

# Implementación de un Tablero de Control Didáctico para la Planta de Producción del Laboratorio GEIPRO

---

**Adriana Marcela Gutiérrez Ortiz, Daniela Muñoz Hincapié, Yuliani Gisela  
Valverde Plaza**

**01/08/2013**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL AUTOMÁTICO  
DIDÁCTICO PARA LA PLANTA DE PRODUCCION DEL LABORATORIO  
GEIPRO**

**Adriana Marcela Gutiérrez Ortiz  
Daniela Muñoz Hincapié  
Yuliani Gisela Valverde Plaza**

**UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
TULUÁ  
2013**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL AUTOMÁTICO  
DIDÁCTICO PARA LA PLANTA DE PRODUCCION DEL LABORATORIO  
GEIPRO**

**Adriana Marcela Gutiérrez Ortiz  
Daniela Muñoz Hincapié  
Yuliani Gisela Valverde Plaza**

**Informe final de Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero  
Industrial**

**Director del Trabajo de Grado:  
ING. Paulo Cesar Cabrera Caicedo**

**UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
TULUÁ  
2013**

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN (ABSTRACT).....	12
TITULO.....	15
1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 INTRODUCCION GENERAL.....	16
1.2 MODALIDAD.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	18
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	18
1.4 BENEFICIOS DEL PROYECTO.....	19
1.5 ANTECEDENTES.....	20
1.5.1 CONTROL INDUSTRIAL.....	20
1.5.2 LABORATORIO GEIPRO.....	21
1.5.3 APLICACIONES DEL LABORATORIO GEIPRO.....	23
1.6 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	24
1.7 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	25
1.8 JUSTIFICACION.....	25
2. MARCO REFERENCIAL.....	27
2.1 MARCO TEÓRICO.....	27
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	33
2.3 MARCO SITUACIONAL.....	34
2.4 MARCO LEGAL Y NORMATIVIDAD.....	35

2.5 ESTADO DEL ARTE.....	36
2.6 NORMAS DE COMUNICACIÓN.....	39
2.6.1 PROTOCOLO RS232.....	40
2.6.2 PROTOCOLO RS485.....	41
2.6.3 VENTAJAS DE RS485.....	41
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	42
3.1 DISEÑO FORMAL.....	42
3.2 ARBOL DE OBJETIVOS.....	43
3.3 CAJA TRANSPARENTE DE FUNCIONES.....	44
3.4 ESPECIFICACIONES.....	45
3.5 SISTEMAS DE MEDICION.....	49
3.6 TABLA MORFOLOGICA.....	52
3.7 EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....	54
3.8 CONCEPTO DE DISEÑO.....	55
3.9 COMPROBACION DEL CONCEPTO DE DISEÑO.....	56
3.9.1 SIMULACION ESTRUCTURAL.....	57
3.9.2 SIMULACIONES LOGICAS.....	58
3.9.3 RESULTADOS E INTERPRETACION DE LA SIMULACION..	61
4. IMPLEMENTACION DEL TABLERO DE CONTROL.....	62
4.1 DISPOSITIVOS EMPLEADOS EN EL TABLERO DE CONTROL.....	62
4.1.1 PLC SIEMENS S7-200.....	62
4.1.2 COMUNICACIÓN S7-200.....	63
4.1.3 ACCESORIOS S7-200.....	64

4.1.4	CARACTERISTICAS IMPORTANTES DEL S7-200.....	64
4.1.5	MICROMASTER 420.....	66
4.1.6	CARACTERISTICAS PRICIPALES MICROMASTER 420.....	66
4.1.7	PRESTACIONES MICROMASTER 420.....	66
4.2	ALCANCE ROBUSTO DEL SISTEMA.....	67
4.2.1	PLC-PANTALLA HMI.....	69
4.2.2	PLC-MICROMASTERS 420.....	70
4.2.3	PLC.SERVODRIVE.....	73
4.2.4	SERVODRIVE-SERVOMOTOR.....	74
4.2.5	PLC-SERVODRIVE.....	74
4.2.6	SISTEMA DE SENSORES.....	75
4.2.7	DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.....	75
4.2.8	PARADA DE EMERGENCIA.....	76
4.2.9	PUESTA EN MARCHA.....	76
5.	CONFIGURACION FINAL.....	77
5.1	TABLERO DE CONTROL.....	77
5.2	CONSIDERACIONES TECNICAS NORMATIVAS.....	84
5.3	IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL EN EL LABORATORIO DE GEIPRO (prototipo de planta de manufactura flexible).....	87
5.3.1	CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	88
5.3.2	DETECTOR DE METALES.....	88
5.4	VALIDACIÓN PARA EL USO DEL TABLERO DE CONTROL.....	89
5.5	EJEMPLO DE APLICACIÓN PARA LA INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	90

5.6 MANUAL OPERATIVO TABLERO DE CONTROL DIDÁCTICO.....	91
6. ANALISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO.....	93
6.1 INVERSION.....	93
6.2 COSTOS.....	95
6.3 BENEFICIOS.....	96
6.4 ANÁLISIS RELACIÓN BENEFICIO/COSTO.....	97
7. RESULTADOS ASOCIADOS.....	101
7.1 RESULTADOS EN PRODUCCION.....	101
7.1.1 CANTIDAD DE PRODUCCION.....	101
7.1.2 PRODUCCION UNIFORME.....	102
7.2 RESULTADOS TÉCNICOS ESPERADOS.....	102
7.2.1 VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO.....	103
7.3 CELDA DE MANUFACTURA.....	103
7.4 VALORES TÉCNICOS DEL TABLERO DE CONTROL.....	105
8. CONCLUSIONES.....	106
9. RECOMENDACIONES.....	107
BIBLIOGRAFIA.....	108
ANEXOS.....	109

## LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Laboratorio GEIPRO.....	22
Imagen 2. Módulo de control con Logo.....	23
Imagen 3. Planta industrial.....	28
Imagen 4. Troqueladora de caramelos duros de alta velocidad.....	29
Imagen 5. Sensores y actuadores.....	29
Imagen 6. PLC comercial modular completo.....	30
Imagen 7. Panel Táctil Siemens.....	31
Imagen 8. Tablero de Control Robusto.....	32
Imagen 9. Tablero de Control Estándar.....	37
Imagen10. Máquina de envase Robert Bosch.....	38
Imagen 11. Árbol de objetivos.....	43
Imagen 12. Caja Transparente de Funciones.....	44
Imagen 13 Simulación Completa en AutoCAD-Inventor.....	58
Imagen 14. Programación por compuertas Logo-soft.....	59
Imagen 15. Interfaz en microwin.....	60
Imagen 16 Gamma micromaster 420.....	67
Imagen 17. Sistema robusto con S7-200.....	68
Imagen 18. Ubicación encoder.....	69
Imagen 19. Panel táctil.....	70
Imagen 20. Ubicación variador micromaster 420.....	71



Imagen 21. Servodrive SEW.....	74
Imagen 22. Tablero de Control Implementado.....	77
Imagen 23. Fuente FX-10PSU.....	79
Imagen 24. Relés de paso.....	80
Imagen 25. Contactor tripolar.....	81
Imagen 26. Borneras.....	82
Imagen 27. Variador de velocidad.....	83
Imagen 28. Posicionamiento del tablero de control.....	87
Imagen 29. Sistema de detección de metales.....	89
Imagen 30. Perilla control de velocidad.....	90
Imagen 31. Cubo de madera con chinchas.....	91
Imagen 32. Portada manual operativo.....	92
Imagen 33. Flujo de Caja.....	99

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Normatividad eléctrica.....	35
Tabla 2. Especificaciones.....	46
Tabla 3. Sistemas de Medición.....	49
Tabla 4. Tabla Morfológica.....	52
Tabla 5. Evaluación Controlador central.....	54
Tabla 6. Características técnicas del PLC S7-200.....	65
Tabla 7. Parámetros de programación micromaster 420.....	72
Tabla 8. Inversión para construcción del tablero .....	94
Tabla 9. Costos del proyecto en su etapa inicial.....	95
Tabla 10. Beneficios del proyecto.....	97
Tabla 11. Inversión, costos y beneficios del proyecto.....	98
Tabla 12. Resultados de producción .....	101
Tabla 13. Error de estandarización.....	102
Tabla 14. Prueba de detección y velocidad de la banda.....	104
Tabla 15. Velocidad de producción.....	104

## **AGRADECIMIENTOS**

El grupo de trabajo expresamos nuestros más profundos agradecimientos a las siguientes entidades y grupo de personas por su gran colaboración y orientación durante la elaboración de este trabajo de grado:

- LABORATORIO GEIPRO.
- Ingeniero Electrónico Paulo Cesar Cabrera Caicedo, Director del trabajo de grado.
- Ingeniero Electrónico Jhon Jairo Girón Arbeláez, asesor de este trabajo de grado.
- Tecnólogo Electromecánico Danilo Muñoz, asesor de este trabajo de grado.
- Profesor e Ingeniero Industrial William de Jesús Bolaños Valencia, Coordinador del Laboratorio GEIPRO.

El presente trabajo está especialmente dedicado a nuestros padres por el apoyo incondicional brindado en el transcurso de nuestra carrera.

## GLOSARIO

**ALGORITMO:** conjunto ordenado de instrucciones sistemáticas que permite hallar solución a un problema específico.

**CONEXIÓN:** atadura o unión de los elementos de una máquina o aparato., punto donde se realiza un enlace.

**CONTROL:** significa comprobación, inspección, finalización o intervención, dominio, mando o regulación de un sistema.

**INTERFAZ:** dispositivo o plataforma que permite conectar dos aparatos o circuitos.

**MORDAZA:** instrumento formado por dos piezas que hacen de tenazas y que pueden cerrarse para sujetar algo entre ellas.

**PARÁMETROS DE PROGRAMACIÓN:** son tipos de variables que son recibidas por una función procedimiento o subrutina.

**SCADA:** acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (control supervisor y adquisición de datos).

**SEÑAL:** onda electromagnética o nivel de voltaje que permite transmitir información a un circuito electrónico.

**TABLERO ELECTRICO:** consta de un cofre de dimensiones especificadas, el cual contiene elementos eléctricos de protección, control y maniobra para un sistema o circuito eléctrico de trabajo.

**UTILLAJE:** conjunto de instrumentos y herramientas necesarias para realizar una tarea.

## RESUMEN

El proyecto consistió en el diseño e implementación de un tablero de control para acople en la planta de producción del laboratorio de GEIPRO, la construcción como la aplicación a realizar se especifican en el siguiente documento que en resumen se divide en las siguientes etapas.

- I) La primera consta en una etapa de modelado, teniendo en cuenta las necesidades de la planta de producción de GEIPRO y la normatividad que rige la construcción de este tipo de elementos con ámbito Industrial.
- II) Seguido viene la adquisición de los elementos necesarios para la construcción del tablero, elección de marcas, dimensiones y aplicaciones que permitan dar una cualidad didáctica del tablero sobre la planta de producción.
- III) Realización de la aplicación específica teniendo en cuenta que el tablero debe dar posibilidad para un redimensionamiento de su estrategia inicial de control, de tal manera que el practicante pueda robustecer el circuito de control.

El tablero es adaptable a cualquier proceso que se realice en el nivel de automatización de control y supervisión.

El tablero fue diseñado por completo según características obtenidas a partir del estado del arte y considerando actividades propias de la Ingeniería Industrial, de tal forma que se tuvo libre pensamiento para el desarrollo del dispositivo en todas sus etapas, sin embargo el tablero de control estuvo limitado por las siguientes restricciones:

- Locativas: el equipo instalado debe ser distribuido en un área aproximada de  $1 \text{ m}^2$ , con una altura libre de 1 metro.
- Serviciales: debe existir disponibilidad de corriente eléctrica en 3 fases a 220 V (sin embargo hay dispositivos implementados que se alimentan a 110 V), con polo a tierra; y es necesario la adquisición de un compresor para poder contar con aire comprimido si se quiere realizar aplicaciones neumáticas.
- Sanitarias: en caso de realizar aplicaciones de naturaleza productiva de alimentos o medicamentos, los elementos de control, estructuras y actuadores deben resistir la presencia de agentes bactericidas, algunos de

ellos pueden ser altamente corrosivos (soluciones cloradas y/o con soda cáustica) por lo que se aconseja apartar el equipo del sitio de trabajo y aislarlo eléctrica y físicamente.

- Operacionales: Dentro de la operación del tablero de control, los rangos de temperatura a los cuales se realiza cualquier proceso varía desde temperatura ambiente (21°C) hasta temperaturas de pasteurización, condensación (70° C).
- Económicas: El costo total de la construcción del tablero de control, (estructura en acero, actuadores, sensores, controlador etc.), no puede superar el 20% del valor total de un proceso productivo estándar industrial.

### **ABSTRACT**

The project consisted of the design and implementation of a control board to engage in the production plant GEIPRO lab, building the application to perform as specified in the following document in summary is divided into the following stages.

I) The first stage consists in modeling, taking into account the needs of the production plant GEIPRO and regulations governing the construction of such Industrial scoped elements.

II) Is followed by the acquisition of the necessary elements for the construction of the board, choice of brands, sizes and applications that allow for a quality educational board on the production floor.

III) Completing the specific application considering that the board must give pa possibility downsized its initial strategy of control, so that the practitioner can strengthen the control circuit.

The board is adaptable to any process performed on the level of monitoring and control automation.

The board was designed entirely by characteristics obtained from the state of the art and considering the activities of engineering, so that it was free thinking for the development of the device in all its stages, however the control board was limited by the following restrictions:

- Locative: the installed equipment should be distributed in an area of about 1 m<sup>2</sup>, with a height of 1 meter.

- Helpful: there must be availability of electric current at 220 V 3-phase (though there are devices that are implemented at 110 V), with proper grounding, and acquiring necessary to have a compressor with compressed air if want to make pneumatic applications.
- Health: if applications perform productive nature of food or medicine, control elements, structures and actuators must resist the presence of bactericidal agents, some of them can be highly corrosive (chlorine solutions and / or caustic soda) by it is advisable to divide the job site equipment and isolate electrically and physically.
- Operational: Inside the control panel operation, the temperature ranges to which any process is done varies from room temperature (21 ° C) to pasteurization temperatures, condensation (70 ° C).
- Economics: The total cost of building the control board (steel structure, actuators, sensors, controller etc.) cannot exceed 20% of the total value of an industry standard production process.

## **TITULO**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL DIDÁCTICO PARA EL  
LABORATORIO GEIPRO**



## **1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se hace una descripción general de la situación en la cual se identificó un área de oportunidad para desarrollar el trabajo de diseño e implementación de un tablero de control para el laboratorio GEIPRO. Se explican los antecedentes de la situación a resolver y el planteamiento específico de la solución. Se mencionan las contribuciones, el valor agregado y el producto resultante de la investigación. Se indican los conceptos que se pretende demostrar y los objetivos a alcanzar mediante el trabajo de grado.

### **1.1 INTRODUCCION GENERAL**

Actualmente la industria es uno de los mayores ejes de la economía en el progreso de la sociedad, debido a que ofrece estabilidad y bienestar no solo a los empresarios o dueños, sino también a cada uno de los componentes jerárquicos de una empresa o compañía. Sin embargo este progreso se ve limitado por la rigurosidad de algunas normas en donde la calidad de producción y la eficiencia con que se desarrolle los productos finales, influyen en la consolidación del trabajo con políticas de competitividad, calidad y gestión, por lo que es de suma importancia poder aprobar estos estándares de producción e integrarlos con elementos con capacidad de monitoreo, análisis y velocidad de operación de manera que se obtenga información en tiempo real y el mismo sistema responda a las necesidades programadas por supervisores, ingenieros y jefes de un ente industrial.

Este contexto permitió explorar e investigar algunos de los vacíos presentados en el Grupo de Estudio e Investigación en Productividad (GEIPRO), el cual tiene como objetivo consolidar una planta de productividad semejante a las aplicadas industrialmente, donde la mayor parte de los mecanismos para el desarrollo y automatización de los procesos tienen un costo muy elevado, y donde se vieron subutilizados aquellos que ya se han adquirido, es decir se cuenta con herramientas y elementos de control, pero es necesario realizar un estudio previo sobre el uso óptimo de los elementos existentes para el sistema de producción y además obtener un elemento de control robusto para integración de cada uno de los procesos aplicados actualmente además de poder integrar algunos nuevos; teniendo en cuenta lo anterior se presentó la oportunidad que favorece en gran medida al laboratorio, desarrollándose un tablero de control eficaz, automático y

ante todo asequible para cumplir con aplicaciones específicas de producción automáticas.

En la optimización de la industria no siempre se justifica la implementación de sistemas de control, pero existen ciertas señales indicadoras que hacen necesario la ejecución de estos sistemas; los indicadores principales para la utilización de sistemas automáticos y de control influyen en un aumento de la producción, mejoras en la calidad de sus productos, bajos costos de producción, importante ahorro de energía, protección ambiental, seguridad industrial, desarrollo de nuevas tecnologías, etc., características que desea obtener la planta para investigación del grupo GEIPRO.

## **1.2 MODALIDAD**

Hace parte del proyecto para el desarrollo en la profundización de automatización de la facultad de INGENIERIA INDUSTRIAL y aporte al laboratorio de GEIPRO, específicamente la planta de investigación de la producción. Este proyecto es dirigido por el Ingeniero Electrónico de la Universidad del Quindío Paulo César Cabrera Caicedo y asesorado por el ingeniero Electrónico y profesor de Ingeniería Industrial perteneciente al programa Jhon Jairo Girón Arbeláez.

Este documento se presenta como requisito para aspirar a título de Ingeniero Industrial en la modalidad de trabajo de grado según el acuerdo No. 020 de Diciembre 04 del 2006 sobre presentación de monografías y trabajos de grados pertenecientes a la UCEVA y fue desarrollado por estudiantes de la Unidad Central del Valle. El tema fue elegido conforme a nuestra formación y profundización en automatización y sistemas de producción.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Implementación de un tablero de control automático didáctico para la planta de producción del laboratorio de GEIPRO perteneciente a la UCEVA.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseño de un tablero de control con características y normas industriales.
- Búsqueda de opciones tecnológicas adecuadas y viables que permitan construir físicamente el tablero y el sistema.
- Diseño de un sistema para aplicaciones automáticas sobre la planta de producción del laboratorio de GEIPRO que cuenta con:

Banda transportadora

Módulo de producción de bloques de madera

Módulo alimentador de cajas

Modulo detector de metales

Futuros módulos de empaque, pintura y sistema de monitoreo

Desarrollo de lógica cableada para cada elemento del sistema.

- Realizar estrategia de controlador principal como muestra de funcionamiento sobre el módulo detector de metales de la Celda de Manufactura.
- Desarrollo de documentación del tablero que cumplan con las normatividades vigentes como exigencia industrial.

## 1.4 BENEFICIOS DEL PROYECTO

La automatización de un proceso frente al control manual, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social y tecnológico donde se puede resaltar las siguientes características:

- Aumento significativo en la producción.
- Se asegura una mejora en la calidad del producto y en el desarrollo del proceso.
- Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado a la producción.
- Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos.
- Se obtiene un conocimiento más detallado del proceso, mediante la recopilación de información y datos estadísticos del proceso en tiempo real.
- Se obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento y desempeño de los equipos y máquinas que intervienen en el proceso.
- Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.
- Aumento en la seguridad de las instalaciones y la protección a los operarios.
- Confianza generada a los compradores y consumidores.

“Además los costos tales como trabajo indirecto, administración, control de calidad, compras de insumos, flujos de información, demoras de proveedores, tiempos muertos por falta de flexibilidad y adaptabilidad etc. pueden ser reducidos por las nuevas tecnologías de automatización mejorando la calidad del producto y la reducción significativa de errores y rechazos llevando a una mayor flexibilidad y adaptabilidad de la producción a medida y en pequeños lotes o pequeñas escalas de producción”<sup>1</sup>.

La mayor calidad en los productos se logra mediante exactitud de las máquinas automatizadas y por la eliminación de los errores propios del ser humano; lo que a su vez repercute en grandes ahorros de tiempo y materia al eliminarse la producción de bebidas alteradas por manipulación inadecuada con riesgos de aumento en agentes bacteriológicos, asegurando un producto inocuo.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Urquiola Blanco, Juan C. Impacto de la Tecnología Sobre la Producción. Maestría en Gerencia y Finanzas de los Negocios [ON LINE] 2009. Extraído de internet de: <http://www.oocities.org/es/kabifarag/ITRH/foro2/produccion.html>

<sup>2</sup> Cruz Ibarra Raul. La Automatización en las Empresas Mexicanas. Universidad del Valle de Mexico [ON LINE] Extraído de internet de : [http://www.tlalpan.uvmnet.edu/oiid/download/Automatizaci%C3%B3n\\_04\\_ING\\_IMECA\\_PIT\\_D.pdf](http://www.tlalpan.uvmnet.edu/oiid/download/Automatizaci%C3%B3n_04_ING_IMECA_PIT_D.pdf)

En cuanto a los beneficios específicos se generó un tablero de control con el que se pueden realizar gran cantidad de aplicaciones con un índice de producción acorde a la capacidad de micro y mediana empresa en una visión industrial, capaz de realizar una gran cantidad de operaciones en muy poco tiempo además de tener la capacidad de monitoreo e integración de procesos productivos en línea.

## **1.5 ANTECEDENTES**

### **1.5.1 CONTROL INDUSTRIAL**

El control industrial empieza hace más de 5000 mil años con la implementación de relojes de agua como un modo de medición del tiempo en esa época, de igual forma los sistemas de caza también hace parte de los elementos que inicializan el control ya que al ser activados mediante palancas estos realizaban un trabajo una vez accionado el dispositivo de captura.

A partir de esa época se desarrollaron infinidad de elementos en gran medida mecánicos que realizaban control de una variable de entrada física y directa como agua, vapor, peso o presión, hasta el siglo XIX en donde todos los mecanismos de control eran en su mayoría controladores directos, lo que quiere decir que la energía requerida para operar era proporcionado por un sensor de tipo mecánico, por este tiempo ocurrió un gran salto considerado como el cambio tecnológico, socioeconómico y cultural de la historia que fue la Revolución Industrial .

Entre 1900 y 1935 se implementaron sistemas por retroalimentación, los cuales controlaban variables físicas como la corriente, el voltaje, frecuencia y el vapor, para ello la instrumentación utilizada era para medición, grabación e indicación, variables de gran ayuda para recolección de información y cambios mecánicos sobre el sistema controlado, también para esta época empezaron a aparecer los primeros transmisores elaborados mediante transductores de señales físicas como la temperatura y la presión, reunido todos estos elementos se elaboraba un sistema poco complejo que no necesitaba mucho el estudio de controladores.

En 1911 Elmer Sperry creó un sistema mecánico que consistía en la regulación de las embarcaciones en situaciones de perturbación causada por el oleaje del océano, este sistema fue llamado “ship steering” elemento que utilizaba leyes y elementos más complejos no utilizados anteriormente.

Los problemas percibidos en esta época fueron la falta de fundamentación teórica en áreas de ingeniería y la falta de un lenguaje común para entendimiento, lo que empezó en la búsqueda de una metodología de aplicación para el aprendizaje de automatización y control con aplicaciones simples lo que llevo a Nicholas Minorky a presentar un análisis de control involucrando el posicionamiento de un sistema de control formulando una ley de control con realimentación.

Finalizando esta época y como gran aporte Vanevar Bush en 1930 desarrollo una máquina analógica calculadora, la cual simulaba el comportamiento dinámico de un sistema, mediante la solución de ecuaciones diferenciales.

A partir de ese momento la industria empezó a desarrollar sistemas de control embebido para aplicaciones específicas con características feedback y fordware, que resultaban en el control de variables en velocidad, posicionamiento, temperatura, presión, caudal, también se realizan desarrollos de software específicos para aplicaciones de control industrial y programación de autómatas de control.

Hoy en día existe una gran cantidad de elementos desarrollados para la automatización y control industrial, esto permite la construcción de líneas con una gran capacidad de producción y alto grado de estandarización del producto como también calidad, de igual manera existen variados métodos de control para el desarrollo de maquinaria industrial, control espacial y sistemas de eficiencia de energía y medio ambiente.<sup>3</sup>

## **1.5.2 LABORATORIO GEIPRO**

“Fue creado en el año 2007 por iniciativa de un grupo de docentes y estudiantes del programa de ingeniería industrial teniendo en cuenta la Resolución de Rectoría 383 del 18 de marzo de 2002 que legitima la modalidad de Semilleros de Investigación en la UCEVA. Como antecedentes de su creación está el grupo Espiga (2004) y el grupo GEIO (grupo de enseñanza de la investigación de operaciones, 2005). GEIPRO, tiene como propósito principal, contribuir con el fortalecimiento de la investigación formativa del programa, apoyar en algunas

---

<sup>3</sup> MANDADO P ENRIQUEZ. Autómatas programables, Ed Marcombo. 2009, cap. 1

actividades al grupo de investigación, desarrollar proyectos basados en la didáctica y apoyar los procesos de enseñanza a partir de la lúdica”.<sup>4</sup>

Las instalaciones del laboratorio GEIPRO se encuentran en un periodo de abastecimiento y formación, cuenta con variado material para desarrollo de sistemas automáticos de producción y calidad en temas de ingeniería industrial, para el año en curso se han puesto en funcionamiento procesos como la automatización de la banda transportadora de 6 metros de bancada y el módulo de producción de bloques de madera marcada, el objetivo o enfoque que se quiere obtener, es el de desarrollar un sistema de producción completo que cumpla con un sistema de gestión integrado de calidad y producción comparativo o similar con los de la Industria, proceso que tiene un costo técnico y operativo elevado. En la Imagen 1 se puede observar la banda transportadora automatizada y al fondo el sistema alimentador de bloques de madera.



Imagen 1. Laboratorio GEIPRO

Fuente: Archivo fotográfico del grupo del presente trabajo. Laboratorio de electrónica y GEIPRO UCEVA

---

<sup>4</sup> Sandoval Edgar. GEIPRO (Grupo de investigación de la producción) [ON LINE] 2008. Extraído de internet de:

[http://www.uceva.edu.co:8083/index.php?option=com\\_content&view=article&id=31&Itemid=119](http://www.uceva.edu.co:8083/index.php?option=com_content&view=article&id=31&Itemid=119)

Este laboratorio posee también módulos de detección de metales y alimentadores de cajas que deben ser adicionados al proceso con cualidades automáticas, de igual manera necesita un equipo que tenga la capacidad de realizar control y monitoreo sobre todo el sistema de producción y que además pueda integrar otros aspectos necesarios que están ideándose para su aplicación futura, todo en pro del objetivo del trabajo actual del grupo investigativo.

### 1.5.3 APLICACIONES DEL LABORATORIO GEIPRO

Como se menciona en el punto anterior, el laboratorio de GEIPRO cuenta con módulos automáticos basados en micro-PLC de marca SIEMENS, estos autómatas también llamados LOGOS tienen la capacidad de realizar control de tipo on-off y control análogo en aplicaciones sencillas de automatización, en este momento el laboratorio posee 5 de estos dispositivos que hacen parte de módulos de producción, domótica, vaciado de tanques, accionamiento de motores y que están en pleno funcionamiento, fueron obtenidos a partir de trabajos de grado y donaciones realizadas al laboratorio, por lo que los hacen los principales elementos para realizar control sobre una futura planta de proceso.

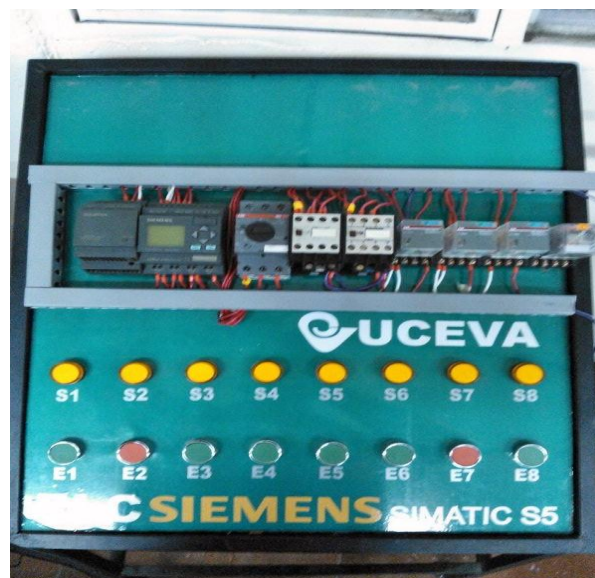


Imagen 2. Módulo de control con LOGO

Fuente: archivo fotográfico del grupo de presente trabajo. Módulo de control de la banda transportadora.



También junto a ellos se cuenta con elementos sensores de tipo fotoeléctrico, inductivo y de final de carrera, elementos de acción como válvulas y motores y de accionamiento como relés y contactores. En la imagen 2 se observa el módulo de control de la banda de transporte perteneciente al laboratorio de GEIPRO el cual posee un LOGO como autómatas principal.

## 1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

“El laboratorio GEIPRO busca que sus estudiantes alcancen las competencias que les permitan desempeñarse efectivamente en el ejercicio de la profesión”<sup>5</sup>. La anterior idea implica que el laboratorio de GEIPRO, debe poseer las características acordes para la formación de profesionales idóneos en un ámbito industrial, por tanto debe tener cierto material de desarrollo de laboratorios para cada rama o materia que implique la necesidad de realizar una labor práctica, para obtención de conocimientos físicos en tiempo real; Debido a que es un laboratorio que está en proceso de desarrollo y equipamiento, por el momento hace falta herramientas para consolidar su establecimiento.

Teniendo en cuenta lo anterior se genera un considerable “vacío” en el aprendizaje de materias de Automatización y Control Industrial, como también en temas de Diseño, ya que el laboratorio a pesar de contar con una variedad de módulos automáticos no cuenta con un elemento con la capacidad de integrar una planta de producción para consolidación de los conocimientos académicos de estas áreas específicas en un ámbito de Ingeniería Industrial.

La UCEVA como formadora de profesionales con capacidad de generar soluciones, convoco los estudiantes a que realizaran diferentes propuestas que le permitan resolver el problema de falta de equipos y opciones didácticas actuales para elementos en funcionamiento y la recuperación de activos en desuso, como el detector de metales y el alimentador de cajas, que no cuenta con un mecanismo automatizado.

Es entonces necesario y de alta prioridad el poder hallar una solución, que no solo actué sobre un sistema en específico, sino también permita conocer y ampliar la academia por parte de una importante institución de enseñanza como lo es la

---

<sup>5</sup> Laboratorio industrial GEIPRO-disponible en-<http://www.uceva.edu.co/index.php/boletines-informativos/367-en-marcha-laboratorio-de-ingenieria-industrial.html>

Unidad Central del Valle del Cauca, y que mejor opción que sus profesionales en formación hagan un aporte a ello.

Entonces se puede concluir que NO poseer este tablero didáctico implica para el laboratorio lo siguiente:

- No contar con la capacidad de integrar el sistema de producción como objetivo del grupo de investigación GEIPRO.
- No poseer una herramienta vital para automatización de procesos robustos y monitoreados.
- No avanzar en un proceso de formación profesional con cualidades idóneas para el desempeño en la industria actual colombiana.

## **1.7 FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Cómo construir un tablero de control didáctico aplicado a las necesidades del laboratorio de GEIPRO, que cumpla con los estándares de calidad industriales, que sea redimensionable, accesible al estudiante y que posea una gran cantidad de aplicaciones en cuanto al control y a la automatización, como materia de aprendizaje importante, para la formación integral del ingeniero con una visión industrial?

## **1.8 JUSTIFICACIÓN**

Al realizar un análisis de las grandes necesidades en formación con una visión industrial por parte de la universidad y cotejándola con los elementos que debe tener el laboratorio GEIPRO como espacio de adquisición de experiencias y conocimientos adicionales a la teoría brindada por la academia y también, como aporte a la consolidación de la institución como ente Universitario, el grupo de trabajo justifica que, la construcción de un tablero de control didáctico para el laboratorio es de gran aporte para el grupo investigativo GEIPRO y para la formación como profesionales de los alumnos pertenecientes a la facultad de ingeniería.

En cuanto al aplicativo como presentación de proyecto de grado, se encuentra que la elaboración y ejecución de esta propuesta ayuda mucho a la formación como Ingenieros Industriales, ya que además de ser un elemento muy usado por la

industria, su elaboración implica aplicar muchos de los conocimientos obtenidos en la universidad, debido a que el proceso de elaboración de un sistema de control corresponde globalmente a una planeación estratégica de proyectos a grandes escalas, en donde el Ingeniero Industrial es un actor principal para la consolidación del mismo.

De igual modo la obtención de un tablero de control robusto para el laboratorio de GEIPRO brinda la posibilidad de que sus alumnos investigadores realicen pruebas del proceso productivo con cualidades automáticas, además de tener una herramienta que brinda la posibilidad de implementar un sistema de monitoreo para adquisición de datos en tiempo real y ejecución de órdenes tipo Scada, lo que abre la posibilidad de realizar un sistema integrado de producción (objetivo de GEIPRO) con capacidad de unificar cada uno de sus procesos además de desarrollar otros alternativos.

Adicionalmente un tablero de control eléctrico con las características expuestas en este documento permite el desarrollo de futuros trabajos sobre él, lo que permite la posibilidad a los estudiantes en proceso de formación y de grado de realizar sus proyectos como practica de laboratorio y trabajos de grado relacionados con la ampliación de la planta de producción propia del laboratorio.

## **2. MARCO REFERENCIAL**

El marco referencial es una revisión de lo que se está investigando o se ha investigado en el tema objeto de estudio y los planteamientos que sobre el mismo tienen los estudiosos de este. Esta fundamentación soportará el desarrollo del estudio y la discusión de los resultados.

La elaboración del marco referencial recomienda comenzar por revisar libros, revistas y demás documentos especializados que aborden el tema que se va a investigar; para ello con base en la bibliografía revisada, se debe llegar a un conocimiento amplio y detallado del estado del tema, mostrando las investigaciones que se han adelantado y se están adelantando; los objetivos y las hipótesis que han guiado dichas investigaciones y las conclusiones a que se ha llegado; la relevancia que tiene el tema en la actualidad; las posturas y los enfoques que abordan el tema además de los instrumentos y las técnicas de recolección de información que se han utilizado en los estudios para un trabajo específico.

El marco de referencia para este trabajo solo considera conceptos, normatividad y estado del arte para generación de ideas y cualidades acerca de la construcción de un tablero de control con las características suficientes para ser implementado en un sistema de producción, con dimensiones para una mediana empresa en sectores de alimentos, bebidas, cárnicos, calzado, marroquinería, agroindustria, etc.

### **2.1 MARCO TEÓRICO**

“La automatización industrial, considerada como el manejo de la información en las empresas para la toma de decisiones en tiempo real, incorpora la informática y el control automatizado para la ejecución autónoma y de forma óptima de procesos diseñados según criterios de ingeniería y en consonancia con los planes de la dirección empresarial” (DNP, Colciencias. Plan Estratégico del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, 2000-2010).

El concepto de automatización (del griego autos que significa “por sí mismo” y maiomai que significa “lanzar”) corresponde a la necesidad de minimizar la intervención humana en los procesos de gobierno directo en la producción, vale decir, ahorrar esfuerzo laboral (Gutiérrez, et al., 1994).<sup>6</sup>

Los tableros de control son diseñados para aplicaciones de producción de elementos en línea a gran velocidad o para accionar bombas para envío de algún líquido a cierta temperatura presión o caudal, puede ser usado para iluminación o control de tránsito en la ciudad y tal vez el monitoreo de un sistema de vigilancia; en general la implementación de un elemento como este es recurrente y cada vez más solicitada, por lo tanto es de gran importancia conocer como es el diseño y funcionamiento de este elemento. La imagen 3 muestra algunos de los aplicativos anteriormente mencionados que requieren tablero de control.

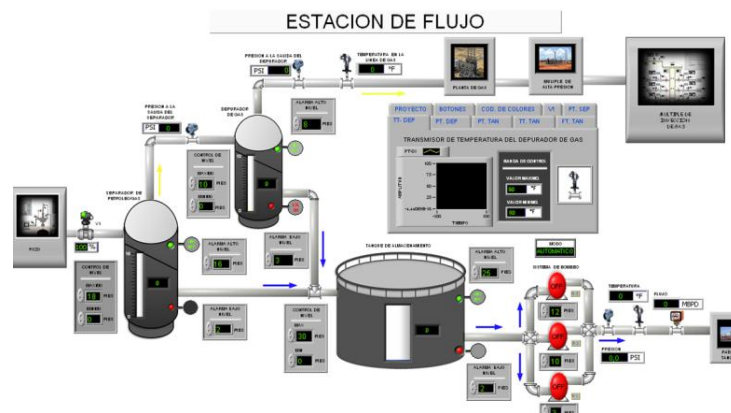


Imagen 3. Planta industrial

Fuente: Leal Gerardo. Universidad Alonso de Ojeda. Automatización. Tomada de: <http://profgerardoleal.wordpress.com/universidad-alonso-de-ojeda/automatizacion/>

Una de las aplicaciones más importantes para este sistema se encuentra en la industria alimenticia en donde el Valle del Cauca tiene un gran auge, por lo que un ingeniero con conocimientos en este tipo de dispositivos es primordial para la labor. La imagen 4 muestra una máquina troqueladora de caramelo ubicada en la planta Colombina La Paila, empresa que genera empleo a gran parte de la comunidad del Norte del Valle y Tuluá, en la imagen se puede observar el tablero de control en la parte superior izquierda.

---

6 Manufactura y automatización [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092006000300014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092006000300014&script=sci_arttext).



Imagen 4. Troqueladora de caramelos duros de alta velocidad

Fuente: archivo fotográfico Colombina S.A.

La gran mayoría de tableros de control poseen un elemento controlador que a su vez es programable, este elemento controlador llamado master central, controla otros tipos de elementos sensores y actuadores, dependiendo de su aplicación, estos elementos periféricos pueden tener una labor que implique una gran responsabilidad. lo que hace que sean más costosos, entre los elementos que envían señales de control al master central están; transmisores de flujo, presión, caudal, temperatura, PH, presencia, sensores on off; así mismo elementos controlados por el master central como motores síncronos y asíncronos, servomotores, válvulas, bombas, compuertas, cilindros neumáticos etc., la imagen 5 muestra elementos sensores y actuadores anteriormente mencionados.



Imagen 5. Sensores y actuadores

Fuente: Swisensor. Actuadores Industriales. Tomada de: <http://www.swisensor.com/actuadores%20industriales.html>

Adicionalmente y debido al ámbito industrial, se puede usar otro tipo de equipos dentro del control que permiten la integración, la interfaz al operador y demás características necesarias en un equipo real, entre ellos están los PLC´s.

Los PLC´s (Programmable Logic Controller: Controlador Lógico Programable) son dispositivos electrónicos basados en sistemas programables (memorias y microprocesadores) que revolucionaron la industria. Antes de la entrada en escena de estos dispositivos los sistemas de control eran rígidos, voluminosos, poco confiables y costosos. En la imagen 6 se muestra un PLC comercial modular.

Los modernos PLC´s han evolucionado hasta el punto de permear prácticamente toda la industria desplazando incluso otros equipos como controladores de lazo (proceso), DCS y tarjetas de aplicación específica.

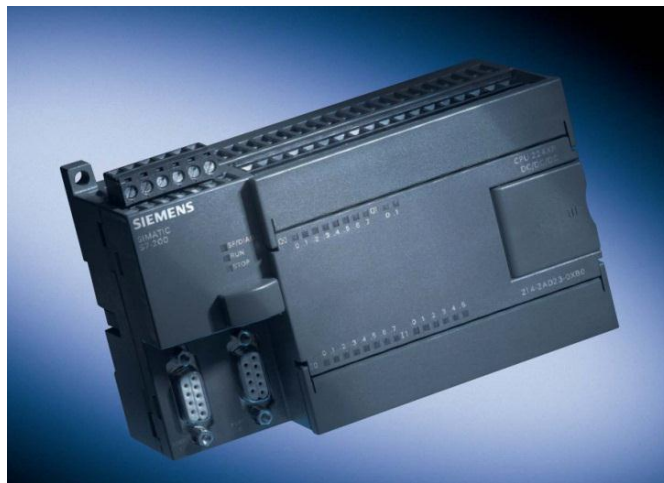


Imagen 6. PLC comercial modular completo

Fuente: alibaba. PIC-s7-200 cpu 236572918 tomada de: <http://spanish.alibaba.com/product-free-img/siemens-plc-s7-200-cpu-236572918.html>

Para que el personal técnico y operativo (y en general cualquiera que requiera interactuar con la máquina), pueda “entenderse con el equipo” se proyecta usar paneles táctiles que son dispositivos electrónicos que a través de una pantalla se comunican y permiten controlar los demás elementos electrónicos de una maquina o un proceso. La imagen 7 presenta algunos paneles táctiles marca SIEMENS.



Imagen 7. Panel Táctil Siemens

Fuente: automation siemens. Human machine interfaz. Disponible en:  
<http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/special-hmi-devices/Pages/Default.aspx>

La industria colombiana aplica todos estos modernos equipos electrónicos, herramientas de software, avanzados algoritmos, protocolos de control y comunicaciones; sin lugar a duda se puede llegar a resolver complejos problemas prácticos y necesidades industriales.

La construcción de un tablero eléctrico implica la absorción de conocimientos adicionales que como ingenieros se deben conocer, además el seguimiento de las normas de construcción elaboradas por entidades especializadas en el tema resulta obligatorio porque para cualquier daño que involucre que un dispositivo o persona ocurre en la mayoría de casos por defectos del diseño, además el no seguimiento de las normas acarrearía sanciones por parte de entes reguladores.

Existen varios aspectos que se deben tomar en cuenta para la construcción de un tablero eléctrico y los cuales son debidamente explicados en los documentos acerca de la normatividad y construcción. Entre los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta para elaboración de un sistema de control eléctrico están:

### **Dimensionamiento**

### **Terminación superficial**

### **Barras de cobre**



**Cableado**

**Aislamiento**

**Documentación**

**Ensayos con equipo de protección**

**Puesta en marcha y acondicionamiento para la entrega**

Cada punto tiene su teoría extensa de aplicación para la construcción y elaboración de tableros, de tal forma que cada aspecto se debe tener en cuenta en este trabajo si se quiere cumplir con el objetivo de entregar un dispositivo con características industriales.

La imagen 8 presenta un tablero de control con las características necesarias para implementación de un sistema automático y además que cumple con la normatividad impuesta por entes reguladores.



Imagen 8. Tablero de Control Robusto

Fuente: tecnología y control. Bolgspot. Disponible en: <http://ftegnologiaycontrol.blogspot.com/>

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL




En el presente trabajo se dará un marco conceptual para dar claridad a los conceptos claves para la comprensión del tema tratado en este trabajo.

**TABLERO DE CONTROL:** es un dispositivo electrónico y/o electrónico con partes mecánicas acopladas, que permite ejercer control sobre un **equipo** (para este caso banda transportadora), según Paredes y rodríguez<sup>7</sup>. Los tableros de control son diseñados para aplicaciones de producción de elementos en línea a gran velocidad o para accionar bombas para envío de algún líquido a cierta temperatura presión o caudal, puede ser usado para iluminación o control de tránsito en la ciudad y tal vez el monitoreo de un sistema de vigilancia.

**PLC (Programmable Logic Controller: Controlador Lógico Programable):** son dispositivos electrónicos basados en sistemas programables (memorias y microprocesadores) que revolucionaron la industria.

**MICROWIN:** es un entorno de desarrollo para la programación de controladores conforme con el estándar industrial internacional IEC 61131. Fue desarrollado y comercializado por siemens para la programación de la gama de microplcs S7 200 y cuenta con variados tipos y posibilidades de comunicación.

**DIAGRAMA DE CONTACTOS (LADDER):** Es un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés. Mediante símbolos representa contactos, bobinas. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según el estándar IEC y son empleados por todos los fabricantes. Los símbolos básicos son<sup>8</sup>:

Contacto normalmente abierto	
Contacto normalmente cerrado	
Asignación de salida	

7 RAREDES PLAZARTE, Darwin Vinicio y RODRÍGUEZ LANDETA, Roberto Alexander. Diseño e implementación de un sistema de dosificación de líquidos con control de volumen a presión constante. Trabajo de grado ingenieros en electrónica y control. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2010. p. 57.

8 Instrumentación y Comunicaciones Industriales / FI-UNLP.

**RELÉS INTERNOS O MARCAS:** Como salidas en el programa del PLC se toma no solo a las salidas que el equipo posee físicamente hacia el exterior, sino también las que se conocen como "**Relés Internos o Marcas**". Los relés internos son simplemente variables lógicas que se pueden usar, por ejemplo, para memorizar estados o como acumuladores de resultados que utilizaran. Posteriormente en el programa.<sup>9</sup>

## **2.3 MARCO SITUACIONAL**

La UCEVA (Unidad Central del Valle del Cauca) es una Institución Universitaria con la misión de formar profesionales democráticos y emprendedores, en un compromiso con el desarrollo humano de la región y el país; la transformación que realiza esta institución va enfocada en la calidad, tomando como punto de partida la exigencia en cada peldaño de la formación académica, teniendo en cuenta el dialogo del conocimiento y saberes de la cultura en general, todo a partir un sistema de gestión de calidad que la lleve en camino al reconocimiento como Institución Universitaria<sup>10</sup>.

Uno de los puntos que permite seguir por el camino del reconocimiento de la UCEVA es la adecuación de la estructura física y laboratorios con elementos que ayuden en gran medida a la formación académica de sus estudiantes, por ello se ha decidido robustecer el laboratorio con un elemento didáctico, con características industriales para la enseñanza y aprendizaje de la automatización y el control de sistemas y procesos de producción de cualquier tipo, el cual hace falta y que es necesario para complementar prácticamente el aprendizaje en carreras de Ingeniería y Tecnología.

**Razón social:** UCEVA (Unidad Central del Valle del Cauca).

**Dirección:** Carrera 27ª No. 48-144 Kilómetro 1 salida sur Tuluá- Colombia.

**Teléfono:** 2242202-2259051

**Teléfono Responsable:** 2242202 ext. 111

**Fecha Aceptación:** 14 de febrero del 2013

---

<sup>9</sup> Instrumentación y Comunicaciones Industriales / FI-UNLP.

<sup>10</sup> UCEVA. Quienes somos-misión. Unidad Central del Valle. Disponible en: <http://www.uceva.edu.co/index.php/quienes-somos/mision.html>

## 2.4. MARCO LEGAL Y NORMATIVIDAD

Para el desarrollo de actividades en la industria se deben tener en cuenta normas importantes a la hora de proceder con los trabajos de ingeniería, cada entrega física como circuitos eléctricos, elementos de control y potencia, deben cumplir con cada una de las especificaciones técnicas de protección y acción en ambientes de tipo industrial, a la vez el personal de trabajo debe usar los elementos mínimos requeridos para realizar la labor, es el caso de los elementos de protección y herramienta, finalizando con normas eléctricas seguidas por la empresa donde se realizará el trabajo. La tabla 1 muestra las normativas tenidas en cuenta para desarrollar este proyecto.

NORMATIVIDAD TENIDA EN CUENTA EN EL PROYECTO		
ISO 11714-1	Nomenclatura y símbolos industriales	1996
Norma NTC 2050, 3278	Norma que parametriza la seguridad en instalaciones eléctricas	2008
RETIE	obligaciones y responsabilidades de todos los actores involucrados en los procesos de generación, transmisión, transformación, distribución y uso final de la energía eléctrica	2008
IEC 61131	Estándar de programación para autómatas industriales.	2013 3ra edición
ISA S5.1	Esta Norma especifica la nomenclatura para nombrar los instrumentos, y los símbolos para representarlos. La nomenclatura está representada por un código de letras	1992

Tabla 1. Normatividad Eléctrica

Si es el caso que un ingeniero industrial sea el encargado de los procesos de mantenimiento mecánico y eléctrico de una empresa, es de suma importancia que se sepa cuál es la normatividad para el desarrollo del trabajo, debido a que hay entidades reguladoras que constantemente realizan visitas a empresas; en tal caso que un elemento no cumpla con la norma, se puede estar incurriendo en una falta y por ende generar sanciones a la empresa que sea poseedora de ese elemento, debido a esto la UCEVA como institución debe poseer elementos que sigan tanto las normas eléctricas como las demás que no conciernen a este trabajo.

## **2.5 ESTADO DEL ARTE**

La industria hoy en día realiza procesos en línea, continuos o intermitentes, que por su capacidad o modo de producción, es necesario implementar sistemas que realicen procedimientos de forma que no cumpla únicamente con los requerimientos específicos del producto, sino sean elaborados con un mínimo tiempo de manufactura, de tal modo cumplan con los pedidos de sus clientes y estos queden satisfechos. También en el campo industrial se realiza control y monitoreo de otras actividades que no hacen parte directa de la elaboración de productos, sino que pertenecen a procesos adyacentes que involucran temas como: el control de residuos, iluminación, sistemas de calefacción, generación de energía, entre otros. Para ello cada proceso de automatización o control debe tener su debido módulo de mando y tablero de control, ya que cada uno (dependiendo de su aplicación) requiere la adquisición de elementos con cualidades y características de control sensado y actuación, dichos elementos la mayoría de ocasiones son difíciles de conseguir, por su complejidad o costo, aun así la inversión que realizan las empresas para obtener estos sistemas no implica un gasto desaforado sino una necesidad que genera grandes beneficios tanto productivos como económicos.<sup>11</sup>

La imagen 9 muestra un tablero de control construido con las características industriales, en él se puede observar 4 niveles o espacios, el superior que es el nivel de protecciones eléctricas, el segundo el nivel de control y los dos últimos son espacios de borneras de conexión.

---

<sup>11</sup> Nieto C Ernesto. Manufactura Y Automatización. Ingeniería e Investigación SCIELO. Bogotá Septiembre de 2006. [ONLINE] idea extraída de la lectura disponible en internet de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092006000300014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-56092006000300014&script=sci_arttext)



Imagen 9. Tablero de Control Estándar

Fuente: zapopan anumex. Instalación y armado de tableros de control. Disponible en: <http://zapopan.anumex.com/anuncio/instalacion-y-armado-de-tableros-de-control/2051564>

Los materiales utilizados para construir un tablero de control son esencialmente elementos eléctricos, electrónicos los cuales se distribuyen en un tablero metálico con dimensiones acordes a las de los elementos que van a ser contenidos por él. Cada sistema actual también brinda la posibilidad de ampliar sus características de operación por lo que deben tener como cualidad el redimensionamiento de los circuitos de control.

En si el gabinete debe poseer los elementos que son conectados según normatividad para dicha elaboración y debe tener aislado los circuitos de potencia como los de control, aunque sean dependientes para el funcionamiento, entre los elementos controlables de un tablero de control básico están: servomotores, motores, rodillos, mordazas, cilindros de aire, cuchillas y gran variedad de elementos mecánicos y electromecánicos. También usa dispositivos sensores como:

- Fococeldas
- Sensores inductivos de presencia
- Sensores capacitivos de presencia
- Sensores de ultrasonido
- Termocuplas

Utilizan como elementos de control principalmente el PLC, con puertos de E/S digitales y análogas, también son usados los variadores de velocidad, encoders, resolvers, Drives, etc., dependiendo de la robustez del sistema de control.

Los tableros de control actuales poseen un sistema de monitoreo y acción basado en aplicaciones SCADA, para ello se les instala un panel con características táctiles a esta aplicación se le domina aplicación HMI (Human Machine Interfaz).

Cada uno de los elementos anteriormente nombrados debe ser usado y ubicados según sea la arquitectura definida por los ingenieros y deberá se sincronizada bajo los parámetros y especificaciones de un sistema a implementar sea de producción o no, las características del tablero de control debe permitir es que una máquina o proceso trabaje dependiendo de dichos elementos en el contenido.

La imagen 10 muestra una máquina de envase automático Robert Bosch y la ubicación de su tablero de control encerrada en el círculo rojo.

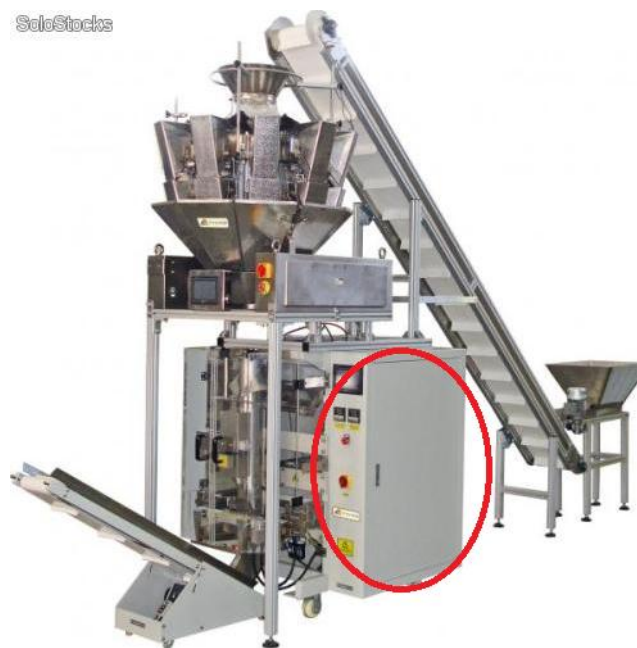


Imagen 10. Máquina de envase Robert Bosch

Fuente: solo stoks. Máquina de envasado. Envasadora multicabezal. Disponible en: <http://www.solostocks.com/venta-productos/maquinaria-ensado/ensadoras/ensadora-automatca-multicabezal-10h-6545549>

Entre las características para la construcción de un tablero de control se debe tener en cuenta dos aspectos:

**Aspectos de diseño:** son aquellas cualidades físicas que hacen que el tablero sirva para una aplicación específica que cumple con ciertas normas y parámetros delimitados por los entes de regulación de una empresa o entidad, por ejemplo la seguridad o la facilidad de operación.

**Aspectos de construcción:** estos aspectos establecen las dimensiones y compuestos de materiales con el que se va a desarrollar un tablero de control.

Los aspectos de diseño y construcción surgen a partir del planteamiento de los objetivos específicos para la construcción o elaboración de cualquier proyecto.

## 2.6 NORMAS DE COMUNICACIÓN

Para poder establecer una comunicación a través de una red se necesitan 2 cosas, elementos físicos, y elementos lógicos.

En la actualidad, gracias a la tecnología podemos conectar equipos sin importar sus fabricantes, formas o capacidad de las mismas. Si ya desde el principio de la teleinformática, se necesitaban elementos físicos y lógicos para que haya transmisión, mucho más ahora que existe movimiento de información entre equipos a distancia por medio de la informática.

**PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN:** Un protocolo es un conjunto de normas o reglas que permiten el intercambio de información entre 2 dispositivos de un mismo nivel. Estos ayudan no sólo a la comunicación, sino que permiten entre varias cosas la corrección de errores. También estos elementos deben ser estructurados de algún modo, y la mejor forma para hacerlo se denomina MODULARIZACIÓN, que se basa en dividir el conjunto de elementos en subconjuntos independientes uno del otro para trabajar más fácilmente.

Existen dos formas de intercambiar información binaria: la paralela y la serial. La comunicación paralela transmite todos los bits de un dato de manera simultánea, por lo tanto la velocidad de transferencia es rápida, sin embargo tiene la desventaja de utilizar una gran cantidad de líneas, lo que se vuelve más costoso y tiene las desventaja de atenuarse a grandes distancias, por la capacitancia entre conductores así como sus parámetros distribuidos, la comunicación serial envía los datos por tramas de bits a alta velocidad aunque es un poco lenta la



transferencia este tipo de intercambio de información resulta ser más barata ya que usualmente se usan al menos dos líneas de conexión.<sup>12</sup>

### 2.6.1 NORMA RS232

“Ante la gran variedad de equipos, sistemas y protocolos que existen, surgió la necesidad de un acuerdo que permitiera a los equipos de varios fabricantes comunicarse entre sí. La **EIA (Electronics Industry Association)** elaboro la norma RS-232, la cual define la interfaz mecánica, los pines, las señales y los protocolos que debe cumplir la comunicación serial Todas las normas RS-232 cumplen con los siguientes niveles de voltaje:

- Un “1” lógico es un voltaje comprendido entre  $-5v$  y  $-15v$  en el transmisor y entre  $-3v$  y  $-25v$  en el receptor.
- Un “0” lógico es un voltaje comprendido entre  $+5v$  y  $+15v$  en el trasmisor y entre  $+3v$  y  $+25 v$  en el receptor.

El envío de niveles lógicos (bits) a través de cables o líneas de transmisión necesita la conversión a voltajes apropiados. En los controladores para representar un 0 lógico se trabaja con voltajes inferiores a  $0.8v$ , y para un 1 lógico con voltajes mayores a  $2.0V$ . En general cuando se trabaja con familias TTL y CMOS se asume que un “0” lógico es igual a cero Volts y un “1” lógico es igual a cinco Volts.

La importancia de conocer esta norma, radica en los niveles de voltaje que maneja el puerto serial del dispositivo a comunicar, ya que usualmente son diferentes a los que utilizan los controladores y los demás circuitos integrados. Por lo tanto se necesita de una interfaz que haga posible la conversión de los niveles de voltaje a los estándares manejados por los TTL.

---

<sup>12</sup> Patrone Cecilia. Protocolos de comunicación. Rincón del Vago. Disponible en: <http://html.rincondelvago.com/protocolos-de-telecomunicacion.html>

## 2.6.2 NORMA RS485

“Cuando se necesita transmitir a largas distancias o con más altas velocidades que RS-232, **RS-485** es la solución. Utilizando enlaces con RS-485 no hay limitación á conectar tan solo dos dispositivos.

Dependiendo de la distancia, velocidad de transmisión y los circuitos integrados que utilicemos, se pueden conectar hasta 32 nodos con un simple par de cables.”

## 2.6.3 VENTAJAS DE RS-485

Esta interfaz tiene muchas ventajas con respecto a RS 232, entre las cuales se mencionan:

### a) **Bajo costo**

“Los Circuitos Integrados para trasmitir y recibir son baratos y solo requieren una fuente de +5V para poder generar una diferencia mínima de 1.5v entre las salidas diferenciales. En contraste con RS-232 que en algunos casos requiere de fuentes dobles para alimentar algunos circuitos integrados.”

### b) **Capacidad de interconexión**

“RS-485 es una interfaz multi-enlace con la capacidad de poder tener múltiples transmisores y receptores. Con una alta impedancia receptora, los enlaces con RS-485 pueden llegar a tener a lo máximo hasta 256 nodos.”

### c) **Longitud de Enlace**

“En un enlace RS-485 puede tener hasta 4000 pies de longitud, comparado con RS-232 que tiene unos límites típicos de 50 a 100 pies.”

### d) **Rapidez**

“La razón de bits puede ser tan alta como 10 Mega bits/ segundo.”

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología usada para el proceso de diseño del tablero de control, fue desarrollada a través de seis etapas: Diseño formal, árbol de objetivos, caja transparente de funciones, especificaciones del tablero de control, sistemas de medición, y tabla morfológica; las cuales surgieron de la necesidad que presentaba el laboratorio GEIPRO (Prototipo Manufactura Flexible) para automatizar algunos de los procesos allí establecidos, obteniendo así un tablero de control adecuado para el laboratorio, a continuación se detallan cada una de las seis etapas mencionadas anteriormente.

#### 3.1 DISEÑO FORMAL

El verbo "diseñar" se refiere al proceso de creación y desarrollo para producir un nuevo objeto (objeto, proceso, servicio, conocimiento o entorno) para uso humano. El sustantivo "diseño" se refiere al plan final o proposición determinada fruto del proceso de diseñar (dibujo, proyecto, maqueta, plano o descripción técnica) o, más popularmente), al resultado de poner ese plan final en práctica.<sup>13</sup>

Diseñar requiere principalmente consideraciones funcionales y estéticas. Esto necesita de numerosas fases de investigación, análisis, modelado, ajustes y adaptaciones previas a la producción definitiva del objeto. Además comprende multitud de disciplinas y oficios dependiendo del objeto a diseñar y de la participación en el proceso de una o varias personas, por ello es necesario empezar primero por concluir que características o cualidades debe poseer un elemento que está en la fase de idea poco clara, para arraigar las necesidades y satisfacciones que el tablero como elemento final deberá inducir; esta centralización de la idea se contempla en una metodología de diseño clara, que garantice que el elemento que se está diseñando es el deseado por los diseñadores y el cliente.

---

<sup>13</sup> U.EDUARDO. Definición de diseño galeón.com, hipavista. Citado Mayo 2012. 23 abril 2013. Disponible en <http://eduardoumma.galeon.com/cvitae1770562.html>

### 3.2 ARBOL DE OBJETIVOS

El primer paso para un acertado proceso de diseño fue investigar cuales eran las necesidades en automatización del laboratorio de GEIPRO, específicamente en los elementos que componen el trabajo de construcción de la planta de producción, necesariamente se debió realizar una entrevista con el coordinador, donde se conocieron las necesidades y expectativas respecto a la construcción de un elemento que permita o posibilite la integración de un sistema de producción automatizado; la información obtenida se organiza según su importancia (en forma de adjetivos) en un mapa conceptual denominado árbol de objetivos; brindando así una visión general de las metas esperadas de diseño para empezar a clarificar las posibles soluciones que satisfagan los intereses del laboratorio. En la imagen 11 se observa el árbol de objetivos final desarrollado a partir de la investigación:



Imagen 11. Árbol de objetivos

Fuente: grupo de trabajo. Microsoft PowerPoint

### 3.3 CAJA TRANSPARENTE DE FUNCIONES

Luego de tener claros los objetivos de diseño, el siguiente paso fue realizar un sistema de caja transparente observado en la imagen 12, con el propósito de ampliar los límites de la situación de diseño y obtener un espacio de investigación fructífero y amplio para la óptima búsqueda de una solución, que cumpla con todas o la mayoría de las necesidades que se están planteando.

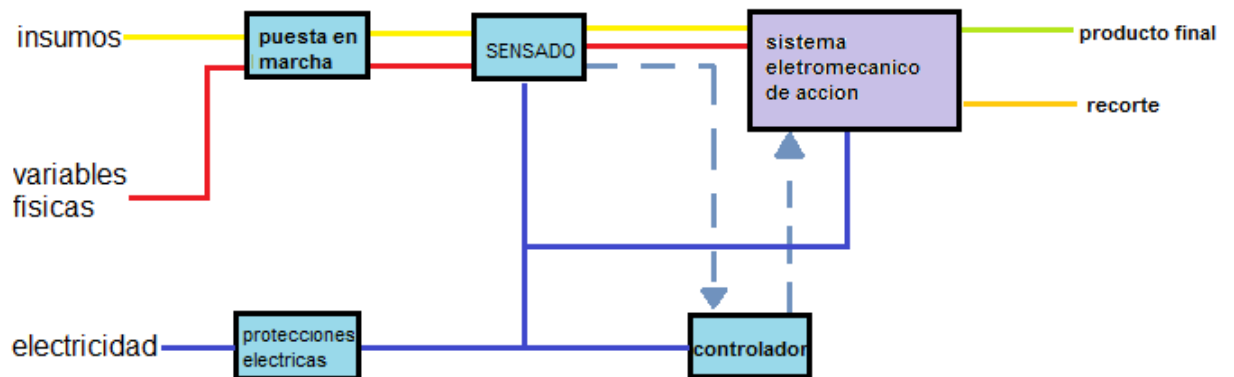


Imagen 12. Caja Transparente de Funciones

Fuente: grupo de trabajo. Realizado en paint, windows7

En este análisis se puede observar la estabilidad de las conexiones teniendo la ventaja de identificar todo lo que es susceptible al cambio y lo que se puede considerar como puntos de referencia de cada uno de los posibles procesos que serán abordados en la construcción del tablero de control; con el análisis consiente de los diseñadores se obtiene el fondo del problema y se puede prever las consecuencias probables de cualquier selección.

El sistema electromecánico de acción consta de cada uno de los elementos mecánicos o neumáticos ensamblados previamente a la construcción del tablero de control y con los cuales cuenta el laboratorio de GEIPRO, dicho sistema involucra un proceso netamente mecánico que podrá ser ligado a la operación del tablero de control pero que no se involucra al desarrollo y diseño y construcción del tablero.

Teniendo en cuenta cada uno de los bloques de la caja transparente se concluye a continuación las dimensiones y tipos de elementos que va a involucrar el objeto

que se está diseñando como elemento controlador de un sistema de producción, con ayuda de la investigación obtenemos las especificaciones concretas del elemento a usar para cada punto.

### **3.4 ESPECIFICACIONES DEL TABLERO DE CONTROL**

Las especificaciones son la descripción técnica detallada de cada uno de los componentes que constituyen las posibles soluciones para alcanzar los objetivos propuestos, entre los tipos de especificaciones se tiene:

Eléctricas:

- Voltaje
- Corriente
- Potencia

Dimensionales:

- Longitudes
- Ángulos

Formas:

- Geometría
- Situaciones
- Orientaciones

Acabados:

- Ondulaciones
- Rugosidades

Rangos:

- Físicos
- Mecánicos
- Movimiento

Al hacer las especificaciones se debe tener en cuenta que se deben indicar los valores y las tolerancias de cada una de las componentes de la tabla de especificaciones que se observan (Ver tabla 2).

GEIPRO	Especificaciones Tablero de control didáctico	16 de abril del 2013	
D=Demandado, d=Deseado)	Requerimientos	Responsable	
d	<p>1. Dimensiones (Ver anexo 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacio de implementación 1m<sup>3</sup></li> <li>• Altura libre 1.2m</li> <li>• Complementos Hidráulicos Neumáticos y Electrónicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PLC 15x20 cm</li> <li>➤ Pantalla para scada 12 pulgadas</li> <li>➤ Fuente de 24 voltios. 20x20 cm</li> <li>➤ Variador de frecuencia 12cmx10cmx15cm.</li> <li>➤ Electroválvulas 15x10 cm.</li> <li>➤ Sensor capacitivo. 3 cm de radio 7cm de largo.</li> <li>➤ Sensor de presión hidrostática 20cm.</li> <li>➤ Sensor tipo flotador 10 cm.</li> <li>➤ Cilindros neumáticos de doble efecto 15 cm de carrera.</li> <li>➤ Compresor 1.5m * 0.7m.</li> <li>➤ Motor ¼ de caballo: 10cm x 10cm x 20cm.</li> <li>➤ Cofre metálico: 90cm x 60cm x 35 cm.</li> <li>➤ Cables awg # 18 150 m aprox.</li> </ul> </li> </ul> <p>2. Peso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema implementado: 50 kg min aprox.</li> </ul> <p>3. Temperatura de empleo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la temperatura de empleo del sistema oscila entre los 15°C a 40°C.</li> </ul> <p>4. rango de medición de los sensores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• presencia: 1cm a 10cm.</li> </ul>	Equipo	
D			
D			
d			
D			
d			
D			
D			
D			
d			
d			
D			
D			
D			
D			Equipo
D			Equipo

d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nivel: 1cm a 30cm.</li> </ul>	Equipo
d	5. precisión:	
d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia: +/- 3mm.</li> <li>• Nivel: +/- 1mm.</li> </ul>	Equipo
d	6. alimentación de energía:	
d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Red eléctrica 220v.</li> <li>• Alimentación sistema 110v o 220v.</li> <li>• Alimentación dispositivos electrónicos y de control 24.</li> <li>• corriente 5A aprox.</li> </ul>	Equipo
d	7. Sensores:	
d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor tipo flotador.</li> <li>• Sensor capacitivo de presencia.</li> <li>• Finales de carrera mecánicos.</li> <li>• Finales de carrera ópticos.</li> </ul>	Equipo
d	8. Cinemática:	
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad: 4cm/s</li> <li>• Movimientos lineales de pistones. 15cm.</li> </ul>	Equipo
d	9. Material:	
d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero 304 (nivel alimenticio)</li> <li>• Polietileno.</li> <li>• Acrílico.</li> <li>• EMPACK.</li> <li>• Cobre.</li> <li>• Aluminio.</li> </ul>	Equipo
d	10. Señales:	
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmisión de control por pulsos.</li> <li>• PWM control motores.</li> <li>• Pulso al PLC para almacenamiento de datos.</li> </ul>	



d	11. Seguridad:	Equipo
d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disparo de alarmas por: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Finalización de proceso.</li> <li>➤ Paro de emergencia.</li> <li>➤ Falta de producto en dosificado.</li> <li>➤ Por caída de botella.</li> </ul> </li> </ul>	
d		
d		
d	12. Fácil mantenimiento y reparación:	Equipo
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes electrónicos, neumáticos, hidráulicos, comerciales para la industria de fácil adquisición y empleo.</li> </ul>	
D	13. Tablero de control (Ver anexo 2):	Equipo
d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación cercana al sistema.</li> <li>• Fácil observación para el operario.</li> </ul>	
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil acceso.</li> <li>• Opción de proceso manual y automático.</li> </ul>	
d		
D	14. Operación:	Equipo
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Control del sistema.</li> <li>➤ Monitoreo.</li> <li>➤ Manual de usuario y manual de mantenimiento.</li> </ul> </li> </ul>	
D		
D		
D	15. Componentes:	Equipo
d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PLC.</li> <li>• Sensor de nivel.</li> <li>• Sensor capacitivo.</li> <li>• Final de carrera mecánico.</li> <li>• Final de carrera óptico.</li> <li>• Electroválvulas.</li> </ul>	
D		
D		
d		
d		

d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pistones.</li> <li>• Compresor.</li> <li>• Cables de comunicación.</li> </ul>	Equipo	
d			
d			
D			16.No deseado:
D			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimiento vibratorio.</li> <li>• No responda a cambios fisicos.</li> <li>• No almacene datos correctos.</li> <li>• Costo elevado.</li> <li>• Alto consumo de energía.</li> </ul>
D			
D	Reemplaza al 17 de febrero 2013		

Tabla 2. Especificaciones

A partir del desarrollo de las especificaciones hay una etapa de síntesis, de alto nivel creativo en donde se combinan los juicios de valor subjetivos y las valoraciones técnicas que reflejan las realidades funcionales, operacionales y económicas del proceso de construcción del tablero y las necesidades propias del laboratorio GEIPRO.

### 3.5 SISTEMAS DE MEDICION

Estos sistemas se refieren a datos esencialmente cuantitativos que nos dan información específica de cada uno de los objetivos propuestos para el diseño de la máquina, este sistema se puede observar en la tabla 3.

SISTEMAS DE MEDICION DEL TABLERO DE CONTROL		
OBJETIVO	SUBFUNCION	MEDIDA O RANGO
	VELOZ	<p>RESPUESTA RAPIDA: Velocidad del ejecución por operación programada 0.22 us (microsegundos)</p> <p>ADQUISICIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL: Implementación de programa de adquisición de datos y monitoreo, velocidades de transferencia no menor a 9,6 kbit/s</p>

EFICIENTE	CONFIABLE	<p><b>NORMATIVIDAD:</b> Para brindar confiabilidad eléctrica, el tablero debe ser elaborado con un cofre metálico, debidamente aterrizado, con circuitos de potencia y control bien definidos y debidamente marcados como documentados, según NTC 2050 Y RETIE.</p> <p><b>ELEMENTOS DE CALIDAD:</b> Para brindar confiabilidad de operación es necesario adquirir elementos reconocidos en el mercado y muy usados y precisos para la aplicación que se desea implementar, el grupo de trabajo ha estipulado involucrar marcas como siemens, omron, abb y sew como principales proveedoras de elementos eléctricos en el mercado de la automatización</p>
ACCESIBLE	FÁCIL OPERACIÓN	<p><b>SEÑALIZACION:</b> El tablero de control debe estar debidamente señalizado para operación, esta señalización debe ser clara y cumplir con normatividad de seguridad industrial</p> <p><b>FÁCIL CONFIGURACIÓN:</b> El tablero de control debe tener al menos 22 bornes distribuidos en 12 entradas digitales para sensores y 10 salidas por relé o transistor para equipos actuadores como motores y válvulas, cada elementos debe estar debidamente marcado y debe representar formas de conexión y alimentación.</p>

	MONITOREABLE	<p><b>LEDS DE INDICACION:</b> El tablero debe poseer al menos 3 luces de que indiquen encendido, en operación y paro, luces adicionales ya representaran procesos aplicados al sistema controlado.</p> <p><b>CAPACIDAD APLICACIÓN SCADA:</b> El tablero debe estar dimensionado para realizar una aplicación de monitoreo bajo software y dispositivo HMI denominado scada (<i>supervisory control and data acquisition</i>).</p>
DIDÁCTICO	VERSATIL	<p><b>Expandible:</b> Hasta 5 veces la capacidad de control. Comunicación con otros controladores (hasta 99 por profibus).</p> <p><b>Flexible a cambios físicos.</b> Conexión a PC por puertos USB o Serial, conexión de nuevos dispositivos de protección control y potencia aumento en su robustez hasta 3 veces.</p>
	REPROGRAMABLE	<p><b>LENGUAJE BASICO:</b> Para programación del controlador se debe cumplir la norma IEC 61131, que consiste en la generalización de los lenguajes de programación sobre un controlador industrial.</p> <p><b>AJUSTE EN ACCION DE TRABAJO:</b> Si el sistema se encuentra en operación y no se desea interrumpir el sistema debe tener la cualidad de ser configurado sus parámetros modo start</p>







Tabla 3. Sistemas de Medición

Se debe tener muy claro que es necesario imponer un modelo suficientemente preciso para permitir el afianzamiento hacia un solo diseño a detallar y fijar los objetivos y límites del problema; existe un método que compara cada uno de los objetivos y con el cual se realiza un análisis detallado de todos ellos obteniendo como resultado, un valor cuantitativo de los objetivos, clasificándolos por prioridad y revelando cuales necesitan su cumplimiento a cabalidad en el proyecto, simplemente dice que el mayor valor es el más importante y el menor valor es el menos importante.

Lo significativo del método es que ayuda a superar las dificultades de la tendencia a desarrollar en conjunto todos los objetivos y facilita identificar y seleccionar las tareas que en los resultados de la tabla se observan como primordiales para el desarrollo del sistema a diseñar.

### 3.6 TABLA MORFOLOGICA

Es una matriz de principios funcionales donde se proponen las posibles soluciones a los problemas de diseño previamente enunciados, en este caso las alternativas generadas y representadas en imágenes explícitos y así tener más tangibles sus combinaciones, este método es mostrado en la tabla 4.

Opción Función	1	2	3
Controlador principal	 <p>PLC</p>	 <p>LOGO</p>	 <p>MICROCONTROLADOR</p>
protecciones eléctricas	 <p>INTERRUPTOR DE FASE</p>	 <p>FUSIBLE</p>	 <p>TOTALIZADOR</p>

Sensado digital	 FOTOCELDAS	 SENSOR INDUCTIVO	 MICROSWITCH
Sensado analógico	 SENSOR DE NIVEL	 SENSOR DE ULTRASONIDO	 SENSORES DE CAUDAL
actuadores	 MOTOBOMBA	 ELECTROVALVULAS	 CILINDROS NEUMATICOS
Transportador	 BANDA TRANSPORTADORA	 CANGILONES	 SISTEMA VIBRATORIO

Tabla 4. Tabla Morfológica

Para cada uno de los sistemas de cinética, potencia, transmisión, control, neumática, mecánica, censado, geometría, energía y actuación directa son generadas alternativas que cumplen con los requerimientos necesarios para lograr los objetivos propuestos para construcción del tablero de control estándar, sin embargo una última fase en el proceso de diseño es requerida para comparar y evaluar numéricamente las diferentes opciones creadas en la tabla morfológica, y así obtener una combinación de los dispositivos necesarios a ser involucrados en el tablero y que sean dimensionados con elementos que tienen gran probabilidad de implementarse sobre él y que solucionan de forma óptima los problemas de diseño.

Finalmente surgirá una propuesta teórica de estos sistemas llamado concepto de diseño con el cual obtendremos un elemento en un alto porcentaje esperado por el equipo de trabajo y por laboratorio.

### 3.7 EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

La evaluación de alternativas es un procedimiento comparativo cuantitativamente entre las alternativas propuestas en la tabla morfológica, los valores entregados por la tabla de comparación por pares y las funciones del árbol de objetivos con las que se relaciona el dispositivo o sistema en comparación.

Las tablas de evaluación contienen los objetivos relacionados con el dispositivo, el valor proveniente de la tabla de comparación por pares, un parámetro correspondiente a la unidad del objetivo y tres subdivisiones con la magnitud o valor técnico del parámetro anterior, una calificación (1, 3 o 5) para representar las conclusiones del equipo de trabajo sobre los mejores valores técnicos brindados por el dispositivo, un valor final que es la multiplicación entre la calificación y el valor TCP, finalmente se realiza una sumatoria de los valores y aquel que tengo el mayor total es el dispositivo o sistema óptimo según el proceso de diseño.

Para el equipo de diseño el controlador central es el principal dispositivo de un sistema automático de control y es por ello que es importante ser evaluado en la tabla 5, así se evitara conflictos con futuros dispositivos que dependan de este.

OBJETIVOS	VALOR TCP	PARAMETRO	PLC			LOGO			Microcontrolador		
			MAGNITUD	CALIFICACION	VALOR	MAGNITUD	CALIFICACION	VALOR	MAGNITUD	CALIFICACION	VALOR
ESTABLE	0,47	dB	81	3	1,41	81	3	1,41	65	1	0,47
VELOZ	0,058	µS	0,2	5	0,29	0,2	5	0,29	0,4	3	0,174
VERSATIL	0,41	# IN's & OUT's	16 & 14	5	2,05	6 & 4	1	0,41	16 & 8	3	1,23
CONFIABLE	0,88	kstep	32	5	4,4	16	3	2,64	16	3	2,64
ACCESIBLE	0,24	cantidad de lenguajes de programación	5	5	1,2	3	3	0,72	3	3	0,72
DISPONIBLE	0,47	Horas	24	5	2,35	24	5	2,35	18	3	1,41
BAJO CONSUMO DE ENERGIA	0	Watts/h	52	3	0	52	3	0	<10	5	0
ASEQUIBLE	0,47	pesos	<1000000	3	1,41	850000	3	1,41	25000	5	2,35
				TOTAL	13,11		TOTAL	9,23		TOTAL	8,994

Tabla 5. Evaluación Controlador central

El PLC es el dispositivo ideal para el control de un sistema automático y tiene como principal característica la cantidad de entrada y salidas, adecuados para los numerosos sensores y actuadores que constituyen los módulos del sistema.

Las evaluaciones correspondientes a los otros elementos quedan dimensionadas para análisis de un sistema como implementación final de una planta de producción.

### **3.8 CONCEPTO DE DISEÑO**

La etapa de diseño brinda al proyecto una visión general de la combinación de los mejores elementos que se pueden implementar para cumplir de forma óptima los objetivos propuestos desde un principio, y genera una percepción completa de los sistemas a controlar resumidos en un solo, denominado concepto de diseño.

A continuación se hace una descripción clara del comportamiento funcional del tablero de control, como resultado final del diseño formal:

Teniendo en cuenta la información obtenida a partir de las visitas al laboratorio GEIPRO se concluyó que Mediante banda transportadora inducida por moto reductor, se traslada producto de cualquier referencia hacia diferentes módulos de producción o calidad, el cargue se realiza mediante pistón neumático del primer sistema el cual consta de un taladro que perfora una pieza de madera, esta pieza es tomada como insumo y debe entrar en un proceso que la transforme en un producto con algún valor agregado, .

Una vez alimentado el bloque de madera en banda transportadora, el recorrido lleva al bloque de madera a un sistema de detección de cuerpos extraños de material metálico; esto como elemento que garantice un porcentaje de calidad sobre el insumo que está siendo procesado, al ser detectado algún tipo de pieza metálica mediante un sensor, el controlador central debe recibir una señal que al ser procesada deberá activar un sistema electromecánico de rechazo, este puede ser mediante pistón neumático que aparte el bloque de la banda principal a un contenedor u otra banda que disponga este elemento para otro proceso.

Existe otro proceso aun no acoplado que involucra la alimentación de cajas de un área máxima de 20x20 cm, este sistema consta de 1 pistón neumático que al ser accionado debe elevar una plataforma acoplada y mediante un sistema que la hace virar sobre el eje x un ángulo de 105°, que hace que la caja contenida se deslice hacia un elemento de transporte seleccionado.



En el laboratorio GEIPRO también cuenta con un módulo de pintura, que se desea aplicar para pintar de forma uniforme el bloque de madera en proceso en proceso, de cualquier forma este módulo carece de elementos que pueda automatizarse actualmente.

Una etapa digital de interfaz usuario – máquina para el ingreso de referencias, producto, y cantidad de producción por medio de teclado, datos que toma el sistema enviando 2 tipos de señal, los primeros son enviados mediante una pantalla LCD panel touch y los segundos son recolectados de sistema de sensores distribuidos en la planta hacia el PLC.

El sistema completo (planta de producción) en la industria debe ser controlado por PLC (controlador lógico programable), el cual envía órdenes y señales de control hacia motores, alarmas, y electroválvulas quienes simultáneamente manipulan los actuadores neumáticos (pistones, válvulas neumáticas y motortool), además recibe las señales de los botones de inicio de sistema y paros de emergencia, sensores instalados en cada una de las etapas en el módulo principal, y señales enviadas desde la interfaz usuario – máquina, todo el circuito a partir de un tablero de distribución y control.

Es deseado que la planta a partir de la tecnología construida, pueda aplicar un sistema de monitoreo tipo SCADA, donde se realice el seguimiento de todos los módulos de la máquina en una sencilla interfaz, y se supervise en tiempo real el comportamiento de cada uno de los procesos, obteniendo los datos más relevantes del sistema como la cantidad y calidad de producción, nivel líquidos, velocidad de producción, estado de los sensores y actuadores, registro de activación de alarmas, etc.

### **3.9 COMPROBACION DEL CONCEPTO DE DISEÑO**

En el proceso de diseño, la comprobación de concepto tiene un papel fundamental, donde se demuestra que un nuevo concepto, o un nuevo dispositivo o configuración particular, pueden funcionar como está siendo diseñado.

En este punto del trabajo tenemos un preciso entendimiento del problema y las tareas que deben emprenderse para completar el proyecto. Aunque existen numerosos procedimientos para la comprobación del concepto de construcción que se ha adquirido como resultado de la implementación del diseño formal para conocer si las elecciones de los componentes y sistemas fueron los correctos,

para el presente proyecto se utilizaron solo tres procedimientos, los cuales son dos tipos de simulación (simulación estructural y simulación lógica), además de la construcción de un prototipo.

### **3.9.1 SIMULACION ESTRUCTURAL**

La simulación estructural se realizó con el propósito no solo de ubicar espacialmente los dispositivos y sistemas que nos brindó el diseño formal sino también de plasmar el concepto en un bosquejo tridimensional y así tener las bases necesarias para el reajuste de los medios físicos mediante las herramientas que nos presenta el software Autocad Inventor.

#### **PROGRAMA Autocad-Inventor**

Autocad-Inventor es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y de alto nivel. Su filosofía de trabajo permite plasmar sus ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas y lentas. Las principales características que hace de Autocad una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser asociativo, variacional y paramétrico de forma bidireccional con todas sus aplicaciones. Además utiliza el Gestor de diseño que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados.

Autocad-Inventor tiene dos módulos: Pieza y Ensamblaje. La creación de un documento en cada uno de ellos genera un fichero con distinta extensión. Los documentos, aunque no pueda observarse, están asociados y vinculados entre ellos.

Para realizar un conjunto o ensamblaje debe diseñar cada una de las piezas que lo conforman y guardar como ficheros de pieza distintos (cada uno con un nombre), para este trabajo se realizaron 52 piezas.

El módulo de ensamblaje permite insertar cada una de las piezas y asignar relaciones geométricas de posición para definir tridimensionalmente el ensamblaje, además es la etapa de finalización para obtener la simulación estructural completa, el resultado de esta unión se muestra en la imagen 13.

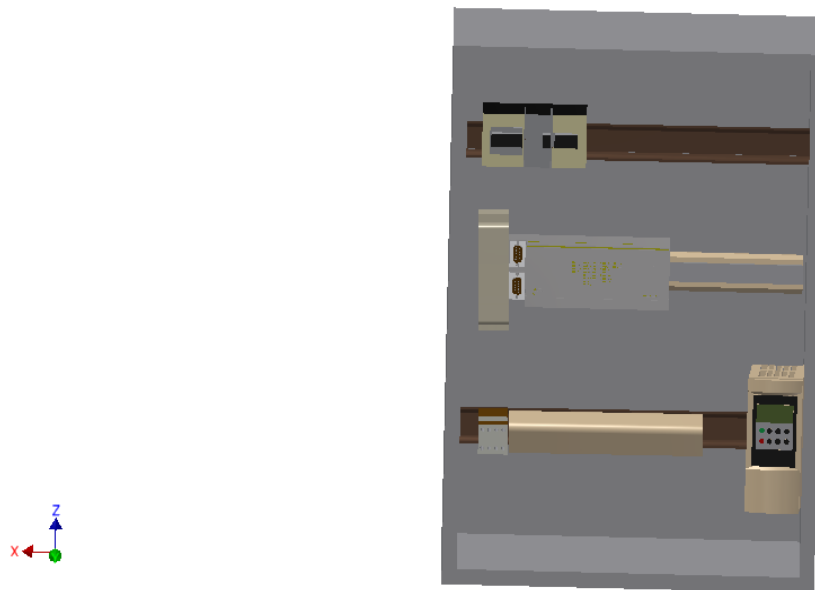


Imagen 13 Simulación Completa en Autocad-Inventor

Fuente: grupo de trabajo. Autodesk-autocad-inventor.

### 3.9.2 SIMULACIONES LOGICAS

Una vez terminada la simulación estructural procedemos a las simulaciones lógicas, las cuales fueron realizadas en dos diferentes software, ambos procedentes de autómatas tipo logo y PLC, el primero fue el logo soft, donde se conoció la estructura necesaria para la futura programación en un diagrama de compuertas lógicas, el segundo fue el software MICROWIN propio de siemens y programado en lenguaje de programación LADDER.

#### SIMULACION EN LOGO SOFT

El LOGO SOFT es un software que tiene integrado el controlador y el brain o unidad programadora, soporta una mezcla de módulos análogos, digitales y de propósito especial. El PAC es programado usando operaciones lógicas simultáneas, una herramienta de programación basada en diagramas de flujo, para control industrial y aplicaciones de procesos. Cuenta integrada una interfaz gráfica o HMI que ayuda a los estudiantes a simular el programa antes de ser

descargado en hardware, una herramienta que soporta alarmas, tendencias e interfaces de operador.

Este tipo de programación nos permite representar visualmente el flujo de datos a través de las compuertas, el tratamiento de información se describe en operaciones lógicas, además facilita la comprensión del proceso realizado fácilmente. A continuación se muestra la interfaz de programación del logosoft mediante compuertas lógicas en donde se puede observar una aplicación sencilla de accionamiento de un motor.

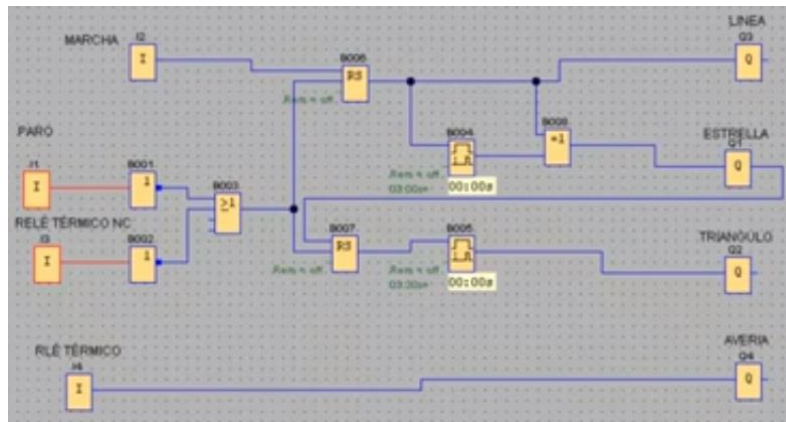


Imagen 14. Programación por compuertas Logo-soft  
Fuente: grupo de trabajo. Logosoft, siemens.

Una vez que realizado el programa con compuertas lógicas, llega a ser fácil escribir el programa en cualquier otro lenguaje. A menudo los diagramas de flujo y elementos tangibles en un software brindan ventaja al momento de explicar el programa. Por lo tanto, está correcto decir que el estudio de la programación bajo compuertas lógicas fue una necesidad para una mejor documentación y comprensión del funcionamiento y aplicación de los autómatas.

## SIMULACION EN MICROWIN

MICROWIN es un entorno de desarrollo para la programación de controladores conforme con el estándar industrial internacional IEC 61131. Fue desarrollado y comercializado por siemens para la programación de la gama de microplcs S7 200 y cuenta con variados tipos y posibilidades de comunicación.

Los cinco lenguajes de programación para aplicaciones, están disponibles en el entorno de desarrollo Microwin.

- **IL (lista de instrucciones):** es un lenguaje de programación parecido al lenguaje ensamblador.
- **ST (texto estructurado):** es similar a la programación en PASCAL o C
- Lenguajes Gráficos
- **LD (Diagrama Ladder):** permite al programador combinar los contactos de relé y las bobinas. Es el lenguaje de Programación de PLC's por excelencia.
- **FBD (diagrama de bloques de función):** permite al usuario programar rápidamente, tanto expresiones como en lógica booleana.
- **SFC (Bloques de función secuenciales):** es conveniente para los procesos de programación secuencial

El lenguaje de programación tipo escalera o LADDER fue la herramienta seleccionadas para el aprendizaje en cuanto a la programación de PLCs bajo este entorno, además se es conocido que es muy utilizado por los programadores debido a que abarca una gran cantidad de aplicaciones en tramos pequeños de la interfaz (una ventaja de la programación paralela).

A continuación se muestra la interfaz de programación del MICROWIN de fácil uso y aprendizaje, mediante este software se accede a la programación y parámetros del PLC s7 200 seleccionado como autómatas principal del proyecto de construcción de un tablero de control didáctico.

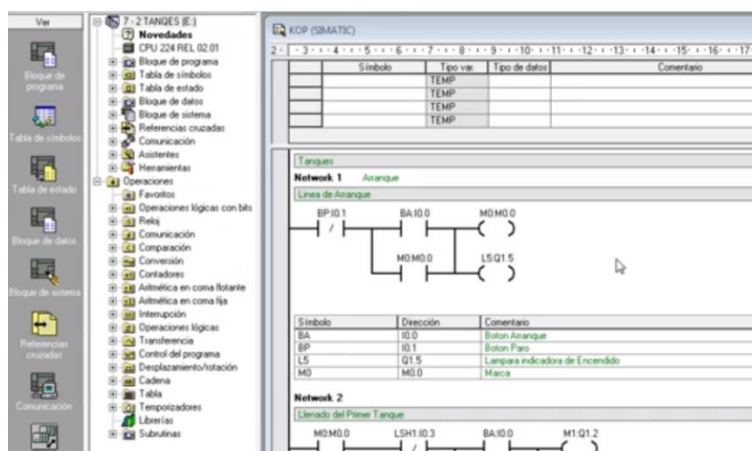


Imagen 15. Interfaz en microwin

Fuente: grupo de trabajo. Step7-microwin, siemens.

### 3.9.3 RESULTADOS E INTERPRETACION DE LA SIMULACION

Al realizar la simulación con el programa Inventor de autocad, se puede establecer cual es la dimensión física requerida para la selección del cofre, reuniendo todos los elementos que este contendrá.

Las dimensiones de cada elemento ya están establecidas por el diseño propio de su marca, reunidos dentro del contenedor se puede valorar cual es la dimensión mínima que debe tener el cofre y cual puede ser su distribución, de igual manera debe tenerse en consideración el soporte en un eventual redimensionamiento del sistema.

La simulación sobre el programa **Logosoft** se puede establecer cual es el funcionamiento lógico de un controlador de tipo industrial y cual es el lenguaje de programación necesario para implementar aplicaciones automáticas concernientes a la enseñanza de automatización, de igual forma se dimensiona la cantidad de elementos de control, sensores y actuadores capaz de simular una celda de manufactura completa, ya que el programa brinda la posibilidad de realizar pruebas en tiempo de simulación semejantes a las reales, como resultado importante se obtuvo que los tiempos de respuesta del controlador son casi instantáneos para aplicaciones con tiempos de funcionamiento mayores al segundo, confirmando la velocidad de respuesta establecida por el controlador que es alrededor de los 0.22 microsegundos, también se concluye que los tiempos se prolongan según el sensor o actuador usado en el sistema; la simulación lógica realizada fue la del control del accionamiento de un motor y el accionamiento temporizado de una electroválvula a partir de una entrada digital que simularía un sensor de metales con motivo de aplicar un proceso al contexto actual de la celda de manufactura que esta desarrollando el laboratorio GEIPRO.

La simulación lógica realizada sobre el programa **MICROWIN** fue similar a la realizada en el programa logosoft, esto se hizo con objetivo de probar el comportamiento del controlador seleccionado a partir de la metodología de diseño implementada por el grupo de trabajo, se encontró que el lenguaje es el mismo pero la estructura del programa debe discernirse y conocerse cada función importante como herramienta que presenta este software, no solo se pueden realizar aplicaciones on off digital sino también análogas y PID en conjunto, la

simulación nos dio como resultado que para controlar un sistema actual teniendo como partida el control por retroalimentación 6 entradas digitales, 4 salidas digitales 1 salida análoga y un elemento de control esclavo.

## **4. IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL**

Una vez realizado un análisis detallado sobre las funciones y acciones del modelo de diseño, se procede a realizar la selección y adquisición de componentes que nos presenta el limitado mercado regional y nacional. En los anexos se adjuntan los documentos técnicos de los más importantes, como controladores, válvulas, accesorios, cilindros, fuentes, dispositivos para interfaz, pulsadores, sensores, protecciones, mangueras, accesorios en acero inoxidable y PVC etc.

Teniendo cada uno de estos elementos se procede a realizar la construcción del tablero de control según la normatividad legal vigente teniendo como punto de partida el análisis realizado durante el transcurso de la implementación de la metodología de trabajo.

La etapa de Implementación es la fase final de un proyecto y es el acople o combinación de los elementos que han sido obtenidos como resultados de una ardua tarea de gerencia y administración de proyectos y recursos empresariales, cada dispositivo se puede implementar para cumplir de forma eficiente los objetivos implantados en el árbol de objetivos. A continuación se hace una descripción clara del comportamiento funcional del tablero, como resultado final.

### **4.1 DISPOSITIVOS EMPLEADOS EN EL TABLERO DE CONTROL**

En este punto se muestran la mayoría de las características de los dispositivos más importantes y relevantes usados para la implementación del nuevo tablero de control, siguiendo con los estándares industriales.

#### **4.1.1 PLC SIEMENS S7-200**

El SIMATIC S7-200 es ciertamente un micro-PLC de máximo nivel, es compacto y potente, particularmente en lo que atañe a respuesta en tiempo real, es rápido,

ofrece una conectividad extraordinaria y todo tipo de facilidades en el manejo del software y del hardware.

Este PLC de la industria Siemens responde a una concepción modular consecuente, que permite soluciones a la medida que no quedan sobredimensionadas, además, pueden ampliarse en cualquier momento, debido a sus características permite una auténtica alternativa rentable en la gama baja de PLCs. Para todas las aplicaciones de automatización que apuestan consecuentemente por la innovación y los beneficios de la empresa.<sup>14</sup>

#### **4.1.2 Comunicación S7-200**

A continuación se enlistan los tipos y formas de comunicación de este dispositivo autómatas:

1. Puerto estándar RS-485 con velocidad de transferencia de datos comprendida entre 0,3 y 187,5 kbits/s.
2. Protocolo PPI en calidad del bus del sistema para interconexión sin problemas.
3. Modo libremente programable con protocolos personalizados para comunicación con cualquier equipo.
4. Rápido en la comunicación por PROFIBUS vía módulo dedicado, operando como esclavo.
5. Potente en la comunicación por bus AS-Interface, operando como maestro.
6. Accesibilidad desde cualquier punto gracias a comunicación por módem (para telemantenimiento, teleservice o telecontrol).
7. Conexión a Industrial Ethernet vía módulo dedicado.
8. Con conexión a Internet mediante módulo correspondiente.
9. S7-200 PC ACCESS – servidor OPC para simplificarla conexión al mundo del PC.

---

<sup>14</sup> Siemens. MicroPLC para automatización básica. Siemens Automation. Disponible en: <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-200/Pages/Default.aspx>



### 4.1.3 ACCESORIOS S7-200

En automatización existen variados accesorios para cumplir un objetivo específico, debido a sus características modulares es necesaria la adquisición de elementos conjuntos para el desarrollo eficaz de sistemas automáticos, a continuación se presentan los elementos necesarios para realizar el control automático de un nuevo sistema en conjunto con el PLC S7-200:

- Extensiones digitales/analógicas, escalables según aplicación.
- Posible Comunicación a PROFIBUS operando como esclavo.
- Posible comunicación a bus AS-Interface operando como maestro.
- Telediagnóstico.
- Comunicación Ethernet/Internet
- Manejo y visualización.
- Software STEP 7-Micro/WIN con librería Add-on Micro/WIN

Técnicas de control intrínsecas para:

- Medida exacta de temperaturas.
- Posicionamiento.

### 4.1.4 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES S7-200

1. Pequeño y compacto, ideal para aplicaciones donde se cuenta con reducido espacio.
2. Extensa funcionalidad básica uniforme en todos los tipos de CPU.
3. Alta capacidad de memoria.
4. Extraordinaria respuesta en tiempo real; la posibilidad de dominar en cualquier instante todo el proceso, permite aumentar la calidad, la eficiencia y la seguridad.<sup>15</sup>
5. Manejo simplificado gracias a software de fácil uso STEP 7-Micro/WIN, ideal tanto para novatos como para expertos.

---

<sup>15</sup> Sanchez C. Hugo. Comunicación en redes de los PLCs. Scribd. Disponible en:  
<http://es.scribd.com/doc/45714363/COMUNICACION-EN-REDES-DE-LOS-PLC>

Características técnicas						
Módulo de E/S digitales	EM 223	EM 223	EM 223	EM 223	EM 223	EM 223
Número de entradas/salidas	4 ED (DC) / 4 SD (DC)	4 ED (DC) / 4 SD (rel.)	8 ED (DC) & 8 SD (DC)	8 ED (DC) & 8 SD (rel.)	16 ED (DC) & 16 SD (DC)	16 ED (DC) & 16 SD (rel.)
Número de <b>entradas</b>	4	4	8	8	16	16
Tipo de entrada	24 V DC	24 VDC	24 VDC	24 V DC	24 V DC	24 V DC
Sumidero de corriente						
Fuente de corriente	x / x	x / x	x / x	x / x	x / x	x / x
Tensión de entrada	24 V DC, máx. 30V	DC 24 V, máx. 30V	DC 24 V, máx. 30V	DC 24 V, máx. 30 V	DC 24 V, máx. 30 V	DC 24 V, máx. 30 V
Aislamiento galvánico en grupos de	no	no	sí	sí	sí	sí
	–	–	4 entradas	4 entradas	8 entradas	8 entradas
Número de <b>salidas</b>	4	4	8	8	16	16
Tipo de salida	24 V DC	relés	24 VDC	relés	24 V DC	relés
Salida de corriente	0,75 A conectables en paralelo para mayor potencia	2 A	0,75 A conectables en paralelo en grupos para mayor potencia	2 A	0,75 A conectables en paralelo en grupos para mayor potencia	2 A
Salida de tensión DC (rango admisible) AC	20,4–28,8 V	5–30V	20,4–28,8V	5–30V	20,4–28,8 V	5–30V
	–	5–250 V	–	5–250 V	–	5–250 V
Aislamiento galvánico en grupos de	no	no	sí	sí	sí	sí
	–	–	4 salidas	4 salidas	4 / 4 / 8 salidas	4 salidas
Regleta de conexión	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Dimensiones (A x A x P en mm)	46 x 80 x 62	46 x 80 x 62	71,2 x 80 x 62	71,2 x 80 x 62	137,3 x 80 x 62	137,3 x 80 x 62

Módulo de E/S analógicas	EM 231	EM 232	EM 235
Número de entradas/salidas	4 EA	2 SA	4 EA & 1 SA
Número de <b>entradas</b>	4	–	4
Tipo de entrada	0–10 V/0–20 mA	–	0–10 V/0–20 mA
Rangos de tensión	0–10 V, 0–5 V	–	0–10 V, 0–5 V
	+/-5 V, +/-2,5 V	–	+/-5 V, +/-2,5 V y otros márgenes
Resolución	12 bits	–	12 bits
Aislamiento galvánico	no	–	no
Número de <b>salidas</b>	–	2	1
Tipo de salida	–	+/-10 V, 0–20 mA	+/-10 V, 0–20 mA
Resolución	–	12 bits tensión, 11 bits corriente	12 bits tensión
Aislamiento galvánico	–	no	no
Regleta de conexión desenchufable	no	no	no
Dimensiones (A x A x P en mm)	71,2 x 80 x 62	46 x 80 x 62	71,2 x 80 x 62

Tabla 6. Características técnicas del PLC S7-200

La tabla 6 muestra las características técnicas del PLC usado para controlar el nuevo sistema Automático, en ella se pueden ver aspectos como: número de entradas, tipos de entrada, protecciones eléctricas, dimensiones, entre otros aspectos importantes a la hora de hacer adquisición de un dispositivo con el nivel de complejidad como el anteriormente presentado.

#### **4.1.5 MICROMASTER 420**

“El micromaster 420 es un convertidor de frecuencia también denominado variador de velocidad, el cual modifica la velocidad de motores trifásicos, este tipo de variadores abarcan un rango de potencia de 120 W para entrada monofásica y 75 KW para entrada trifásica.”

“Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (insulatedgate bipolar transistor) de última generación, esto los hace confiables y versátiles.

Este variador utiliza un método especial de modulación por ancho de pulsos, con frecuencia de pulsación seleccionable que permite al motor un funcionamiento silencioso.”

#### **4.1.6 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- Fácil instalación y puesta en servicio.
- Diseño robusto en cuanto a CEM.
- Puede funcionar en alimentación de línea IT.
- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible.
- Amplio número de parámetros para una variada gama de aplicaciones.
- Entrada análoga y digitales para control.
- Opciones externas para comunicación profibus.

#### **4.1.7 PRESTACIONES MICROMASTER 420**

- Control vectorial sin sensores
- Control de flujo corriente FCC para mejora de respuesta dinámica y control del motor
- Limitación rápida de corriente FCL para funcionamiento libre de disparos intempestivos
- Freno de inyección de corriente continua integrado
- Frenado compuesto o combinado para mejorar las prestaciones de frenado
- Tiempos de aceleración/desaceleración con redondeo de rampa programable
- Control en lazo cerrado usando PID autoajustado
- Chopper de frenado incorporado

- Rampas de subida y bajada seleccionables
- Aislamiento de rampa con 4 puntos
- Características V/f multipunto
- Control procesal alternado
- Protección por sobrecorriente, por defecto a tierra, por sobretensión, por sobretemperatura y cortocircuito.



Imagen 16. Gamma micromaster 420

Fuente: siemens. Catalogo DA51.2. Variador de velocidad 420. Disponible en:

<http://www.fhtransmisiones.net/Catalogos%20Productos/Variadores,%20Drive/Catalogo%20Variadores%20Siemens.pdf>

La imagen 16 muestra la variada gama de variadores de frecuencia para rangos de potencia entre 120W y 75 KW.

#### **4.2 ALCANCE ROBUSTO DEL SISTEMA**

El servicio que presta el tablero de control es el de realizar de forma didáctica aplicaciones automáticas para plantas de productividad en el rango de la mediana empresa, los temas que se pueden abarcar con su implementación en planta son los de producción, calidad, programación, automatización, instrumentación, electrónica, electricidad, etc. temas propios de tecnologías e ingenierías, un elemento de este tipo puede realizar el control en maquinas productoras de

caramelo, envasadoras, embotelladoras, brazos robóticos, bandas transportadoras, sistemas de riego automático, control de variables físicas y cuartos de enfriamiento, sistemas de lavado y pintura, llenado y vaciado de tanques a velocidad controlada, aplicaciones de control avanzado como PID capacidad de comunicación con transmisores y transductores de tipo caudal, presión, temperatura, nivel, ultrasonido etc, las prestaciones son muy extensas y de acuerdo al nivel de integración del tablero de control puede llegar a realizar aplicaciones comparadas e 1 a 1000 en nivel de productividad , esto quiere decir que si manualmente se realiza un lote de producto, el automatizarlo aumentaría el nivel de producción en una cantidad equivalente a 1000 siendo esta una aplicación avanzada de control.

Tenido en cuenta diversos tipos de aplicación se procede a realizar el montaje físico, programación y puesta en marcha del sistema obtenido como diseño final, la imagen 17 muestra el diagrama de flujo de un sistema automático robusto con PLC s7200.

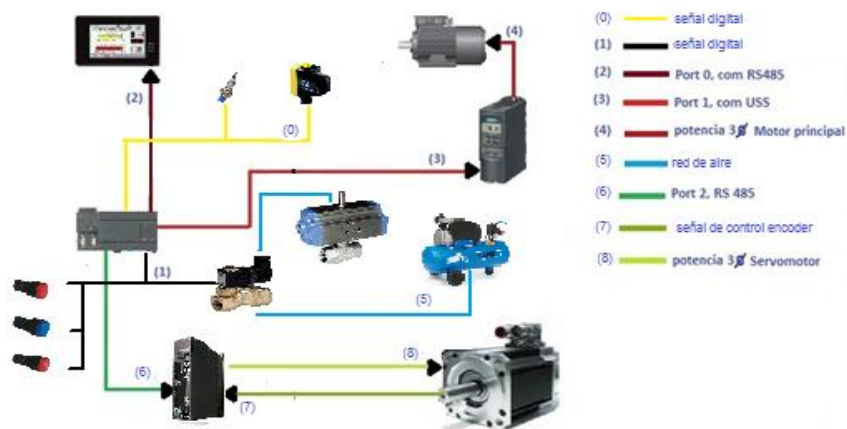


Imagen 17. Sistema robusto con S7-200

Fuente: grupo de trabajo.

La anterior figura muestra el tipo de señal que se trasmite de cada dispositivo para comunicación entre los elementos por medio de un sistema estandarizado.



Imagen 18. Ubicación encoder

Fuente: archivo fotográfico de INGECAE (ingeniería en control y automatización eléctrica).

La señal del encoder hacia el PLC debe atravesar un optoacoplador que transforma la señal de amplitud 5 VDC a 24 VDC, además de ello permite el fácil procesamiento debido a que esta llega libre de interferencia o ruido, el PLC al recibir esta señal y procesarla, permite el control del sistema en general.

#### **4.2.1 PLC-PANTALLA HMI**

Mediante el sistema tipo SCADA, se puede realizar plena comunicación y transmisión de datos mediante norma RS485, una vez realizado el programa, interfaz e implementación de la herramienta, se puede realizar la parametrización exacta para la adquisición de gran porcentaje de información y control por medio de la pantalla táctil o un computador, una gran variedad de botones iconos de acceso son efectuados virtualmente en este sistema, a continuación se enuncian las ventajas que brinda la visualización e implementación de la pantalla para el usuario.

- Visualización del estado general de la máquina.
- Configuración y puesta en marcha.
- Reconocimiento de fallas por motivos:  
Eléctricos

- Mecánicos
- Ausencia de producto
- Almacenamiento de datos:
  - Cantidad de producción
  - Horas de trabajo
  - Tiempo de paro

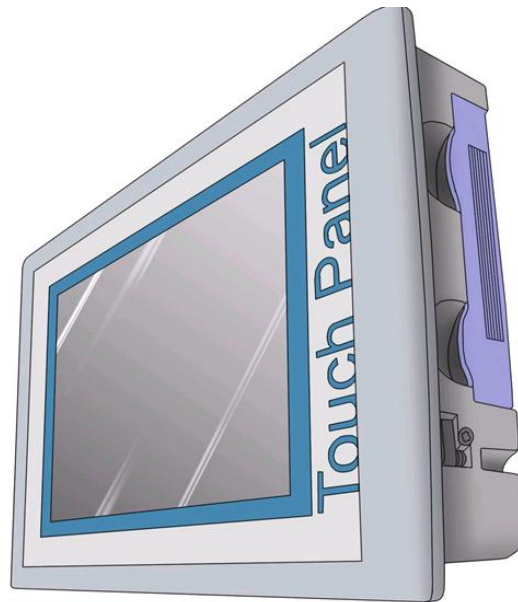


Imagen 19. Panel táctil

Fuente: siemens-automation. Touch panel ktp600. Disponible en:  
<http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-interfaces/basic-panel/simatic-hmi-ktp600-basic-color/pages/default.aspx>

#### 4.2.2 PLC MICROMASTER 420

Estos dos dispositivos se comunican mediante protocolo USS el cual usa la norma RS485 para realizar la comunicación mediante 2 hilos con envío de datos seriales, una vez es dada la orden mediante la pantalla táctil el PLC envía las señales de control hacia el variador; según los parámetros programados este pone en

movimiento el motor a una velocidad específica controlada, la imagen 20 muestra la ubicación del variador en un tablero de control.



Imagen 20. Ubicación variador micromaster 420

Fuente: archivo fotográfico INGECAE (ingeniería en control y automatización eléctrica)

El variador para control de la velocidad de giro del motor principal debe ser configurado según los parámetros y características del motor en donde se debe tener en cuenta la frecuencia de funcionamiento u operación, la potencia del motor, corriente máxima de consumo, sentido de giro y tipo de conexión. En la siguiente tabla se muestra los parámetros más relevantes a programar contenidos en el variador de velocidad micromaster 440:



<b>MICROMASTER</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Voltaje nominal de placa del motor.	Valor de voltaje impreso en la placa de datos del motor.
Frecuencia nominal de placa del motor.	Valor de frecuencia impreso en la placa de datos del motor.
Límite de intensidad de corriente del motor.	Es la máxima corriente que podrá recibir el motor.
Frecuencia mínima del motor.	Es la mínima frecuencia que el variador suministra al motor.
Frecuencia máxima del motor.	Es la máxima frecuencia que el variador suministra al motor.
Selección del origen para la consigna de frecuencia.	Es la frecuencia de comando que el variador va a obedecer. Ver detalles mas adelante.
Frenado mixto, Frenado por inyección DC, Frenado.	Este comando selecciona el modo de frenado cuando recibe la señal de parada.
Frecuencia de modulación.	Ajusta la frecuencia de conmutación de los IGBT's.
Frecuencias fijas (Seleccionables por medio de entradas digitales DIN).	Valores de frecuencia (8 en Micromaster y 7 en Allen-Bradley) almacenadas en celdas de memoria y que pueden ser seleccionadas como comando según la posición de interruptores ubicados en bornera de control.
Tiempo de aceleración.	Tiempo que tarda el motor en acelerar desde la posición de reposo hasta la frecuencia máxima ajustada.
Tiempo de desaceleración.	Tiempo que tarda el motor en desacelerar desde la frecuencia máxima hasta la posición de reposo.
Salida analógica 1.	Señal de salida proporcional a algún parámetro elegido por el usuario.

Tabla 7. Parámetros de programación micromaster 420

La selección de valores para los parámetros más importantes mostrados en la anterior tabla se enuncia a continuación:

- Voltaje 220VAC
- Frecuencia nominal 60HZ
- Intensidad de corriente 0.5 amps

- Frecuencia mínima del motor 0
- Frecuencia máxima 60 HZ
- Consigna de frecuencia asignada por parametrización de velocidad desde el scada.

### **4.2.3 PLC- SERVODRIVE**

Sobre el tablero de control se puede realizar esta aplicación que se encuentra en el área de control avanzado, debido a que se realiza para estudios de un alto grado de precisión como: arrastre, corte preciso, posicionamiento deseado, etc. Muchas veces las empresas contratan personal extranjero para programar e implementar estos dispositivos en sus plantas de producción, por lo que hay una gran necesidad e importancia que la academia abarque este tipo de control por la necesidad industrial y por el aprendizaje de personas idóneas en Colombia que también realicen este trabajo.

La comunicación entre PLC y servodrive se realiza mediante configuración RS485, el PLC envía datos de control y suministra información y confirmación del estado de los demás sistemas, esto conlleva a que el servodrive realice los ajustes de posición dependientes principalmente del movimiento del motor principal, las señales provenientes del PLC corresponden a:

Señal de control de posición: esta señal brindada desde el PLC llega al puerto de control del servodrive y permite la calibración de la posición inicial del eje del servomotor, puesta en marcha y tiempos de conmutación para realizar el giro correspondiente con el recorrido angular deseado. La imagen 21 muestra la ubicación física del SERVODRIVE.



Imagen 21. Servodrive SEW

Fuente: archivo fotográfico de INGECAE (ingeniería en control y automatización eléctrica)

Señales de estado: estas señales confirman al servodrive el estado de los demás elementos controlados de algún sistema, esta señal es de gran importancia para garantizar la sincronía deseada de cada uno de los dispositivos controladores, directamente al puerto de control llega la señal del encoder acoplado a la transmisión ya que la información proporcionada por este es la de más relevancia a la hora de realizar control sobre una máquina.

#### **4.2.4 SERVODRIVE – SERVOMOTOR**

Las señales entre estos dos dispositivos son las correspondientes a la alimentación del servomotor correspondiente que siendo aplicado a el tablero debe ser de 220 VAC y la señal enviada por el encoder interno del servomotor, esta última señal llega al puerto codificador incremental, las pulsaciones enviadas por el encoder interno del servomotor permite el trabajo de control de posición para el propio servomotor, un sensor inductivo le confirma al PLC el estado de la posición

#### **4.2.5 PLC-DRIVE**

En el sistema es el correspondiente al control del servomotor de arrastre para la envoltura, la comunicación se realiza mediante el 2do puerto de comunicación RS485 del PLC y permite el envío de la información, para calibración inicial posición dada desde algún panel táctil, también al PLC llega la señal de una

Fotoceldas y sensores digitales, para alguna acción específica (lectura de marcas, finales de carrera, finalización de proceso, etc.), la lectura de estos permite saber el recorrido estándar de la producción en el momento actual, ósea que el movimiento de cada servo depende siempre de una señal digital, aunque existe la posibilidad de calibrar por medio de la panel táctil la distancia de recorrido angular del eje del servomotor.

#### **4.2.6 SISTEMA DE SENSORES**

Este sistema está dispuesto para confirmar la posición de cada una de las variables a controlar en un sistema o máquina, está compuesto por sensores de metal tipo inductivos y presencia tipo fotocelda, ubicado en los lugares estratégicos.

Cada señal enviada de los sensores está conectada al dispositivo autómatas global PLC, el programa contenido en él se encarga de asignar los valores y datos para toma de decisiones del sistema dependiendo de la señal registradas de cada sensor distribuido en la planta de producción.

#### **4.2.7 DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD**

Es de gran importancia la utilización de dispositivos de seguridad para poder prevenir que el sistema presente fallas por motivos eléctricos (sobrecargas, cortocircuitos, sobrecorriente, sobretensión), cada rango de protección debe estar especificado según las características nominales de cada elemento a proteger, aunque cada dispositivo electrónico tiene su protección individual, en la industria no se puede dejar esta característica a un lado ya que los sistemas implementados son demasiado costosos, los dispositivos a continuación son los usados para realizar la protección del sistema de la máquina implicada.

Guardamotor: para protección de sobrecorriente 1 motor en este caso el guardamotor tiene un rango de 0.2-1.2 amps.

Interruptor monopolar: este dispositivo protege por sobrecarga a los elementos electrónicos del sistema, el rango máximo de corriente de estos elementos es de 3 amps.

#### **4.2.8 PARADA DE EMERGENCIA**

En caso de una situación anómala desde el punto de vista de producción o por riesgo inminente del personal, el sistema debe tener pulsador tipo hongo el cual al ser accionado impide o interrumpe el suministro de potencia.

#### **4.2.9 PUESTA EN MARCHA**

Una vez realizada la programación, montaje y tendido de la red eléctrica de control y potencia de un sistema automático de control, se procede a enlazar elementos de comunicación y disponer mecánicamente y eléctricamente el sistema para las pruebas de arranque, el tablero debe ser parametrizado de acuerdo con los requerimientos dados por el equipo de ingenieros a cargo

El tablero de control es ubicado con las dimensiones de 60x50x35 cm y son cableados bajo normas NTC 2050 (norma colombiana). De este tablero salen acometidas de potencia y controla los diferentes elementos electrónicos y eléctricos distribuidos por toda la envergadura de la planta a la cual fue acoplado.

## 5. CONFIGURACIÓN FINAL

Una vez desarrollado el proceso de diseño para el tablero, obtenido el concepto de diseño y definido los elementos y dimensiones tanto alcance del tablero de control, se procede a realizar la obtención de los elementos y construcción del tablero de control físicamente para entrega a las instalaciones del laboratorio GEIPRO, en este capítulo muestra claramente el proceso de construcción del tablero de control como resultado final de un proceso de diseño aplicado.

### 5.1 TABLERO DE CONTROL

Del tablero de control hace parte cofre metálico de 60 \* 50 \* 35 cm, donde se instalaron todos los dispositivos eléctricos y electrónicos, tales como PLC, fuente, banco de relés, protecciones eléctricas, borneras con características de distribuidor de voltaje DC de 24V, distribuidor de señales digitales, distribuidor de señales análogas, breake, botones de encendido de la máquina, inicio del sistema, paro de emergencia. En la imagen 32 se muestra el tablero construido.



Imagen 22. Tablero de Control Implementado

Fuente: grupo de trabajo

1. Protecciones eléctricas: las protecciones eléctricas dispuestas para este tablero son 3 distribuidas así:

Un interruptor tripolar de 6 amperios como interruptor principal del tablero, la elección de este dispositivo se realiza tendiendo como principal criterio los elementos de potencia, que son los que consumen la mayoría de corriente que demanda un proceso.

Un guardamotor con las dimensiones propias de los motores con los que cuenta el laboratorio, este elemento puede ser calibrado en un rango de 0.2-1.2 amps; el tablero tiene la posibilidad y el espacio para realizar control hasta 4 motores de hasta 1 hp de potencia.

Un interruptor bipolar para protección del autómatas principal y fuente este elemento es dimensionado según corriente máxima de los elementos a proteger en este caso es de 2 amps.

2. Fuente: este elemento es requerido para entregar alimentación a sensores, PLC y puertos de entrada y salida de la CPU del PLC, la fuente al ser conectada, entrega una señal continua de 24 voltios (24VDC) que reciben los elementos de control digital, este elemento debe garantizar una señal sin rizado ni perturbación para que los elementos que están siendo trabajados no presenten fluctuaciones en la señal que entrega al PLC. La imagen 23 muestra la fuente contenida en el tablero de control. (Ver anexo 4)



Imagen 23. Fuente FX-10PSU

Fuente: essential automation. Fuente de voltaje fx-10psu. Disponible en:  
<http://www.essentialautomation.com/ea0101.html>

3. PLC: el controlador principal del sistema, está ubicado en el segundo peldaño en la línea de control, posee características de control PID análogo, 12 entradas digitales, 12 salidas digitales, dos entradas análogas y alimentación a 24VDC que recibe de la fuente ubicada a su izquierda, su fuente es la 224 xp de la línea Simatic s7. Las características y prestaciones están relacionadas en el capítulo 4 (DISPOSITIVOS EMPLEADOS EN EL TABLERO DE CONTROL).(Ver anexo 9,10)
  
4. Relés de paso: estos elementos son accionados mediante las salidas del PLC, según sea la programación el autómata, este conmuta sus salidas que se conectan a los relés de paso para realizar control de accionamiento a elementos actuadores como motores, electroválvulas, válvulas solenoides, etc. los relés de paso involucrados en el tablero de control son de marca OMRON con 2 bornes de alimentación de bobina, 1 borne normalmente cerrado (NC), 1 Borne normalmente abierto (NO) y un común (COM). En la imagen 24 se puede observar el elemento detallado.(ver anexo 11)



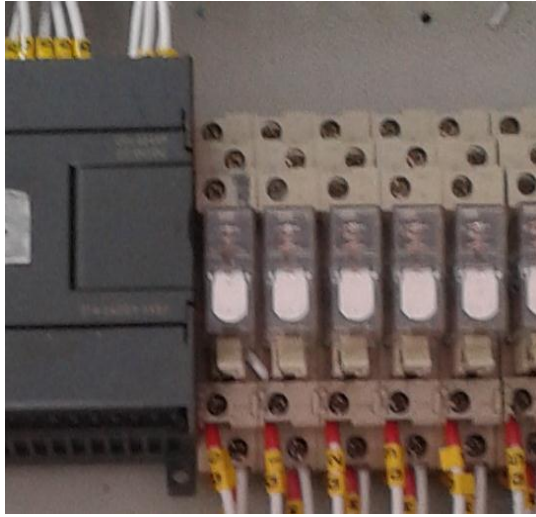


Imagen 24. Relés de paso

Fuente: grupo de trabajo

5. Contactor Tripolar: este elemento cumple similares funciones que las de un relé, es llamado contactor porque al ser accionado realiza contacto o comunicación entre dos puntos, el elemento es trifásico porque a través pueden pasar hasta tres fases que son accionadas simultáneamente, es uno de los elementos más usados en el control automático ya que la mayoría de elementos de potencia a ser alimentados son trifásicos. La imagen a continuación muestra el contactor ubicado en el tablero de control.



Imagen 25. Contactor tripolar

Fuente. Grupo de trabajo

El contactor dentro del tablero de control es de marca siemens, debe alimentar su bobina a 220 VAC (voltaje de alimentación general del tablero) y permite la acción del motor a involucrar en el sistema.

6. Borneras: las borneras permiten la organización clara y concisa del cableado de potencia y control del tablero, aísla físicamente la manipulación de los elementos dentro del tablero facilita la conexión de los elementos externos que van a trabajar en conjunto con los internos del tablero, la imagen 26 muestra los bornes usados en el tablero de control.



Imagen 26. Borneras

Fuente: grupo de trabajo

En total se usaron 35 borneras de paso en el tablero de control, esto implica que se pueden conectar al menos 10 sensores digitales, 10 elementos actuadores y 3 transmisores análogos de igual forma queda espacio dentro del tablero para otros grupo de 90 bornes lo que permite la ampliación en control al triple.

7. Variador de Velocidad: es segundo elemento de control dentro del tablero de control, este elemento controla la rotación del eje de un motor eléctrico de hasta  $\frac{1}{2}$  HP, brinda una gran eficiencia de operación al motor ya que realiza en control en las tres variables principales de trabajo que son torque, voltaje y corriente. La imagen 27 muestra el variador de velocidad implementado en el tablero.



Imagen 27. Variador de velocidad

Fuente: grupo de trabajo

Las especificaciones de este variador se pueden observar en el capítulo 4 (DISPOSITIVOS EMPLEADOS EN EL TABLERO DE CONTROL).

8. Canaleta Ranurada: La canaleta ranurada de 40 \* 25 mm, es ideal para el montaje del tablero, debido a su fácil instalación y estética brindada al montaje camuflando de forma eficiente las decenas de metros de cable (70 mts aproximadamente).
9. Led amarillo: este elemento permite visualizar el estado de encendido del tablero, permite al operario saber que el tablero se encuentra listo para entrar en operación.
10. Led verde: este elemento permite visualizar el estado de marcha del sistema controlado, permite al operario saber que el tablero se encuentra en proceso de ejecución de su programa contenido en el autómeta.
11. Led rojo: la luz roja como lenguaje universal indica paro, en el tablero esta luz indicara el paro de la operación en proceso o paro de

emergencia por estado crítico, esta operación se presenta según la programación e interpretación de qué punto es crítico en la planta.

Existen también pulsadores que se instalan en un lugar deseado por el operario, puede ser un mando de control o generalmente se instalan en el mismo tablero de control, los pulsadores involucrados en el tablero son los siguientes:

12. Pulsador rojo: este pulsador representara el paro de los procesos en ejecución y es dependiente de la decisión del jefe de planta, estos paros se realizan para cambio en la programación del equipo o mantenimiento.
13. Pulsador verde: este pulsador representara el inicio del proceso que va a ejecutar el autómata principal con ayuda de los elementos de control y potencia.
14. Pulsador paro de emergencia: este pulsador es de gran importancia, se instala para tener la capacidad de realizar el paro de la planta en cualquier momento, este elemento debe cortar la operación de todo actuador por seguridad.

## **5.2 CONSIDERACIONES TÉCNICAS NORMATIVAS**

Las consideraciones técnicas normativas para la construcción del tablero de control como elemento que cumple con los estándares de calidad se obtuvieron a partir de las norma técnica colombiana referente a la construcción de tableros eléctricos y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).

De manera internacional los tableros de baja tensión (rango de tensión en el que se encuentra el tablero construido) es elaborado bajo la normatividad IEC 62271-1, IEC 62271-200 y tiene reconocimiento internacional como la UL347, Ansi-IEEE C37.

En el artículo 17.9.4 del RETIE se define la certificación de tableros eléctricos como características físicas de elaboración y elementos utilizados en la construcción como dimensiones, elementos físicos, resistencias y medidas de protección contra corto circuitos y sistemas de puesta a tierra.

El tablero de control es construido principalmente con un cofre metálico revestido de pintura en polvo horneable beige anticorrosiva, capacidad de uso a la intemperie, el tablero debe estar debidamente aterrizado, los elementos de igual forma son elementos certificados para operación en ambientes hostiles industriales y son confiables en la operación para la cual fueron construidos.

Norma IEC 60439 habla de los compartimentos para protección de contacto directo con seres vivos, cubiertas, puertas de acceso, dimensiones de compartimentos. etc.

Como se observa el cofre como compartimento principal aísla el circuito interno mediante su puerta principal, de igual forma internamente las borneras de paso aíslan la manipulación de cada elemento de control contenido por el tablero permitiendo conectar y desconectar elementos externos sin tocar algún otro dispositivo.

Norma NTC 3278: esta norma relaciona los tableros de control como características específicas para construcción que involucran tipos de conexión, distribución y marcaje.

El tablero de control construido está debidamente cableado según la NTC 3278, con terminales No. 18 para cada punto de conexión, la distribución de los elementos del tablero se da por niveles, donde el primer nivel involucra elementos de protección y alimentación, el segundo nivel abarca los elementos de control y un tercer nivel de entradas y salidas análogas o digitales del tablero. El tablero de control también cuenta con dos circuitos debidamente definidos, separados y protegidos, el marcaje se realiza con marcas tipo anillo plásticas amarillas y visibles en todo punto de conexión, los elementos están bien asegurados al panel del tablero que los soporta, la mayoría de elementos tiene la cualidad física de ser acoplado al riel de soporte estándar industrial RIEL DIM y los que no tienen esta cualidad son anclados a la superficie interior del cofre metálico de 3 mm de espesor.

Norma NTC 2050: esta norma consta de el debido cableado dimensiones de cable para un consumo máximo de corriente, alimentación, habla también de las protecciones eléctricas y modos de conexión, esta norma brinda características claras de operación en cuanto a implementación de circuitos eléctricos.

El tablero de control está debidamente conectado y cumple con las especificaciones mínimas de la NTC 2050 como lo es dimensionamiento del cable, el cual tiene un punto de ruptura de 16 amperios para longitudes cortas y 2.5 amperios para distancias largas. De igual manera abarca todos los ítems considerados en la IEC 60439 y de los cuales el tablero de control cumple a cabalidad.

### **5.3 IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL EN EL LABORATORIO DE GEIPRO (prototipo de planta de manufactura flexible)**

Una vez diseñado el tablero de control, se busco que permitiera aplicarse en el laboratorio de GEIPRO, por lo cual fue necesario concluir su aplicación inicial, sobre el prototipo de planta de manufactura flexible la cual en ese momento se estaba construyendo, entonces por sugerencia del profesor William Bolaños y director de tesis (Paulo Cabrera) se desarrollo la aplicación de controlar la velocidad del motor por medio del elemento variador de velocidad y el control del sistema de detección de metales con material que cuenta el laboratorio. La imagen 28 muestra el posicionamiento del tablero de control.



Imagen 28. Posicionamiento del tablero de control

Fuente: grupo de trabajo

### **5.3.1 CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTADORA**

Esta aplicación se realiza mediante la implementación del variador de velocidad micromaster 420 el cual hace parte del tablero de control, este variador se conecta a la alimentación principal de la red trifásica de 220 VAC y su salida identificada como U V W se conecta al motor, mediante cierta programación del variador el control que se realiza sobre el motor es el siguiente:

Control de frecuencia: el control de la frecuencia permite el control de la velocidad de giro del rotor sin perder su torque, este control se puede hacer mediante potenciómetro o desde el panel BOP.

Control de aceleración de start: este control permite un arranque de la banda acelerado dependiendo de las necesidades de la banda transportadora y producción.

Control de desaceleración stop: este control permite la parada de la banda dependiendo de las necesidades de la banda transportadora y producción.

Cambio en el sentido de giro: Mediante una consigna digital se puede cambiar el sentido de giro en determinado momento o también se puede hacer a través del p nel BOP.

### **5.3.2 ESTACION SENSOR DE METALES**

El laboratorio cuenta con un sensor inductivo de metal, el cual es aplicado a la planta de manufactura para realizar pruebas de producción con error en producto, este sensor envía una señal digital de 24 VDC una vez detectado algún metal.

También a este sistema es integrado un cilindro neumático que al ser instalado estratégicamente en la banda y mediante tiempo establecido por programación, se acciona y empuja la pieza defectuosa o en este caso contaminada con algún elemento metálico, el tipo de control que se realiza mediante esta pequeña aplicación es denominado control on off y una vez enviada la señal de sensor de metal el sistema se acciona por tiempo.





Imagen 29. Sistema de detección de metales

Fuente: Grupo de trabajo

#### 5.4 VALIDACIÓN PARA EL USO DEL TABLERO DE CONTROL

Una vez implementado el tablero de control, se hicieron pruebas piloto para verificar el funcionamiento del tablero de control con el objetivo de encontrar mejoras; para ello, se hicieron varias demostraciones al director de tesis, el cual nos sugirió que la banda debía correr a una velocidad mayor, pues al principio su velocidad era muy lenta y el flujo de cubos de madera era menor.

Durante la validación del tablero de control, el cual corresponde a la estación del sensor de metales y por ende el pistón el cual rechaza el producto que contiene metal, se validó la comunicación del sistema la cual permite tomar las señales de entrada (sensor) y causar un efecto en las señales de salida (Elemento neumático).

Por último en la estación de ingeniería, quedo demostrado que el programa (MICROWIN) utilizado para la programación del elemento controlador (PLC), se puede modificar según la necesidad del laboratorio con respecto a la producción de cubos de madera, es decir que el programa permite el cambio de la velocidad al cual responde el sensor y su elemento neumático en este caso el pistón el cual rechaza el cubo que contiene metal.

## 5.5 EJEMPLO DE APLICACIÓN PARA LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

A continuación se presentaran dos ejemplos básicos para mostrar la aplicación del tablero de control:

### 1. Sobre la velocidad del motor de la banda transportadora

Se propone desde el tablero de control variar la velocidad del motor desde 1cm/seg con una frecuencia de 20hz a 8 cm/segundo con una frecuencia de 60Hz siendo esta la máxima velocidad de la banda transportadora, la cual es controlada girando la perilla que se encuentra ubicada en la parte exterior del tablero de control (Ver imagen 30), e inmediatamente se observa el cambio de velocidad de la banda.

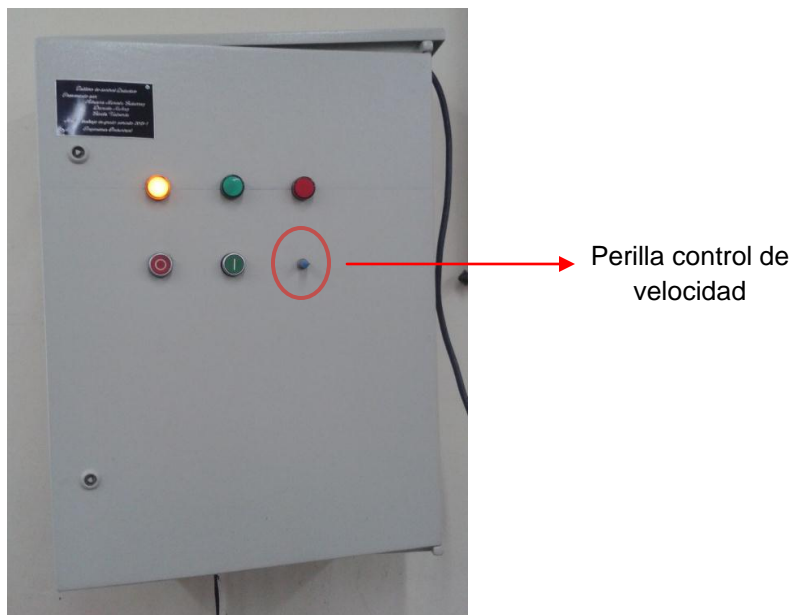


Imagen 30. Perilla Control de velocidad

Fuente: Grupo de trabajo

## 2. Sobre el sensor de metales

Se hizo la demostración colocando sobre el cubo de madera unos chinchos (Ver imagen 31) metálicos, que se trasladaba sobre la banda hasta el sensor de metales observando que al momento en que se detecto el metal se genero una señal de entrada en el tablero de control y a su vez una señal de salida, la cual pudo ser evidenciada con el rechazo del cubo de madera con los chinchos por parte del pistón, para esta aplicación no hay que mover ningún elemento del tablero, puesto que ya esta programado.



Imagen 31. Cubo de madera con chinchos

Fuente: Grupo de trabajo

## 5.6 MANUAL OPERATIVO TABLERO DE CONTROL DIDÁCTICO

Como resultado de la aplicación del tablero de control, se realizo un manual operativo que permite a los estudiantes y docentes manipularlo sin mayor inconveniente, en el manual se muestra cada uno de los pasos que se deben tener en cuenta para operarlo de manera adecuada (Ver Anexo 15. CD). También cuenta con información clara y sencilla de las precauciones y riesgos que puede correr el estudiante o docente al momento de encender el tablero. En la imagen 32 se muestra la portada del manual operativo.

Manual Operativo Tablero de control didáctico



Adriana Marcela Gutiérrez Ortiz  
Daniela Muñoz Hincapié  
Yuliani Gisela Valverde Plaza  
2013-1

Imagen 32. Portada manual operativo  
Fuente: Grupo de trabajo

## **6. ANÁLISIS ECONOMICO DEL PROYECTO**

Durante la planeación del proyecto se debe tener en cuenta el presupuesto, ya que de este depende en gran medida de la adecuada utilización de anticipos económicos y adquisición de equipos de buena calidad. Empresas del sector de la automatización brindaron todas las ayudas económicas para la construcción del tablero de control para el laboratorio GEIPRO, aun así es importante considerar y desarrollar límites presupuestales de buen manejo concerniente a la parte administrativa del proyecto como tal, en este capítulo se muestra valores económicos del costo bruto del proyecto.

### **6.1 INVERSIÓN**

La inversión es el valor cuantitativo del costo inicial o total de un proyecto, en donde se adquieren ciertos elementos con el ánimo de obtener unos ingresos. Lo que significa que consta de la manipulación de un capital asignado para realizar algún tipo de negocio o acción enfocada a la obtención de un bien común,

Generalmente se hace inversión a negocios o proyectos con el fin de obtener un lucro o crecimiento económico, social, cultural, político y hoy en día ambiental.

A continuación se muestra la inversión requerida para la implementación del tablero de control didáctico para el laboratorio GEIPRO.

INVERSIÓN INICIAL				
ITEM	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	IVA	TOTAL
PLC S7200	1	1600000	\$ 256.000	\$ 1.856.000
VARIADOR DE VELOCIDAD M220	1	1800000	\$ 288.000	\$ 2.088.000
INTERRUPTOR TRIPOLAR 6 amps	1	45000	\$ 7.200	\$ 52.200
GUARDAMOTOR	1	132000	\$ 21.120	\$ 153.120
interruptor bipolar 2 amps	1	28000	\$ 4.480	\$ 32.480
cofre metálico 50x60x35cm	1	134000	\$ 21.440	\$ 155.440
relés de paso	10	14000	\$ 22.400	\$ 162.400
Borneras	30	3500	\$ 16.800	\$ 121.800
marcas tipo anillo	7	3400	\$ 3.808	\$ 27.608
cable awg#18x 100mts	1	37000	\$ 5.920	\$ 42.920
canaleta ranurada 40x25cm	2	4100	\$ 1.312	\$ 9.512
riel dim omega	2	3700	\$ 1.184	\$ 8.584
tornillos all cill 3mmx100 unid	1	1800	\$ 288	\$ 2.088
terminales de aguja #18x100 unid	100	130	\$ 2.080	\$ 15.080
led indicadores para tablero	3	6000	\$ 2.880	\$ 20.880
pulsadores con base	2	4500	\$ 1.440	\$ 10.440
pulsador paro de emergencia	1	12000	\$ 1.920	\$ 13.920
fuentes de 2.5 amps	1	170000	\$ 27.200	\$ 197.200
contactor tripolar a 220 VAC	1	73000	\$ 11.680	\$ 84.680
sensor inductivo 24 vdc	2	54000	\$ 17.280	\$ 125.280
terminales de carrera	4	1500	\$ 960	\$ 6.960
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5.186.592</b>

Tabla 8. Inversión para construcción del tablero

## 6.2 COSTOS

“Luego del desarrollo de la implementación del tablero de control, la unidad Central del Valle del Cauca, incurrirá en unos costos y gastos asociados al funcionamiento del sistema y a la manutención del mismo. A continuación, en la tabla 8, se presentan estos costos y gastos proyectados a los dos (2) primeros años después de la puesta en marcha de la implementación.”<sup>16</sup>

COSTOS Y GASTOS DEL PROYECTO DURANTE SU ETAPA INICIAL (2 AÑOS)				
Descripción		Año 0 (2013-2)	Año 1 (2014)	Año 2 (2015)
<b>Costos de funcionamiento:</b>	<b>hoy (\$/año)</b>			
consumo de energía	3790,25		3.877,80	3.974,36
<b>Gastos de mantenimiento:</b>	<b>hoy (\$/año)</b>			
mantenimiento preventivo	800.000		818.480	838.860
<b>subtotal costos</b>			<b>822.357,80</b>	<b>842.834,51</b>
<b>inflación:</b>			<b>2,31%</b>	<b>2,49%</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>			<b>822.357,80</b>	<b>842.834,51</b>

**Tabla 9.** Costos del proyecto en su etapa inicial

**Fuente:** Trabajo de grado, implementación de un tablero de control en el laboratorio de ingeniería industrial, alineado a la banda transportadora para permitir la simulación de procesos productivos a nivel formativo.

La anterior información fue tomada del trabajo de grado implementación de un tablero de control en el laboratorio de ingeniería industrial, alineado a la banda transportadora para permitir la simulación de procesos productivos a nivel formativo, ya que los dos proyectos están articulados hacia un mismo marco, el cual es el diseño de la planta de producción de manufactura flexible, y por tal motivo se utilizaron los mismos costos.

<sup>16</sup> Trabajo de grado, implementación de un tablero de control en el laboratorio de ingeniería industrial, alineado a la banda transportadora para permitir la simulación de procesos productivos a nivel formativo. Pagina 105

### 6.3 BENEFICIOS

“Con la implementación del tablero de control alineado a la banda transportadora, se estará aportando al mejoramiento del nivel de automatización del laboratorio de ingeniería industrial, lo que se convierte en una fortaleza al momento de solicitar la renovación del registro calificado del programa de ingeniería industrial; puesto que el nivel de tecnología de los laboratorio, es uno de los componentes de la evaluación de los pares académicos.

Tomando como referencia lo nombrado anteriormente, se podría asumir hipotéticamente que, con la renovación del registro calificado, se podría abrir el semestre siguiente a la renovación de dicho registro, lo que permitiría matricular un promedio de 50 estudiantes por semestre, durante dos años.

Hipotéticamente, del monto total de los ingresos por matrículas del nuevo semestre de ingeniería industrial, el presente proyecto puede estar en un 10% de participación, lo que se convierte en los beneficios del proyecto, aclarando que, de este 10%, el 10% son beneficios marginales, ya que son los que realmente se generan por la implementación del proyecto, descontando sus costos operacionales. En la tabla 9, se detallan los beneficios marginales que generara la implementación del proyecto en sus dos primeros años.”<sup>17</sup>

La anterior información fue tomada del trabajo de grado implementación de un tablero de control en el laboratorio de ingeniería industrial, alineado a la banda transportadora para permitir la simulación de procesos productivos a nivel formativo, ya que los dos proyectos están articulados hacia un mismo marco, el cual es el diseño de la planta de producción de manufactura flexible, y por tal motivo se utilizaron los mismos beneficios.

---

<sup>17</sup> Trabajo de grado, implementación de un tablero de control en el laboratorio de ingeniería industrial, alineado a la banda transportadora para permitir la simulación de procesos productivos a nivel formativo. Pagina 107



SEMESTRE \ PERIODO		AÑO 1		AÑO 2	
		I	II	I	II
I		50	50	50	50
II			50	50	50
III				50	50
IV					50
<b>Total estudiantes</b>		50	100	150	200
<b>Costo de matricula</b>	<b>\$2.200.000</b>	\$110.000.000	\$220.000.000	\$330.000.000	\$440.000.000
<b>Beneficios totales</b>	<b>10%</b>	\$11.000.000	\$22.000.000	\$33.000.000	\$44.000.000
<b>Beneficios marginales</b>	<b>10%</b>	\$1.100.000	\$2.200.000	\$3.300.000	\$4.400.000
<b>TOTAL BENEFICIOS MARGINALES AÑO</b>		<b>\$3.300.000</b>		<b>\$7.700.000</b>	
		Estudiantes que ingresan a 1er semestre en el periodo 1 del año 1			
		Estudiantes que ingresan a 1er semestre en el periodo 2 del año 1			
		Estudiantes que ingresan a 1er semestre en el periodo 1 del año 2			
		Estudiantes que ingresan a 1er semestre en el periodo 2 del año 2			

**Tabla 10.** Beneficios del proyecto.

**Fuente:** Trabajo de grado, implementación de un tablero de control en el laboratorio de ingeniería industrial, alineado a la banda transportadora para permitir la simulación de procesos productivos a nivel formativo.

#### 6.4 ANÁLISIS RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

La relación beneficio/costo, permite comparar lo beneficios que tendrá el proyecto vs los costos de éste, ambos valores son llevados al año cero; ésta relación se calcula mediante la siguiente formula:

$$B/C = \frac{B}{C + I}$$

Donde:

- **B/C:** relación beneficio costo
- **B:** beneficios
- **C:** costos
- **I:** inversión

De acuerdo al resultado de la formula, se tiene los siguientes criterios de evaluación:

- **B/C > 1:** se acepta la inversión

- **B/C<1:** se rechaza la inversión
- **B/C=1:** se acepta, pero la decisión corresponde al inversionista

En la tabla 10, se presentan en forma resumida la inversión inicial, los costos y beneficios del proyecto durante sus primero dos años.

INVERSIÓN, COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO				
Descripción		Año 0 (2013-2)	Año 1 (2014)	Año 2 (2015)
<b>Inversión inicial</b>				
Materiales		\$ 5.186.592		
<b>subtotal inversión</b>		\$ 5.186.592		
<b>costos</b>				
<b>Costos de funcionamiento:</b>	<b>hoy (\$/año)</b>			
Consumo de energía	3790,25		3.878	3.974
<b>Gastos de mantenimiento:</b>	<b>hoy (\$/año)</b>			
Mantenimiento preventivo	800.000		818.480	838.860
<b>subtotal costos</b>			<b>822.358</b>	<b>842.835</b>
<b>Beneficios</b>				
Beneficios marginales por efecto de matrícula			3.300.000	7.700.000
<b>subtotal beneficios</b>			<b>3.300.000</b>	<b>7.700.000</b>
<b>inflación:</b>			<b>2,31%</b>	<b>2,49%</b>
<b>TOTALES</b>		\$ 5.186.592	<b>2.477.642</b>	<b>6.857.165</b>

**Tabla 11.** Inversión, costos y beneficios del proyecto

**Fuente:** Trabajo de grado, implementación de un tablero de control en el laboratorio de ingeniería industrial, alineado a la banda transportadora para permitir la simulación de procesos productivos a nivel formativo.

Con los datos de la tabla anterior, procedemos a estructurar la información en un flujo de caja, el cual se muestra en la Imagen 33.

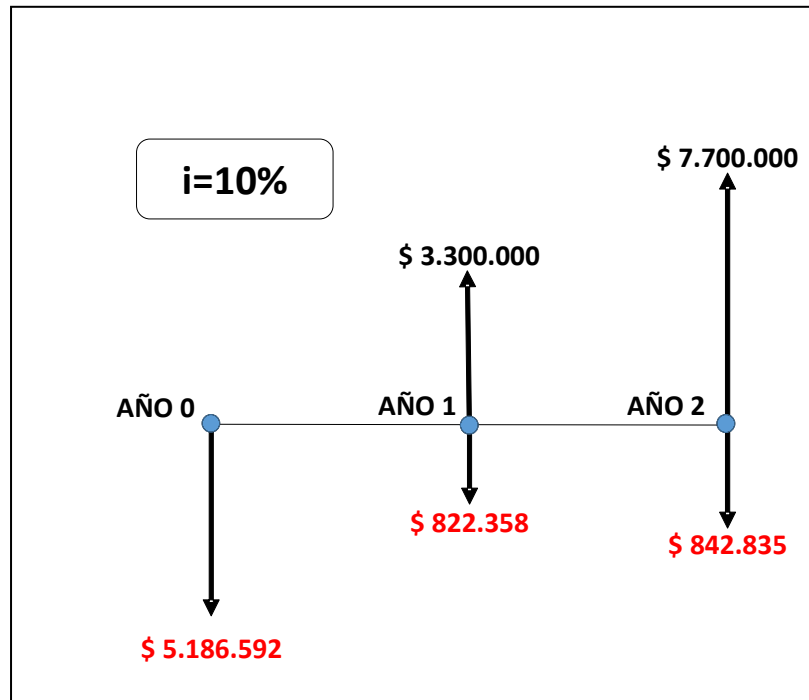


Imagen 33. Flujo de caja

Para el cálculo del valor presente neto (VPN), de la inversión, costos y beneficios del proyecto, es necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$VPN = \frac{FE_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

- **VPN:** Valor presente neto
- **FE:** Flujo de efectivo en el periodo t
- **i:** Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)<sup>(\*)</sup>
- **t:** Periodo

**Inversión (año 0): \$ 5'186.592**

**Costos (año 0):**  $VPN = \frac{822.358}{(1+0.10)^1} + \frac{842.835}{(1+0.10)^2} = \$ 1'444.156$

**Beneficios (año 0):**  $VPN = \frac{3.300.000}{(1+0.10)^1} + \frac{7.700.000}{(1+0.10)^2} = \$ 9'363.636$

<sup>(\*)</sup> el valor de la TMAR de la UCEVA se asume como el 10%

Una vez se tiene todos los valores en el presente (año cero), procedemos a calcular la relación beneficio costo.

$$B/C = \frac{B}{C + I} = \frac{\$ 9'363.636}{\$ 1'444.156 + \$ 5'186.592} = 1,412$$

Al hacer la relación se obtiene un valor de **1.412**, lo cual indica que se acepta la inversión de un tablero de control didáctico con fines académicos, el cual brinda a la UCEVA una cualidad única de institución educativa en ingeniería, obteniendo ventaja frente a otras instituciones, como un reconocimiento gradual si se coloca en operación este sistema automático de producción y se manipula con fines académicos. Aclarando que no se incurrirá en los costos marginales y por ende, el flujo del proyecto va a generar unos beneficios marginales, que permitirán la implementación del proyecto durante los próximos dos años.

## 7. RESULTADOS ASOCIADOS

En el presente trabajo se pueden encontrar y analizar diferentes tipos de resultados, tales como técnicos, productivos y financieros, dichos resultados fueron propuestos a partir de las relaciones entre producciones en el campo real de una planta y que se realizan por módulos de producción y maquinaria automática en su totalidad, además se explican de forma cuantitativa las ventajas y fortalezas de un sistema automático, comparados con el proceso manuales practicados en una empresa.

El resultado se obtiene a partir de la calibración exacta y ajustes necesarios para que un proceso realice un buen trabajo y tenga buen estado de productividad, estos resultados varían desde aspectos técnicos, productivos como financieros, dichos resultados se explican de forma cuantitativa para su fácil observación de ventajas y fortalezas de un nuevo sistema implementado.

### 7.1 RESULTADOS EN PRODUCCIÓN

Los resultados de producción muestran los datos arrojados acerca de las características y cantidades que arroja una máquina o sistema de producción, el siguiente estudio se coteja entre producción automática y producción manual.

#### 7.1.1 CANTIDAD DE PRODUCCIÓN

Los resultados de cantidad de producción son estimados mediante la comparación por horas de proceso de producción. En el siguiente cuadro se muestra únicamente los datos obtenidos de un proceso con sistema automático el cuadro muestra en porcentaje el aumento de la capacidad del proceso automático de envoltura de bonbonbum con la máquina Aquarius la cual usa PLC S7-200.

<b>Datos teóricos manuales</b>	<b>Datos de Automatización</b>	<b>Aumento de capacidad de producción</b>
<b>15 U/min</b>	<b>330 U/min</b>	<b>95.5 %</b>

Tabla 12. Resultados de producción  
Fuente: Datos obtenidos de Colombina S.A

En la tabla 10 se observa el significativo aumento de producción con respecto a un proceso manual, el aplicativo se puede tomar así: es posible que al ser aplicado un sistema automático la capacidad de un proceso aumente en un 95.5%, esto hace que la implementación de un sistema automático sea requerido si un empresario desea aumentar significativamente la cantidad de producto que está realizando, esto debe ser estudiado con variables de tiempo y modo de producción.

### 7.1.2 PRODUCTO UNIFORME

Una de las características importantes para que un producto sea aceptado en el mercado es que tengan uniformidad en la envoltura y en la geometría, por lo tanto es necesario que el proceso sea en gran medida uniforme para grandes lotes de producto, haciéndolo estandarizado, el porcentaje de error del producto final hecho automáticamente comparado con el obtenido en pruebas manuales de un sistema implementado se muestra a continuación, el resultado en automatización es comparado con el performance de la maquina Aquarius de envoltura perteneciente a Colombina S.A.

<b>Error Estándar (%)</b>	
<b>Manual</b>	<b>Automático</b>
<b>&lt;38</b>	<b>&lt;5</b>

Tabla 13. Error de estandarización  
Fuente: Datos obtenidos de Colombina S.A

En la tabla 11 se puede observar el margen superior de estandarización elaborado por el proceso automático, esto significa que la implementación de un sistema automático permite que el errores de estandarización disminuya, un lote de producto sea homogéneo y se realice de forma más rápida, claro está que esto depende de la calibración óptica de cada elemento involucrado en el sistema de producción.

## 7.2 RESULTADOS TÉCNICOS ESPERADOS

Los resultados técnicos se obtienen de poner el automatismo a punto, lo que significa que la parte eléctrica como la mecánica debe trabajar en pro de la otra o se sincronicen mutuamente para obtener los resultados esperados del trabajo, una

vez realizado un buen arranque y puesta a punto se procede a recopilar la información de los resultados obtenidos.

### **7.2.1 VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO**

La velocidad de funcionamiento garantiza la eficiencia en la producción, característica relevante a la hora de implementar un sistema automático de producción.

La velocidad de funcionamiento normal dentro de especificaciones de producto y calidad para un sistema con características de mediana empresa o planta de producción es de 30 Unidades/minuto, aunque se puede ampliar debido a la característica de controles de velocidad de maquinaria, puede ser que un sistema automático usando equipos confiables y el s7200 como controlador central llegue una velocidad máxima de 2000 unidades/minuto dependiendo de las características del producto (dimensiones, morfología, contextura, peso) aunque no es recomendable esta sobrecarga para su estructura mecánica (trasmisión mecánica).

### **7.3 CELDA DE MANUFACTURA**

Se obtiene como resultado que el tablero tiene la capacidad de controlar un 70% los elementos de la celda actual, ya que la celda cuenta con 4 aplicaciones de control las cuales son:

Banda de transporte

Detector de metales

Brazo robótico

Módulo de producción con taladro

Al cotejar cada una de las señales de control y accionamiento involucradas en los módulos de operación de la celda se tiene como resultado que el tablero de control cuenta con la capacidad de controlar 3 de los 4 módulos de trabajo teniendo la necesidad adquirir un módulo expansión adicional para controlar el brazo robótico y poder integrarlo en conjunto a la celda.

Al hacer pruebas con el control de la velocidad se obtiene que el variador de velocidad realiza el control de la velocidad del motor en un rango de 0 a 60 Hz,

donde la velocidad máxima de giro son 1700 RPM, al ser puesto en funcionamiento en conjunto con el detector de metales y utilizando una muestra de 10 bloques con metal se obtiene los siguientes resultados.

frecuencia	muestra	cantidad detectada	velocidad establecida
20	10	10	1cm/seg
30	10	10	2cm/seg
40	10	9	4cm/seg
50	10	6	6cm/seg
60	10	2	8cm/seg

Tabla 14. Prueba de detección y velocidad de la banda

Fuente: Grupo de Trabajo

Los valores obtenidos de velocidad indican que el aumento en la velocidad con el control del variador es lineal y que el sensor como resultado del aumento de la velocidad no percibe la pieza de metal, por lo tanto se trabaja con la velocidad de 4cm/seg para indicar que cantidad de bloques detectables garanticen la calidad del producto. La tabla 13 nos muestra el promedio de velocidad de producción de bloques de madera a 4cm/seg.

velocidad banda	promedio de velocidad de producción
4cm/seg	40bloques/min

Tabla 15. Velocidad de producción

Fuente: Grupo de trabajo

La cantidad de producción va ligada tanto a los elementos de control como a los actuadores y sensores, por lo tanto se puede concluir que con un sensor de mejor resolución que el actual se puede garantizar el aumento en la velocidad de producción de la celda de manufactura.



## **7.4 VALORES TÉCNICOS DEL TABLERO DE CONTROL**

Dimensiones: 50x60x35cm

Capacidad de control: 10 sensores digitales, 10 actuadores, 2 transductores análogos, aplicación scada, master de hasta 99 esclavos por red profibus, capacidad de control de velocidad de un motor de hasta ½ HP.

Capacidad de Control PID para procesos de temperatura, presión, caudal, nivel, etc.

Tipo de controles: feedforward, feedback.

Rata de transmisión de datos: hasta 19Kbits/seg entre elementos de control.

Corriente máxima de operación actual: 6 amperios

Corriente máxima de implementación: 30 amperios

Voltaje de operación: 220 VAC

Voltaje de control: 24 VDC

Cualidad de alimentación de voltaje: tablero trifásico

## 8. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos a lo largo del trabajo, se puede llegar a las siguientes conclusiones, sujetándose a los objetivos, alcance, resultados y trabajo desarrollado.

- El tablero implementado para el laboratorio GEIPRO, cumple satisfactoriamente con los procesos propuestos de control, aumento de producción y calidad, además cumple con los niveles de automatización, tecnología y versatilidad usadas actualmente en la industria colombiana.
- El sistema robustece significativamente una mediana planta de producción, garantizando un alto porcentaje de uniformidad en productos elaborados, esto se ve reflejado en el índice de estandarización, características fundamentales para la obtención confiable del producto final.
- El previo diseño, análisis y cálculo de cada uno de los procesos desarrollados en este proyecto aseguró una mayor posibilidad de acierto al momento de la implementación, aunque a medida que se fue desarrollando se encontraron nuevas alternativas y mejoras importantes en la consolidación de los objetivos propuestos, todo a partir del procedimiento de diseño y planeación estratégica propia de la Ingeniería Industrial.
- Para la realización del presente proyecto, fue necesario aplicar conocimientos de diseño de sistemas neumáticos, mecánicos, eléctricos y de automatización, para implementar dichos conocimientos fue necesario comunicarse con ingenieros de áreas específicas, diseñar y realizar circuitos de potencia y de control, efectuar soportes financieros y cotizaciones de cada uno de los insumos, esto se convierte en un requisito indispensable para plasmar un perfil de ingeniero multidisciplinario, versátil y capaz de desenvolverse en cualquier tipo de área, características importantes en la formación como profesionales.
- El tablero de control tiene la capacidad para integrar satisfactoriamente los procesos del laboratorio GEIPRO, porque posee características de control de plantas con capacidad de mediana producción (cerca a las 10 mil unidades/mes).

## 9. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta el nivel actual de automatización del laboratorio, se puede percibir variadas proyecciones que abren la posibilidad de realizar nuevos proyectos para el sistema, a continuación se muestra los trabajos requeridos directamente en el proceso de producción.

- Etiquetadora automática: es requerido para ampliar el rango de inocuidad del producto, subir el nivel de estandarización y ampliar el proceso de fabricación.
- Fechadora automática: es muy importante que cada producto lleve su fecha de elaboración y vencimiento, característica indispensable a la hora de hacer su posterior distribución y venta.
- Empacadora automática: el empaque está directamente relacionado con el tiempo de producción, y tal vez es el procedimiento más lento de todos los anteriores, debido a su importancia es necesaria su automatización, la cual requiere de un alto nivel de instrumentación y un procedimiento dispendioso que se puede realizar tomando en cuenta la infraestructura ya elaborada y especificada.
- Aumento en la producción: el tablero fue ideado y diseñado con la cualidad de ampliar fácilmente el rango de su aplicación una vez sea requerido por el grupo, siendo necesario simples modificaciones en la estructura o adquiriendo elementos que permitan la ampliación del control.
- Control avanzado: el proyecto brinda variadas propuestas en cuanto el control automático de procesos entre los que están el control de nivel, control de posición, control de flujo y caudal, etc., en los cuales se pueden implementar y diseñar dispositivos de control con cualquiera de las técnicas usadas en control.
- Sobre el tablero se puede realizar la aplicación SCADA, de monitoreo y adquisición de datos en tiempo real, ya que el autómatas brinda la posibilidad de realizarse solo bajo protocolos de comunicación industrial.

## BIBLIOGRAFIA

ATYCA. 2005, La Seguridad Industrial Fundamentos y Aplicaciones. Prentice hall.

Bernal C.A. 2008. Metodología de la investigación. Naucalpan Estado de México: Practice Hall 2ª Edición.

CREUS S. SOLE 2010. Instrumentación Industrial, Editorial Marcombo, 8ª Edición.

INGENIERÍA DE CONTROL MODERNA, 4ª edición, 2013. Katsuhiko Ogata. Prentice Hall.

MANDADO P. ENRIQUE 2009. “Autómatas Programables y Sistemas de Automatización”. Editorial Marcombo, S.A 1ª Edición.

MERCADO SALVADOR H 2008. Como Hacer Una Tesis: Editorial Limusa 2ª Edición.

NIEBEL BENJAMIN 2011. Ingeniería industrial: métodos estándares y diseño del trabajo. Alfaomega. 11ª Edición.

REYES C. FERNANDO 2011. “Robótica” control de robots manipuladores. Editorial Marcombo, 1ª Edición.

Sabino A. C. 1996. Como Hacer Una Tesis. Santafé de Bogotá: Editorial Panamericana 1ª Edición.

SISTEMAS DE CONTROL CONTINUOS Y DISCRETOS, 2010. John Dorsey. McGraw-Hill.

SAVANT C.J 2010. Diseño Electrónico. Editorial Priale. 3ª Edición.

## ANEXOS

- A este informe se anexa la siguiente documentación:
- Anexo 1. Dimensiones del cofre
- Anexo 2. Distribución de los elementos
- Anexo 3. Elementos
- Anexo 4. Fuente Mitsubishi
- Anexo 5. Información tablero
- Anexo 6. Interruptor principal
- Anexo 7. Micromaster 420
- Anexo 8. Motor principal
- Anexo 9. PLC S7 -200
- Anexo 10. PLC S7 -200
- Anexo 11. Reles
- Anexo 12. Totalizador moller
- Anexo13. Manual PLC S7-200
- Anexo 14. Manual variador de velocidad
- Anexo 15. Manual operativo tablero de control

Todos los anteriores anexos mencionados se entregan en medio magnético.