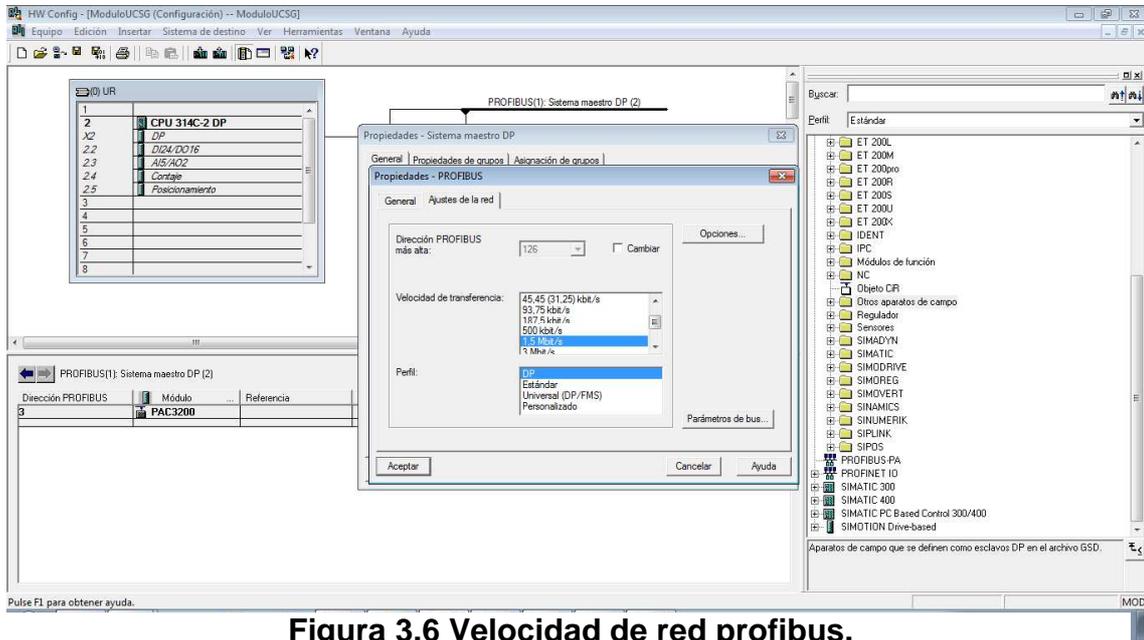


Figura 3.6 Velocidad de red profibus.

(Simatic Manager, Configuración)

7. Selección del modo de trabajo del PLC 314C- 2DP, para este proyecto el PLC es el único maestro de la red profibus DP ya configurada en HW Config.

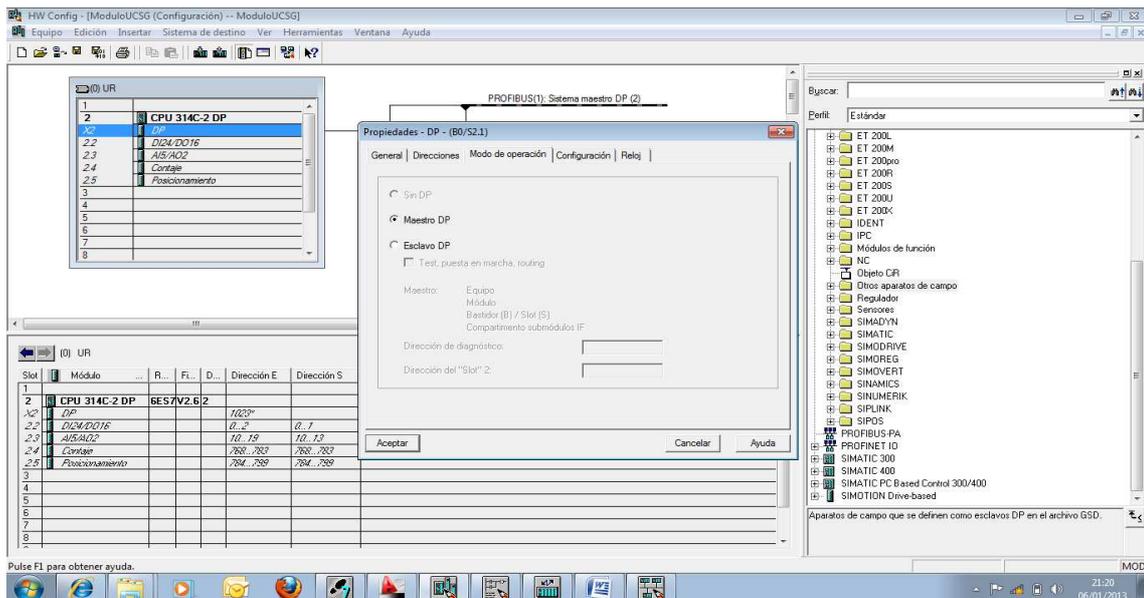


Figura 3.7 Selección de PLC como maestro de la red.

(Simatic Manager, Configuración)

- Se asigna una dirección al PLC 314C-2DP, para poder identificarlo dentro de la red profibus, la dirección escogida en este proyecto es la # 2.

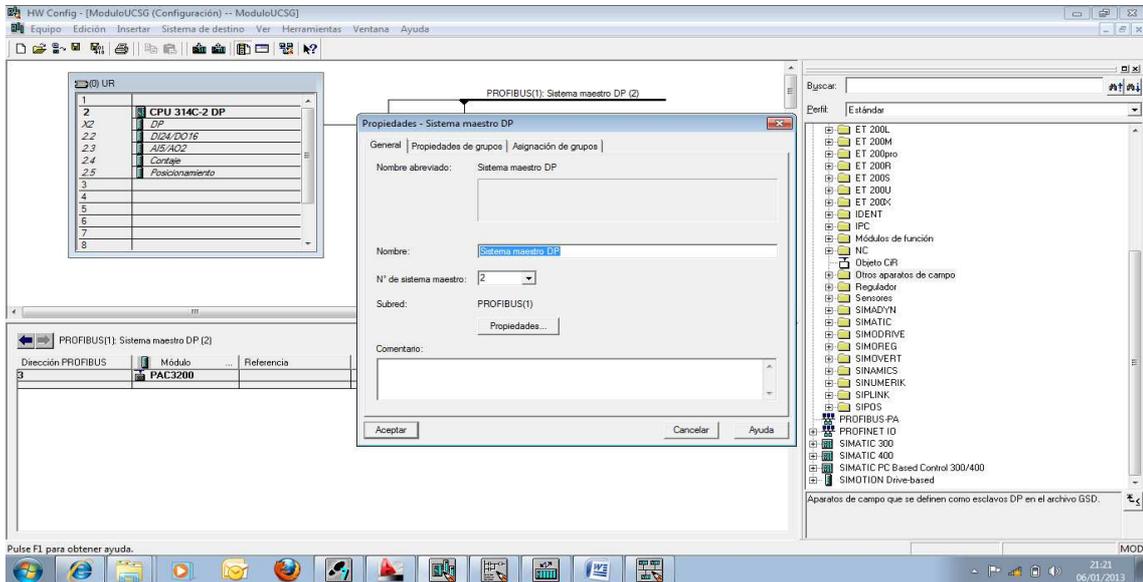


Figura 3.8 Asignación de dirección a PLC.

(Simatic Manager, Configuración)

- Integración del SENTRON PAC 3200 a la red profibus, se asigna la dirección # 3.

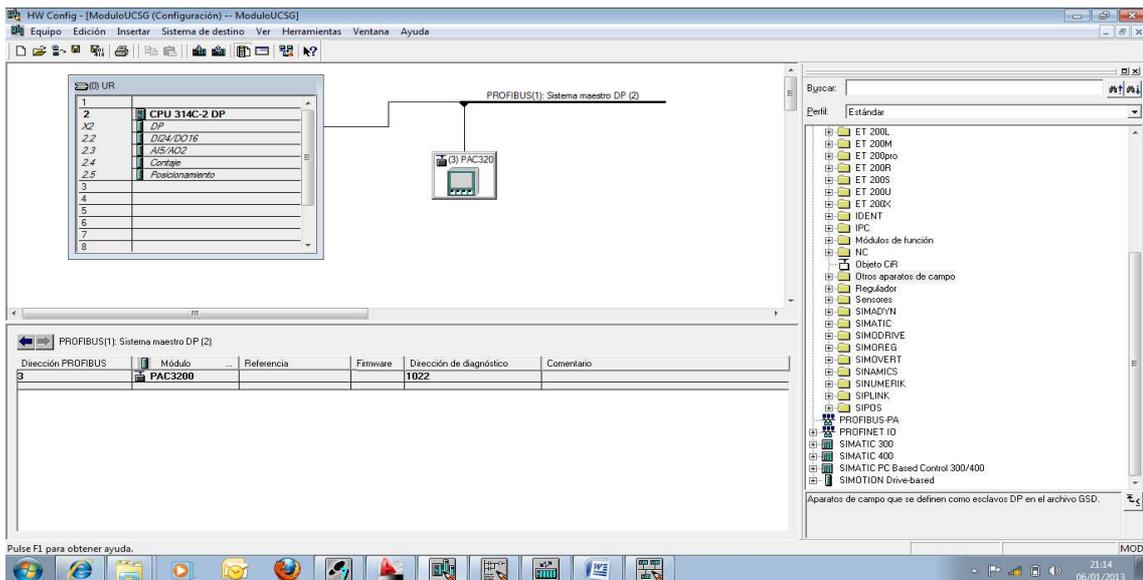


Figura 3.9 Integración de PAC 3200 a la red profibus.

(Simatic Manager, Configuración)

10. Luego del ingreso de los dispositivos y configuración de la red profibus se compila el programa.

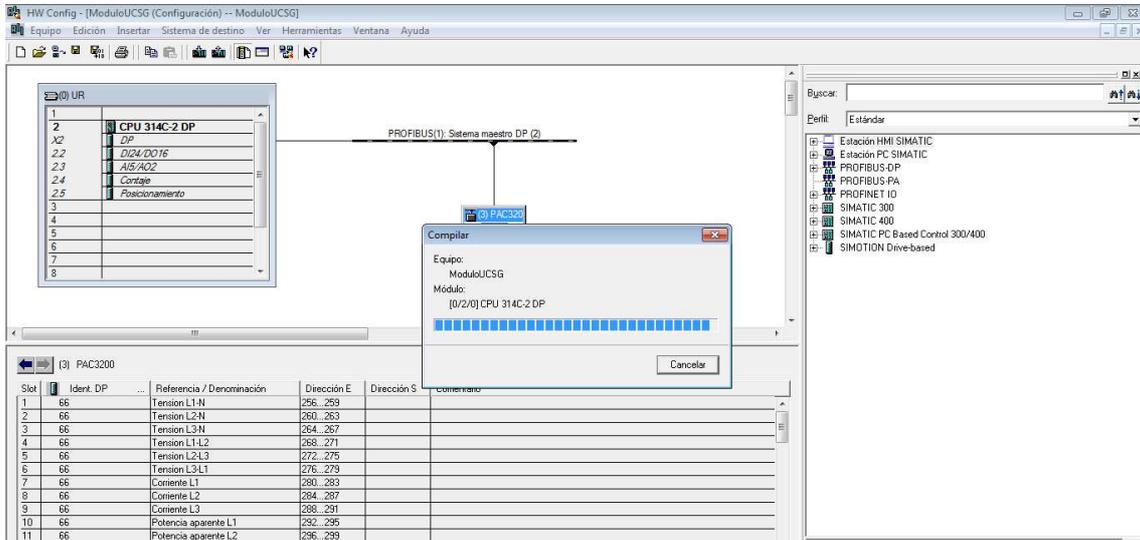


Figura 3.10 Compilación de programa.

(Simatic Manager, Configuración)

11. En el SENTRON PAC 3200 se ingresa la misma dirección asignada en la configuración del HW Config.

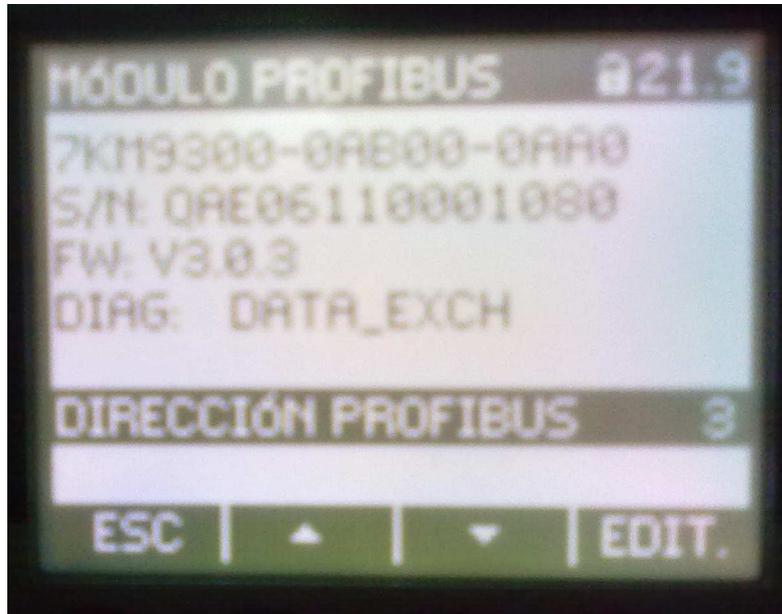


Figura 3.11 Selección de dirección del bus en PAC 3200.

(Cámara Fotográfica)

12. Conexión del PC Adapter desde el PLC hacia el computador.



Figura 3.12 Conexión de PC/adapter.

(Cámara Fotográfica)

13. Una vez compilado el programa y asignadas las direcciones programadas en el HW Config, se verifica que no exista ningún error luego de la compilación, para proceder a cargar los datos de configuración de hardware a los equipos previamente conectados y cableados según diagramas. (ANEXO 3)

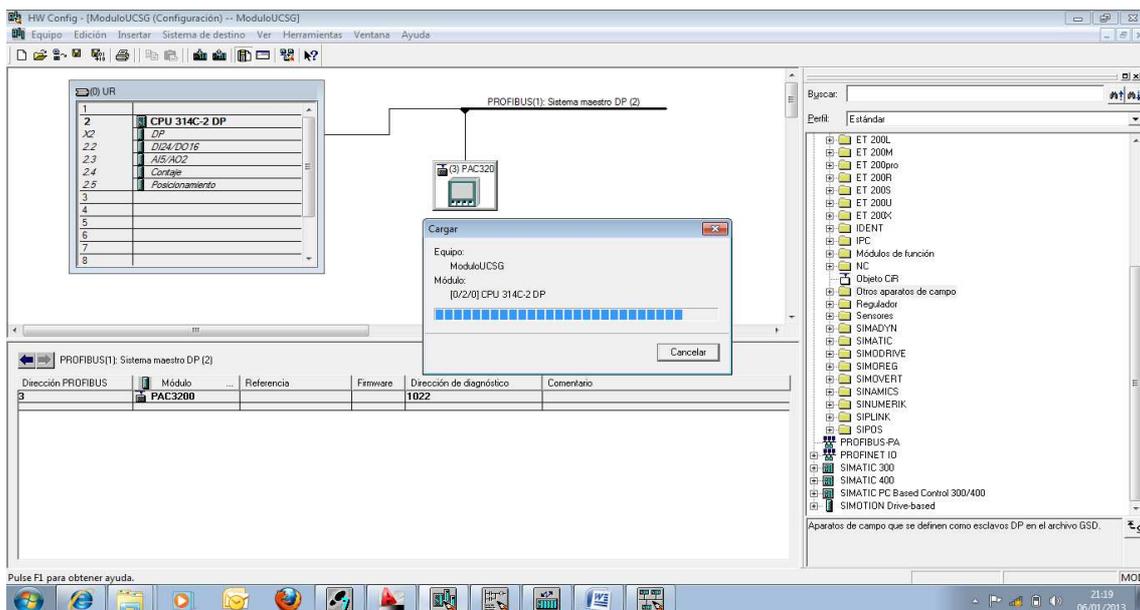


Figura 3.13 Envío de programa a PLC.

(Simatic Manager, Configuración)

3.2 Diseño de topología de red.

Para la interconexión del maestro del bus (PLC 314C-2DP) y el esclavo (SETRON PAC3200), se necesita componentes como el cable profibus y los conectores profibus.

3.2.1 Topología de red profibus implementada.

La creación e integración de los equipos antes configurados en el HW Config, crea automáticamente en la sección Net Pro del software Simatic Manager gráficamente la configuración de topología de red cargada al PLC 314C-2DP.

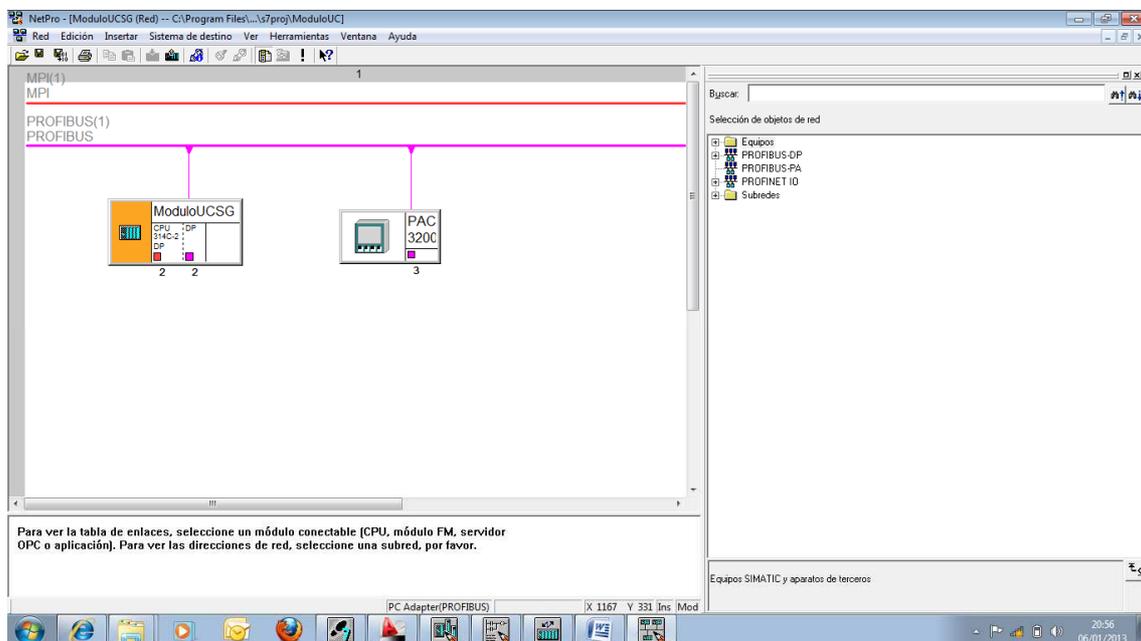


Figura 3.14 Topología de red profibus DP.

(Simatic Manager, Configuración)

Aquí se observa de manera gráfica la conexión a través del bus de comunicación profibus DP de los dos equipos, los cuales están comunicados y listos para el intercambio de datos. Esta topología de red tiene solo dos equipos en su bus, el conector profibus tiene una resistencia incorporada la cual cumple la función de indicar la terminación del bus, solo permitirá el envío de datos hasta el equipo que tenga el conector la resistencia terminal en modo “ON”, si, se encuentra en modo “OFF” y hay más de dos equipos conectados a

la red, es necesario colocar en modo ON el último equipo de la red con el fin de poder indicar la terminación del bus, de no colocar en modo “ON” se presentara una falla de señal en el PLC llamada; “SF” indicando una luz parpadeante de color rojo.

3.3 Explicación del programa.

1. En la pantalla principal del software Simatic Manager, se abre la carpeta bloques y aquí se crea el bloque OB1 (bloque de organización).

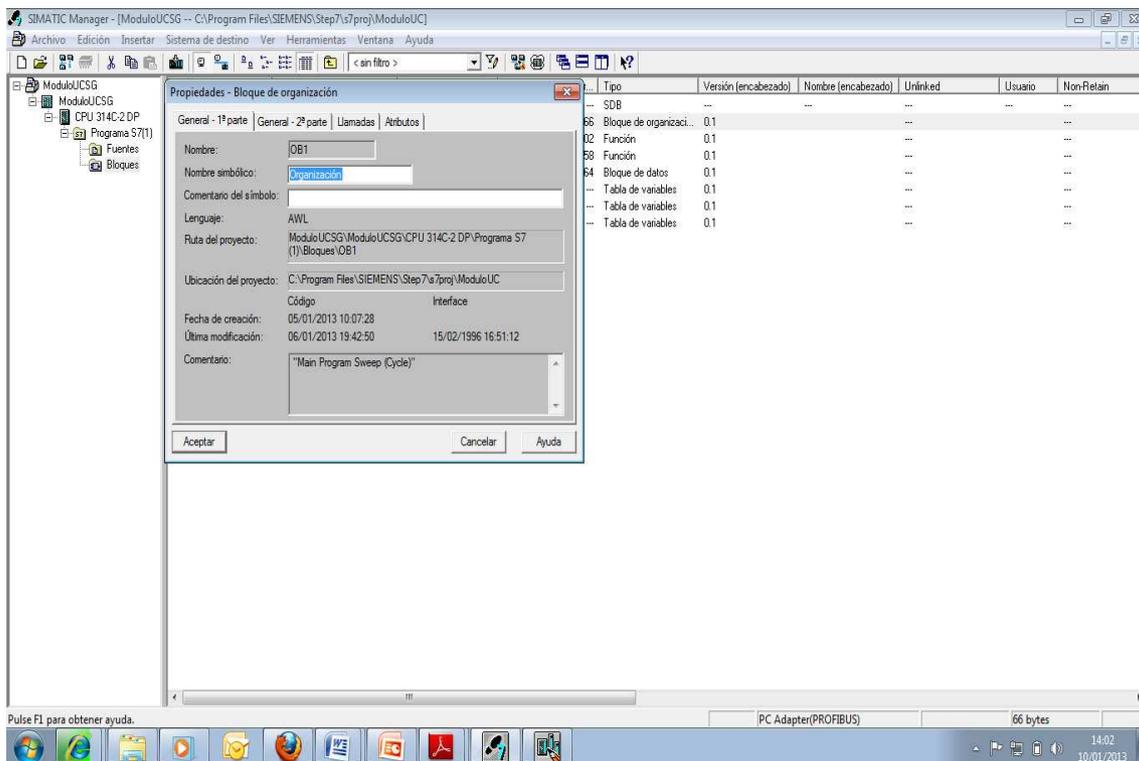


Figura 3.15 Creación del OB1.

(Simatic Manager, Configuración)

El OB1 es el encargado de organizar y llamar a los bloques creados, con el fin de tener una programación estructurada, para optimizar el consumo de memoria, tiempo de barrido y respuesta del PLC.

Los llamados a los bloques son realizados en lenguaje “AWL” con el comando “CALL”, como se muestra en la figura 3.17 aquí se crea el FC1 el cual tiene la función de activar entradas y salidas digitales del PLC y el FC2 está

programado, para realizar la adquisición de datos vía comunicación profibus desde el SENTRON PAC 3200.

2. Creación de función y bloques de datos, FC1, FC2, DB1 y tablas de variables para monitoreo de datos en línea.

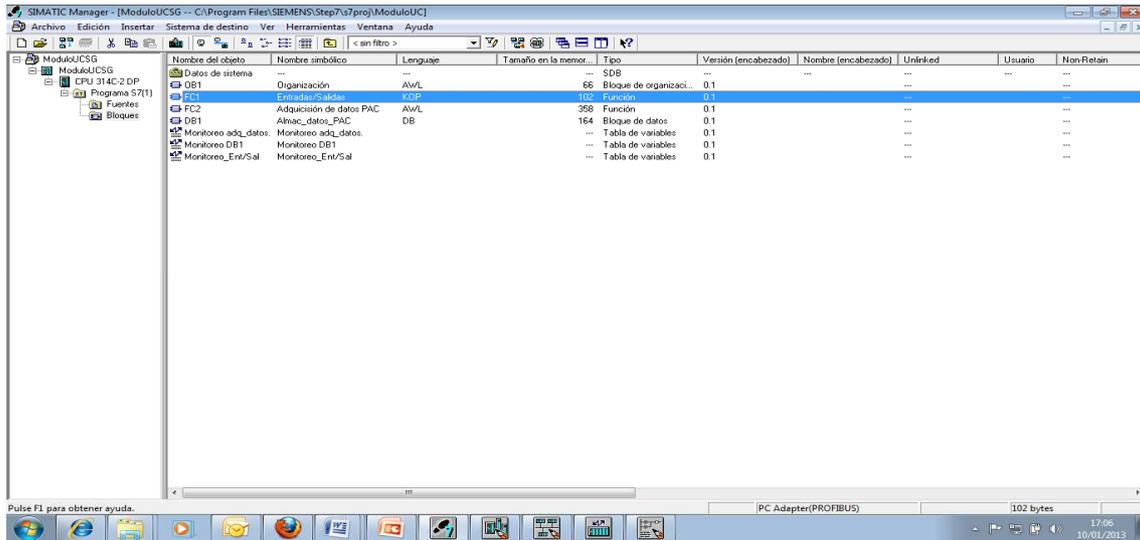


Figura 3.16 Bloques FC1, FC2, y DB1.

(Simatic Manager, Configuración)

3. Programación de OB1, para llamado de FC1 y FC2 creados.

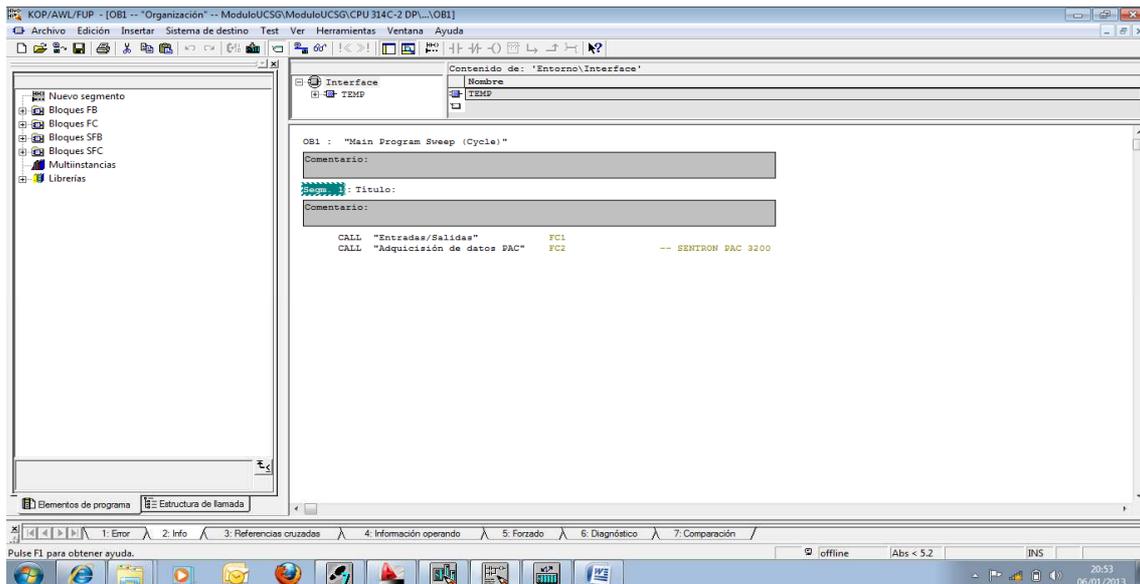


Figura 3.17 Llamados de función desde el OB1.

(Simatic Manager, Configuración)

4. Programación de FC1, aquí se realiza la programación de las entradas y salidas cableadas en el módulo didáctico.

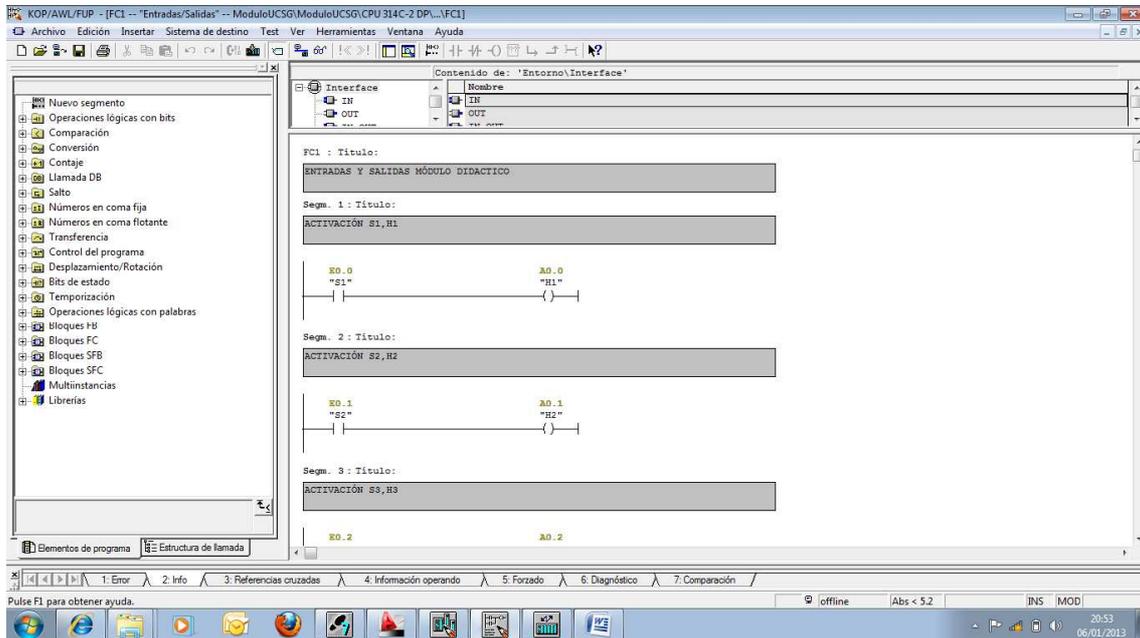


Figura 3.18 Programación FC1.

(Simatic Manager, Configuración)

5. Programación de DB1, antes de crear el FC2, para adquisición de datos se crea el DB1, para poder guardar en este DB los datos de periferia cargados al PLC desde el SENTRON PAC 3200.

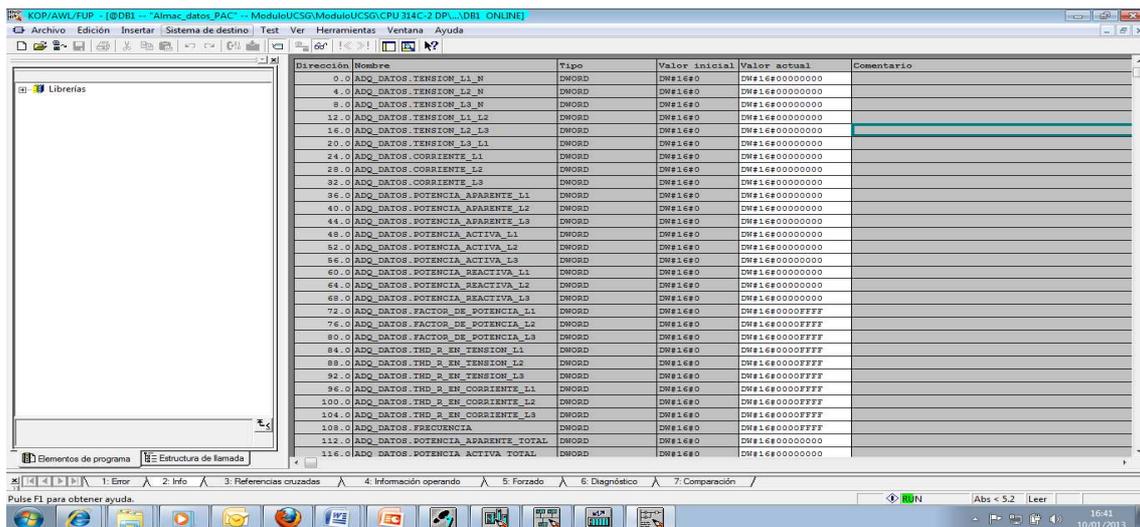


Figura 3.19 Programación DB1.

(Simatic Manager, Configuración)

6. Parámetros eléctricos del SENTRON PAC 3200 configurados en el HW Config.

Slot	Ident. DP	Referencia / Denominación	Dirección E	Dirección S	Comentario
1	66	Tension L1-N	256_259		
2	66	Tension L2-N	260_263		
3	66	Tension L3-N	264_267		
4	66	Tension L1-L2	268_271		
5	66	Tension L2-L3	272_275		
6	66	Tension L3-L1	276_279		
7	66	Corriente L1	280_283		
8	66	Corriente L2	284_287		
9	66	Corriente L3	288_291		
10	66	Potencia aparente L1	292_295		
11	66	Potencia aparente L2	296_299		
12	66	Potencia aparente L3	300_303		
13	66	Potencia activa L1	304_307		
14	66	Potencia activa L2	308_311		
15	66	Potencia activa L3	312_315		
16	66	Potencia reactiva L1	316_319		
17	66	Potencia reactiva L2	320_323		
18	66	Potencia reactiva L3	324_327		
19	66	Factor de potencia L1	328_331		
20	66	Factor de potencia L2	332_335		
21	66	Factor de potencia L3	336_339		
22	66	THD-R en tension L1	340_343		
23	66	THD-R en tension L2	344_347		
24	66	THD-R en tension L3	348_351		
25	66	THD-R en corriente L1	352_355		
26	66	THD-R en corriente L2	356_359		
27	66	THD-R en corriente L3	360_363		
28	66	Frecuencia	364_367		
29	66	Potencia aparente total	368_371		
30	66	Potencia activa total	372_375		
31	66	Potencia reactiva total	376_379		
32	66	Factor de potencia total	380_383		
33					
34					
35					

Figura 3.20 Configuración de parámetros a visualizar del PAC 3200.

(Simatic Manager, Configuración)

7. Programación del FC2, aquí se realiza con las funciones de programación “L” Cargar y “T” Transferir, la adquisición de datos desde el SENTRON PAC 3200, y envío de datos a el DB1 cargado y programado en el PLC.

Operación	Operando 1	Operando 2	Operando 3
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.POTENCIA_REACTIVA_L3		DB1.DB68
L	"FACTORES DE POTENCIA L1"		FD2368
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.FACTOR_DE_POTENCIA_L1		DB1.DB67
L	"FACTORES DE POTENCIA L2"		FD2372
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.FACTOR_DE_POTENCIA_L2		DB1.DB66
L	"FACTORES DE POTENCIA L3"		FD2376
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.FACTOR_DE_POTENCIA_L3		DB1.DB65
L	"THD-R EN TENSION L1"		FD2380
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.THDR_EN_TENSION_L1		DB1.DB64
L	"THD-R EN TENSION L2"		FD2384
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.THDR_EN_TENSION_L2		DB1.DB63
L	"THD-R EN TENSION L3"		FD2388
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.THDR_EN_TENSION_L3		DB1.DB62
L	"THD-R EN CORRIENTE L1"		FD2392
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.THDR_EN_CORRIENTE_L1		DB1.DB61
L	"THD-R EN CORRIENTE L2"		FD2396
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.THDR_EN_CORRIENTE_L2		DB1.DB60
L	"THD-R EN CORRIENTE L3"		FD2400
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.THDR_EN_CORRIENTE_L3		DB1.DB59
L	"FRECUENCIA"		FD2404
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.FRECUENCIA		DB1.DB58
L	"POTENCIA APARENTE TOTAL"		FD2408
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.POTENCIA_APARENTE_TOTAL		DB1.DB57
L	"POTENCIA ACTIVA TOTAL"		FD2412
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.POTENCIA_ACTIVA_TOTAL		DB1.DB56
L	"POTENCIA REACTIVA TOTAL"		FD2416
T	"Almac_datos_PAC".ADQ_DATOS.POTENCIA_REACTIVA_TOTAL		DB1.DB55

Figura 3.21 Programación FC2.

(Simatic Manager, Configuración)

- Se procede a cargar el programa al PLC una vez ya configurada la parte del Hardware, verificando que se encuentre el ajuste de interface en PC/adapter (PROFIBUS).

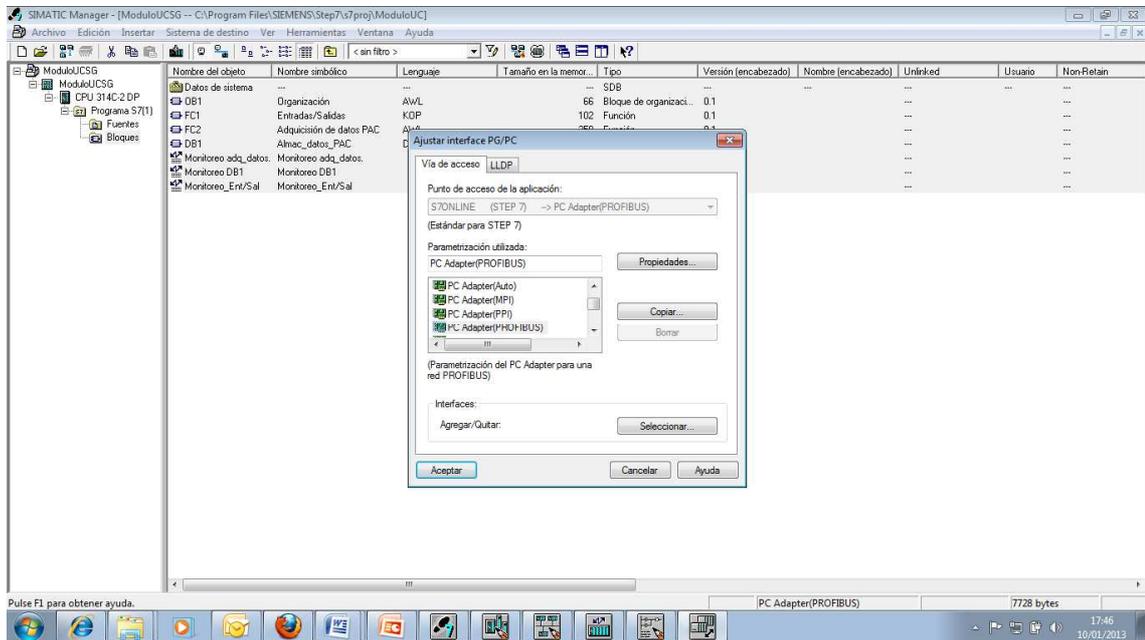


Figura 3.22 Ajuste de interface.

(Simatic Manager, Configuración)

- Se verifica el ajuste de interface y se procede a cargar el programa al PLC.

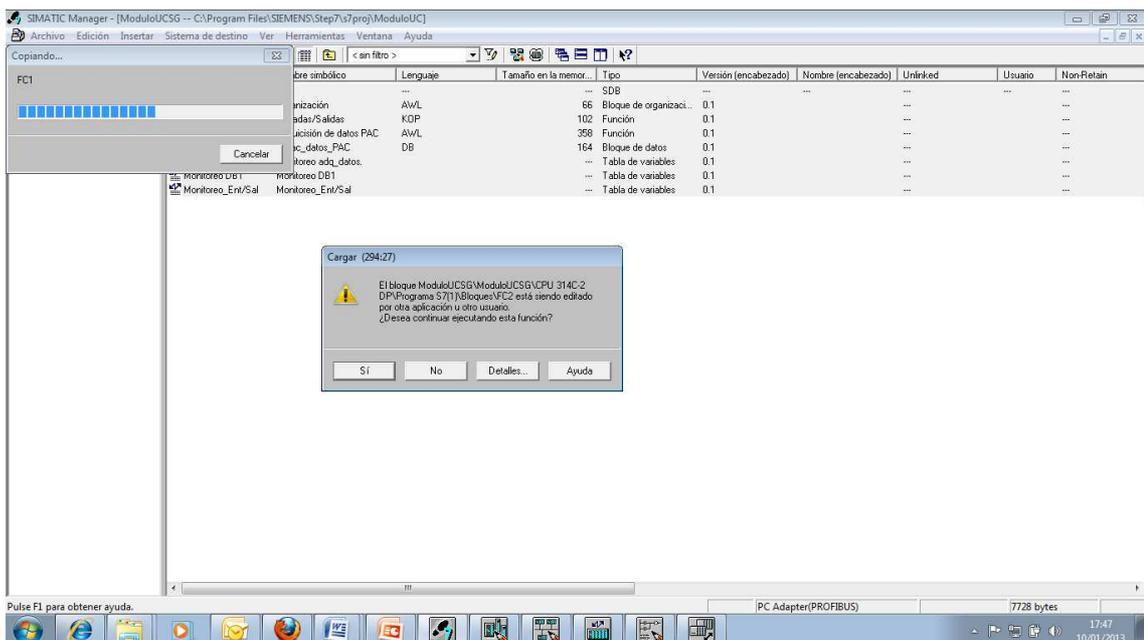


Figura 3.23 Envío de programas a PLC

(Simatic Manager, Configuración)

10. Monitoreo online de señales de entradas y salidas en la tabla de variable.

Operando	Símbolo	Formato de visualización	Valor de estado	Valor de forzado
1	E 0.0 "S1"	BOOL	true	
2	A 0.0 "H1"	BOOL	true	
3	E 0.1 "S2"	BOOL	true	
4	A 0.1 "H2"	BOOL	true	
5	E 0.2 "S3"	BOOL	true	
6	A 0.2 "H3"	BOOL	true	
7	E 0.3 "S4"	BOOL	true	
8	A 0.3 "H4"	BOOL	true	
9	E 0.4 "S5"	BOOL	true	
10	E 0.4 "S5"	BOOL	true	
11	E 0.5 "S6"	BOOL	true	
12	A 0.5 "H6"	BOOL	true	
13	E 0.6 "S7"	BOOL	true	
14	A 0.6 "H7"	BOOL	true	
15	E 0.7 "S8"	BOOL	true	
16	A 0.7 "H8"	BOOL	true	
17	E 1.0 "S9"	BOOL	true	
18	A 1.0 "H9"	BOOL	true	
19	E 1.1 "S10"	BOOL	true	
20	A 1.1 "H10"	BOOL	true	
21	E 1.2 "S11"	BOOL	true	
22	A 1.2 "H11"	BOOL	true	
23	E 1.3 "S12"	BOOL	true	
24	A 1.3 "H12"	BOOL	true	
25	E 1.4 "S13"	BOOL	true	
26	A 1.4 "H13"	BOOL	true	
27	E 1.5 "S14"	BOOL	true	
28	A 1.5 "H14"	BOOL	true	
29	E 1.6	BOOL	false	
30	A 1.6	BOOL	false	
31	E 1.7	BOOL	false	
32	A 1.7	BOOL	false	
33				

Figura 3.24 Monitoreo online de entradas y salidas.

(Simatic Manager, Configuración)

11. Monitoreo de señales cargadas desde el SENTRON PAC 3200 al PLC a través de la tabla de variable.

Operando	Símbolo	Formato de visualización	Valor de estado	Valor de forzado	
1	DB1.DB0 0	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.TENSION_L1_N	REAL	0.0	
2	DB1.DB0 4	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.TENSION_L2_N	REAL	0.0	
3	DB1.DB0 8	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.TENSION_L3_N	REAL	0.0	
4	DB1.DB0 12	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.TENSION_L1_L2	REAL	0.0	
5	DB1.DB0 16	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.TENSION_L2_L3	REAL	0.0	
6	DB1.DB0 20	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.TENSION_L3_L1	REAL	0.0	
7	DB1.DB0 24	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.CORRENTE_L1	REAL	0.0	
8	DB1.DB0 28	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.CORRENTE_L2	REAL	0.0	
9	DB1.DB0 32	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.CORRENTE_L3	REAL	0.0	
10	DB1.DB0 36	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_APARENTE_L1	REAL	0.0	
11	DB1.DB0 40	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_APARENTE_L2	REAL	0.0	
12	DB1.DB0 44	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_APARENTE_L3	REAL	0.0	
13	DB1.DB0 48	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_ACTIVA_L1	REAL	0.0	
14	DB1.DB0 52	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_ACTIVA_L2	REAL	0.0	
15	DB1.DB0 56	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_ACTIVA_L3	REAL	0.0	
16	DB1.DB0 60	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_REACTIVA_L1	REAL	0.0	
17	DB1.DB0 64	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_REACTIVA_L2	REAL	0.0	
18	DB1.DB0 68	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_REACTIVA_L3	REAL	0.0	
19	DB1.DB0 72	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.FACTOR_DE_POTENCIA_L1	REAL	DW#16#0000FFFF	
20	DB1.DB0 76	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.FACTOR_DE_POTENCIA_L2	REAL	DW#16#0000FFFF	
21	DB1.DB0 80	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.FACTOR_DE_POTENCIA_L3	REAL	DW#16#0000FFFF	
22	DB1.DB0 84	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.THD_R_EN_TENSION_L1	REAL	DW#16#0000FFFF	
23	DB1.DB0 88	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.THD_R_EN_TENSION_L2	REAL	DW#16#0000FFFF	
24	DB1.DB0 92	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.THD_R_EN_TENSION_L3	REAL	DW#16#0000FFFF	
25	DB1.DB0 96	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.THD_R_EN_CORRENTE_L1	REAL	DW#16#0000FFFF	
26	DB1.DB0 100	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.THD_R_EN_CORRENTE_L2	REAL	DW#16#0000FFFF	
27	DB1.DB0 104	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.THD_R_EN_CORRENTE_L3	REAL	DW#16#0000FFFF	
28	DB1.DB0 108	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.FRECUENCIA	REAL	DW#16#0000FFFF	
29	DB1.DB0 112	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_APARENTE_TOTAL	REAL	0.0	
30	DB1.DB0 116	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_ACTIVA_TOTAL	REAL	0.0	
31	DB1.DB0 120	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.POTENCIA_REACTIVA_TOTAL	REAL	0.0	
32	DB1.DB0 124	"Almac_datos_PAC" ADO_DATOS.FACTOR_DE_POTENCIA_TOTAL	REAL	DW#16#0000FFFF	
33					

Figura 3.25 Monitoreo de DB1.

(Simatic Manager, Configuración)

3.4 Diseño, construcción y armado del módulo didáctico.

3.4.1 Diseño en autocad, para grabado con láser en plancha de aluminio.

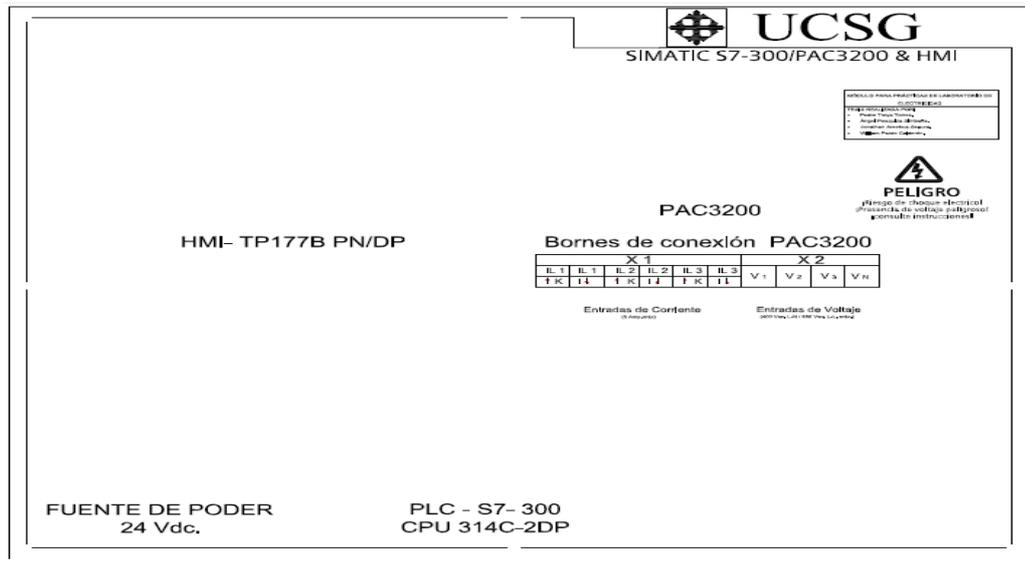


Figura 3.26 Dise1o en CAD de m3dulo did1ctico.

(Autocad 2011)

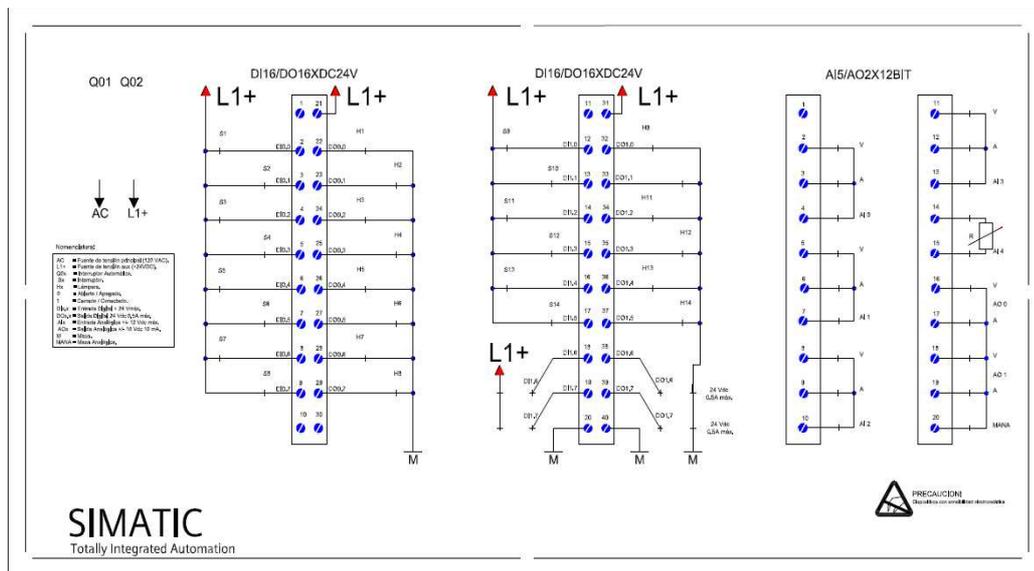


Figura 3.27 Dise1o en CAD de m3dulo did1ctico.

(Autocad 2011)

3.4.2 Corte por hilo y perforaciones, para montaje de equipos.

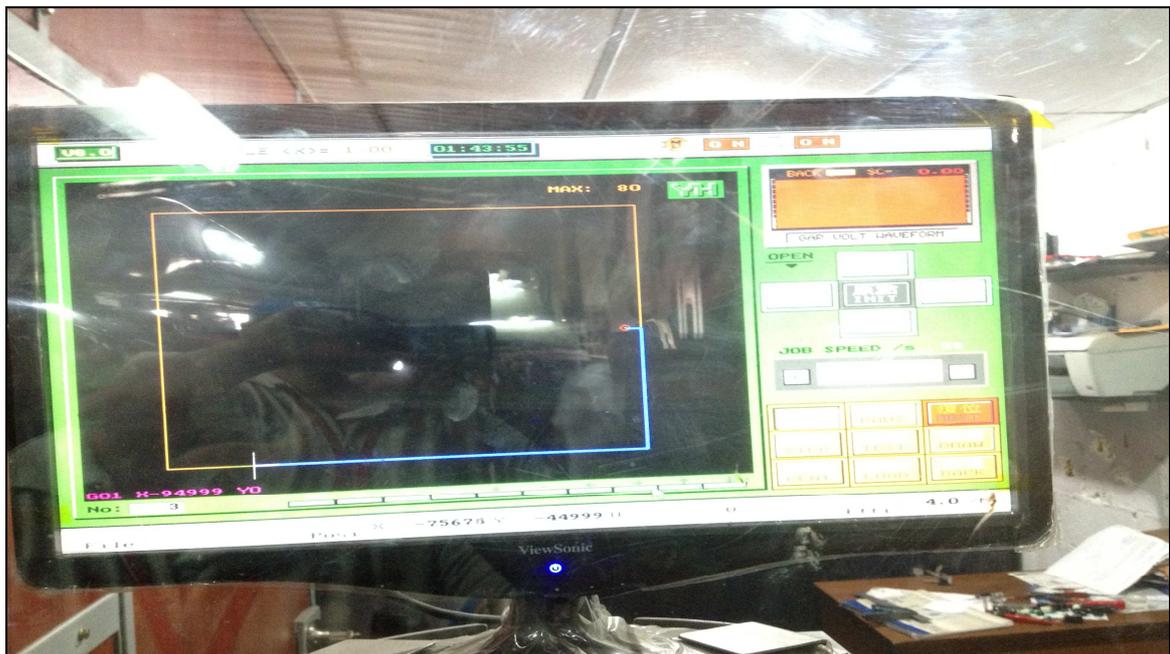


Figura 3.28 Programación de maquina corte por hilo.

(Cámara fotográfica)



Figura 3.29 Revisión de avance del corte de la plancha.

(Cámara Fotográfica)



Figura 3.30 Revisión de avance del corte de la plancha.

(Cámara Fotográfica)

3.4.3 Perforaciones de planchas de aluminio para montaje de interruptores, luces pilotos y bornes.



Figura 3.31 Perforaciones para interruptores.

(Cámara Fotográfica)



Figura 3.32 Perforaciones para luces piloto.

(Cámara Fotográfica)

3.4.4 Montaje de equipos en planchas de aluminio luego del corte por hilo, perforaciones y grabados.



Figura 3.33 Montaje de equipos.

(Cámara Fotográfica)



Figura 3.34 Montaje de interruptores y luces piloto.

(Cámara Fotográfica)

3.4.5 Cableado de módulo didáctico.



Figura 3.35 Conexión de interruptores y luces piloto.

(Cámara Fotográfica)



Figura 3.36 Corte de canaleta ranurada.

(Cámara Fotográfica)



Figura 3.37 Armado de doble fondo para cableado de módulo didáctico.

(Cámara Fotográfica)

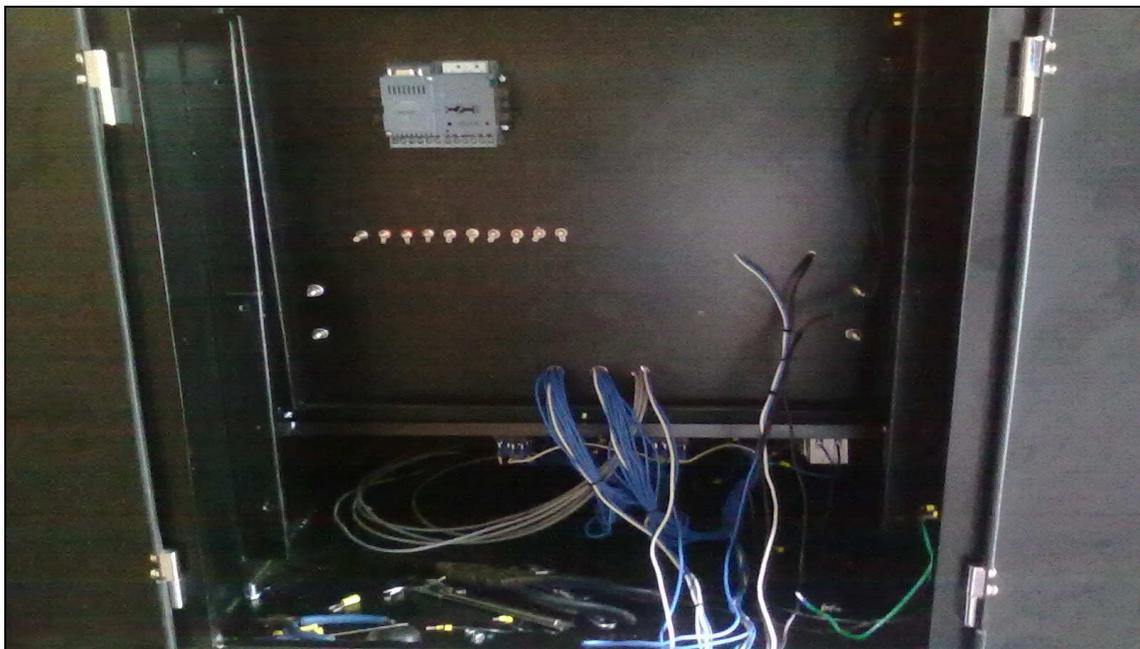


Figura 3.38 Cableado SENTRON PAC 3200.

(Cámara Fotográfica)



Figura 3.39 Cableado de entradas y salidas análogas

(Cámara fotográfica)



Figura 3.40 Conexión de L1+ y Masa a borneras.

(Cámara fotográfica)

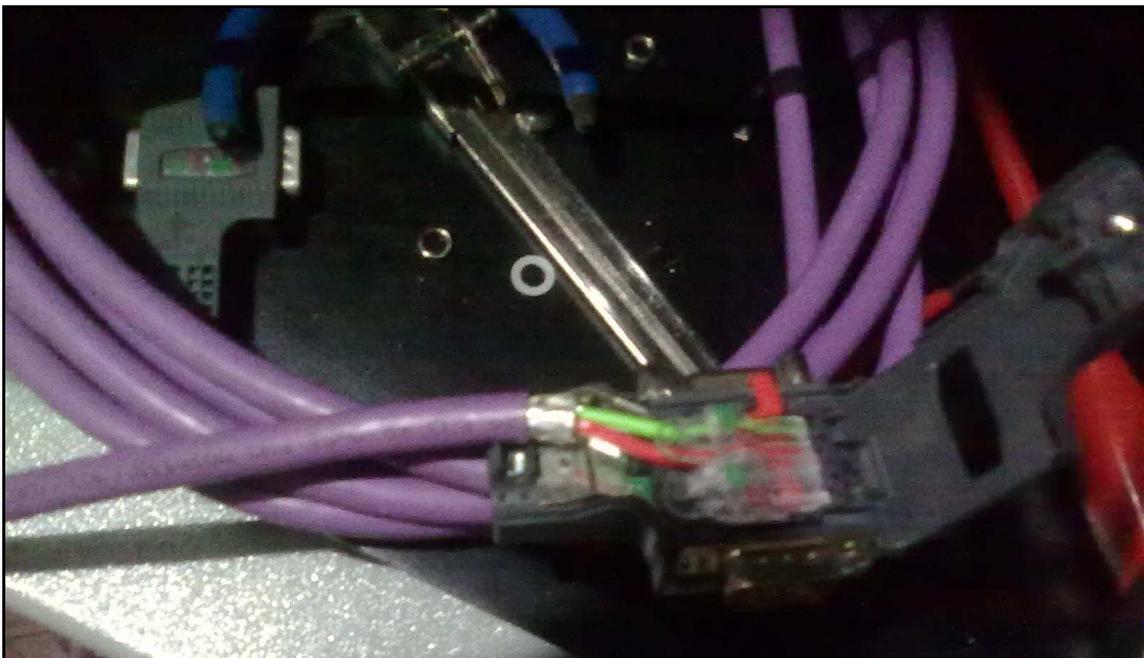


Figura 3.41 Conexión de conectores de red profibus.

(Cámara fotográfica)

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Pruebas del sistema de control y topología de red del modulo didáctico.

Antes de poner en marcha el módulo didáctico es necesario realizar pruebas al equipo con el fin de garantizar el óptimo funcionamiento.

4.1.1 Pruebas de comunicación del módulo didáctico.

Las pruebas de comunicación se las realiza con el cable de comunicación PC/ADAPTER, para poder comunicarse con el módulo didáctico es necesario verificar en el ajuste de interfaz del Simatic Manager si se encuentra configurado como PC/Adapter-Profibus luego se conecta el cable tipo serial en el PLC y el tipo USB en el computador, se abre una de las tablas de variables programadas y se monitorea en modo online.



Figura 4.1 Conexión PC/adapter a PLC.

(Cámara fotográfica)

En la figura 4.1 se observa la conexión del Cable PC/Adapter al PLC, se observan los 3 leds encendidos que indican que existe comunicación entre el computador y el PLC 314C-2DP.

4.1.2 Pruebas de monitoreo de la programación realizada y cargada al módulo didáctico.

Se realiza pruebas de monitoreo de datos programados estableciendo una comunicación online entre el computador y el módulo didáctico, aquí se puede comprobar la adquisición de datos obtenidos en el PLC.



Figura 4.2 Conexión entre PLC y módulo didáctico.

(Cámara fotográfica)

También se verifica la programación cargada para el monitoreo y activación de las periféricas de entradas y salidas.

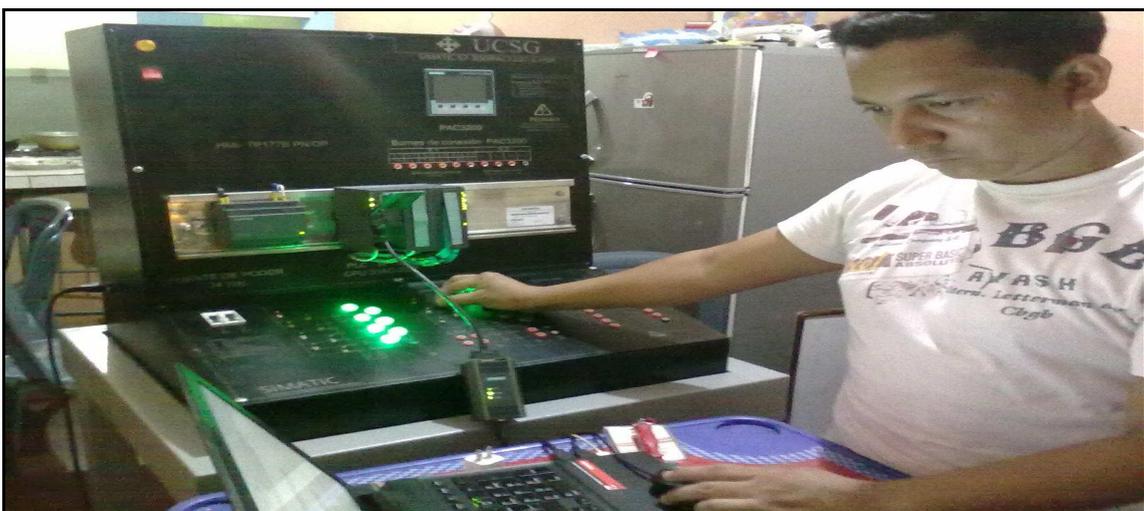


Figura 4.3 Estableciendo comunicación con el módulo didáctico.

(Cámara fotográfica)

4.2 Resultados Obtenidos.

Las pruebas del módulo didáctico son realizadas en el laboratorio de electricidad, se analiza el comportamiento del factor de potencia en una carga trifásica, se incorpora a esta carga capacitores en paralelo con el fin de mejorar el factor de potencia hasta llegar al recomendado, 0.98.

Aquí se observa la carga trifásica conectada al módulo didáctico y el monitoreo de los datos medidos.



Figura 4.4 Carga Trifásica
(Cámara fotográfica)



Figura 4.5 Análisis de una carga trifásica.
(Cámara fotográfica)

Luego de las pruebas realizadas se observa en la figura 4.6 el bajo factor de potencia de la carga trifásica antes de incorporar al circuito los capacitores en paralelo.



Figura 4.6 Medición de bajo factor de potencia

(Cámara fotográfica)

Para mejorar el factor de potencia se incorporo al circuito trifásico capacitores en paralelo, figura 4.7



Figura 4.7 Medición de factor de potencia mejorado

(Cámara fotográfica)

Así se puede demostrar la utilidad del módulo didáctico en diversas prácticas aplicadas en la industria.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

Este módulo didáctico de adquisición de datos y medición de energía entre el autómatas programable S7-300 vía comunicación profibus con el SENTRON PAC3200, que normalmente está operando en el laboratorio de electricidad de la facultad técnica, contribuye al mejoramiento de las prácticas académicas de la materia sistemas de medición y cumple con los objetivos planteados al inicio de esta investigación.

- Se diseñó el módulo didáctico de adquisición de datos y medición de energía, para la asignatura de sistemas de medición de la carrera de Ingeniería en Electrónica en Control y Automatismo de la Facultad Técnica de la UCSG, conforme se indica en el (ANEXO 1).
- Se construyó el módulo didáctico con topología de red de comunicación profibus DP implementando el módulo de adquisición de datos y medición de energía entre el autómatas programable S7-300 y el SENTRON PAC 3200, conforme se indica en el (ANEXO 2 Construcción del módulo) y (ANEXO 4, Programa del PLC, topología de red profibus y reportes).
- Se programó el módulo didáctico con prácticas aplicadas a la industria, como se indica en el numeral, (4.2 Resultados Obtenidos).
- El módulo así instalado evidencia un refuerzo del estudio teórico en el aula, con lo cual fomenta una vinculación estrecha con la práctica y resultados de procesos que se presentan en la industria, así como también familiariza al estudiante con su práctica profesional estando aun en el aula universitaria.

5.2 Recomendaciones.

Se recomienda consultar los manuales de equipos con el fin de utilizar de manera adecuada el módulo didáctico y no causar averías. (ANEXO 6 Y 7)

También es importante ante un evento de fallo de cableado consultar los diagramas que se incluyen en la investigación. (ANEXO 3)

Para dar una mayor dinámica a este módulo didáctico es recomendable incorporar una pantalla táctil, para integrarla a la red profibus ya implementada, con el fin de hacer el módulo didáctico más dinámico en el estudio de envío de datos a una pantalla HMI.

Bibliografía

ALFAOMEGA-MARCOMBO. (2011). AUTÓMATAS PROGRAMABLES Y SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN. México: MARCOMBO.

ALFAOMEGA-MARCOMBO. (2011). Comunicaciones Industriales. México: Marcombo.

BLIGOO. (20 de Septiembre de 2012). <http://automatizacion.bligoo.com>. Recuperado el 20 de Septiembre de 2012, de <http://automatizacion.bligoo.com/content/view/465437/Protocolo-Profibus-DP.htm>: <http://automatizacion.bligoo.com>

EKOPLC. (15 de Septiembre de 2012). <http://www.ekoplpc.net>. Recuperado el 15 de Septiembre de 2012, de <http://www.ekoplpc.net/caracteristicas-plc/index.htm>: <http://www.ekoplpc.net>

Elhacker. (s.f.). Elhacker. Recuperado el 02 de 11 de 2012, de http://foro.elhacker.net/electronica/guia_basica_de_simatic_step_7-t270916.0.html

Formación, p. m. (15 de 08 de 2012). PLC Madrid. Recuperado el 08 de 12 de 2012, de http://formacion.plcmadrid.es/descargas/docs/manuales/profibus_s7.pdf

Linux. (s.f.). Linux. Recuperado el 01 de 10 de 2012, de <http://linux0.unsl.edu.ar/~rvilla/c3m10/tema13.pdf>

PROFESORES- FRC. (20 de Septiembre de 2012). <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar>. Recuperado el 20 de Septiembre de 2012, de <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar>

SIEMENS. (20 de Septiembre de 2012). <https://www.automation.siemens.com>. Recuperado el 20 de Septiembre de 2012, de <https://www.automation.siemens.com/.../e20001-a100-l300-v2-7800>: <https://www.automation.siemens.com>

SIEMENS. (15 de 12 de 2011). SEA. Recuperado el 08 de 12 de 2012, de www.sea.siemens.com/.../SETRON_pac3200

(Simatic Manager, Configuración, 2013).

ANEXOS

1. Diseño de módulo didáctico.
2. Diagramas para construcción metalmecánica del módulo.
3. Diagramas eléctricos.
4. Programa de PLC, topología de red profibus y reportes.
5. Modelo de prácticas.
6. Datos técnicos de PLC 314C-2DP
7. Manual de conexiones del SENTRON PAC 3200.

ANEXO 1: Diseño de módulo didáctico.

ANEXO 2: Diagramas para construcción metalmecánica del módulo.

ANEXO 3: Diagramas eléctricos.

ANEXO 4: Programa de PLC, topología de red profibus y reportes.

ANEXO 5: Modelo de prácticas.

ANEXO 6: Datos técnicos de PLC 314C-2DP.

ANEXO 7: Manual de conexiones SENTRON PAC 3200.