

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PORTABLE PARA
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.**

Diego Fernando Molina Ortega

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
TUNJA
2015**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PORTABLE PARA
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.**

DIEGO FERNANDO MOLINA ORTEGA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Electrónico**

**DIRECTOR
CARLOS CARDONA COY
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
TUNJA
2015**

Nota de aceptación:

Presidente de Jurado

Jurado

Jurado

ADVERTENCIA

Únicamente el graduado es responsable de las ideas expuestas en el siguiente trabajo.

La universidad Santo Tomás no se hace responsable de los conceptos emitidos por el alumno de su trabajo. Solo velará por que no se publique nada contrario al dogma ni a la moral católica, por que la tesis no contenga ataques personales y únicamente se vea en ella el anhelo de buscar la verdad y la justicia.

(Artículo 23, Resolución del 13 de julio de 1956)

Doy infinitas gracias.....

Al universo por el sendero hasta ahora recorrido.....

Dedico este triunfo principalmente a mi familia,
a mis padres por su amor, esfuerzo, sacrificios y dedicación,
a mis hermanos por su amor, apoyo, paciencia y por su empuje
para convertirme en un gran ser humano y en segunda
estancia
en un profesional.

A todas las personas que me han ayudado con sus enseñanzas y me han brindado un refugio humano.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Descripción del problema	3
1.3 Formulación del problema	4
1.4 Delimitación del problema	4
2. OBJETIVOS	6
2.1 Objetivos generales	6
2.2 Objetivos específicos	6
3. JUSTIFICACION	7
3.1 Impacto social	7
3.2 Impacto económico	8
3.3 Impacto medioambiental	8
4. APLICABILIDAD	9
5. MARCO DE REFERENCIA	10
5.1 MARCO DE ANTECEDENTES	10
5.1.1 Antecedentes históricos	10
5.1.2 Clasificación de los PLC	17

5.1.2 Evolución y tendencia de los PLC	23
5.2 MARCO TEÓRICO	24
5.2.1 Estudio de factibilidad	23
5.2.1.1 Factibilidad operativa	25
5.2.1.2 Factibilidad técnica	26
5.2.1.3 Factibilidad económica	27
5.3 ESTADO DEL ARTE	30
5.3.1 PLCs portables y sus aplicaciones	35
5.3.2 Trabajos realizados con PLC portable	39
5.4 MARCO CONCEPTUAL	45
5.4.1 Diseño de un sistema	45
5.4.2 Implementación de un sistema	46
5.4.3 PLC	46
5.4.4 Fuente interna del PLC	47
5.4.5 CPU	47
5.4.6 Interfaces	47
5.4.7 Unidad de programación	48
5.4.8 Entradas y salidas	48
5.4.9 Memoria	49
5.4.10 Borneras	49
5.4.11 Pantalla HMI	49

5.4.12 Módulos de comunicación	49
5.4.13 Piloto electrónico para visualización	50
5.4.14 Interruptor industrial	50
5.4.15 Mini breaker	50
5.4.16 Switch	51
5.4.17 Canaleta	51
5.4.18 Toma doble	51
5.4.19 Maletín para PLC	51
5.4.20 Riel para borneras	51
5.4.21 Conectores	51
5.4.22 Alambre de cobre	52
5.4.23 Entradas digitales	52
5.4.24 Entradas analógicas	52
5.4.25 Salidas digitales	53
5.4.26 Salidas analógicas	54
5.4.27 Módulo RS485	54
5.4.28 Módulo Profibus	55
5.4.29 Sistema portable	55
5.4.30 Flexibilidad del sistema	56
5.5 MARCO DEMOGRÁFICO	57
6. METODOLOGIA	58

6.1 Metodología de la investigación	58
6.2 Definición de variables	59
6.3 Población y muestra	60
6.3.1 Población	60
6.3.2 Muestra	61
7. ESTUDIO DE MERCADOS	63
7.1 RESUMEN EJECUTIVO	63
7.2 ANALISIS DE LA DEMANDA	64
8. PROPUESTA TÉCNICA	68
9. PROPUESTA ECONÓMICA	77
9.1 INVERSIÓN REALIZADA	77
10. PERSONAS QUE PARTICIPAN EN EL PROCESO	82
11. CONCLUSIONES	83
12. RECOMENDACIONES	84
13. BIBLIOGRAFÍA	85
14. INFOGRAFÍA	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Kit portable en maletín industrial (PLC S7-1518 Siemens)	15
Figura 2: Estructura básica del PLC	18
Figura 3: Fuente interna de alimentación del	21
Figura 4: Tensiones de trabajo de la fuente de alimentación del PLC	22
Figura 5: Aspectos para la definición de un estudio de factibilidad	24
Figura 6: Pasos básicos para realización de un proceso de automatización	29
Figura 7: Clasificación de componentes básicos de un PLC	30
Figura 8. Tipos de software para programación de PLC's	32
Figura 9. Fotografías del kit portable en maletín industrial y tablero del motor	39
Figura 10. Clasificación general de la comunidad	59
Figura 11. Vista lateral, frontal, de planta e isométricos	66
Figura 12. Isométrico 1- vista final del maletín tablero de control	67
Figura 13: isometrico 2-vista final del maletin parte interna	67
Figura 14. Vista frontal- medidas básicas.	68
Figura 15. Vista lateral- Profundidad del sistema	68

Figura 16. Diseño de caja preliminar	72
Figura 17. Diseño final de caja	73
Figura 18. Cableado estructurado	73
Figura 19. Implementación final del prototipo	74
Figura 20. Arquitectura del sistema PLC	75
Figura 21. Planos eléctricos del sistema	76

INTRODUCCIÓN

La industria moderna ha experimentado una rápida proliferación de la tecnología automatizada que ha mejorado en gran medida la eficiencia y eficacia dentro de la producción. El centro de esta tecnología es el control lógico programable (PLC) y es por ello que la fuerza laboral de hoy día debe estar al tanto en la adquisición de habilidades en la programación y operación de sistemas PLC que utilicen una óptima variedad de comandos básicos y avanzados de programa. El Sistema de Aprendizaje PLC portátil aborda esta necesidad al proporcionar al estudiante la posibilidad de aprendizaje en una estación de trabajo integral para lograr adquirir conocimiento de sistemas PLC modernos, (utilizados ampliamente en la industria actual). Es importante mencionar que los estudiantes de la universidad aprenden las aplicaciones básicas y avanzadas de este tipo de sistemas utilizando Logix-pro y el Step 7 para el PLC, un terminal Panel View y redes en la totalidad de su plan de estudios.

La finalidad de este proyecto es proporcionar a la Universidad Santo Tomás un sistema de automatización y control que permita la simulación de los diferentes procesos industriales dentro de los laboratorios de electrónica, ya que estos sistemas portátiles simularán los entornos requeridos de una manera más sencilla y con la misma calidad que ofrecen los sistemas actuales.

Por otro lado se busca plantear el desarrollo de módulos de entrenamiento en automatización industrial portable, los cuales puedan ser utilizados en cualquier laboratorio existente en la actualidad, brindando una mayor flexibilidad tanto al docente como al estudiante de los cursos correspondientes, para el desarrollo de proyectos y prácticas de laboratorio.

Por esta razón se presenta el problema básico sobre el cual se estructuraron los objetivos a cumplir, la teoría y los conceptos necesarios para el desarrollo de los mismos, una justificación de la importancia del trabajo y el diseño de la metodología empleada en el desarrollo del sistema para poder llegar a las conclusiones finales del proyecto.

1. PROBLEMA:

1.1 PLANTEAMIENTO DL PROBLEMA

En lo que respecta a la implementación de los sistemas de PLC existentes actualmente dentro de Universidad Santo Tomás, el principal problema evidenciado y por lo cual se hace pertinente el presente proyecto, es la falta de espacios de trabajo en los laboratorios de electrónica de la universidad en los cuales se encuentran los sistemas de automatización y control de PLC.

El problema radica básicamente en el hecho de que cuando el estudiante requiere trabajar con uno de estos sistemas, muchas veces no halla la disponibilidad correspondiente para el desarrollo de sus actividades y generalmente encuentra los espacios de trabajo ocupados, teniendo en cuenta el hecho de que no hay la posibilidad de poder trasladar su trabajo a otros lugares o laboratorios de la universidad, es por tal razón que se propone el diseño y la implementación de un sistema que permita al estudiante utilizar cualquier espacio disponible de la universidad sin la necesidad de un banco o una mesa de trabajo.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente la Universidad Santo Tomás no cuenta con los espacios suficientes para la simulación y el control de los distintos procesos industriales, por lo tanto se propone crear nuevos sistemas de simulación de procesos que permitan interactuar con nuevos sistemas de control con los cuales no se requiera nueva infraestructura y sea muy cómodo para el trabajo en cualquier parte de la universidad.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible implementar un sistema de PLC que sea igual o más eficiente al existente actualmente dentro de la Universidad Santo Tomás, con una menor infraestructura?

¿Es adecuado compactar un sistema de PLC para que tenga una mayor flexibilidad?

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Alcances del proyecto:

En cuanto a los alcances del proyecto es importante mencionar que se pueden realizar modificaciones al sistema de PLC portátil, ya que este cuenta con circuitos electrónicos de fácil acceso al cual se le pueden agregar componentes adicionales, dependiendo de la utilización que se le vaya a dar al mismo (proceso a controlar).

De este modo al tener un sistema básico se hace flexible y adaptable para el su acople a distintas interfaces de comunicación, esto por motivos de que el PLC de Siemens (implementado actualmente por la Universidad Santo Tomás), ofrece la característica de manejo de diferentes protocolos de comunicación.

Limitaciones del proyecto:

En cuanto a las limitaciones del proyecto se puede deducir que estas dependerían básicamente y en gran manera de los recursos disponibles para la elaboración del PLC (en el caso del presente proyecto se cuenta tan solo con la mitad de los recursos, los cuales son otorgados por la Universidad Santo Tomás). Pero quizás su principal limitación radica en la competitividad de nuevos sistemas

tecnológicos que se implementen en sectores industriales importantes y que pretendan miniaturizar los mismos para proceso industriales de gran escala, esto teniendo en cuenta que este proyecto es un sistema que permite la simulación de procesos industriales básicos y sirve como método de entrenamiento básico para estudiantes de la universidad.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Implementar un sistema de automatización y control portable el cual pueda ser utilizado en los laboratorios existentes, que permita simular procesos industriales.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las especificaciones físicas para el PLC S7 1200.
- Cotizar los costos de los materiales para organizar un presupuesto del sistema.
- Diseñar el banco móvil de acuerdo a las especificaciones físicas y las necesidades del laboratorio.
- Realizar la implementación del sistema móvil para la utilización del mismo dentro de los laboratorios de Electrónica.

3. JUSTIFICACION

El desarrollo tecnológico acelerado unido al gran poder de procesamiento y velocidad que han alcanzado los computadores, hace que hoy día sea prácticamente imposible concebir una actividad en el campo de la industria que no esté asociada a un equipo de control automático. Los cambios tecnológicos en los sistemas de automatización de procesos industriales son tan frecuentes y de tal magnitud, que obligan a estar permanentemente actualizado en este campo.

Teniendo en cuenta la necesidad de la Universidad Santo Tomás por fomentar espacios para el entrenamiento de nuevos sistemas para la simulación de procesos industriales a partir de PLC, se busca diseñar un software y hardware para el desarrollo de dichos sistemas automáticos que permitan al estudiante interactuar de manera cercana con los mismos.

A partir de lo anterior se pretende diseñar un “sistema de automatización portable”, que sirva como entrenamiento para encaminar a los estudiantes en ámbitos más prácticos del sector de la automatización industrial, facilitando la utilización de los laboratorios existentes, y sin la necesidad de nueva infraestructura, además brindar la posibilidad de interactuar y realizar el desarrollo de sus actividades con diferentes fabricantes, así mismo podrán estudiar habilidades relevantes para la industria, incluyendo la forma de operar y sistemas PLC programables para una amplia gama de aplicaciones en la industria real.

3.1 IMPACTO SOCIAL

El sistema de PLC portátil tendría un gran impacto a nivel social, esto es debido a que en otras universidades no solo de la ciudad de Tunja, sino en la mayoría de

las universidades del país no se cuenta con este tipo de sistemas portátiles, por lo tanto sería un gran impulso para que se incite a las universidades a trabajar con sistemas ya existentes y de este modo se evite que los proyectos queden tan solo como prototipos de la universidad, además de ello impacta positivamente la optimización los espacios y se eficienten la implementación de los recursos económicos de las universidades

3.2 IMPACTO ECONÓMICO

Al reducir la infraestructura del sistema de PLC existente dentro de las instalaciones de la universidad, se puede proyectar una reducción considerable en los costos de implementación y por ende el aumento de la eficiencia de manejo del sistema, generando así la posibilidad de implementar varios sistemas de PLC portátil sin realizar adecuaciones complejas, convirtiéndose en sistemas tan viables como los que ya se han implementado en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás.

3.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El sistema de PLC portátil sistema no tiene mayor impacto ambiental, ya que su estructura física puede utilizarse durante muchos años sin la necesidad de nueva materia prima, por otro lado el mantenimiento de este sistema es mínimo, por lo tanto no contamina el medio ambiente y ayuda a evitar el consumismo tecnológico.

Cuando finalice el ciclo útil de este sistema, su materia prima se puede reutilizar para futuros proyectos en ingeniería.

4. APLICABILIDAD

Dado su carácter práctico, los resultados del proyecto tendrán una aplicación inmediata en los sistemas existentes actualmente dentro de la Universidad Santo Tomás., debido a que no solo en la universidad, sino que también en nuestra región se han ido desarrollando nuevas tecnologías para la demanda y la necesidad de la comunidad, alcanzando una proliferación inminente, y por lo tanto, es indispensable e inevitable adaptar los nuevos sistemas y cambios que surgen en el entorno del desarrollo tecnológico. Así, su aplicabilidad a nivel de la universidad, será un gran avance para el desarrollo de nuevos sistemas o similares, que permitan basarse en el principio de “flexibilidad” que ofrece este proyecto.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 MARCO DE ANTECEDENTES

5.1.1 Antecedentes históricos

A partir de la revisión de información referente al presente proyecto, algunos sistemas programables implementados en años anteriores fueron los PLC y debido a algunos avances tecnológicos, se dio paso años después a los sistemas de PLC portátiles en las principales empresas del mundo, las cuales implementaron estos sistemas para la automatización y el control de los procesos industriales.

Históricamente los autómatas programables o PLC aparecieron en los Estados Unidos de América en los años 1969 – 70 y particularmente en el sector de la industria automotriz. Estos fueron empleados dos años más tarde en Europa. Su fecha de creación coincide, con el comienzo de la era del microprocesador y con la generación de la lógica cableada modular.

El autómata es la primera máquina con lenguaje, es decir, un calculador lógico cuyo juego de instrucciones se orienta hacia los sistemas de evolución secuencial. Hay que apreciar que, cada vez más, la universalidad de las computadoras tiende a desaparecer, el futuro parece abrirse hacia esta nueva clase de dispositivos: máquina para proceso de señales, para la gestión de bases de datos, entre otros.¹

¹ FERNÁNDEZ, A. Autómatas programables y sistemas de automatización. España (2010).

El autómata programable es pues, en este sentido un precursor y constituye para los automatistas un esbozo de la máquina ideal.

La programación de un autómata programable o PLC (Programmable Logic Controller) consiste en el establecimiento de una secuencia ordenada de instrucciones que resuelven una determinada tarea de control. Dicha secuencia establece la relación entre las distintas variables lógicas y constituye el programa del autómata programable.

A cada autómata programable le corresponde un determinado lenguaje máquina de acuerdo con su estructura física (Hardware). Sin embargo como el lenguaje máquina es muy complicado de manejar para los técnicos de operación de las plantas, maquinas, etc...; es necesario que los fabricantes de los autómatas programables desarrollen lenguajes de programación que permitan una interfaz-usuario más amigable con el personal que va a operar y programar el autómata programable. Para el caso específico de los PLC Siemens S7-1200 el software que permite acceder al autómata para su programación, es el STEP7.

Dentro de este tipo de sistema de programación se encuentran dos clases de lenguaje diferentes:

Lenguaje literal: Las instrucciones de este tipo de lenguaje están formadas por números, letras y símbolos especiales.

Lenguajes Gráficos: Son lenguajes en los que las instrucciones se representan mediante figuras geométricas. Dentro de esta podemos destacar tres tipos importantes:

- LAD o KOP: Es un lenguaje de contactos.

- FBD: Es un lenguaje de diagrama de funciones.
- SFC: Es un lenguaje funcional de secuencias, cuya base es el GRAFCET
- *Interfaces Hombre – Máquina y Sistemas SCADA:*

Las primeras Interfaces Hombre Máquina se basaban en pantallas de CRT (Tubos de Rayos Catódicos) y teclados que reemplazaban a las antiguas máquinas de escribir, esto permitió crear las primeras interfaces gráficas que tenían como funciones complejas el cambio de colores.

A partir de estas interfaces se empezaron a realizar los primeros sistemas SCADA que permitían el monitoreo de algunas variables a través de la adquisición de datos. Sin embargo, estos sistemas se vieron limitados debido a su capacidad de memoria, que solo pudo ser solucionado en el momento de implementar un sistema operativo que permitía un acceso mayor de memoria. Debido a incidentes en los procesos, al basar las interfaces humano – máquina en texto, se demostró que las interfaces graficas que prevalecían en lo visual, eran muy eficientes y evitaban errores en los procesos si se realizaban de una forma correcta y sin saturar al operario de mucha información.

Con esto, las interfaces gráficas fueron recibiendo un gran impulso en su desarrollo hasta la actualidad, gracias a su sencillez en su manejo.

El nombre de SCADA es dado a cualquier software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo.

Algunos de los objetivos de un sistema SCADA son:

- Facilidad en la supervisión de procesos.
- Gran accesibilidad al funcionamiento de los procesos.
- Permitir un control eficiente del proceso a fin de obtener reportes sobre fallas o avisos de mantenimiento.
- Optimizar el rendimiento de los procesos a través de la interconexión de datos.

Los sistemas SCADA presentan un gran abanico de ventajas en el momento de gestionar nuestros procesos, algunas de estas ventajas son:

- Gracias al actual nivel de desarrollo, es posible la creación de aplicaciones funcionales sin necesidad de conocer exhaustivamente el funcionamiento del dispositivo.
- El sistema PLC está diseñado para trabajar en condiciones adversas, proporcionando robustez y fiabilidad al sistema que controla.
- La modularidad de los autómatas permite adaptarlos a las necesidades actuales y ampliarlos posteriormente si es necesario.
- Cualquier tipo de sensores y actuadores puede integrarse en un programa de PLC mediante múltiples tarjetas de adquisición disponibles.
- Gracias a las herramientas de diagnóstico disponibles, es más rápida la localización de errores, esto repercute en la reducción de costes de mantenimiento al minimizar los períodos de paro en las instalaciones.
- Un sistema de control remoto (RTU) puede definirse de manera que pueda funcionar de forma autónoma, aún sin comunicaciones con la estación maestra.
- A través de un tele-mantenimiento, es posible realizar modificaciones de software en estaciones remotas, desde la unidad de control.

- Debido a su fácil interpretación, los programas de control pueden ser fácilmente revisados por los técnicos de mantenimiento.²

En la actualidad, los dispositivos PLC son muy utilizados en distintas industrias por su robustez y facilidad de programación. Existe una gran variedad de compañías dedicadas al desarrollo de estos dispositivos, entre las cuales las más significativas y con mayor calidad en sus productos son:

- Allen Bradley
- Siemens
- Schneider Electric
- General Electric
- Toshiba
- Mitsubishi

El autómatas S7-1200, es el último dentro de una gama de controladores SIMATIC de Siemens, es el sucesor del S7-200 y está disponible desde junio del 2009. El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador.

² S. SZKLANNY Y C. BEHREND, Sistemas Digitales de Control de Procesos. Ed. 2. Control Editoriales, Buenos Aires (2006).

Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET.

La CPU (*ver figura 1*) permite la integración de varios módulos de desarrollo que permiten añadir entradas, salidas y puertos de comunicación a la CPU, con el fin de aumentar sus prestaciones y mejorar la modularidad del mismo.

La CPU S7-1200 está catalogada por Siemens como una clase de PLC de rango medio-bajo que permite la automatización básica y un entendimiento estándar de la programación soportada en los dispositivos. Las gamas de PLC Siemens más altas son los S7-300, S7-400 y S7-1500. Dentro de esta última rama encontramos su más reciente desarrollo, el PLC S7-1518.

Figura 1. PLC S7-1518 (Siemens)



Fuente: <http://www.totallyintegratedautomation.com>

Este PLC tiene como características principales:

- Extraordinaria potencia de sistema para mínimos tiempo de respuesta y máximo control de calidad
- Diseño innovador y fácil usabilidad para facilitar al máximo el manejo y la puesta en marcha y lograr un funcionamiento seguro
- Diagnóstico de sistema integrado para plena transparencia sobre el estado de la instalación; generado automáticamente y señalizado uniformemente.

PLC PORTABLE.

5.1.2 Clasificación del PLC:

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en el número de I/O, en su tamaño de memoria, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías.³

PLC tipo Nano:

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

PLC tipo Compactos:

Estos PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta varios cientos (alrededor de 500 I/O) , 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 i/o

³ FERNÁNDEZ, A. Autómatas programables y sistemas de automatización. España (2010).

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 I/O
- Comunicaciones.
- Contaje rápido.

Funciones especiales.

De estos tipos existen desde los denominados Micro PLC que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O.

Aproximadamente después de los años 90 se inició con la creación de los primeros PLC portátiles, debido a la demanda y la proliferación de la tecnología, se iniciaron a crear nuevos sistemas de PLC con menor infraestructura y propicios para trabajar en ámbitos no industriales (universitarios), susceptibles a reducir los costos para poder simular los procesos industriales y poder trabajar con comodidad y confort casi al mismo nivel del trabajo industrial.

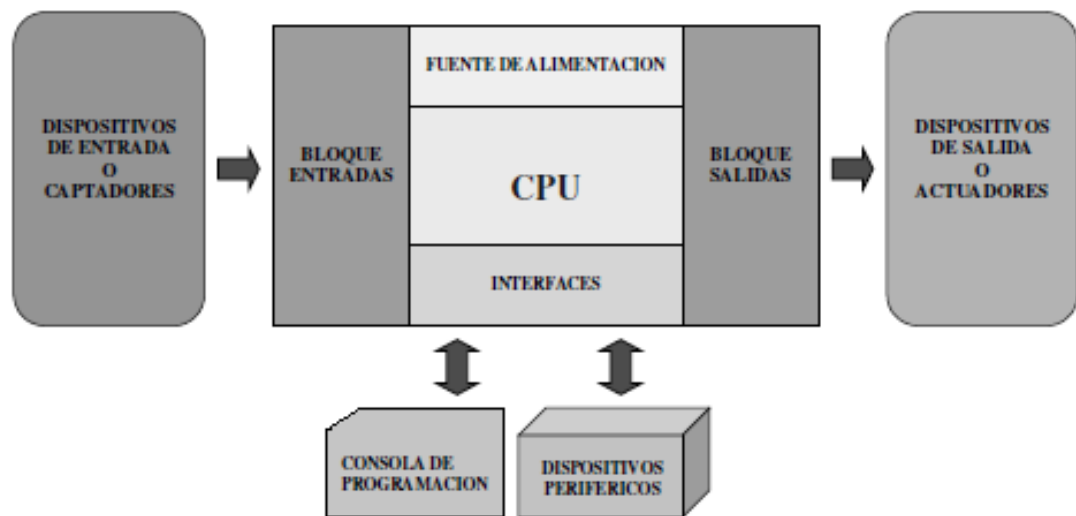
Bloques necesarios para el funcionamiento del PLC

- Fuente de alimentación
- Consola de programación
- Periféricos

- Interfaces

En la siguiente imagen se tienen los bloques fundamentales que componen un sistema de PLC para su correcto funcionamiento:

Figura 2. Estructura básica del PLC

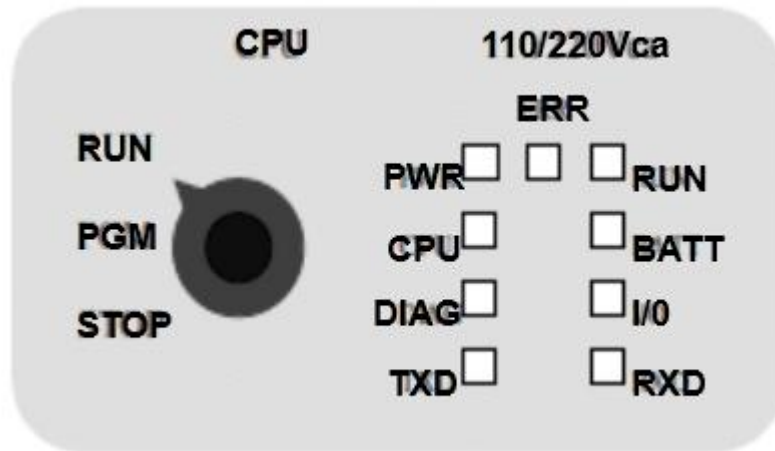


Fuente: <http://www.ing.unlp.edu.ar/electro/procesos/ApuntePLC.pdf>

La Unidad Central de Procesos es el cerebro del sistema, en ella se ejecuta el programa de control del proceso, el cual fue cargado por medio de la consola de programación, posteriormente procesa esta información para enviar respuestas al módulo de salidas. En la memoria se encuentra el programa destinado a controlar el proceso.

Indicadores y selectores de modo de operación del PLC que sirve tanto en el PLC sólido como en el PLC portable

Figura 3. Selectores de operación del PLC



Fuente: <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/ApuntePLC.pdf>

Selección del modo de operación.

- RUN: En esta posición, el PLC empieza a ejecutar el programa
- STOP: Esta posición detiene el proceso que se esté ejecutando.
- PROGRAM: En esta posición, el PLC permite ser programado desde algún dispositivo externo.

Funciones de las Indicaciones Lumínicas.

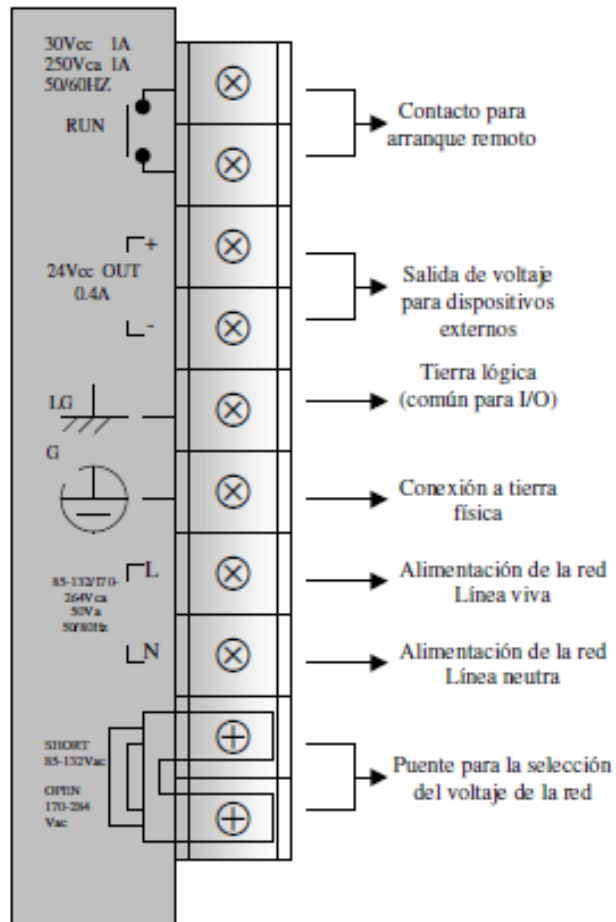
- PWR: Muestra el estado de la fuente de alimentación.
- RUN: Indica que la CPU del PLC se encuentra en modo RUN
- CPU: La CPU hace diagnóstico de su estado de funcionamiento en forma automática.

- ERR: Señal que hubo un error durante la ejecución del programa. El error puede ser de programa o de funcionamiento del hardware del PLC.
- BATT: Indica el estado actual de la batería de respaldo de la fuente de alimentación.
- I/O: Esta luz sirve para indicar el estado de los módulos de entrada y salida.
- DIAG: Los autómatas pueden tener un sistema de diagnóstico propio.
- TXD: Es el indicador de transmisión de datos por los puertos de comunicaciones.
- RDX: Es el indicador de recepción de datos por los puertos de comunicaciones.

Fuente de alimentación.

A partir de una tensión exterior proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos electrónicos del autómata, además posee una batería para mantener el programa y algunos datos en la memoria si hubiera un corte de la tensión exterior.

Figura 3. Fuente interna de alimentación del PLC



Fuente: <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/ApuntePLC.pdf>

A partir de lo anterior, es importante especificar que se tienen las siguientes tensiones de trabajo:

Figura 4. Tensiones de trabajo de la fuente de alimentación del PLC

Voltaje de entrada	Oscila entre: 100VCA - 240VCA
Voltaje de salida	Oscila entre: 12VDC - 24VDC
Corriente de salida	1A - 3A
Frecuencia de operación	50Hz ó 60Hz
Protecciones	Sobrecorrientes y sobrevoltajes

Tomado de <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/ApuntePLC.pdf>

5.1.3 Evolución y tendencia de los PLC

- El empleo de memorias EEPROM y EPROM de alta velocidad, sustituirán las RAM clásicas empleadas hasta ahora.
- La reducción del tamaño y la mayor compactación del PLC, aumenta al mismo tiempo, las prestaciones de estos.
- La incorporación progresiva de las mejoras (Velocidad, potencia, etc.) en los actuales uP de 32 bits.
- La incorporación de potentes dispositivos lógicos programables (PLD) para la implementación de las CPU, optimizan considerablemente el tiempo de ejecución de instrucciones.
- Incorporación de sistemas multiprocesador y de inteligencia distribuida en planta mediante varias CPU que trabajan paralelo o en modo master-slaves.
- Mejora de las comunicaciones entre PLC, sensores y ordenadores personales. Interfaces de comunicación estándar entre diferentes PLC y entre sistemas de sensores y el PLC mediante redes denominadas buses de campo.

- Mayores prestaciones de los buses de campo industriales que incluso llegan a la categoría de redes de área local o LAN (Local Area Network).
- Interfaces de comunicación estándar entre ordenadores personales y el PLC por medio de redes de jerarquía superior a los anteriores buses de campo y con accesos al medio similares a los utilizados en la LAN.
- Mejora en la interfaz con el usuario y programador para que sean más amigables su utilización, manejo y programación gracias a sistemas de programación y supervisión en PC sobre entornos de Windows y similares.
- Incorporación másica y mejora de los actuales paquetes de software SCADA.
- Incremento de prestaciones con inteligencia propia como la auto verificación y el autodiagnóstico.⁴

⁴ FERNÁNDEZ, A. Autómatas programables y sistemas de automatización. España (2010).

5.2 MARCO TEÓRICO

5.2.1 Estudio de Factibilidad.

Un estudio de factibilidad sirve para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y con base a ello tomar la mejor decisión, si procede su estudio, entonces iniciar con su desarrollo e implementación, para el caso del presenta proyecto se determinará si es factible la implementación de un sistema denominado PLC portable en la Universidad Santo Tomás. Los recursos se analizan en función de aspectos operativos, técnicos y económicos con el fin de que se revisen y se evalúen en caso de realizarse el proyecto, en los siguientes numerales, se desglosa cada uno de ellos.⁵

5.2.1.1 Factibilidad operativa.

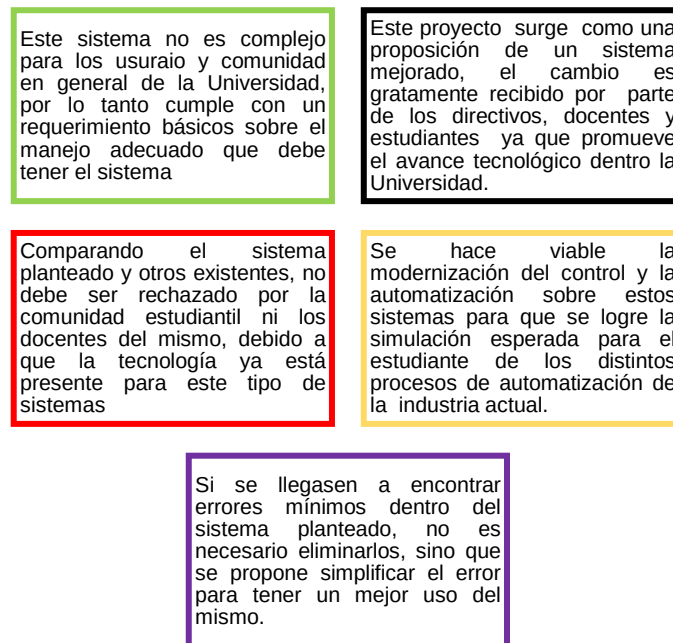
Esta factibilidad comprende una determinación de la probabilidad de que un nuevo sistema se use como se supone que debe usarse.

Este contiene todos los recursos donde interviene algún tipo de actividad (procesos) y depende de los recursos humanos que participan durante la operación del proyecto. Durante esta etapa se identifican todas aquellas actividades que son necesarias para lograr el objetivo y se evalúa y determina todo lo necesario para llevarla a cabo.

Para la realización del estudio de la factibilidad operativa se tuvo en cuenta cuatro aspectos importantes con los cuales se define mejor el análisis realizado:

⁵ SALCEDO, A. Estudio de factibilidad para la opción de un proyecto. UPTC-Tunja (2001)

Figura 5. Aspectos para la definición de un estudio de factibilidad



Fuente: El Autor, basado en HERNÁNDEZ, R.(2003).

5.2.1.2 Factibilidad Técnica.

El análisis de factibilidad técnica evalúa si el equipo y software están disponibles (o, en el caso del software, si puede desarrollarse) y si tienen las capacidades técnicas requeridas por cada alternativa del diseño que se esté considerando. Los estudios de factibilidad técnica también consideran las interfaces entre los sistemas actuales y nuevos.

Se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, etc., que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente nos referimos a los elementos tangibles (medibles). El proyecto debe considerar si los recursos técnicos actuales son suficientes o deben complementarse.

Por otro lado se cuenta con la mitad de los recursos que fueron otorgados por la Universidad Santo Tomás dando en cuenta la aprobación del resto de recursos para la implementación del sistema como tal.

Teniendo en cuenta que los recursos disponibles para la implementación de este proyecto no requieren costos elevados, en cuanto a la factibilidad económica se pudo determinar que el proyecto es viable ya que los costos se incluyen en su mayor parte en los recursos ya existentes dentro de los laboratorios de la Universidad Santo Tomás de Tunja.

5.2.1.3 Factibilidad Económica.

Se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse son el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos.

Generalmente la factibilidad económica es el elemento más importante ya que a través de él, se solventan las demás carencias de otros recursos, es lo más difícil de conseguir y requiere de actividades adicionales cuando no se posee.

Un estudio de factibilidad requiere ser presentado con todas las posibles ventajas para la empresa u organización, pero sin descuidar ninguno de los elementos necesarios para que el proyecto funcione. Para ello dentro de los estudios de factibilidad se complementan dos pasos en la presentación del estudio:

- Requisitos Óptimos.
- Requisitos Mínimos.

El primer paso se refiere a presentar un estudio con los requisitos óptimos que el proyecto requiera, estos elementos deberán ser los necesarios para que las actividades y resultados del proyecto sean obtenidos con la máxima eficacia.

El segundo paso consiste en un estudio de requisitos mínimos, el cual cubre los requisitos mínimos necesarios que el proyecto debe ocupar para obtener las metas y objetivos, este paso trata de hacer uso de los recursos disponibles de la empresa para minimizar cualquier gasto o adquisición adicional.

Un estudio de factibilidad debe presentar gráficamente los gastos y los beneficios que conllevara la puesta en marcha del sistema, para tal efecto se hace uso de la curva costo-beneficio.

En cuanto al aspecto técnico para el desarrollo de este proyecto se tiene la disponibilidad de los equipos necesarios para trabajar en el diseño (AutoCAD) y también en la implementación del mismo.

En cuanto a aspectos legales se refiere, este proyecto no viola ninguna ley dentro de los estatutos de la Universidad Santo Tomás ni por fuera de ella, por lo tanto también tiene un desarrollo progresivo y viable en las leyes de telecomunicaciones, ciencia, tecnología e innovación.

Sin embargo, puede hacerse una interface entre los sistemas no compatibles mediante la emulación, la cual son circuitos diseñados para hacer que los componentes sean compatibles, o por medio de la simulación, que es un programa de cómputo que establece compatibilidad con frecuencia estas formas de factibilidad técnica no están disponibles o son demasiado costosas.

El proyecto tiene una gran eficiencia de los procesos industriales a un nivel estudiantil y profesional, y no afecta la estructura organizacional de la misma,

tampoco interfiere con los procesos de la organización y acelera los procesos de innovación como inicio para nuevos avances de la ciencia y la tecnología dentro del claustro universitario.

Debido a que el proyecto se basa en un sistema nuevo, la determinación de los recursos estará basado en investigaciones previas, información financiera actual sobre estos sistemas a nivel nacional, y básicamente toda la información existente en la universidad que sea de aporte valioso para el proyecto, como ventaja adicional se cuenta con el acceso al sistema de PLC siemens S7 1200 de la facultad.

5.3 ESTADO DEL ARTE

Muchos años atrás y particularmente enmarcados dentro del contexto de procesos industriales y científicos de todo el mundo, han trabajado para lograr que los procesos de manufactura sean cada vez más efectivos, eficientes y estandarizados. Con esta meta se han desarrollado nuevos instrumentos para lograr alcanzar este mejoramiento continuo y es por ello que es importante referirse a las herramientas que abarcan este tipo de dispositivos y por su puesto a los programas que acompañan, manejan y dan valor agregado a los mismos. El presente proyecto se centrará particularmente en el dispositivo que causó gran revolución en los procesos industriales, el PLC's y sus softwares asociados.

Los PLC's (Programming Logic Controllers) o también conocidos como autómatas industriales ofrecen amplias posibilidades para la automatización ya que permiten controlar automáticamente cualquier proceso o desarrollo industrial. Estos procesos no solo son controlados por dispositivos de hardware sino también por dispositivos de software y es allí donde entran a jugar un papel sumamente importante los SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) que como su nombre lo indica, son aplicaciones de software que ayudan y facilitan el control y la supervisión de los procesos en general.⁶

- **PLC (Programming Logic Controller)**

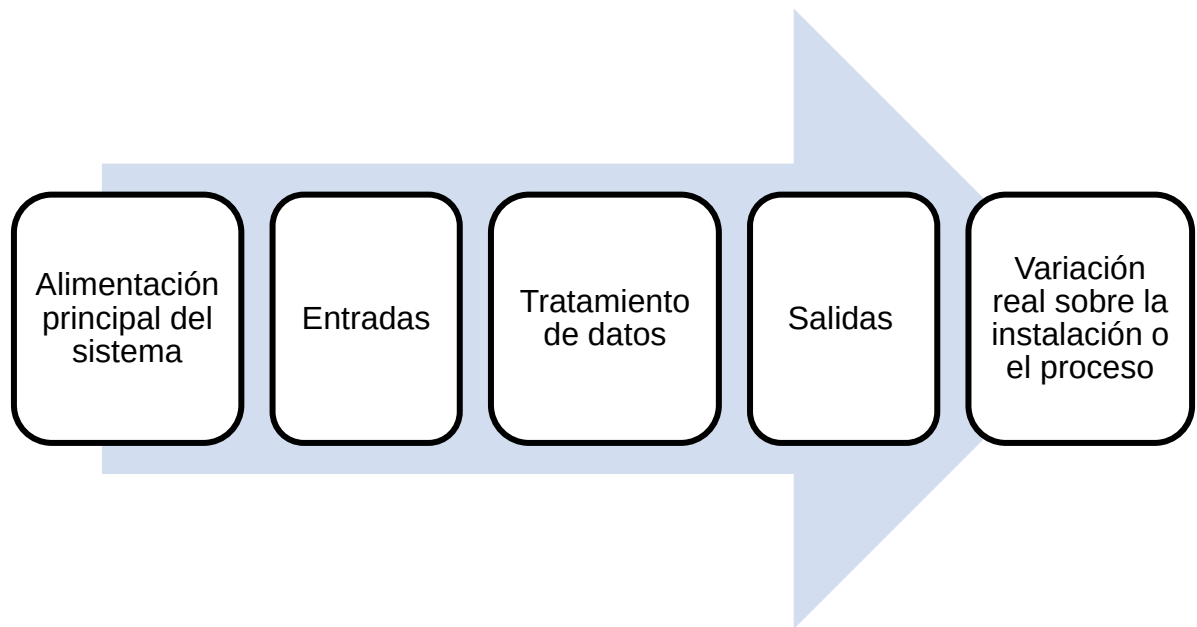
Es un equipo electrónico capaz de ejecutar un programa cíclicamente o un computador industrial en miniatura que contienen hardware y software que es usado para desarrollar funciones de control [MAL99]. Un PLC es puede ser al mismo tiempo un AFD, un agente de estados finitos determinísticos, que como su

⁶ S. SZKLANNY Y C. BEHREND, Sistemas Digitales de Control de Procesos. Ed. 2. Control Editoriales, Buenos Aires (2006).

nombre lo dice es un agente que puede cambiar de estado y cada estado depende exclusivamente del estado anterior y de la ocurrencia de un evento determinado, por lo tanto su comportamiento es determinístico.

Al pensar en PLC's como unos AFD's, es necesario tener claros los pasos que estos siguen dentro de cualquier proceso de automatización industrial para que el sistema funcione, los cuales se mencionan a continuación:

Figura 6. Pasos básicos para realización de un proceso de automatización



Fuente: El Autor, basado de SZKLANNY Y C. BEHREND (2006)

- **Componentes básicos de un PLC**

Estos dispositivos están conformados principalmente por una CPU y la interface de Entrada/Salida. Esta última está conectada a dispositivos de campo como:

sensores, switches etc. Debido a sus componentes opcionales estos se pueden clasificar en dos tipos:

Figura 7. Clasificación de componentes básicos de un PLC

Componentes compactos	Componentes Modulares
• Conocidos en el mercado como “nanoautómatas”, permiten programar hasta 48 E/S. Son potentes en el marco de programación y comunicaciones con equipos externos.	• Diseñados para aplicaciones pequeñas pero disponen desde cálculos matemáticos básicos y muchas otras funciones, la diferencia con los anteriores es que a estos se les puede agregar módulos para aumentar su capacidad de trabajo.

Fuente: El Autor, basado en SALCEDO (2001)

Los PLC's se componen de un chasis principal, donde están alojados los diferentes módulos que pueden ser entradas y salidas adicionales o dispositivos para comunicación con otros autómatas, los cuales son limitados dependiendo de la capacidad de la CPU, pues estas permiten manejar cierto número de módulos dependiendo del modelo. Un mismo autómata puede tener diferentes tipos de chasis, fuentes, etc. Se debe tener por lo menos una fuente de alimentación una CPU y unos módulos conectados por un bus, que casi siempre es serie para propósitos de comunicación.

Como un concepto adicional importante para recordar existe el tiempo de ciclo en un PLC's, que es el tiempo en que los periféricos del autómata tardan en realizar un ciclo completo, es decir desde que lee las entradas hasta que

escribe las salidas y se utiliza para funciones de control sobre el proceso que se está realizando.

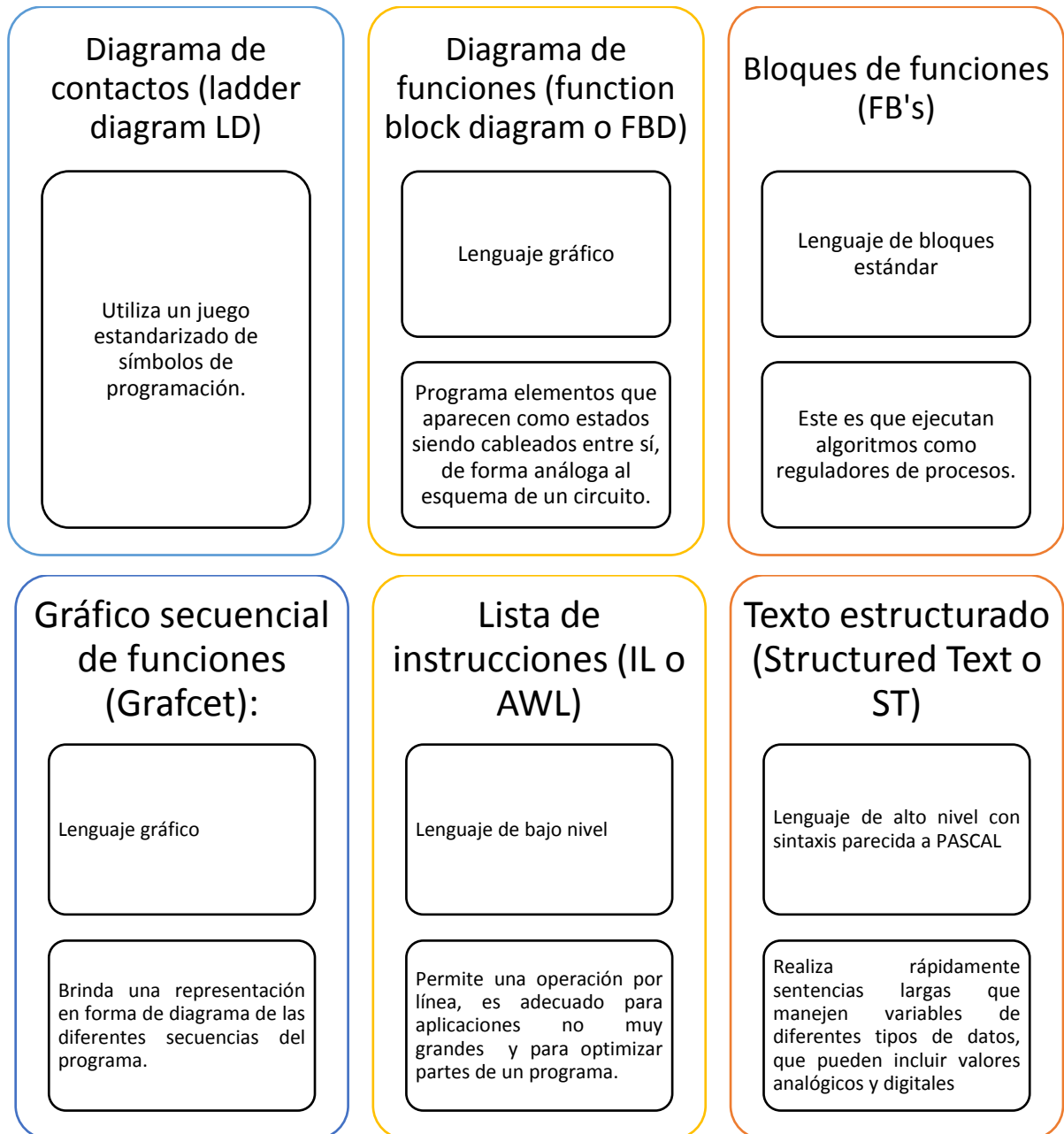
- **Programación de PLC's**

Para programar un PLC se utiliza software como Grafcet y otros de los cuales se hablará más adelante, estos manejan sistemas operativos muy usados hoy en día como Windows y Linux. Sin embargo todavía se utilizan pequeñas consolas llamadas "pockets", las cuales resultan más económicas que tener un PC dedicado a la programación de estos dispositivos; cuando solo la modificación de datos es necesaria las consolas son de gran utilidad. Sin embargo, estas son muy limitantes debido a que se puede utilizar más que todo para PLC's pequeños de hasta 48 E/S; para PLC's más grandes la programación se vuelve mucho más complicada, ya que normalmente estas consolas permiten visualizar solamente un par de líneas de código al tiempo.

Debido a que existen un sinnúmero de PLC's de diferentes marcas y cada uno se programa de forma específica se han diseñado programas estándar como Texto Estructurado y Lista de Instrucciones que permiten programar de una forma muy amigable diversos tipos de PLC's especificando luego de programar el tipo de PLC al cual se quiere programar y este software convierte el programa al código correspondiente del PLC.⁷

⁷ PIEDRAFITA, R. Ingeniería de la automatización Industrial - 2a ed. Argentina (2004).

Figura 8. Tipos de software para programación de PLC's



Fuente: El Autor, tomado de PIEDRAIFITA (2004)

- **Comunicación de PLC's**

Los PLC's se pueden comunicar entre sí y con otros dispositivos a través de buses de terreno, este es un nombre genérico dado a protocolos de comunicación totalmente digitales para mediciones industriales y aplicaciones de control, estos protocolos son parte fundamental en la automatización de procesos.

Algunos Protocolos de buses de terreno son: CAN (Controller area network), WorldFIP (Factory instrumentation protocol), Interbus-S, Profibus-FMS (Fieldbus Message specification)/PA (Process Automation), Profibus-DP (Decentralised Peripherie), ARNET (Attached Resource Computer Network), LON (Local Operating Network), Bitbus, SERCOS (Serial Time Communication System), JBUS, Modbus. Cada uno de estos posee sus propias características entre ellas se pueden encontrar la detección y corrección de errores, mecanismos de difusión, manejo de prioridades y otras. De igual forma permiten la utilización de diferentes topologías como la de anillo, de bus, de árbol, de estrella o de línea.⁸

5.3.1 PLCs portables y sus aplicaciones.

- **Equipo de entrenamiento de enseñanza del equipo del amaestrador portable del PLC**

- **Descripción del Producto**

- No. de Modelo: ZE3112
- Tipo: Modelo de Enseñanza
- Marca: Should Shine
- Embalaje: Wooden Pallet

⁸ BENAVIDES, T. Apunte PLC .Instrumentación y Comunicaciones Industriales / FI-UNLP. España (2009)

- Estándar: ISO9001
- Origen: China
- Capacidad de Producción: 1000PCS/Month

- Descripción portable del amaestrador del PLC

El amaestrador del PLC es conveniente para el laboratorio eléctrico, los estudiantes pueden aprender el conocimiento del programa del PLC en este amaestrador con las diferentes funciones existentes en los manuales de uso.

- Característica de enseñanza del equipo.

La estructura es de aluminio, cuenta con varios botones e indicadores para hacer experimentos en áreas industriales, viene además equipado con un cable eléctrico de seguridad de 4m m, socketes, la fuente de alimentación es monofásica, tiene tres alambres, AC220V, 50Hz con el acoplamiento de un indicador digital.

➤ **Dispositivo portable de entrenamiento en PLC**

• **Descripción de Producto**

- Modelo: DLPLC-X1
- Fabricante: Dolang Technology Equipment Co.,LTD

La tarjeta de control de enseñanza del software y de la simulación del experimento de la simulación a un cuerpo, en la referencia del proceso del diseño el material didáctico doméstico.}

El regulador programable determinado del dispositivo (Siemens S7-200), el software del experimento de la simulación y la tarjeta de control de enseñanza de la simulación a un cuerpo, en la referencia del proceso del diseño el material didáctico doméstico para combinar requisitos de enseñanza, seleccionan los seis grupos más típico del proyecto del experimento, y el cable de programación de la comunicación que utiliza, proporciona a 24 fuentes V/5 de alimentación de A, el dispositivo tiene la protección y protección del cortocircuito de la fuente de alimentación, función de la salida de la protección de la salida del transistor.

Característica del dispositivo:

- El panel del rectángulo del experimento es gráfico del color, imagen está claro, cerca de la aplicación real del sitio industrial, con el entrenamiento del dispositivo, y los estudiantes pueden adaptarse a la escena.
- El sistema que usa la tecnología de información moderna de la simulación de ordenador significa, con la operación, el análogo, el nivel de entrenamiento de la simulación, soluciona problemas de la teoría y del experimento del entrenamiento profesional, práctica y la aplicación práctica desconectada.
- El rectángulo del integra seis clases de módulos de entrenamiento típicos del PLC, incluyendo el control del motor, control del nivel del agua de la torre del agua, molino de balanceo automático, una variedad de mezclarse líquido, E-mail que clasificaba, cargamento de la alimentación automática.

Es conveniente terminar la base del entrenamiento del PLC, voltaje de la seguridad del uso de la potencia de la carga de la dotación física, asegura la seguridad de los estudiantes.

- La configuración de sistema el rey común de la configuración del software de la configuración de la fábrica actual, y equipado del procedimiento de la aplicación de los detalles.
- Equipado de los discos del ordenador del contenido rico incluyendo la simulación del PLC, PLC que programa, instrucción de la práctica, programa fuente del experimento del PLC.

El dispositivo adoptó el alambre y los conectores modificados para requisitos particulares molde abierto de la prueba de la seguridad de la compañía, más que el estándar e internacional militar de la MILIPULGADA de Estados Unidos del IEC. Tacto de la mano para no conseguir una descarga eléctrica.

Parámetro técnico:

1. Puede elegir el PLC de Mitsubishi, de Siemens, o de Omron
2. Dimensión: 470mm375mm190mm
3. Energía de entrada: Alambre AC220V10 monofásico tres 50Hz/60Hz

5.3.1 Trabajos realizados con PLC portable

Título del proyecto: “LOS TRABAJOS PRÁCTICOS COMO MATERIALES DIDÁCTICOS PARA APLICACIONES TECNOLÓGICAS EN CARRERAS DE INGENIERÍA”⁹

- Pirog, Nicolás A.1, Faccioli Bruno N2
- Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Grupo de
- Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI).
- Lavaise 610 - S3004EWB Santa Fe - Argentina.
- brunofaccioli@hotmail.com

RESUMEN

Los trabajos prácticos ocupan un lugar importante en la enseñanza de las carreras de ingeniería y son presentados como el lugar de realización de actividades científicas y tecnológicas.

En los currículos de carreras de ingenierías, los trabajos prácticos constituyen un campo de desarrollo e investigación cuyas implicancias en la enseñanza y aprendizaje es relevante. Resulta una de las estrategias didácticas que deben ser utilizadas por los docentes como instrumento de integración de contenidos y de este modo se muestra como una herramienta insoslayable para la enseñanza y el aprendizaje. Por ello los materiales didácticos implementados como trabajos

⁹ PIROG, N. Los trabajos prácticos como materiales didácticos para aplicaciones tecnológicas en carreras de ingeniería. Universidad Tecnológica Nacional. Tesis de grado. Argentina (2006)

prácticos deben adecuarse a diseños y desarrollos actuales en la formación de Ingenieros.

En este trabajo se presenta la posibilidad de la aplicación de guías de actividades didácticas utilizando Controladores Lógicos Programables (PLC), para la realización de trabajos prácticos, para el aprendizaje de sistemas de automatización compatibles con el futuro laboral del alumno.

METODOLOGÍA

Se presenta el diseño de un kit didáctico para la enseñanza-aprendizaje basada en un PLC Zelio y su respectivo programa de operación (Zelio Soft) para la implementación de dispositivos de medición y accionamiento de actuadores de uso corriente en distintos procesos industriales. Dicho equipamiento didáctico, cuenta con la portabilidad suficiente para lograr su utilización en espacios físicos, no dedicados específicamente al fin de la actividad, como son las aulas, manteniendo las medidas de seguridad adecuadas a sus usuarios y sin perder sus características típicas de aplicación.

Tratando de aprovechar la gran versatilidad de este conjunto, la metodología de trabajo permite a través de simples reconfiguraciones la conexión, programación y adaptación de otros componentes solidarios (sensores y actuadores) con el fin de obtener diferentes sistemas funcionales.

A continuación se describe las características del kit didáctico incluyendo el PLC y el tablero del KIT motor con los distintos dispositivos que conforman el conjunto didáctico; para su diseño, se tuvo en cuenta la capacidad de portabilidad y maniobrabilidad que se requieren en estos casos, facilitando su transportación dentro del aula y hacia la misma. Por este motivo se optó por un maletín del tipo

industrial y un tablero acorde a las condiciones de movilidad humana, el cual otorga la resistencia mecánica adecuada, aislación ambiental y movilidad requerida (ver figura 5)

En el maletín se ubica el PLC, las conexiones secundarias hacia los sensores y actuadores; la activación forzada de las entradas hacia el PLC por medio de pulsadores así como por medio de perillas, finalmente se encuentran los dispositivos de seguridad eléctrica pertinentes y las señales lumínicas de las diferentes acciones

Así mismo, se tomaron las precauciones adecuadas de seguridad para evitar riesgos potenciales debido a contactos involuntarios con tensiones peligrosas para alumnos y docentes; de igual modo, el sistema se dotó de elementos de protección tales como llave térmica y disyuntor.

Figura 9. Fotografías del kit portable en maletín industrial y tablero del motor



Fuente: http://www.edutecne.utn.edu.ar/publicaciones/jit2013/FRSANTA_FE/SF03Ios_trabajos.pdf

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD:

El trabajo práctico se realizó con alumnos pertenecientes a la asignatura Electrónica y Sistemas de Control, que se dicta en el cuarto nivel de la carrera de Ingeniería Mecánica. Se solicitó a los alumnos que desarrollen un trabajo cuyas características incluyan el análisis y la modelización de un caso práctico utilizando los elementos del kit portable y la programación del PLC.

Esta actividad tuvo una recepción muy positiva por parte del alumnado. Durante la presentación oral, se comprobó el interés manifestado, despertando curiosidad por la posibilidad de resolver varios casos de la vida laboral. Se obtuvieron resultados satisfactorios en el nivel de comprensión de los temas abordados, ya que los alumnos han desarrollado tanto los ejemplos propuestos en la guía del trabajo práctico correspondiente, como los problemas de resolución que se plantearon como evaluación.

Los estudiantes se organizaron formando grupos de cuatro alumnos cada uno, si bien no todos programaron la secuencia más eficiente en lo que respecta a optimización de la memoria de programación o simplicidad en los algoritmos utilizados, es destacable el hecho de que todos los grupos resolvieron el ejercicio cumpliendo con los requisitos del trabajo práctico.

En cuanto a la evaluación del trabajo práctico, aunque este no fue implementado físicamente con toda su instrumentación y accionamientos, se pidió a los estudiantes que expusieran su trabajo oralmente y en forma grupal, detallando que tipos de sensores habían sido seleccionados para las distintas instancias del proceso y explicaran el motivo de dicha elección. También se les solicitó un informe escrito con la descripción detallada de la resolución del proceso, las

características del programa y la selección de la instrumentación, anexando sus correspondientes hojas de datos.

En un primer análisis cualitativo de los informes y exposiciones de los alumnos se apreció el gran entusiasmo en desarrollar trabajos de aplicación real a la industria y el medio donde desarrollaran sus actividades profesionales, pudiendo destacar que:

Durante la intervención didáctica los estudiantes pusieron de manifiesto esquemas que culminaron en la evaluación con niveles adecuados de conceptualización 4 de 4.

La información ofrecida a los estudiantes a través del entorno abierto de aprendizaje promovió que sean ellos mismos quienes avancen en la construcción de su propio conocimiento mediante la indagación y planteo de situaciones no tradicionales, favorecida por una inmediata visualización

CONCLUSIONES

La capacidad para aplicar los conocimientos a la resolución de problemas relacionados con situaciones del mundo laboral, destreza para manejar ciertas tecnologías y para trabajar con información, así como relacionarse con otros, y trabajar en equipo estimula la motivación y generación por parte de los alumnos beneficiados.

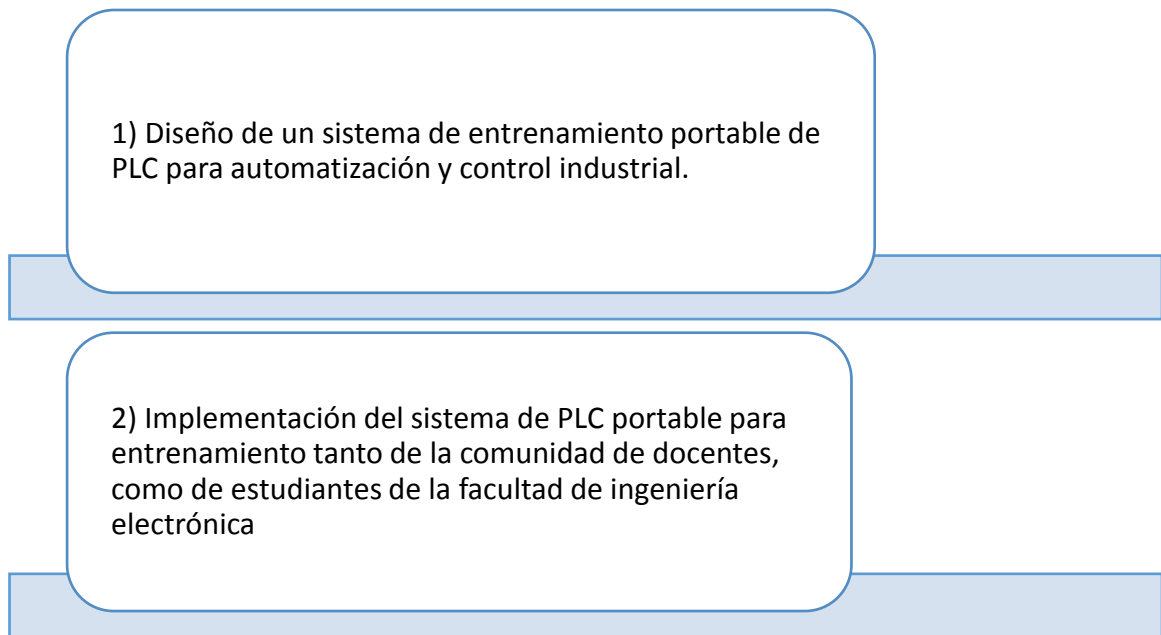
En particular en este trabajo se presentan las posibilidades de salida a campo en búsqueda y conocimiento del ámbito laboral-industrial, con el fin de la aplicación de la tecnología del PLC, para la realización de trabajos prácticos. Especialmente empleada como apoyo pedagógico para el aprendizaje de sistemas de

automatización sencillos en carreras de ingeniería: Electrónica, Electricidad o Mecánica.

A partir de lo anterior se sugiere que se incorporen aspectos tecnológicos, a los materiales didácticos que se utilizan para el desarrollo de las clases de laboratorio integrando PLC y detectores electrónicos para el control de algún dispositivo. Se logra así que la complementación entre los instrumentos de medición y simuladores diseñados en entornos virtuales, y que las consignas plasmadas en los trabajos prácticos, genere en los alumnos el descubrimiento, construcción y desarrollo de conocimientos técnico, que están asociados para formar parte de una experiencia de iniciación compatible con la laboral.

5.4 MARCO CONCEPTUAL

Dentro del marco conceptual se tienen dos aspectos de gran importancia y del mismo modo las bases para la realización de este proyecto las cuales son:



1) Diseño de un sistema de entrenamiento portable de PLC para automatización y control industrial.

2) Implementación del sistema de PLC portable para entrenamiento tanto de la comunidad de docentes, como de estudiantes de la facultad de ingeniería electrónica

Fuente: El Autor

5.4.1 Diseño de un sistema: Se tienen los siguientes principios a tener en cuenta para el planteamiento del “Diseño del Sistema”:

- Se debe tener en cuenta que este tipo de sistemas deben representar una estrategia de alto nivel para resolver problemas y construir una solución dentro de la industria.
- Éste incluye decisiones acerca de la organización del sistema en subsistemas, la asignación de subsistemas a componentes, y decisiones

fundamentales conceptuales y de política que son las que constituyen un marco de trabajo para el diseño detallado.

- La organización global del sistema es lo que se denomina la arquitectura del sistema. Existe un cierto número de estilos frecuentes de arquitectura, cada uno de los cuales es adecuado para ciertas clases de aplicaciones.
- El diseño de sistemas es la primera fase de diseño en la cual se selecciona la aproximación básica para resolver el problema. Durante el diseño del sistema, se decide la estructura y el estilo global.
- La arquitectura del sistema es la organización global del mismo en componentes llamados subsistemas.
- La arquitectura proporciona el contexto en el cual se toman decisiones más detalladas en una fase posterior del diseño.

5.4.2 Implementación de un sistema: La implementación de un sistema es la ejecución o realización del mismo, ya sea hardware o software, donde se siguen ciertos pasos, y de acuerdo a un diseño, este se realiza antes de la implementación del sistema, de modo que se obtiene una idea más clara de lo que se va a realizar o a ejecutar en la implementación propuesta.

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

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

5.4.4 Fuente interna del PLC: La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. La alimentación a la CPU puede ser de continua a 24 Vcc, tensión muy frecuente en cuadros de distribución, o en alterna a 110/220 Vca. En cualquier caso es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

La alimentación a los circuitos E/S puede realizarse, según tipos, en alterna a 48/110/220 Vca o en continua a 12/24/48 Vcc.

La fuente de alimentación del autómatas puede incorporar una batería tampón, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el autómatas.

5.4.5 CPU: La CPU es la parte inteligente del sistema. Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas.

La CPU está constituida por los siguientes elementos:

- Procesador
- Memoria monitor del sistema
- Circuitos auxiliares

5.4.6 Interfaces: En el control de un proceso automatizado, es imprescindible un dialogo entre operador-máquina junto con una comunicación entre la máquina y el autómatas, estas comunicaciones se establecerán por medio del conjunto de entradas y salidas del citado elemento.

Los autómatas son capaces de manejar tensiones y corrientes de nivel industrial, gracias a que disponen un bloque de circuitos de interfaz de E/S muy potente, que les permite conectarse directamente con los sensores y accionamientos del proceso.

De entre todos los tipos de interfaces que existen, las interfaces específicas permiten la conexión con elementos muy concretos del proceso de automatización.

Se pueden distinguir entre ellas tres grupos bien diferenciados:

- Entradas / salidas especiales.
- Entradas / salidas inteligentes.
- Procesadores periféricos inteligentes.

5.4.7 Unidad de programación: Es el conjunto de medios, hardware y software mediante los cuales el programador introduce y depura sobre las secuencias de instrucciones (en uno u otro lenguaje) que constituyen el programa a ejecutar.

5.4.8 Entradas y salidas: La sección de entradas mediante el interfaz, adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores.

Hay dos tipos de entradas:

- Entradas digitales
- Entradas analógicas

La sección de salida también mediante interfaz trabaja de forma inversa a las entradas, es decir, decodifica las señales procedentes de la CPU, y las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida o actuadores como lámparas, relés... aquí también existen unos interfaces de adaptación a las salidas de protección de circuitos internos.

Hay dos tipos de salidas:

- Salidas digitales
- Salidas analógicas

5.4.9 Memoria: La memoria es el almacén donde el autómata guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control.

Datos del proceso:

- Señales de planta, entradas y salidas.
- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

Datos de control:

- Instrucciones de usuario (programa)
- Configuración del autómata

5.4.10 Borneras: Un borne es donde se conectan los cables de un circuito eléctrico, son los terminales de metal en que suelen terminar algunas máquinas y aparatos eléctricos, y que se emplean para su conexión a los hilos conductores.

5.4.11 Pantalla HMI: La pantalla HMI o interface humano máquina, es el lugar donde se encuentran las personas y la tecnología donde el lenguaje de programación se transforma en términos gráficos o visuales para el mejor procesamiento de la información que se va trabajar entre los distintos lenguajes de programación de la máquina y la visualización del proceso a controlar por el humano.

5.4.12 Módulos de comunicación: La red de comunicaciones tiene una gran importancia pues permite una utilización más completa de las capacidades de un sistema de producción avanzado. Mediante el uso de redes de área local se

pueden interconectar varios PLC y las diferentes componentes que forman el sistema total, logrando con ello su mejor administración y operación.

Las redes de comunicación deben proporcionar una actualización a alta velocidad de todos los estados de la planta que están siendo monitoreados, especialmente condiciones de alarma, y comandos entrados por el operador debido a esto la mayoría de las redes de área local operan con velocidades de transmisión elevadas de hasta 56 K baud. La segunda generación de redes está teniendo conexiones que permiten a los periféricos enviar información a velocidades mayores.

5.4.13 Piloto electrónico para visualización: Los indicadores digitales son medidores que se pueden emplear de forma muy flexible. En la industria y la investigación, así como en aplicaciones menores, los indicadores digitales pueden resolver una amplia variedad de trabajos de medición. Los indicadores digitales permiten visualizar parámetros como temperatura, humedad del aire, vibración, señales normalizadas, etc. Los indicadores digitales con chasis de inserción se instalan normalmente en un panel con otros indicadores digitales o sistemas de regulación.

5.4.14 Interruptor industrial: Un interruptor industrial eléctrico es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno las aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un bombillo, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas controlado por computadora.

5.4.15 Mini breaker: Un mini breaker es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico, cuando la intensidad de corriente que por él circula excede de

un determinado valor se producirá un corto circuito con el fin de no causar daños a los equipos eléctricos.

5.4.16 Switch: Un switch es un dispositivo de características digitales que se necesita para interconectar redes de ordenadores. El switch opera en el nivel del cruzamiento o combinación de datos y tiene como finalidad principal garantizar la interconexión de un mínimo de dos segmentos de red, similar a la función de un puente.

5.4.17 Canaleta: Conducto que se utiliza para conducir el cableado estructurado de un sistema electrónico.

5.4.18 Toma doble: La toma doble tiene una función de establecer una conexión eléctrica segura con un enchufe macho de función complementaria. Generalmente se sitúa en la pared, de forma superficial o empotrada en la misma. Consta como mínimo de dos piezas metálicas que reciben a sus complementarias macho y permiten la circulación de la corriente eléctrica.

5.4.19 Maletín para PLC: Es la estructura física que necesita el sistema para la protección de los equipos internos y la estructura física especializada para el trabajo en el cual se van a utilizar los equipos correspondientes.

5.4.20 Riel para borneras: El riel para borneras es utilizado para empotrar las borneras que se utilizan en un sistema dentro de un conductor de riel el cual evita que se muevan y pueden ser ajustadas a cada lado dependiendo de la estructura del sistema requerido.

5.4.21 Conectores: Los conectores eléctricos tienen entre sus partes constituyentes una Resistencia de Contacto, unos pines que conforman

un Patillaje, una estructura que permite una Resistencia a la Vibración, sumado además a un diseño que permite una resistencia a Contaminantes y al Agua, además de otros factores que puedan causar una merma en su funcionamiento, sin que por ello signifique una dificultad a la hora de conectarlo o desconectarlo.

5.4.22 Alambre de cobre: El alambre de cobre es común encontrarlo en su medida en conductores eléctricos (cables) indicados con la referencia AWG. Cuanto más alto es este número, más delgado es el alambre. El alambre de mayor grosor (AWG más bajo) es menos susceptible a la interferencia, posee menos resistencia interna y, por lo tanto, soporta mayores corrientes a distancias más grandes.

5.4.23 Entradas digitales: Los módulos de entrada digitales permiten conectar al autómatas captador de tipo todo o nada como finales de carrera pulsadores entre otros.

Los módulos de entrada digital trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un "1" y cuando llegan cero voltios se interpreta como un "0"

El proceso de adquisición de la señal digital consta de varias etapas.

- Protección contra sobretensiones
- Filtrado
- Puesta en forma de la onda
- Aislamiento galvánico o por optoacoplador.

5.4.24 Entradas analógicas: Los módulos de entrada analógicas permiten que los autómatas programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo analógico como pueden ser la temperatura, la presión o el caudal.

Los módulos de entradas analógicas convierten una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable interna del autómata. Lo que realiza es una conversión A/D, puesto que el autómata solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo).

Los módulos de entrada analógica pueden leer tensión o intensidad.

El proceso de adquisición de la señal analógica consta de varias etapas:

- Filtrado
- Conversión A/D
- Memoria interna

5.4.25 Salidas digitales: Un módulo de salida digital permite al autómata programable actuar sobre los pre-accionadores y accionadores que admitan órdenes de tipo todo o nada.

El valor binario de las salidas digitales se convierte en la apertura o cierre de un relé interno del autómata en el caso de módulos de salidas a relé.

En los módulos estáticos (bornero), los elementos que conmutan son los componentes electrónicos como transistores o triacs, y en los módulos electromecánicos son contactos de relés internos al módulo.

Los módulos de salidas estáticas al suministrar tensión, solo pueden actuar sobre elementos que trabajan todos a la misma tensión, en cambio los módulos de salida electromecánicos, al ser libres de tensión, pueden actuar sobre elementos que trabajen a tensiones distintas.

El proceso de envío de la señal digital consta de varias etapas:

- Puesta en forma
- Aislamiento

- Circuito de mando (relé interno)

- Protección electrónica

- Tratamiento cortocircuitos

5.4.26 Salidas analógicas: Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad.

Lo que realiza es una conversión D/A, puesto que el autómata solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo).

Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de los tiristores de los hornos, reguladores de temperatura... permitiendo al autómata realizar funciones de regulación y control de procesos continuos.

El proceso de envío de la señal analógica consta de varias etapas:

- Aislamiento galvánico

- Conversión D/A

- Circuitos de amplificación y adaptación

- Protección electrónica de la salida

Como hemos visto las señales analógicas sufren un gran proceso de adaptación tanto en los módulos de entrada como en los módulos de salida. Las funciones de conversión A/D y D/A que realiza son esenciales. Por ello los módulos de E/S analógicos se les consideran módulos de E/S especiales.

5.4.27 Modulo RS485: Este módulo de comunicaciones es un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, es ideal para transmitir a altas velocidades

sobre largas distancias y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1200 metros operando entre 300 y 19 200 bit/s y la comunicación half-duplex. Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. La transmisión diferencial permite múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración multipunto. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilizaciones.

5.4.28 Modulo Profibus: Este tipo de modulo es un estándar de comunicaciones para bus de campo en donde el sistema de transmisión de datos simplifican enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20 mA.

Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs/PACs, transductores, actuadores y sensores. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus.¹⁰

¹⁰ SIEMENS. Profibus. Tecnología y automatización. Manual KTP600. (2015)

5.4.29 Sistema portable: La portabilidad en cuanto al software, es la capacidad de un programa o sistema de ejecutarse en diferentes plataformas o arquitecturas con mínimas modificaciones.

-La portabilidad, en cuanto al hardware, es la facilidad con que se puede transportar un dispositivo electrónico (computadora, consola de juego, etc.) y está básicamente relacionado al peso y las dimensiones del equipo. A menor peso y dimensiones, más portable es el dispositivo.

5.4.30 Flexibilidad del sistema: La flexibilidad es una de las características del sistema que lleva a mejorarlo debido a los cambios y los avances de la tecnología, de este modo el sistema se vuelve más eficiente, ya que ofrece ciertas características que permiten cambios constantes, pues debe administrar operaciones en condiciones cambiantes, de incertidumbre a corto y largo plazo, así como del desconocimiento futuro de nuevas tecnologías o productos que conlleven a trastornar el enfoque básico del sistema implementado.

5.5 MARCO DEMOGRÁFICO

Para el desarrollo del proyecto se tiene la intervención de la facultad y de toda la comunidad de los estudiantes de Ingeniería Electrónica, por tanto se sabe que el centro del sistema y la utilización del mismo, va enfocado hacia la comunidad de estudiantes y docentes de la Universidad Santo Tomás de Tunja. Por otro lado, el sistema implementado quedará en manos de la Facultad de Ingeniería Electrónica y podrá ser utilizado por cualquier estudiante o docente de otras facultades que deseen investigar o mejorar el sistema.

Teniendo en cuenta que los docentes y los estudiantes de la Universidad Santo Tomás de Tunja, son de todo tipo de género, edad y procedencia, quienes deseen utilizar el sistema propuesto, se recomienda que tengan conocimientos básicos para poder manipular los equipos ofrecidos en este proyecto, ya que se han realizado algunos trabajos en conjunto con la Facultad de Ingeniería de Sistemas, donde se ha comprendido que siempre y cuando existan las bases y formación adecuada, se les permitirán manipular distintos equipos que sirvan para el desarrollo de las temáticas de la automatización y el control industrial.

6 METODOLOGÍA

6.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de metodología utilizada fue un estudio exploratorio, ya que permite considerarse como el primer acercamiento científico a un problema. Este tipo de estudio se genera cuando un problema en un área específica ha sido poco estudiado, se tiene muchas dudas acerca de él o no se ha abordado antes. Se utiliza cuando la situación evidente que rodea al problema es poco determinante, de este modo sus resultados representan solo una visión aproximada a dicho problema.

Este permite llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto o problema en particular, investigar diferentes problemas que se consideren cruciales en determinada área, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras o sugerir afirmaciones y postulados.

Por otro lado se utilizó el método experimental, que consiste en el estudio de un objeto, en el cual el investigador crea las condiciones necesarias o adecua las existentes, para el esclarecimiento de las propiedades y relaciones del objeto, que son de utilidad en la investigación.

El objetivo del experimento puede ser: esclarecer determinadas leyes, relaciones o detectar en el objeto una determinada propiedad; para verificar una hipótesis, una

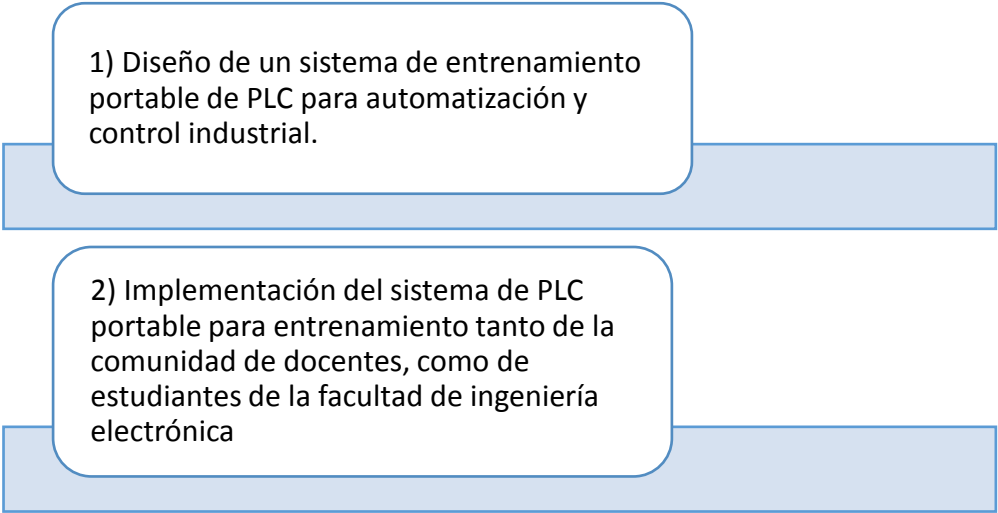
teoría, un modelo. Un mismo experimento puede llevarse a cabo con variados fines.¹¹

Para ello se tiene en cuenta que al realizar la metodología investigativa, se cumple con la metodología del estudio exploratorio debido a que este sistema que se propone nos conduce a un acercamiento del problema científico que se quiere solucionar y por lo tanto es un área de trabajo poco explorada dentro de los sistemas de automatización y control industrial, además, es muy poca la información del objeto en el cual se enfoca la investigación, por lo tanto, se profundiza en un estudio empírico para crear las condiciones adecuadas y organizar los elementos de modo que el objeto a estudiar se acople a las características requeridas del sistema que se busca realizar y por lo tanto se construye esta investigación por experimentación, exploración y conceptos de la técnica y el conocimiento humano para llegar a un resultado que se produce en el objeto.

6.2 DEFINICIÓN DE FASES DEL PROYECTO

Dentro de la definición de las variables que se trabajaron para este sistema, se hallaron los elementos fundamentales que influyen en el problema.

¹¹ LERMA, D. Metodología de la investigación de editorial ECOE



1) Diseño de un sistema de entrenamiento portable de PLC para automatización y control industrial.

2) Implementación del sistema de PLC portable para entrenamiento tanto de la comunidad de docentes, como de estudiantes de la facultad de ingeniería electrónica

Fuente: El Autor.

6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

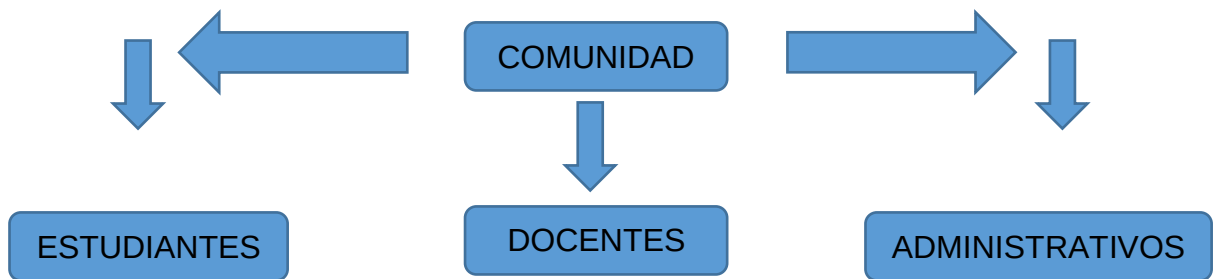
6.3.1 POBLACIÓN:

Una población o universo objeto de una investigación estadística puede ser finita si sus elementos se pueden contar, tal como los alumnos de un curso, los alumnos de una universidad, los libros de la biblioteca, las personas que suben a un bus en su recorrido de cierto día, el ganado de una región, etc. O infinita, es decir, no finita. En estadística, el sentido del término población infinita se refiere a una población con numera tan grande de elementos, que no le es posible al investigador someter a medida cada uno de ellos (nótese que el concepto de infinito tiene relación con los medios con que dispone el investigador). En técnicas de muestreo, el concepto de población infinita se define en función de un cierto tamaño muestral.

Cuando se miden cualitativamente las características de una población resultan categorías que deben ser exhaustivas, es decir que se puede clasificar a toda la población, y también deben ser mutuamente excluyentes, es decir que un mismo elemento no puede pertenecer simultáneamente a dos o más categorías.

Dentro de la población tenemos a toda la comunidad Universitaria y donde podemos clasificar por importancia de acuerdo al estudio de la siguiente manera:

Figura 10. Clasificación general de la comunidad



Fuente. El Autor

6.3.2 MUESTRA:

Todo subconjunto de un universo es una muestra de ese universo o población: por lo tanto, una muestra puede tener cualquier tamaño.

Cuando sacamos cartas de una baraja, tenemos elementos que por el tamaño y el material del que están hechos, son exactamente iguales y solo difieren en numeración y pinta, por lo tanto no influye en la selección, ninguna intención de

acción voluntaria racional o emotiva, y no importa la carta que saquemos; por esta razón decimos que las cartas son sacadas al azar. Pero, el sexo, edad, actividad, estado civil, sitio en que viven, ambiente en su hogar y muchos otros factores, entre los cuales más de alguno puede influir en el ánimo del investigador al hacer el estudio, o simplemente, el investigador decide tomar la muestra entre aquellos que son más fáciles de entrevistar. Lo anterior nos lleva a pensar que una muestra debe cumplir ciertas condiciones; de aquí surge el concepto de muestra aleatoria que es aquella obtenida de modo que cada elemento de la población tiene una oportunidad igual e independiente de ser elegido.

7. ESTUDIO DE MERCADOS

7.1 RESUMEN EJECUTIVO

El sistema de PLC portable tanto en diseño como en implementación que se presentó para la universidad Santo Tomas de Tunja, capital del departamento de Boyacá es un hecho con el propósito de ofrecer a la comunidad estudiantil y de docentes un servicio para la orientación sobre como son y que funciones tienen los sistemas existentes de automatización y control industrial, y como pueden llegar a ser de útiles ante una sociedad que se revoluciona día a día con las nuevas ideas en avances tecnológicos para el bien no solo de la comunidad universitaria, sino también en pos de colaborar con la sociedad tunjana en el desarrollo tecnológico.

Este sistema es esencial para la simulación de procesos industriales que existen hoy en día en todas partes del mundo, así que la flexibilidad del mismo es una herramienta que será muy útil para todo tipo de trabajos industriales y en aquellas áreas donde un autómatas sea capaz de desarrollar funciones donde la mano del hombre no tiene alcance, y se utilizaría como una extensión de las propiedades y capacidades físicas que el ser humano con los años ha intentado perfeccionar, ofreciendo así, un sistema que soluciona varios problemas a la vez.

La implementación de este sistema contando con todos los equipos que otorgo la universidad Santo Tomas como aportes del proyecto, tienen una inversión aproximada de 11.884.662 millones de pesos, teniendo en cuenta que los equipos más costosos que se utilizaron para este proyecto, ya habían sido comprados y adquiridos previamente por la facultad de Ingeniería Electrónica, se podrían

implementar más sistemas similares debido a que ya existe un diseño e implementación previa, y unas instrucciones que se realizaron para la elaboración de este proyecto, así que solo bastaría con adquirir los elementos restantes y realizar la elaboración de sistemas de PLC portables para todo el ámbito de la facultad.

El talento humano que se requiere para el trabajo de este sistema portable, consta de mínimo 1 persona, ya que teniendo los conocimientos y la experiencia adecuada para la utilización y manipulación del mismo, se puede realizar el préstamo debido a la comunidad universitaria y dar un gran aporte no solo en el desarrollo actual, sino también hacia un futuro empresarial y tecnológico donde las ideas de los ingenieros del mañana, sean la innovación y las nuevas experiencias que se pueden obtener de un sistema sofisticado.

El desarrollo de este sistema es muy bueno ya que al haber sido diseñado e implementado, este proyecto estaría apoyando el desarrollo de la tecnología local, y se estaría brindando a la comunidad universitaria la oportunidad de obtener servicios por parte de los estudiantes de mayor confiabilidad y confianza.

7.2 ANALISIS DE LA DEMANDA

Se entiende por demanda la cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica a un precio determinado

El análisis de la demanda tiene como objetivo principal medir las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado, con respecto a un bien o servicio y como este puede participar para lograr la satisfacción de dicha demanda.

La demanda funciona a través de distintos factores:

- La necesidad real del bien
- Su precio
- Nivel de ingreso de la población

Para establecer un buen análisis de la demanda se tendrá que recurrir a la investigación de información proveniente de fuentes primarias y secundarias, como indicadores económicos y sociales.

En la demanda existen factores cualitativos los cuales se deben de analizar, pero antes se debe de desarrollar una investigación de campo la cual nos permita obtenerlos para llevar a cabo dicho análisis. Cuando no se cuenta o en el caso no existe información histórica y estadística del producto que es el caso de muchos productos hoy en día, es entonces donde entra esta investigación y es el único método en el cual se podrá obtener los datos y la cuantificación de la demanda.

Para efectos de análisis, existen varios tipos de demanda:

- En relación con la oportunidad.
 - Demanda satisfecha: lo producido es exactamente lo que el mercado requiere.
 - Demanda insatisfecha: lo producido no alcanza a satisfacer al mercado.
- En relación con su necesidad.
 - Demanda de bienes sociales y nacionalmente necesarios: alimentación, vestido, vivienda.

- Demanda de bienes no necesarios o de gusto que es llamado el consumo suntuario: perfumes, ropa fina.
- En relación con su temporalidad.
 - Demanda continua es la que permanece durante largos periodos: demanda de alimentos
 - Demanda cíclica o estacional es la que de alguna forma se relaciona con los periodos del año: circunstancias climatológicas o comerciales.
- De acuerdo con su destino.
 - Demanda de bienes finales: bienes adquiridos directamente por el consumidor para su uso o aprovechamiento
 - Demanda de bienes intermedios o industriales: son los que requiere un procesamiento para ser bienes de consumo final.

De acuerdo al estudio realizado para nuestro sistema establecido, tenemos que el análisis de la demanda para este proyecto, son de bienes satisfechos, ya que lo producido es exactamente lo que la demanda requiere para la comunidad universitaria y cumple con tres requisitos que son el precio, la necesidad del bien, y el ingreso de nivel a la población.

Al realizar un estudio más profundo de campo se observa que la viabilidad del proyecto es óptima, pues abarca la comunidad universitaria, la cual adquiriría el producto bajo restricciones mínimas, esto debido a que el sistema que se plantea, provee un buen precio para su fácil adquisición, por otro lado existe inminentemente la necesidad de obtenerlo por parte de las universidades con

programas de ingeniería ya que las características que ofrece el sistema, mejora los sistemas de aprendizaje para las universidades, finalmente tiene un gran acogimiento por parte de la industria en general pues serviría de solución para la automatización de sus procesos industriales.

Por otro lado la demanda que ofrece el sistema debe tener un mayor énfasis hacia los sistemas existentes actualmente dentro de la Universidad Santo Tomás, ya que al proveer y lograr la flexibilidad deseada en el prototipo, se puede realizar un estudio previo para considerar las opciones de convertir todo el plantel existente de PLCs en sistemas de PLC portables, esto debido a que el precio, que es uno de los principales factores de la demanda del producto, sea bastante accesible en comparación con los otros sistemas de PLC estáticos que se encuentran dentro del universidad, así como de los PLCs utilizados exclusivamente en los sectores industriales en general, es por ello que la demanda de este producto podría tener una proyección mucho mejor a corto plazo.

8. PROPUESTA TÉCNICA

8.1 Diseño del sistema PLC portable:

Para la realización del diseño propuesto para el sistema de PLC portable se tuvo en cuenta el enfoque “hacia quién” y “hacia dónde” quería ser dirigido el proyecto, por lo tanto se realizó la etapa de diseño y en seguida se implementó el diseño propuesto con los respectivos arreglos de sistema para la mejora del prototipo a trabajar.

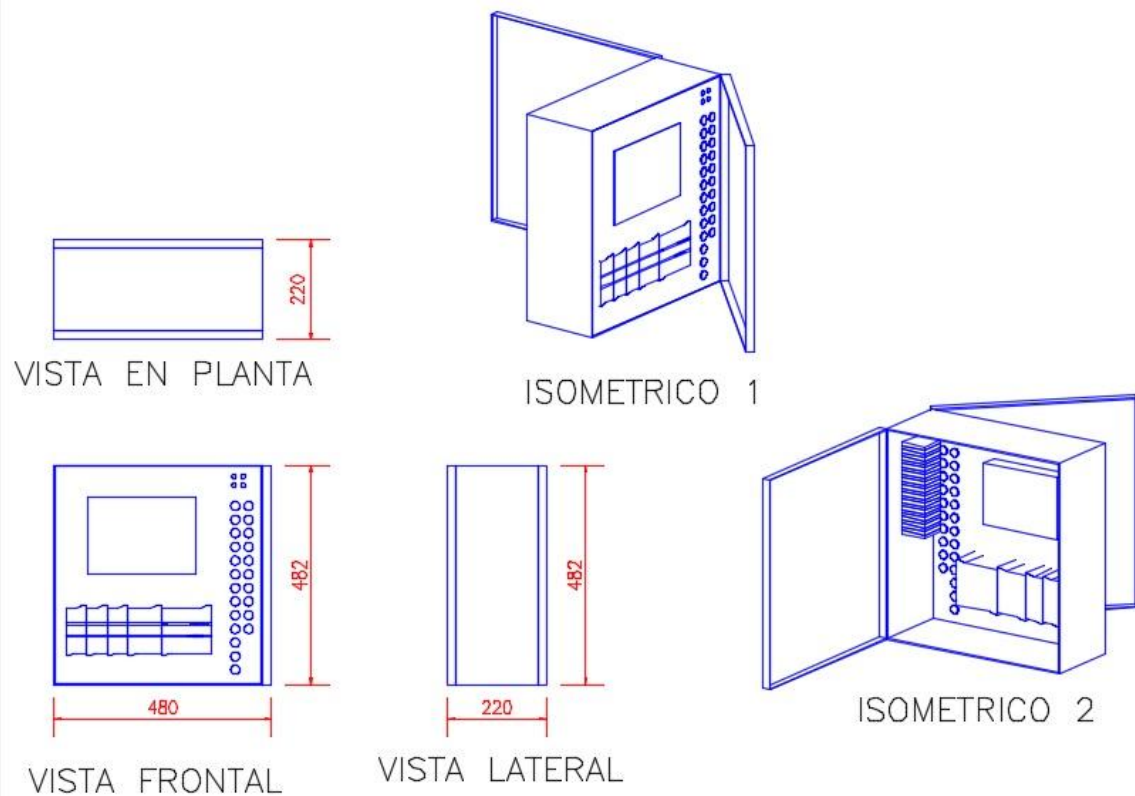
Subsiguientemente, se realizó un bosquejo del sistema en AutoCAD de manera que se pudiese tener una mejor visualización en tres dimensiones (3D) sobre el objeto a trabajar, con las medidas exactas y los parámetros requeridos por las especificaciones de la estructura física.

De este modo se obtenemos tres diferentes vistas del sistema, lateral, frontal y de planta, posteriormente tenemos 2 vistas del sistema en isométrico. (*Ver figura 6*)

Para dicho diseño se tuvieron en cuenta algunas normas para el cableado, estructurado interno del maletín y distancias adecuadas que deben existir como norma para el buen funcionamiento de los equipos de trabajo, dichas medidas fueron tomadas de los “Data Sheet” de los equipos de trabajo, donde se mencionan temperaturas de trabajo, distancias de sobrecalentamiento y posiciones de los mismos.

Figura 11. Vista lateral, frontal, de planta e isométricos 1 y 2. (3 dimensiones)

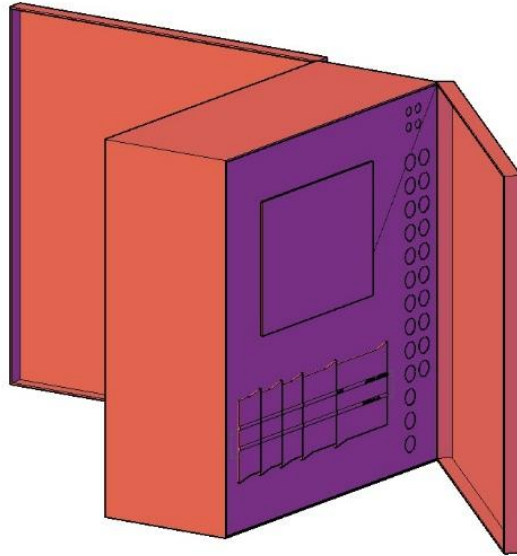
Tomado de diseño en AutoCAD versión 2015



Fuente: El Autor.

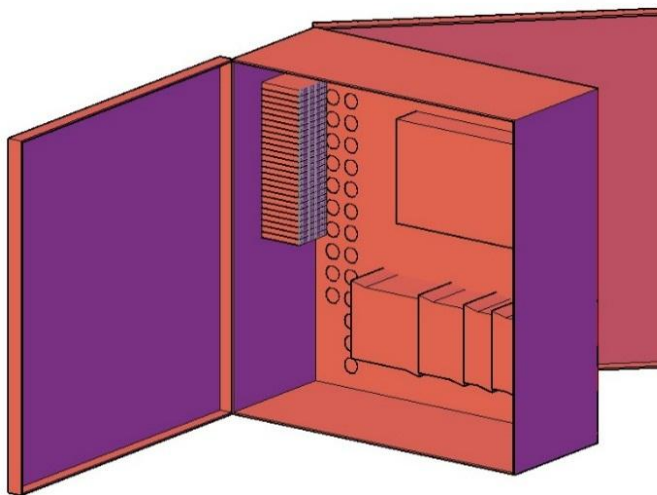
Así mismo se obtienen dos vistas finales del diseño del sistema en 3 dimensiones y de su posible implementación:

Figura 12. Isométrico 1- vista final del maletín tablero de control



Fuente: El Autor.

Figura 13: isometrico 2-vista final del maletin parte interna

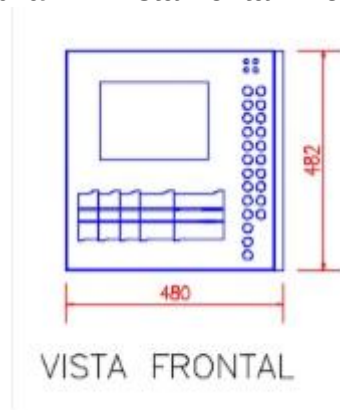


Fuente: El Autor.

Las medidas obtenidas fueron las siguientes:

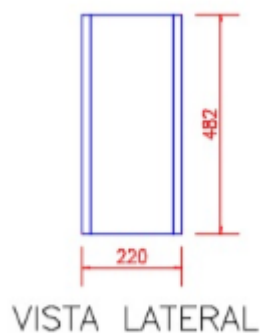
- El maletín tiene 480mm de ancho por 482mm de alto como se muestra en la figura 6.
- También se tiene la medida de profundidad donde van a ir la mayoría de los equipos instalados, este tiene 220 mm de profundidad (de tapa a tapa del maletín) (ver figura 7).

Figura 14. Vista frontal- medidas básicas.



Fuente: El Autor.

Figura 15. Vista lateral- Profundidad del sistema



Fuente: El Autor.

8.2 IMPLEMENTACIÓN:

Para esta etapa del sistema se tomaron las medidas obtenidas en AutoCAD y se escogió el material con el que se iba a trabajar el maletín, ya que la idea principal del proyecto es la construcción del mismo en un material resistente a temperaturas y que permita la flexibilidad deseada.

Figura 16 Diseño de caja preliminar.



Fuente: El Autor.

Para ello se utilizó una lámina metálica completa, la cual fue cortada y doblada para suplir las especificaciones del sistema, esta posee un espesor aproximado de 3.5 milímetros y es bastante resistente a golpes, adicional a ello se tuvo en cuenta la construcción de una segunda caja interna que se utilizó como canoa para instalar los equipos y a la vez aislar los equipos de la lámina metálica, después de tener el maletín listo se procedió a pintar el maletín con pintura electrostática, ya que la pintura convencional podría tender a deteriorarse en un menor lapso de tiempo a la utilización constante del sistema.

Figura 18. Diseño final de caja



Fuente: El Autor

En esta segunda etapa del trabajo, se desarrolló la implementación del sistema, donde luego de obtener la caja y las especificaciones requeridas, se prosiguió a instalar los equipos dentro del coco metálico con unas pestañas a cada lado del coco para ajustar la parte frontal donde están ubicados los indicadores, los interruptores, los conectores y la panel Veiw o pantalla HMI como parte frontal y en el fondo “el coco”, donde irán instalados los rieles, las canaletas, el PLC, los módulos de comunicación, las borneras, el cableado de la estructura y demás dispositivos para la protección y encendido de todos los equipos.

Figura 17. Cableado estructurado



Fuente: El Autor.

Finalmente se comprobó el estado de los equipos y se aisló el sistema con tacos de caucho, esto con el fin de cumplir le objetivo principal del sistema, el cual era que la construcción fuese lo más flexible posible, finalmente, el coco metálico donde van instalados todos los equipos se puede atornillar fácilmente y sacar del maletín junto con la pantalla, los indicadores y pulsadores, es decir, que la caja puede quedar vacía y procurando un método más eficaz para realizar el mantenimiento a los equipos externamente.

Figura 19. Implementación final del prototipo

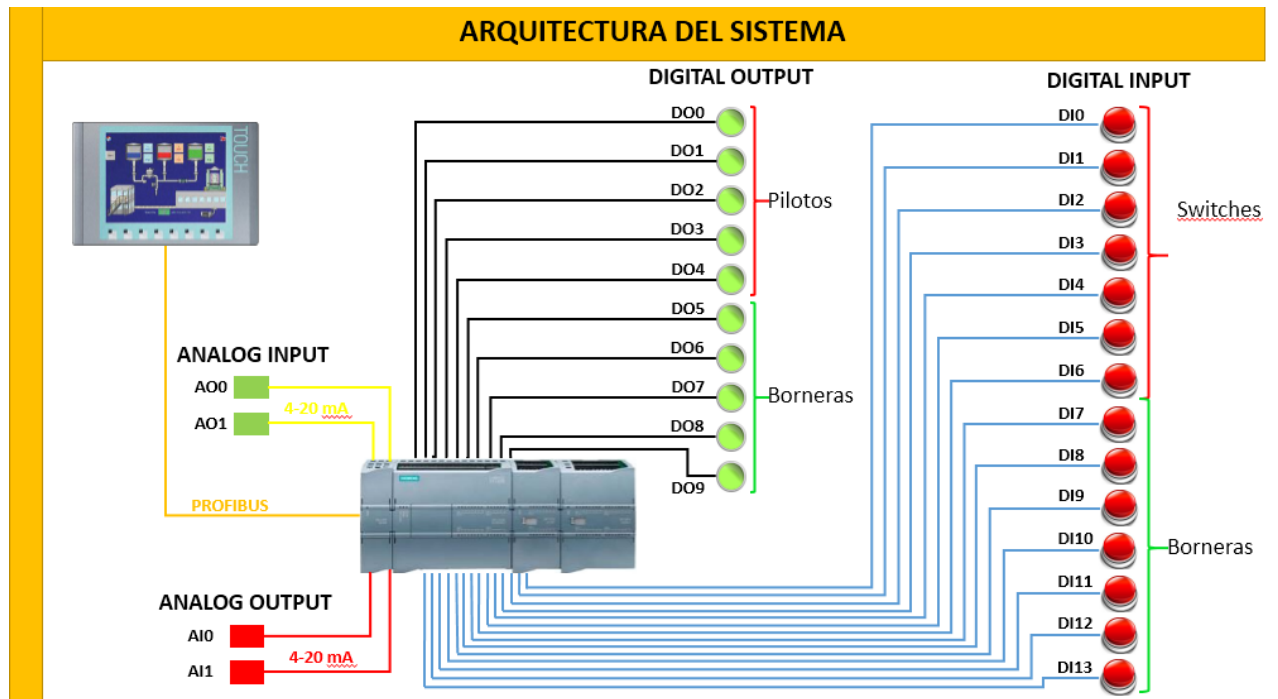


Fuente: El Autor

A continuación tenemos un diagrama de la arquitectura del sistema, como están distribuidas las entradas tanto analógicas como digitales del sistema y la configuración que tiene el PLC portable.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA PLC

Figura 20. Arquitectura del sistema PLC



Fuente: El Autor.

- A continuación se muestra el plano eléctrico del sistema trabajado:

9. PROPUESTA ECONÓMICA

14.1 Inversión Realizada:

La determinación de la inversión requerida para la implementación del sistema es un valor de gran importancia para el proyecto, debido a que se realiza un estudio a fondo del presupuesto y las tendencias del proyecto, no se pueden tomar los datos a la ligera, ya que esto influye para que la empresa o personas que manejan el capital se inclinen hacia la inversión en el proyecto.

Como primera instancia, se debe tener en cuenta el costo de los equipos que ya están disponibles para la implementación del sistema, los cuales fueron otorgados previamente por la facultad de Ingeniería Electrónica, entre los que tenemos el PLC que se compone del siguiente modo:

- El valor de la fuente para el PLC tiene un costo de \$341.472.
- El Pack PLC tiene un costo de \$787.905.
- Módulos de Comunicación Industrial tienen un costo de: \$8'901.005
- La pantalla HMI tiene un costo de \$1'360.480.

Por otro lado tenemos la estructura física del sistema y entre ellos los siguientes materiales adquiridos para la construcción del mismo:

- Piloto electrónico de 24VDC por 5 unidades a \$3.517 la unidad con un total de \$ 17.586. los 5 indicadores.
- Interruptores on-off por 7 unidades a \$900. la unidad con un total de \$6.300 las 7 unidades.
- Switch tp-link de 8 puertos tiene un costo de \$31.200
- Mini Breaker on-off de riel tiene un costo de \$14.000 la unidad

- Terminales de cobre en u por 140 unidades con un total de \$11.200
- Borneras de paso a \$1.300 la unidad con un total de \$91.000 las 70 unidades.
- Canaleta de 20x25 a \$8.500 por dos metros
- Toma doble sobre poner tiene un costo de \$2.500 la unidad
- Maletín en lámina de 480x482 a dos puertas tiene un costo de \$200.000
- Riel omega para borneras a \$6.000 el metro.
- Cable calibre 18 a \$1.600 el metro por 8 metros tiene un costo total de \$12.800. (Color verde, blanco y negro)
- Conectores de entrada a \$600 la unidad por 20 unidades con un valor total de \$12.000. las 20 unidades.
- Pintura electrostática para el maletín de lámina, tiene un costo total de \$40.000. por todo el maletín.

También es importante contemplar los costos adicionales que surgen durante la adquisición de los materiales y por consiguiente la implementación de todo el sistema:

- Costo de pasajes a la ciudad de Bogotá \$20.000. cada uno con un valor total de 4 pasajes por dos viajes con un valor total de \$80.000.
- Costo de desplazamiento dentro la ciudad de Tunja y de Bogotá, con un valor promedio de transportes por \$30.000.

Por lo tanto la utilización de costos en materiales durante este proyecto de grado abarca un total de \$11'953.948 aproximadamente, como se logra observar en el cuadro.

Tabla 1. Inversión fija.

GABINETE								
ITEM	REFERENCIA	DESCRIPCION	MARCA	UN	CANT	PROVEEDOR	VALOR COP	VALOR TOTAL COP
1	NA	Tablero (482x480x220)cm	N/A	UN	1	NA	250.000	250.000
						VALOR GABINETES		\$ 250.000
EQUIPOS								
ITEM	REFERENCIA	DESCRIPCION	MARCA	UN	CANT	PROVEEDOR	VALOR COP	VALOR TOTAL COP
2	N/A	FUENTE DE ALIMENTACION PARA PLC 110/220 VCA	SIEMENS	UN	1	USTA	\$ 341.432	\$ 341.432
3	S7-1200	Pack PLC	SIEMENS	UN	1	USTA	\$ 787.905	\$ 787.905
4	N/A	Módulos de comunicación industrial para PLC	SIEMENS	UN	1	NA	\$ 8.901.005	\$ 8.901.005
5	KTP-600	Pantalla HMI	SIEMENS	UN	1	NA	\$ 1.360.480	\$ 1.360.480
6	N/A	Piloto electrónico de 24VDC	NA	UN	5	NA	\$ 3.517	\$ 17.585
7	N/A	Interruptores on-off	NA	UN	7	NA	\$ 900	\$ 6.300
8	N/A	Switch TP-link de 8 puertos	TP-LINK	UN	1	NA	\$ 31.200	\$ 31.200
9	N/A	Conectores hembra	NA	UN	34	NA	\$ 600	\$ 20.400
0						VALOR EQUIPOS		\$ 11.466.307
PROTECCIONES ELECTRICAS								
ITEM	REFERENCIA	DESCRIPCION	MARCA	UNIDAD	CANT	PROVEEDOR	VALOR COP	VALOR TOTAL COP
10	N/A	Braker de Proteccion 1 pole, Magnetic 2.0 A	A.B	UN	1		\$ 14.000	\$ 14.000
11						VALOR PROTECCIONES ELECTRICAS		\$ 14.000

BORNERAS								
ITEM	REFERENCIA	DESCRIPCION	MARCA	UN	CANT	PROVEEDOR	VALOR COP	VALOR TOTAL COP
12	N/A	Pines Terminales de Aguja Calibre 18	N/A	UN	140	NA	\$ 80,00	\$ 11.200,00
13	N/A	Bornera común	N/A	UN	70	NA	\$ 1.300,00	\$ 91.000,00
						VALOR BORNERAS		\$ 102.200
OTROS								
ITEM	REFERENCIA	DESCRIPCION	MARCA	UN	CANT	PROVEEDOR	VALOR COP	VALOR TOTAL COP
14	N/A	Canaleta plástica ranurada 20x50	N/A	M	2		\$ 4.250,00	\$ 8.500,00
15	N/A	Tomacorriente 120 AVC	N/A	UN	1		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
16	N/A	Riel ranurado de 35mm	N/A	M	2		\$ 3.000,00	\$ 6.000,00
17	N/A	Pintura Electrostatica	N/A	M2	1		\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
18	N/A	Transportes y Otros	N/A	UN	1		\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
19	N/A	Marquillas termoencogibles	N/A	M	5		\$ 2.000,00	\$ 10.000,00
20	N/A	Amarres Plásticos Blancos	N/A	UN	1		\$ 1.800,00	\$ 1.800,00
21	N/A	Patch Cord Ethernet	N/A	UN	3		\$ 5.000,00	\$ 15.000,00
						VALOR OTROS		\$ 193.800
CABLES								
ITEM	REFERENCIA	DESCRIPCION	MARCA	UN	CANT	PROVEEDOR	VALOR COP	VALOR TOTAL COP
22		Cable Cobre # 18	N/A	M	60		\$ 500	\$ 30.000
						VALOR CABLES		\$ 30.000
DISTINTIVOS Y PLACAS								

ITEM	REFERENCIA	DESCRIPCION	MARCA	UN	CANT	PROVEEDOR	VALOR COP	VALOR TOTAL COP
23	N/A	Placa de identificación universidad	N/A	UN	1		\$ 5.000	\$ 5.000
24	N/A	Placa de identificación de	N/A	UN	1		\$ 20.000	\$
		tablero						20.000
VALOR DISTINTIVOS Y PLACAS								\$ 25.000

VALOR COP	
Subtotal	\$ 10.402.851
IVA 16%	\$ 1.664.456
Total	\$ 12.067.307
Total USTA	\$ 11.390.822
Total Inversión	\$ 676.485

Fuente: El autor.

10. PERSONAS QUE PARTICIPAN EN EL PROCESO

Nombres y apellidos:	Diego Fernando Molina Ortega
Dirección laboral:	Cra. 2 BIS # 41-A26 Terrazas de Sta. Inés
Título académico:	Estudiante de ingeniería Electrónica.
Descripción:	Implementador del Sistema
Nombres y apellidos:	Carlos Cardona Coy
Dirección laboral:	Calle 19 # 11/64
Título académico:	Ingeniero Electrónico
Descripción:	Asesor del proyecto
Nombre de la institución:	Universidad Santo Tomas de Tunja
Dirección:	Calle 19 # 11/64
Dependencia:	Facultad de Ingeniería Electrónica
Recursos a aportar:	Préstamo de bibliografía y laboratorios

11. CONCLUSIONES

- Se ofrecen beneficios a la comunidad, tales como el préstamo de un servicio seguro y bien controlado en cuanto a su correcto funcionamiento.
- Se logró observar que el sistema cumplió con las especificaciones de flexibilidad deseadas y por ende el cumplimiento de los objetivos planteados.
- Se observa la necesidad de implementación y adquisición de este sistema por parte de la facultad de Ingeniería Electrónica, ya que provee un gran beneficio para los laboratorios de la facultad.
- Se lograron las metas propuestas con el proyecto que se planteó, ya que el propósito final sobre la innovación en sistemas de automatización logro satisfacer las necesidades de la comunidad universitaria.
- Se logra concluir que definitivamente la implementación de este sistema en los espacios existentes, es una medida favorable para la mayor parte de la comunidad universitaria, ya que proporciona control y seguridad además de calidad a un bajo costo respecto a sistemas similares y comúnmente utilizados.

12.RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar guías de trabajo y capacitaciones informativas sobre quienes son aptos para la utilización de este sistema de PLC portable, y determinar cuáles serían las bases de conocimientos para darle un buen y eficiente uso al sistema.
- Es recomendable para la facultad de Ingeniería Electrónica que si este sistema causa el impacto que se espera, sería adecuado convertir algunos de los sistemas de PLC existentes (sistemas rígidos) dentro de la universidad Santo Tomas a PLCs portables, de modo que se mejoraría el espacio de trabajo dentro de los laboratorios de Electrónica.

13. BIBLIOGRAFÍA

- 1) S. SZKLANNY Y C. BEHRENDTS, Sistemas Digitales de Control de Procesos. Ed. 2. Control Editoriales, Buenos Aires (2006).
- 2) FERNÁNDEZ, A. Autómatas programables y sistemas de automatización. España (2010).
- 3) PIEDRAFITA, R. Ingeniería de la automatización Industrial - 2a ed. Argentina (2004).
- 4) SALCEDO, A. Estudio de factibilidad para la opción de un proyecto. UPTC-Tunja (2001)
- 5) Manual S7-1200 (SIEMENS)
- 6) SIEMENS. Profibus. Tecnología y automatización. Manual KTP600. (2015)
- 7) LERMA, D. Metodología de la investigación de editorial ECOE
- 8) BENAVIDES, T. Apunte PLC .Instrumentación y Comunicaciones Industriales / FI-UNLP. España (2009)
- 9) HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación. Madrid. (2003).

14. INFOGRAFÍA

- 1) <http://www.rockwellautomation.com>
- 2) <http://www.siemens.com/answers/co/es/>
- 3) [http://www.Manual S7-1200 \(SIEMENS\).pdf](http://www.Manual S7-1200 (SIEMENS).pdf)
- 4) [http://www.Manual KTP600 \(SIEMENS\).pdf](http://www.Manual KTP600 (SIEMENS).pdf)
- 5) <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/ApuntePLC.pdf>
- 6) <http://www.totallyintegratedautomation.com>
- 7) <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/index.htm>
- 8) <http://dolang.spanish.globalmarket.com/products/details/portable-plc-training-device-1582696.html>
- 9) http://www.edutecne.utn.edu.ar/publicaciones/jit2013/FR-SANTA_FE/SF03los_trabajos.pdf
- 10) <http://proyectos-ittla.blogspot.com/2011/06/33-analisis-de-la-demanda.html>