



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA
Y MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN
DE UN PROTOTIPO DE PROCESO DE
ELECTROCOLORACIÓN Y SELLADO DEL ALUMINIO CON
INTERFACE HMI PARA EL LABORATORIO DE ANODIZADO
DE LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL
S.A DE LATACUNGA”**

AUTOR: NELSON IVÁN LAICA FALCÓN

DIRECTOR: ING. MARIO LARA

CODIRECTOR: ING. MARCO PILATASIG

LATACUNGA

2016



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PROCESO DE ELECTROCOLORACIÓN Y SELLADO DEL ALUMINIO CON INTERFACE HMI PARA EL LABORATORIO DE ANODIZADO DE LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A DE LATACUNGA”**, realizado por: **NELSON IVÁN LAICA FALCÓN**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **NELSON IVÁN LAICA FALCÓN** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, agosto de 2016.



Ing. Mario Lara
DIRECTOR



Ing. Marco pilatasig
CODIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **NELSON IVÁN LAICA FALCÓN**, con cédula de identidad N°0503510885, declaro que este trabajo de titulación **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PROCESO DE ELECTROCOLORACIÓN Y SELLADO DEL ALUMINIO CON INTERFACE HMI PARA EL LABORATORIO DE ANODIZADO DE LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A DE LATACUNGA”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, agosto de 2016.



Nelson Iván Laica Falcón.

050351088-5

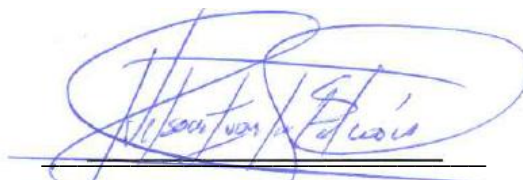


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **NELSON IVÁN LAICA FALCÓN**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PROCESO DE ELECTROCOLORACIÓN Y SELLADO DEL ALUMINIO CON INTERFACE HMI PARA EL LABORATORIO DE ANODIZADO DE LA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A DE LATACUNGA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, agosto de 2016.



Nelson Iván Laica Falcón.

050351088-5

DEDICATORIA

El presente trabajo fruto de mi esfuerzo y dedicación se lo dedico:

A mi Esposa Evelyn y mi querida Hija Dánae a mis Padres Luis y Amparito y a mi tío Nelson quien fue un, las personas más importantes de mi vida, por el gran esfuerzo que paralelamente conmigo han hecho.

Iván

AGRADECIMIENTO

A DIOS Y A LA VIRGEN SANTISIMA

Por concederme bendiciones y permitirme concluir un ciclo importante
más en mi vida..

A MIS PADRES

Por su apoyo y consejo y porque sin ustedes no sería lo que soy.

A MIS HERMANOS

Por estar en mi vida y ser parte de este esfuerzo. Y como muestra de
que las metas que uno se fija se pueden lograr.

A MIS TUTORES

Por ser piezas fundamentales en todo el desarrollo y culminación del
proyecto, pero sobre todo por ser unas grandes personas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN(PUBLICACIÓN BIBLIOTECA VIRTUAL)	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN	xxii
ABSTRACT.....	XXii

CAPÍTULO I1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONCEPTUALES

1.1 Antecedentes.	1
1.2 Sistemas de electrocoloración y sellado del aluminio.	2
1.3 Procesos productivos.....	2
1.3.1 Películas anódicas en aluminio.	5
1.3.2 Coloración de perfiles de aluminio.	6
1.3.3 Electrocoloración.....	7
1.3.4 Etapas de anodizado de color.....	7
a. Desengrase.....	8
b. Decapado.....	8

c. Soda.	8
d. Neutralizado.....	8
e. Anodizado.....	9
f. Electrocoloración.....	9
g. Control de calidad.....	11
h. Sellado.....	11
i. Secado.....	12
1.4 Generalidades control y automatización de procesos industriales...	12
1.4.1 Automatización industrial.....	12
1.4.2 Control de procesos.....	13
1.4.3 Tipos de sistemas de control.....	14
1.4.4 Tipos de control.....	15
1.4.5 Controladores todo o nada (on-off).....	16
1.5 Sensores y actuadores.....	17
1.5.1 Sensores industriales.....	17
1.5.2 Actuadores industriales.....	17
1.5.3 Finales de carrera.....	18
1.5.4 Detectores de nivel.....	18
1.5.5 Termocupla.....	18
1.5.6 Motores de corriente continua.....	18
1.5.7 Electroválvulas.....	19
1.5.8 Cilindros neumáticos.....	19
1.6 Controladores lógicos programables (PLC).....	20
1.6.1 Componentes básicos del PLC.....	21
1.7 PLC siemens simatic S7-1200.....	22

1.7.1	Introducción.....	22
1.8	Comunicación industrial.	23
1.8.1	Interfaz profinet integrada.	23
1.8.2	Comunicación con controladores y equipos HMI.	23
1.8.3	Comunicación con equipos de otros fabricantes.....	24
1.9	Step 7.....	24
1.9.1	Generalidades.....	24
1.9.2	Tipos programación.	25
	a. Programación lineal.	25
	b. Programación estructurada en áreas.	25
	c. Programación estructurada.	26
1.9.3	Leguajes de programación.....	26

CAPÍTULO II30

DISEÑO DEL PROTOTIPO DE ELECTROCOLORACIÓN Y SELLADO DEL ALUMINI270

2.1	Introducción.....	27
2.2	Diseño mecánico del prototipo.....	27
2.2.1	Análisis de parámetros iniciales de diseño.....	27
2.2.2	Estructura del prototipo.	27
2.2.3	Selección de materiales.	28
2.2.4	Diseño CAD del prototipo.....	30
2.2.5	Análisis estático de la estructura.....	34
2.2.6	Resultados obtenidos.....	37

2.3	Diseño electrónico.....	39
2.3.1	Introducción.....	39
2.3.2	Tarjeta de disparo de scr.....	39
2.3.3	Resultados de obtenidos en el control de scr.....	42
2.4	Montaje de componentes mecánicos.....	44
2.4.1	Componentes del prototipo	44
2.4.2	Ensamble de prototipo de electrocoloración y sellado del aluminio.	48
2.5	Montaje del rectificador controlado.	54
2.5.1	Componentes de tarjeta electrónica del rectificador.	54
2.5.2	Ensamblaje de la tarjeta de disparo de scr para el rectificador.....	56
2.6	Montaje e implementación de tablero de control.....	58
2.6.1	Componentes para la implementación del tablero de control.....	58
2.6.2	Distribución interior del tablero de control.	60
2.6.3	Consideraciones para el montaje del tablero.	61
2.6.4	Instalación de la cabina de control	67

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL TECNOLOGÍAS EMPLEADAS

3.1	PLC SIMATIC S7-1200.....	69
3.1.1	Plc simatic s7-1200, cpu1214c.....	70
3.1.2	Módulos de comunicación cpu 1214c ac/dc/rele.....	72
3.2	Sistema de control.	73
3.2.1	Software Tia portal v11.	73

3.2.2	Entorno de trabajo de tia portal.....	74
3.2.3	Creación del proyecto en el software tia portal.	76
3.2.4	Insertar y configurar el controlador en tia portal.	76
3.2.5	Configuración del protocolo IP.	77
3.2.6	Asignación y configuración de módulos de comunicación.	78
3.3	Programación del plc.....	78
3.3.1	Elementos y variables que intervienen en cada cuba.	79
a.	Cuba de enjuague color.	79
b.	Cuba de color en tonalidad bronce.	79
c.	Cuba de color en tonalidad dorado.	80
d.	Cuba de enjuague de color.	81
e.	Cuba de sellado frio.	82
f.	Cuba de sellado caliente.....	82
g.	Cuba de enjuague frio del sellado.....	83
h.	Cuba de enjuague caliente del sellado.....	84
3.3.2	Desarrollo del diagrama de flujo de programación del plc.....	85
3.3.3	Ciclo de funcionamiento del plc S7-1200.	87
a.	Comunicación PC-PLC.	87
3.3.4	Programa proceso completo en el plc.....	88
3.4	Programación del hmi.	88
3.4.1	Diagrama de flujo de operación del hmi.....	88
3.4.2	Características de labview dsc.....	89
3.4.3	Diseño de la interface humano máquina en labview.	89
3.4.4	OPC'S	90
3.4.5	Creación de opc's.	91

3.4.6 Configuración del opc client.	93
3.4.7 Asignación de opc en el hmi.	94
3.4.8 Ejecutable de la Interface Hombre Maquina (HMI) en labview.....	95

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

4.1 Pruebas de tonalidad en probetas de aluminio.	101
4.2 Pruebas realizadas en ACC.	102
4.2.1 Tipo de acabado sin rectificación de onda.	102
4.2.2 Tipo de acabado de color con control de rectificación.	105
4.2.3 Resultados obtenidos.....	109
4.2.4 ACC1.....	109
4.2.5 ACC2.....	111
4.2.6 ACC3.....	113
4.2.7 ACC4.....	116

CAPÍTULO V.....128

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	119
5.2 RECOMENDACIONES	121

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Componentes y concentraciones químicos del proceso.	11
Tabla 2 Dimensiones de perfiles laminados	29
Tabla 3 Especificaciones técnicas de perfiles laminados	29
Tabla 4 Componentes construidos para el prototipo.....	44
Tabla 5 Componentes necesarios para el prototipo.....	45
Tabla 6 Piezas varias para sujeción	47
Tabla 7 Elementos electrónicos para el control de disparo de SCR'S	55
Tabla 8 Componentes varios para tarjeta de disparo de SCR'S.....	56
Tabla 9 Materiales para la implementación del tablero de control.	58
Tabla 10 Descripción de indicadores de estado de la tarjeta.....	64
Tabla 11 Características técnicas cpu 1214c ac/ad/rele	71
Tabla 12 Módulos de comunicación para la cpu 11214c ac/dc/rele.....	73
Tabla 13 Requerimientos instalación de software.....	74
Tabla 14 Elementos, variable y monitoreo de enjuague color bronce.....	79
Tabla 15 Elementos, control y monitoreo de variables cuba tono bronce	80
Tabla 16 Elementos, control y monitoreo de la cuba de tono en dorado.	81
Tabla 17 Elementos, control y monitoreo de variables enjuague color	81
Tabla 18 Elementos, control y monitoreo de variables de sellado frío	82

Tabla 19Elementos, control y monitoreo de variables sellado caliente.....	83
Tabla 20Elementos, control y monitoreo de variables ejuague sellado	84
Tabla 21Elementos, control y monitoreo de variables enjuague caliente del sellado.	84
Tabla 22Referencias de acabados de CEDAL S.A.....	101
Tabla 23Compuestos químicos y concentración en las cubas 13, 14	107
Tabla 24Parámetros y composición para la cuba de tonalidades en Bronce referenciado al ACC1.....	110
Tabla 25Parámetros y composición para la cuba de tonalidad de color bronce referenciado al acabado ACC2	112
Tabla 26Parámetros y Composición para la cuba de tonalidad de color bronce referenciado al acabado ACC3	115
Tabla 27Parámetros y composición química para el acabado ACC4	117
Tabla 28Comparación de Matrices de color de la empresa Cedal Vrs Resultados de color obtenidos en el prototipo.	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Horno de fundición de aluminio.....	2
Figura 2 Materia prima.....	3
Figura 3 Área de matricería.	3
Figura 4 Prensa #1 de extrusión de aluminio.....	4
Figura 5 Tanque Natural, proceso de anodizado.	4
Figura 6 Tanque de Bronce, proceso de Electrocoloración.	4
Figura 7 Proceso de pintura electrostática.....	5
Figura 9 Proceso de empaque.....	5
Figura 10 Estructura porosa del óxido de aluminio	6
Figura 11 Proceso electrocoloración capa de óxido superficial.	7
Figura 12 Diagrama de proceso electrocoloración.....	10
Figura 13 Sistema de control de lazo abierto.....	14
Figura 14 Sistema de control lazo cerrado.....	15
Figura 15 Sistema a lazo cerrado con un controlador on – off.....	16
Figura 16 Electroválvula.....	19
Figura 17 Cilindro neumático doble efecto.....	20
Figura 18 Diagrama de bloques de información para un PLC.	21
Figura 19 Estructura de un controlador lógico programable.	21

Figura 20 Plc siemens simatic s7-1200.....	22
Figura 21 Vista del portal del software Step7.....	24
Figura 22 Esquema de la programación lineal.....	25
Figura 23 Esquema de la programación estructurada en áreas.	25
Figura 24 Esquema de la programación estructurada.	26
Figura 25 Estructura de sujeción de cubas.....	30
Figura 26 Puente neumático.	31
Figura 27 Rack.....	31
Figura 28 Dedos de contacto proceso de electrolisis.....	32
Figura 29 Barras de contacto.....	32
Figura 30 Ubicación de barras de contacto en las cubas.....	33
Figura 31 Ensamble del prototipo de electrocoloración y sellado.	34
Figura 32 Definición de material en el estudio de solidworks.....	35
Figura 33 Soportes fijos del prototipo.....	35
Figura 34 Distribución de cargas sobre la estructura.....	36
Figura 35 Ejecución del estudio en solidworks.	36
Figura 36 Mallado de la estructura de prototipo.....	37
Figura 37 Desplazamiento total.	37
Figura 38 Tensión equivalente Von-Mises.....	38
Figura 39 Factor de seguridad.....	38

Figura 40 Circuito de disparo de scr en isis.	39
Figura 41 Pcb layout, Placa en software ares.	40
Figura 42 Visualización 3D placa.	40
Figura 43 Visualización inferior de la placa de control.	40
Figura 44 Circuito de potencia de scr.	41
Figura 45 PCB layout circuito de potencia de scr's.	41
Figura 46 Visualización 3D de la placa de potencia.	42
Figura 47 Visualización de pistas de la placa de potencia.	42
Figura 48 Formas de ondas obtenidas en control de scr's.	42
Figura 49 Onda rectificada.	43
Figura 50 Estructura principal ensamblada.	48
Figura 51 Ubicación de cubas en la estructura del prototipo.	48
Figura 52 Ensamble dedos de contacto.	49
Figura 53 Aislamiento entre dedos de contacto y estructura principal. ...	49
Figura 54 Ensamble de dedos de contacto en las cubas 13, 14.	50
Figura 55 Sistema de dosificación de agua ozmotizada.	50
Figura 56 Sistema de intercambiador de calor.	51
Figura 57 Sumidero de cada cuba.	51
Figura 58 Fijación del cilindro neumático y motor del 24Vdc.	52
Figura 59 Bases para alineación del puente grúa.	52

Figura 60 Mecanismo piñón – cadena.	53
Figura 61 Base rack.	53
Figura 62 Ensamble mecánico del prototipo.	54
Figura 63 Layout placa de baquelita.	57
Figura 64 Ubicación de los elementos en las placas de baquelita.	57
Figura 65 Tarjeta de disparo de SRC'S.	58
Figura 66 Ubicación de elementos en el interior del tablero de mando.	60
Figura 67 Pulsadores e indicadores de control.	62
Figura 68 Colocación de canaletas y riel DIN estándar.	63
Figura 69 Conexión y etiquetación de cableado.	63
Figura 70 Instalación de la tarjeta electrónica de disparo de SRC'S.	64
Figura 71 Etiquetación pulsadores y selectores de cabina de control. ...	65
Figura 72 Control del puente neumático.	66
Figura 73 Tablero de control listo.	67
Figura 74 Ubicación permanente de la cabina.	67
Figura 75 Conexión señales entradas y salidas en la cabina.	68
Figura 76 Partes principales plcsimatic S7-1200	69
Figura 77 Cpu 1214cac/dc/rele	70
Figura 78 Software tia portal.	74
Figura 79 Entorno de trabajo - vista del portal	75

Figura 80 Entrono de trabajo - vista del proyecto	75
Figura 81 Tia portal.....	76
Figura 82 Creación proyecto en tia porta.....	76
Figura 83 Selección del dispositivos y redes de tia porta.....	77
Figura 84 Selección del controlador en tia porta.....	77
Figura 85 Configuración de la IP en el proyecto.	78
Figura 86 Asignación de módulos de señales al proyecto.	78
Figura 87 Lógica de programación primera parte.	85
Figura 88 Lógica de programación segunda parte.....	86
Figura 89 Comunicación PC–PLC.	87
Figura 90 Digrama de flujo de operación del HMI con el proceso.....	88
Figura 91 Características de Labview	89
Figura 92 Creación del proyecto.	89
Figura 93 Hmi planta de pruebas de acabados de color.....	90
Figura 94 OPC arquitectura cliente - servidor	90
Figura 95 Configuración del opc server.	91
Figura 96 Configuración del canal de opc.....	92
Figura 97 Creación de tags.....	92
Figura 98 Listado de tags para asignar al hmi en labview.	93
Figura 99 Configuración del opc client en labview.	93

Figura 100 Asignación de tags al opc client en labview.	94
Figura 101 Asignación de opc client en las variables del hmi.	94
Figura 102 Aplicación ejecutable en labview.	95
Figura 103 Inicio configuración de aplicación .exe.	96
Figura 104 Información aplicación .exe.	96
Figura 105 Agregar vi para la aplicación .exe.	96
Figura 106 Propiedades del VI aplicación .exe.	97
Figura 107 Versión del vi creado para la aplicación.	97
Figura 108 Nombre del instalador de la aplicación .exe.	97
Figura 109 Elementos agregados en la carpeta del instalador.	98
Figura 110 Aplicación ejecutable .exe.	98
Figura 111 Inicio de la instalación del archivo ejecutable.	98
Figura 112 Datos de instalación aplicación ejecutable.	99
Figura 113 Instalacion de la aplicación .exe.	99
Figura 114 Final de instalación de la aplicación.	99
Figura 115 HMI instalada aplicación ejecutable .exe en labview	100
Figura 116 Reacción de electrocoloración sin rectificador.	102
Figura 117 Reacción química en la probeta.	103
Figura 118 Prueba realizada sin rectificación.	104
Figura 119 Reacción de electrocoloración con rectificación	105

Figura 120 Probeta sumergida 90% en la solución.....	109
Figura 121 Prueba realizada con apertura de poros para Acc1.....	109
Figura 122 Resultado proceso electrocoloración para Acc1.....	110
Figura 123 Comparación de la probeta ACC1 y la matriz de color.	111
Figura 124 Resultado para el ACC1 y el ACC2.	112
Figura 125 Comparación del resultado probeta Acc2 y matriz Acc2....	113
Figura 126 Comparación de resultados en probetas Acc1 y Acc2.....	113
Figura 127 Resultado en la probeta para el acabado Acc3.	114
Figura 128 Comparación acabado Acc3 y la matriz de color	115
Figura 129 Tonalidades obtenidas en proceso.	116
Figura 130 Matriz de color dorado referenciado al acabado Acc4	117
Figura 131 Tonalidades obtenidas en el prototipo realizado.....	118

RESUMEN

La corporación ecuatoriana de aluminio CEDAL S.A al incorporar un laboratorio de anodizados referente al área de acabados, incorpora un prototipo para acabados de color; el mismo que se desarrolló como un tema de tesis para la obtención de título de ingeniero en mecatrónica, el tema se lo ha denominado “Diseño, construcción e implementación de un prototipo de proceso de electrocoloración y sellado del aluminio con interface HMI para el laboratorio de anodizado de la corporación ecuatoriana de aluminio CEDAL S.A de Latacunga”. El prototipo cuenta con un sistema automatizado que controla la posición de un mecanismo de transferencia de probetas, nivel de sustancias de cada cubas, temperaturas de las cubas que necesitan ser monitoreadas, activación de dosificación de agua ozmotizada de todas la cubas, activación de bombas de recirculación, controla también la tarjeta de rectificación de onda que hace posible que la probeta tome un tono de color después de la reacción química, voltajes y corrientes en las cubas donde se realiza el proceso principal. Los sistemas pueden ser visualizados y controlados en la interface humano máquina (HMI), la misma que se desarrolló en el software labview 2012 y que se transformó a un archivo ejecutable; desde el HMI se puede controlar los 6 tipos referentes de color en los cuales se maneja la empresa. El proyecto se plasmó para realizar pruebas de tonalidad de color en probetas (muestras de perfiles de aluminio), pruebas de concentraciones de sustancias químicas, parámetros de temperaturas, voltajes, corriente y tiempos de ejecución del proceso. El prototipo permitirá a la empresa CEDAL S.A obtener nuevas variedades tonos en colores y crecimiento en diferentes ámbitos.

PALABRAS CLAVE:

- **ELECTROCOLORACIÓN**
- **ALUMINIO – INDUSTRIALIZACIÓN**
- **TONALIDAD – COLOR**
- **SUSTANCIAS - QUÍMICA**

ABSTRACT

Ecuadorian aluminum corporation CEDAL S.A incorporating a laboratory concerning the area Anodized finishes, incorporates a prototype color finishes; the same that was developed as a thesis subject for obtaining an engineering degree in mechatronics, the subject has called "Design, construction and implementation of a prototype process electrocoloring and sealed aluminum with HMI interface for laboratory anodized aluminum corporation Ecuador Latacunga CEDAL SA ". The prototype has an automated system that controls the position of a transfer mechanism specimens, level of substances in tanks, temperature of the tanks that need to be monitored, activation dosage ozmotisada water of all the tanks, activation of pumps recirculation, also controls the wave rectification card which enables the specimen take a color tone after chemical, voltages and currents reaction where the main tanks process is performed. The systems can be displayed and controlled on the human machine interface (HMI), the same that was developed in LabVIEW 2012 software and transformed to an executable file; from the HMI you can control the 6 types regarding color in which the company is managed. The project was expressed for testing color tone on specimens (samples of aluminum profiles), testing concentrations of chemicals, parameters temperature, voltage, current and runtimes of the process. The prototype will allow the company CEDAL S.A obtain new varieties in colors and tones growth in different areas.

Keywords:

- **ELECTROCOLORING**
- **ALUMINUM - INDUSTRIALIZATION**
- **HUE - COLOR**
- **SUBSTANCES - CHEMISTRY**

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se realiza el diseño y construcción de un prototipo de electrocoloración y sellado del aluminio para la corporación ecuatoriana de aluminio CEDAL en la planta industrial Latacunga.

En el Capítulo I se encuentra información de los procesos productivos de la corporación ecuatoriana de aluminio, información referente electrocoloración y sellado del aluminio o también conocido como coloración del aluminio e información necesaria para el desarrollo del proyecto.

En el Capítulo II se detalla el diseño del sistema mecánico, con sus respectivos componentes y ensamble; donde se determinan algunos parámetros para su diseño y su construcción. También se detalla sobre el diseño del rectificador controlado sus componentes y sus sistemas.

En el Capítulo III se procede con la implementación de la parte mecánica, la parte eléctrica y electrónica; también la parte de control del prototipo.

En el Capítulo IV se realizan las pruebas y análisis del funcionamiento, además se muestran los alcances, limitaciones y la factibilidad del proyecto.

En el Capítulo V se muestran las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Se incluye anexos y referencias bibliográficas para profundizar en el tema.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONCEPTUALES

1.1 Antecedentes.

La Corporación de Aluminios S.A, CEDAL; es una compañía ecuatoriana constituida en el año 1974, con el propósito de producir y comercializar perfilería y otros productos de aluminio para el uso arquitectónico y estructural.

CEDAL es líder en la producción y comercialización de perfiles de aluminio en el Ecuador, contando con más de 40 Distribuidores Exclusivos localizados en todo el país, además de mantener una sólida presencia comercial en Colombia desde 1979 a través de su compañía afiliada VITRAL, que posee centros de distribución en las ciudades de Bogotá y Cali.

CEDAL es ampliamente reconocida en el mercado nacional y extranjero por la calidad de sus productos, la confiabilidad e integridad de la empresa y su valiosa contribución al desarrollo de la industria del aluminio y la construcción en Ecuador.

En el mes de octubre de 2007, CEDAL certifica su sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001:2000, certificación que comprende la estandarización de procedimientos en la producción y comercialización de productos de aluminio.

En Junio del 2010. El ministerio del Ambiente mediante Resolución No.235 otorga la licencia Ambiental a la planta de CEDAL ubicada en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, ratificando el compromiso de CEDAL con el entorno.

1.2 Sistemas de electrocoloración y sellado del aluminio.

En los procesos de acabados de los perfiles de aluminios el método de electro coloración es uno de los procesos más importante, el cual consiste en dar un determinado color a los perfiles de aluminio mediante un proceso electroquímico, que lleva consigo la reacción de una fuente externa en una solución de ácido sulfúrico, estaño 2 y estabilizador de color de esto depende la intensidad del color en el acabado del producto. La duración de la intensidad del color dependerá en un gran porcentaje del sellado que se al material, el sellado es la parte complementaria del acabado del color, ya que este permitirá que el material metálico insertado en los poros en el proceso de electro coloración se tapen, permitiendo con esto una mayor duración el perfil de aluminio.

1.3 Procesos productivos.

- **Fundición.**

El aluminio recuperado del proceso de extrusión y la perfilería rechazada durante el proceso de producción son nuevamente fundidos, manteniendo las características de su aleación con altos controles metalúrgicos para ser re-utilizados en el proceso de producción, para contribuir con el medio ambiente.



Figura 1 Horno de fundición de aluminio.

Fuente: (CEDAL , 2007)

- **Materia Prima.**

La materia prima para la producción de perfiles de aluminio inicia en los lingotes de diferentes aleaciones como 6063, 6061, 6005 (cilindros de

177.8mm de diámetro y 508mm hasta 2794mm de longitud) que son importados desde los productores en Brasil, Venezuela, Argentina.



Figura 2 Materia prima.

Fuente:(CEDAL , 2007)

- **Matricería.**

La matricería son moldes que dan la forma a cada perfil de aluminio durante el proceso de extrucción. Estas matrices son colocadas en una de las prensas de extrucción donde sufre una deformación plástica,

CEDAL cuenta con más de 3.300 diseños diferentes de matrices, de los cuales muchos son de diseño y uso exclusivo de sus clientes.



Figura 3 Área de matricería.

Fuente: (CEDAL , 2007)

- **Extrusión.**

La extrusión es una deformación plástica en donde un bloque de metal es forzado por compresión a pasar a través de la abertura de un molde (matriz) que tiene un área seccional menor a la del bloque de metal.



Figura 4 Prensa #1 de extrusión de aluminio.

Fuente: (CEDAL , 2007)

- **Anodizado.**

Proceso electroquímico por el cual se forma sobre la superficie del perfil un recubrimiento de óxido de aluminio, el cual toma varias propiedades importantes contra la corrosión.



Figura 5 Tanque Natural, proceso de anodizado.

Fuente: (CEDAL , 2007)

- **Electrocoloración.**

Proceso electrolítico, que puede impartir varias tonalidades cromáticas empleando distintos parámetros de corriente, pH de las soluciones químicas, tiempo y sales minerales.



Figura 6 Tanque de Bronce, proceso de Electrocoloración.

Fuente: (CEDAL , 2007)

- **Pintura Electrostática.**

Es un proceso de acabado superficial que protege a los perfiles de aluminio con una capa de pintura en polvo depositada electrostáticamente y que luego es fundida y curada en un horno de secado durante un lapso de tiempo prudente.



Figura 7 Proceso de pintura electrostática.

Fuente: (CEDAL , 2007)

- **Empaque y Despacho.**

CEDAL empaqueta todos sus productos (perfiles de aluminio) en fundas de polietileno, con el fin de evitar que las piezas tengan defectos (marcas de tráfico o marcas de fricción) y para que se mantengan secas durante el transporte.



Figura 8 Proceso de empaque.

Fuente: (CEDAL , 2007)

1.3.1 Películas anódicas en aluminio.

El aluminio es conocido entre los metales por tener en una excelente resistencia a la corrosión debida en mayor parte, a la formación de una

película de óxido delgada de cerca de 2 a 6 μ de espesor que cubre su superficie. Esta película se forma rápidamente en el aire y se genera cuando es rayada o se quebrada mecánicamente, debido a la gran afinidad del aluminio por el oxígeno, esto que aísla el resto del material, y la oxidación no puede continuar(RINCON, 2011).

Este proceso se puede acelerar bajo la técnica del anodizado, el mismo que es un proceso electrolítico por el cual se forma una capa de protección sobre la superficie del aluminio, la misma que es conocida como alúmina u óxido de aluminio (Al_2O_3). Dicha capa se forma debido al paso de una corriente eléctrica en un electrolito ácido, tomando el aluminio como ánodo. De acuerdo con el espesor de esta capa se obtiene mayor resistencia y durabilidad a los agentes externos como se puede observar en la figura 1.9(Juan G. Castaño, 2010).

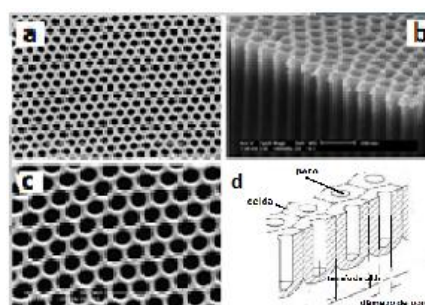


Figura 9 Estructura porosa del óxido de aluminio a) Vista superior, b) vista transversal de la Alúmina porosa c) Alúmina menor grosor de pared, d) Esquema de la alúmina porosa.

Fuente: (Wis Physics, 2012)

1.3.2 Coloración de perfiles de aluminio.

La analogía de una estructura porosa de una capa de óxido formada en medio sulfúrico se asemeja a las fibras textiles y puede, al igual que estas, ser teñida por medio de colorantes especiales derivados de los colorantes de la industria textil. Como la capa es transparente el brillo del metal base se transmite y pueden obtenerse aspectos que ningún otro tratamiento por pintura o barniz es susceptible de igualar. Los colorantes

utilizados para el coloreado del aluminio pueden ser orgánicos o minerales(MEHLER TEX. NOLOGIES, s.f.).

a. Coloración orgánica.

Para el tratamiento pueden ser utilizados numerosos tipos de colorantes. Difieren especialmente en el mecanismo de absorción.

b. Coloración electrolítica.

Para este tratamiento se utilizan óxidos metálicos, que se fijan en las porosidades de la capa de óxido y son muy resistentes a la luz y al calor. Empleada generalmente en aluminios que requieren colores sólidos y que están a la intemperie.

1.3.3 Electrocoloración.

Es un proceso complementario del anodizado que permite darle a la capa de óxido superficial variadas tonalidades de colores, pero manteniendo vivo el atractivo propio como metal del aluminio, condición que lo distingue de la Pintura, además de su mayor dureza y por ello mayor resistencia al desgaste y durabilidad en el tiempo.

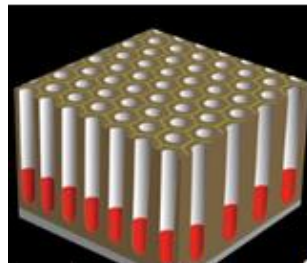


Figura 10 Proceso electrocoloración capa de óxido superficial.

Fuente: (Wis Physics, 2012)

1.3.4 Etapas de anodizado de color.

Según lo expuesto (Pérez A. G., 2006) las etapas para la obtención del anodizado de color mediante un proceso electrolítico, para cada una de estas etapas menciona parámetros de temperatura, corrientes, voltajes y concentraciones adecuadas para dicho proceso entre las cuales se mencionan las siguientes:

a. Desengrase.

Esta etapa consiste en retirar todos los residuos de grasa y aceites que pudiera haber recibido el perfil durante el trayecto desde la extrusión hasta la planta de anodizado; generalmente se realiza con una solución de detergente ligeramente alcalina para mejorar su acción sobre las suciedades, la solución debe humedecer todas las partes del material, el pH del desengrase debe estar entre 9 a 11 la temperatura entre 50 a 80°C.

b. Decapado.

Los decapantes son mezclas de hidróxido de sodio, carbonatos y aditivos, los aditivos sirven para que las superficies del metal sea humedecido uniformemente y obtener un superficie uniforme.

La soda cáustica disuelve el aluminio liberando hidrógeno y formando aluminato de sodio. El Aluminio aumenta constantemente, si el aluminato de sodio no puede ser mantenido en la solución entonces se forman las llamados piedras (Hidratos de óxido de aluminio).

El hidrato de Aluminio se forma en el piso, las paredes y en los tubos de calentamiento, esta capa es bien dura y se retira con mucha dificultad.

c. Soda.

Esta es una solución de soda cáustica de mayor concentración cuya función es dar un ataque profundo a los perfiles con el objetivo de desprender los elementos que no reaccionaron en el decapado, este ataque es de muy poco tiempo.

d. Neutralizado.

Después de los procesos de decapado y soda, los perfiles se cubren de una capa negra y esta se retira en el baño de neutralizado compuesta por una solución diluida de ácido nítrico por una simple inmersión a temperatura ambiente. Posterior a este proceso son importantes los

enjuagues para no contaminar las cubas en las cuales tienen otros compuestos químicos.

e. Anodizado.

El anodizado se puede hacer en diferentes composiciones usando corriente continua o alterna. Dependiendo de las facilidades el método más usado es el método de ácido sulfúrico del 15 al 20%, con corriente continua; teniendo tensiones entre 12 a 20 voltios y una densidad de corriente de 1 a 2 A/dm² con temperatura del baño entre 18 y 22 °C.

En el primer segundo después de conectar la corriente se forma una capa base muy fina, libre de poros dieléctricos la cual se llama capa barrera. Esta capa crece proporcionalmente respecto a la tensión hasta alcanzar un grosor de 0.02nm. Esta capa barrera tiene una resistencia eléctrica sumamente alta.

En las tensiones usuales del anodizado de entre 12 a 20 voltios debería a tensión constante, bajar rápidamente la densidad de corriente y debería parar el crecimiento de la capa.

El óxido de la capa barrera es pre disuelta químicamente por el electrolito; por la tensión de corriente viajan aniones que contienen oxígeno (con la carga eléctrica negativa) a las piezas que funcionan como ánodo y depositan ahí el oxígeno. Por eso se transforma la capa barrera en una capa de poros, que por cada nanómetro cuadrado contiene aproximadamente entre 600 millones a 1000 millones de poros en una capa de 10 micras.

f. Electrocoloración.

La electrocoloración tiene relación con el proceso de electrolisis normal, ya que este proceso interviene una fuente de poder la cual provoca una reacción química de los componentes químicos que se encuentran en un recipiente

En la presente figura 11 se puede observar con mucha claridad en proceso de electrocoloración, en la cual se puede notar que una fuente externa de voltaje interviene en el recipiente que contiene una solución química llamada electrolito, en el mencionado recipiente se encuentra sumergida un probeta de prueba en la cual se aplica una forma de onda alterna compleja que es generada por la fuente externa. La mencionada onda compleja es la que proporciona una tonalidad de color a la probeta que se encuentra sometida (Pérez A. G., 2006).

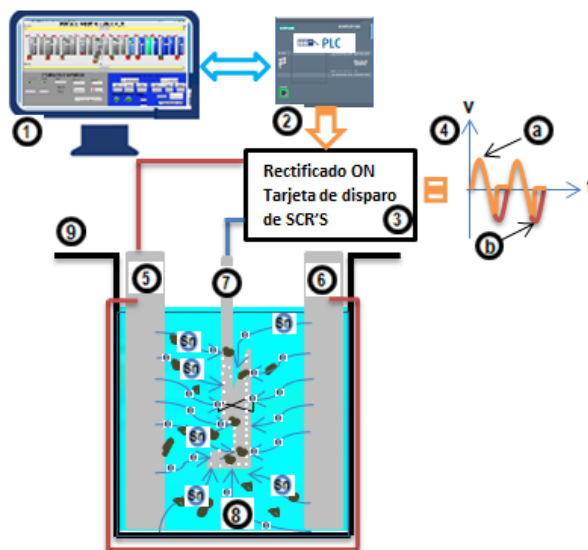


Figura 11 Diagrama de proceso electrocoloración.

La electrocoloración es de mucha importancia para los productos por su gran resistencia al medio ambiente, y la luz solar. El electrolito de estos baños contiene metales pesados como níquel, cobalto, cobre o estaño; las piezas coloreadas en estos baños tienen muy buena resistencia a la luz y mayor resistencia a la corrosión lo que es muy importante para la industria de la construcción arquitectónica.

Las piezas a colorear deben ser enjuagadas intensamente después del anodizado y se colocan en el baño de color, luego de una secuencia programada que es controlada por el equipo de rectificación, se estabiliza en 0.2 A/dm^2 ; en este proceso se colocan pequeñas partículas de metal en el fondo de los poros. La intensidad del color depende proporcionalmente de la cantidad de metal absorbida y del tiempo.

Tabla 1**Componentes y concentraciones químicos del proceso.**

ítem	Componente	cantidad
1	Estaño II	18 g/l
2	Ácido sulfúrico	18 g/l
3	Estabilizador de color	18 g/l

El estabilizador un aditivo que reduce la oxidación del Sn II a Sn IV.

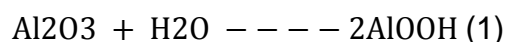
g. Control de calidad.

El personal de la empresa realiza una inspección visual del tipo de color que se ha obtenido en la producción y se compara las diferentes tonalidades de los perfiles con las matrices de colores establecidas por la empresa.

h. Sellado.

Después de un buen enjuague los perfiles entran al baño de sellado, que consiste en agua tratada por Osmosis inversa caliente. En esta etapa final se cierra la capa de óxido todavía abierta y porosa. La resistencia a la corrosión óptima así como la resistencia a la luz del coloreado se obtiene recién después de un buen sellado.

El sellado se hace normalmente a temperatura de 96°C y en un tiempo de 3min. Durante el proceso de sellado la capa de óxido de Aluminio es hidratada, el óxido será transformado en bohemita mediante la siguiente reacción especificada en la ecuación (1):



Como esta transformación esta combinada con un engrandecimiento del volumen llegando al deseado cerrado de los poros. El poder de absorción de la capa de óxido a colorantes es anulado, la reacción no solo pasa en los poros sino también en la superficie de la capa.

i. Secado.

Luego de obtener la producción en su parte final se realiza el secado que consiste en retirar el agua remanente de los perfiles en un horno de secado con aire caliente proporcionado por un quemador a gas; la temperatura de trabajo es aprox. a 50°C.

1.4 Generalidades control y automatización de procesos industriales.

1.4.1 Automatización industrial.

La automatización industrial proviene del griego antiguo auto: guiado por uno mismo, también hace mención al uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.

El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano.

Se menciona la existencia de “cinco formas de automatizar en la industria moderna. Los tipos de automatización son el control automático de procesos, el procesamiento electrónico de datos, la automatización fija, el control numérico computarizado, la automatización flexible”.

Los tipos de automatización mencionados anteriormente de los procesos industriales a través de los años han dado lugar a un avance espectacular de la industria.

El avance de la automatización ha sido posible gracias a una serie de factores entre los que se encuentran las nuevas tecnologías en el campo mecánico, la introducción de las computadoras, y sobre todo el control y la regulación de sistemas y procesos.

1.4.2 Control de procesos.

El objeto de todo proceso industrial será la obtención de un producto final, de unas características determinadas de forma que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado, cada día más restrictivos.

La constancia en las propiedades del producto sólo será posible gracias a un control exhaustivo de las condiciones de operación, ya que tanto la alimentación al proceso como las condiciones del entorno son variables en el tiempo. La misión del sistema de control de proceso será corregir las desviaciones surgidas en las variables de proceso respecto de unos valores determinados, que se consideran óptimos para conseguir las propiedades requeridas en el producto producido.

El sistema de control permitirá una operación del proceso más fiable y sencilla, al encargarse de obtener unas condiciones de operación estables, y corregir toda desviación que se pudiera producir en ellas respecto a los valores de ajuste.

La implantación de un adecuado sistema de control de proceso, que se adapte a las necesidades del sistema, significará una sensible mejora de la operación; los beneficios obtenidos serán:

- Incremento de la productividad.
- Mejora de los rendimientos.
- Mejora de la calidad.
- Ahorro energético.
- Control medioambiental.
- Seguridad operativa.
- Optimización de la operación del proceso/ utilización del equipo.

El control del proceso consistirá en la recepción de unas entradas, variables del proceso, su procesamiento y comparación con unos valores predeterminados por el usuario, y posterior corrección en caso de que se

haya producido alguna desviación respecto al valor preestablecido de algún parámetro de proceso.

El bucle de control típico estará formado por los siguientes elementos, a los que habrá que añadir el propio proceso.

- Elementos de medida (Sensores).
- Elementos de control lógico (Controladores).
- Elementos de actuación (Válvulas y otros elementos de control).

1.4.3 Tipos de sistemas de control.

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados. Estos pueden ser:

- **Sistema de control de lazo abierto.**

Según lo expuesto por (Aquilés Gay) señalan que son “Aquellos en que la acción de control es independiente de la salida, es decir, que la señal de salida no influye sobre la entrada”.

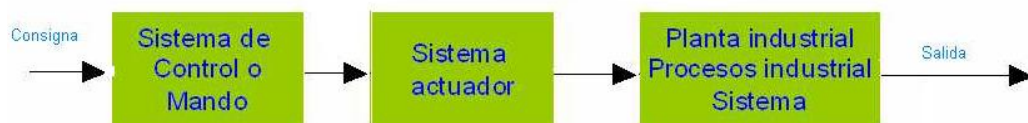


Figura 12 Sistema de control de lazo abierto

- **Sistema de control de lazo cerrado.**

Los sistemas de control de lazo cerrado son aquéllos en los que la acción de control depende tanto de la entrada de referencia como del valor de la salida. En estos casos la salida del sistema actúa sobre la entrada para mantener su valor dentro de los límites fijados. Cuando la salida ejerce influencia sobre la entrada se dice que hay realimentación.

- **Realimentación.**

La analogía de realimentación es el hecho de reinyectar a la entrada de un sistema una parte (o una función) de la salida, por medio de la señal de realimentación ver en la figura 13. En un sistema se dice que hay realimentación (o retroalimentación) cuando, a través de un circuito llamado lazo (o bucle) de realimentación, la salida actúa sobre la entrada (Uriarte, 2011).

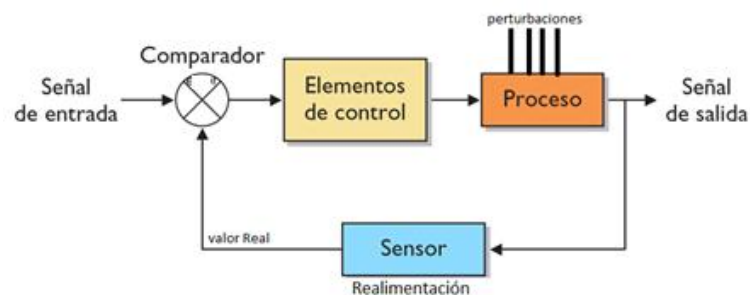


Figura 13 Sistema de control lazo cerrado

Fuente: (Edeso, 2012)

1.4.4 Tipos de control.

Según lo expuesto por (Pastran & Moreno, 2011) la clasificación de los sistemas de control atendiendo al procedimiento lógico usado por el controlador del sistema para regular la evolución del proceso. Los principales tipos de control utilizados en los procesos industriales serán:

Normales:

- Sistemas de realimentación. (Feed-back).
 - Controladores todo o nada (on-off).
 - Controladores proporcionales.
 - Controladores integrales.
 - Controladores derivativos.

Avanzados:

- Control de restricciones (Constraint Control).
- Control del modelo de referencia (Model Reference Control).
- Optimización de unidades.

1.4.5 Controladores todo o nada (on-off).

El control ON-OFF, también llamado todo-nada, es la forma más simple de control por realimentación, es un control de dos posiciones en el que el elemento de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado como se puede observar en la figura 14 .Este método solo acepta dos posiciones para el actuador: encendido (100%) y apagado (0%)(Pinchete, 2013).

Presenta las siguientes características:

- Variación cíclica continua de la variable controlada.
- El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia.
- Funcionamiento óptimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de relación lenta.
- Tiene un simple mecanismo de construcción.

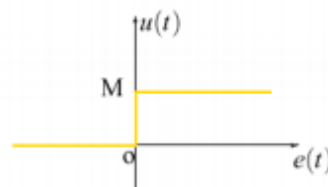


Figura 14 Sistema a lazo cerrado con un controlador ON – OFF.

Fuente: (Pinchete, 2013)

Ventajas:

- Es la forma más simple de control
- Bajo precio de instalación
- Fácil instalación y mantenimiento
- Amplia utilización en procesos de poca precisión.

Desventajas:

- Mínima precisión.
- No recomendable para procesos de alto riesgo

1.5 Sensores y actuadores

Para que un sistema electrónico de control pueda controlar un proceso o producto, es necesario que reciba información de la evolución de determinadas variables físicas del mismo, que en su mayoría no son eléctricas como temperatura, presión, nivel, fuerza, posición, velocidad y desplazamiento.

1.5.1 Sensores industriales.

De acuerdo a (Armesto Quiroga, 2008) un sensor industrial es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas; los sensores y actuadores que se aplican con frecuencia en la industria son:

- Finales de carrera.
- Detectores de nivel.
- Detectores de temperatura.
- Detectores inductivos.
- Detectores capacitivos.
- Detectores ultrasónicos.
- Detectores de presión

1.5.2 Actuadores industriales.

Según lo expuesto por (Armesto Quiroga, 2008) el actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina:

- Accionamientos eléctricos
- Accionamientos neumáticos
- Accionamientos hidráulicos

1.5.3 Finales de carrera.

Dentro de los componentes electrónicos, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limit switch, son pulsadores de marcha y parada de circuitos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil.

1.5.4 Detectores de nivel.

El sensores de nivel de punto o también conocido como flotador magnético, en el cual su funcionamiento es moverse en la superficie del líquido, accionando un sellado herméticamente "Reed switch, interruptor de láminas" en el tallo.

El simple mantenimiento hace que se instale fácilmente, minimizando el impacto, la vibración, la presión; trabaja con una gran variedad de medios de comunicación. El interruptor de láminas puede ser unipolar, (SPST) de un solo polo, o de doble tiro (SPDT) (OMEGA, 2014).

1.5.5 Termocupla.

Este tipo de sensor se fundamenta en la generación de una fuerza electromotriz producida por la unión de dos metales conductores distintos que están sometidos a temperatura, siendo el valor de la fuerza electromotriz, proporcional a ésta. Dependiendo del material de los conductores, se puede encontrar los siguientes tipos más comunes y sus rangos de trabajo:

Termocupla Tipo J: Hierro / Constante; Rango 0 a 600°C

Termocupla Tipo K: Níquel / Cromo Níquel; Rango 0 a 1000°C.

1.5.6 Motores de corriente continua.

Los motores de DC están constituidos por dos devanados internos, inductor e inducido, que se alimentan con corriente continua. El inducido,

también denominado devanado de excitación, está situado en el estator y crea un campo magnético de dirección fija, denominado excitación.

El inducido situado en el rotor hace girar al mismo debido a la fuerza de Lorentz que aparece como combinación de la corriente circulante por él y del campo magnético de excitación. Se recibe la corriente del exterior a través del colector de delgas, en el que se apoyan unas escobillas de grafito y transforman la fuerza eléctrica en fuerza mecánica.

1.5.7 Electroválvulas.

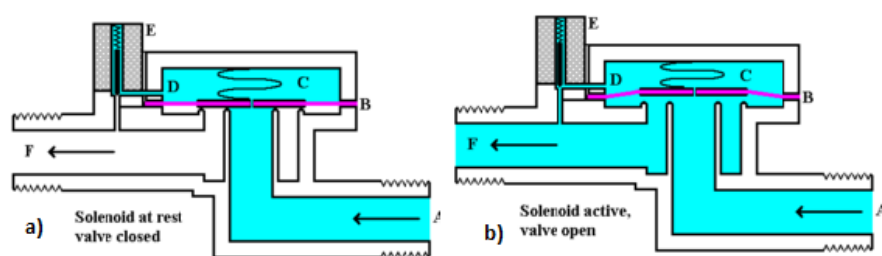


Figura 15 Electroválvula a) No energizada b) Energizada.

Fuente: (Wikipedia, 2014)

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería.

La válvula está controlada por una corriente eléctrica que activa una bobina de tipo solenoide que abre o cierra mediante atracción magnética una válvula que controla el paso de un fluido. Típicamente la válvula se mantiene cerrada por la acción de un muelle, al aplicar corriente al solenoide la abre venciendo la fuerza del muelle y dejando pasar el fluido (Elementos Magnéticos Navarra S.L, 2014).

1.5.8 Cilindros neumáticos.

La función de los actuadores neumáticos es transformar la energía acumulada en el aire comprimido en energía mecánica mediante un movimiento rectilíneo, se denominan generalmente cilindros neumáticos.

El cilindro es un tubo de sección circular constante, cerrado por ambos extremos, en cuyo interior se desliza un émbolo solidario con un vástago que atraviesa uno de los fondos.

El émbolo divide al cilindro en dos volúmenes llamados cámaras y existen dos aberturas en las cámaras por donde puede entrar y salir el aire como se puede apreciar en la figura 16. La capacidad de trabajo de un cilindro viene determinada por su carrera y su diámetro.

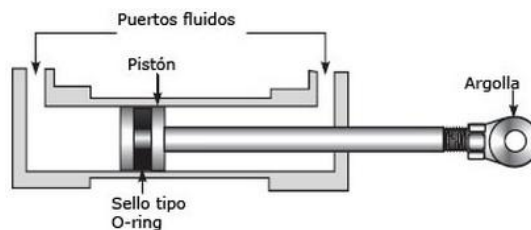


Figura 16 Cilindro neumático doble efecto

Fuente: (Rodríguez Fernández, 2009)

1.6 Controladores lógicos programables (PLC).

Según lo expuesto por (Flores, Terniun, 2010) el controlador lógico programable (plc) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un plc no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos donde conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores, etc) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc.) por otra.

Los plc se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal de tal hecho fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores.

Bedford associates propuso algo denominado controlador digital modular (MODICON, Modular Digital Controler) a un gran fabricante de coches. Otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en ordenador, uno de los cuales estaba basado en el PDP-8. El MODICON

084 (Scheider) resultó ser el primer plc del mundo en ser producido comercialmente.

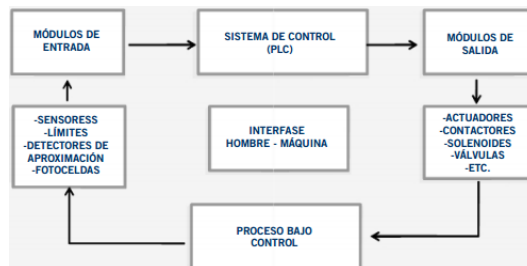


Figura 17 Diagrama de bloques de información para un PLC.

Fuente: (Flores, Terniun, 2010)

El controlador lógico programable es un dispositivo utilizado para controlar y se realiza en base a una lógica determinada, la lógica se define a través de un programa. Es esta última característica la que lo diferencia del resto de los dispositivos, que son capaces de controlar a través de la ejecución de una lógica.

1.6.1 Componentes básicos del PLC.

De acuerdo a (Flores, 2010) Existen una gran variedad de PLC, por lo tanto, sus componentes, así como sus capacidades, varían mucho, sin embargo, se puede considerar que un PLC se encuentra constituido de las siguientes partes. Como se muestra en la figura 18.

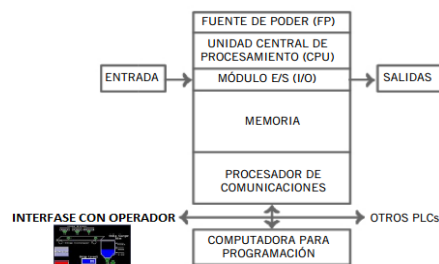


Figura 18 Estructura de un controlador lógico programable.

Fuente: (Flores, Terniun, 2010)

- Fuente de poder.
- Unidad central de proceso.
- Memoria.

- Módulos de entradas y salidas.
- Módulos de entradas.
- Módulos de salida.
- Módulos discretos o lógicos.
- Módulos analógicos.

1.7 PLC siemens simatic S7-1200.

1.7.1 Introducción.

El autómata S7-1200, es el último dentro de una gama de controladores simatic de siemens, es el sucesor del S7-200 y está disponible desde junio del 2009.

El controlador compacto simatic s7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas(SIEMENS, SIEMENS, 2009).



Figura 19 PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200.

Fuente: (SIEMENS, 2009)

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización, por su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para

controlar una gran variedad de aplicaciones; para las cuales se presenta las siguientes características:

- Alta capacidad de procesamiento. cálculo de 64 bits.
- Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- Entradas analógicas integradas.
- Bloques de función para control de ejes conforme a PLCopen.
- Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v11 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panels.

1.8 Comunicación industrial.

1.8.1 Interfaz profinet integrada.

Simatic S7-1200 dispone de una interfaz profinet integrada que garantiza una comunicación perfecta con el sistema de ingeniería simatic step 7 basic integrado.

La interfaz profinet permite la programación y la comunicación con los paneles de la gama simatic hmi basic panels para la visualización, con controladores adicionales para la comunicación de CPU a CPU y con equipos de otros fabricantes para ampliar las posibilidades de integración mediante protocolos abiertos de Ethernet(SIEMENS, Simatic s7-1200, 2009).

1.8.2 Comunicación con controladores y equipos HMI.

Para hacer posible la comunicación con otros controladores y equipos HMI de Simatic, el controlador Simatic S7-1200 permite la conexión con varios equipos a través del protocolo de comunicación S7, cuya eficacia es ampliamente reconocida.

1.8.3 Comunicación con equipos de otros fabricantes.

La interfaz integrada de simatic s7-1200 hace posible una integración sin fisuras de los equipos de otros fabricantes. Los protocolos abiertos de Ethernet TCP/IP nativo e ISO-on-TCP hacen posible la conexión y la comunicación con varios equipos de otros fabricantes.

Esta capacidad de comunicación, que se configura con bloques estándar T-Send/T-Receive del sistema de ingeniería simatic step 7 basic, le ofrece una flexibilidad aún mayor a la hora de diseñar su sistema de automatización particular.

1.9 Step 7

1.9.1 Generalidades.

El software STEP 7 Basic cuenta con un entorno amigable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como PLCs y dispositivos HMI.

Step 7 Basic tiene dos lenguajes de programación (KOP y FUP) que permiten desarrollar el programa de control de la aplicación de forma fácil y eficiente. Asimismo, incluye las herramientas para crear y configurar los dispositivos HMI en el proyecto. Para poder encontrar la información necesaria, Step 7 Basic ofrece un completo sistema de ayuda en pantalla (SIEMENS, Simatic s7-1200, 2009).

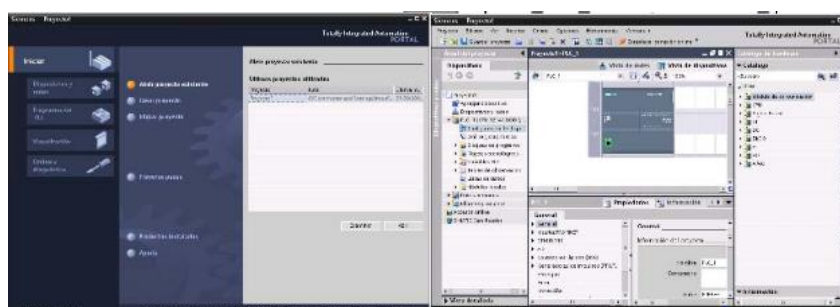


Figura 20 Vista del portal del Software Step7.

1.9.2 Tipos programación.

Los automatismos evolucionan constantemente ganando la capacidad de procesamiento y memoria. De la misma forma evolucionan los tipos de programación logrando realizar seguimiento y modificación en forma más sencilla, SIMATIC S7-1200 puede programarse en tres formas:

a. Programación lineal.

Este tipo de programación es el primer concepto de programación creado simplemente todo el programa se encuentra en Main OB1. Este tipo de programación es confusa cuando el tamaño del programa se incrementa.

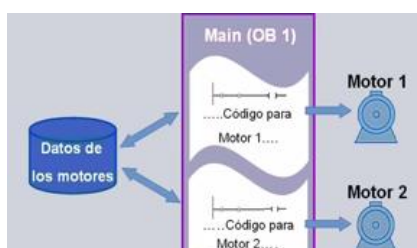


Figura 21Esquema de la programación lineal.

Fuente: (SIEMENS, Simatic s7-1200, 2009)

Esta programación se lleva a cabo por el OB1 main o bloque de organización. Este bloque corre cíclicamente y es el bloque principal de programación, todos ellos son activados por el sistema operativo del PLC.

b. Programación estructurada en áreas.

Este tipo de programación es una forma de simplificar el programa agrupando partes del mismo en subrutinas, Function calls (FC)

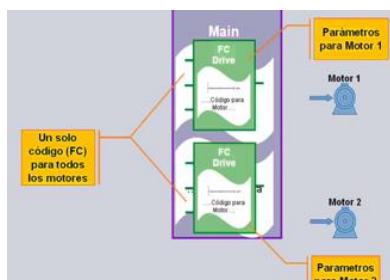


Figura 22Esquema de la programación Estructurada en Áreas.

Fuente: (SIEMENS, Simatic s7-1200, 2009)

c. Programación estructurada.

Esta es la forma más eficiente de simplificar los tiempos de programación esto conlleva a tener más facilidad de seguimiento del programa, el uso de memoria, minimizar la posibilidad de errores, poder estandarizar y reutilizar los códigos. Esta programación se basa mediante Function block (FB).

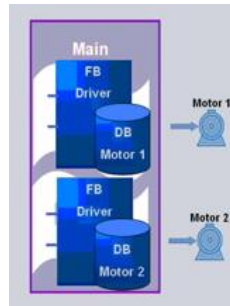


Figura 23Esquema de la programación Estructurada.

Fuente: (SIEMENS, Simatic s7-1200, 2009)

1.9.3 Leguajes de programación.

STEP 7 tiene lenguajes de programación estándar para S7-1200:

- **KOP** (esquema de contactos): es un lenguaje de programación gráfico. Su representación se basa en esquemas de circuitos.

- **FUP** (diagrama de funciones): es un lenguaje de programación que se basa en los símbolos lógicos gráficos empleados en el álgebra booleana. Al crear un bloque lógico, se debe seleccionar el lenguaje de programación que empleará dicho bloque. El programa de usuario puede emplear bloques lógicos creados con cualquiera de los lenguajes de programación.

CAPITULOII

DISEÑO DEL PROTOTIPO DE ELECTROCOLORACIÓN Y SELLADO DEL ALUMINIO

2.1 Introducción.

El prototipo de electrocoloración y sellado tendrá como aplicación proporcionar varias tonalidades de color a probetas de prueba, conservando sus propiedades intrínsecas en aleaciones de aluminio 6063, 6061.

2.2 Diseño mecánico del prototipo.

2.2.1 Análisis de paramentos iniciales de diseño.

Previo a realizar el diseño mecánico de los componentes que intervienen para el desarrollo de este proyecto es necesario realizar una evaluación y para ello se procedió a fraccionar el sistema mecánico de las siguientes partes:

- Estructura de sujeción de cubas.
- Mecanismo de transferencia de probeta.
- Ánodos, cátodos y racks.

2.2.2 Estructura del prototipo.

La estructura del prototipo debe cumplir con la facilidad de poder instalar en ella un sistema de transferencia de probetas que realice desplazamientos lineales que permita la ubicación de la probeta en cada una de las cubas ubicadas en la estructura principal.

La sujeción de cubas para las distintas soluciones que se requieren para este proceso, un sistema de dosificación de agua desmineralizada, un sistema sencillo de refrigeración de sustancias químicas de las cubas que realizarán el proceso de electrocoloración en las cubas 13, 14 y un cuatro bases aisladas para colocar los dedos de contacto para que

genere conductividad eléctrica en el rack cuando este se encuentre abajo con la probeta sumergida en el electrolito.

2.2.3 Selección de materiales.

Al escoger el material a usar, se debe tomar en cuenta que se necesita sólidos para mecanizar engranes rectos, para llegar a dimensiones de diseño.

Adicional se necesitara perfiles conformados de diferentes tipos y planchas para las bases de la estructura y para el mecanismo de transferencia de probetas.

- **Estructura de sujeción de cubas.**

Para la estructura metálica del prototipo se ha seleccionado los siguientes elementos estructurales, de las siguientes características para llegar al diseño requerido como se pueden observar en las tablas 2 y 3 donde se indican las dimensiones y especificación de técnicas respectivamente.

- **Perfil conformado tipo c.**

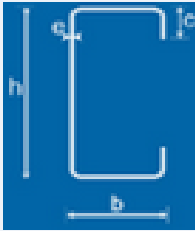
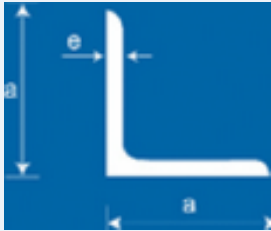
El perfil conformado tipo c constituirá la mayor parte de la estructura del prototipo de electrocoloración y sellado.

NOVACERO fabricante Perfil conformado tipo c especifica la norma NTE INEN 1 623, el límite de fluencia mínimo, la longitud, la tolerancia en longitud y otros parámetros para el diseño como se muestra en la tabla3.

- **Perfil Laminado Tipo Angulo.**

El perfil laminado tipo Angulo constituirá en una mínima parte del prototipo. NOVACERO proporciona las especificaciones técnicas necesario para el diseño como se muestra en la tabla 2 y 3.

Tabla 2
Dimensiones de Perfiles Laminados.

Dimensiones perfil c		Dimensiones perfil L	
			
<i>b (mm)</i>	30	<i>b (mm)</i>	20
<i>c (mm)</i>	10	<i>Espesor (mm)</i>	2
<i>Espesor (mm)</i>	2	<i>Peso (kg/m)</i>	0.6
<i>Peso (kg/m)</i>	1.92	<i>Peso (kg/6m)</i>	3.58
<i>Área (Cm²)</i>	2.44	<i>Área (Cm²)</i>	0.76

En la tabla 2 se puede observar los parámetros de diseño mecánico necesarios para establecer si el diseño es factible en resistencia y fatigación del material.

Tabla 3
Especificaciones técnicas de Perfiles Laminados.

Ítem	Tipo de perfil	Tipo c	Tipo L
1	Normas	NTE INEN 1 623	NTE INEN 2.215
2	Composición química	0.25%C, 1.35%Mn, 0.035%P, 0.04S	0.25%C, 1.35%Mn, 0.035%P, 0.04S
3	Límite fluencia min	$f_y = 2400Kg/(cm^2)$	$f_y = 2400Kg/(cm^2)$
4	Resistencia a tracción	365 MPa	365 MPa
5	Longitud de entrega	6 metros	6 metros
6	Tolerancia en longitud	+40mm – 0mm	±50

2.2.4 Diseño CAD del prototipo.

Determinado los materiales y el diseño anteriormente expuestos se procederá a realizar el diseño CAD detallado. A continuación se realizara la descripción de cada una de las partes constituyentes del prototipo de electrocoloración y sellado.

a. Estructura de sujeción de cubas y mecanismos secundarios.

A fin de garantizar un correcto asentamiento y sujeción de los sistemas secundarios se puede analizar la estructura.

En la figura 24 se visualiza la estructura realizada con perfiles estructurales conformados en frio, de acero ASTM A36, en la estructura se instalara un puente neumático para el desplazamiento horizontal en dos direcciones en el mencionado puente se colocara un motor eléctrico DC que proporcionara el movimiento lineal a lo largo de la estructura, también se colocaran 9 cubas simultáneamente de acuerdo a las sustancias que se depositaran en ellas y al proceso electrolítico, por otra parte se ubicará en la estructura los sistemas eléctrico para el tratamiento electrolítico como los dedos de contacto y barras de conexión entre los dedos de contacto, el sistema de dosificación de agua desmineralizada y el sistema de enfriamiento del electrolito que se encontrara en las cubas 13, 14.

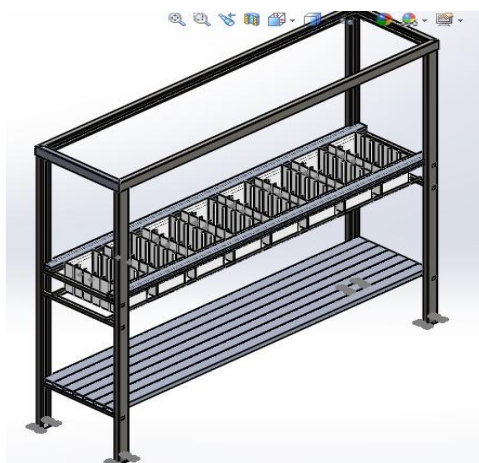


Figura 24 Estructura de sujeción de cubas.

b. Puente neumático.

El puente neumático es el mecanismo que trasladara las probetas en una trayectoria lineal en dos direcciones, dicho mecanismo consta de 3 bases con rodamientos de bolas de un diámetro exterior de 20mm, un cilindro neumático de 30cm de longitud y se instalara un motor de 24 VDC para su movimiento en dos direcciones adelante y atrás, se observa en la figura 25

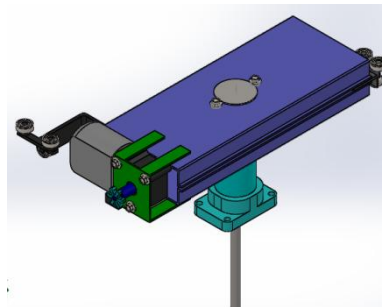


Figura 25Puente neumático.

c. Rack (sujeción de probetas).

En la figura 26 se puede notar el diseño del rack, el mencionado elemento desempeñara la función de sujetar las probetas de pruebas.

El elemento mecánico estará aislado eléctricamente con un polímero para desacoplar de toda la estructura, ya que al momento de realizar el proceso de electrocoloración, el rack tendrá la capacidad de conducir corriente y voltaje para realizar el proceso de electrolisis.

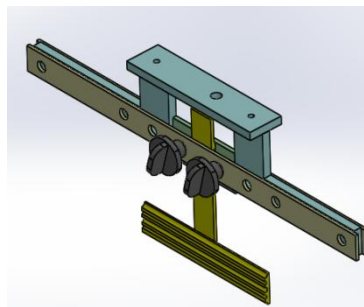


Figura 26Rack (sujeción de probetas y conductividad eléctrica).

d. Dedos de contacto (Ánodos).

En la figura 27 se puede visualizar los dedos de contacto que son mecanismos que ejercerán una fuerza de reacción cuando el rack que contiene la probeta este sumergida en ciertas cubas de la estructura, ayudando con esto a tener un buen contacto para el proceso de electrolisis y poder tener un buen resultado con la tonalidad de color del perfil.

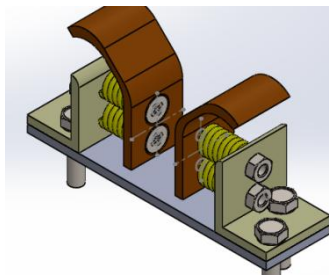


Figura 27Dedos de contacto proceso de electrolisis.

e. Barras de contacto (Cátodos).

Las barras de contacto se ubicaran a los extremos internos laterales de la cuba, las cuales quedan sumergidas en la sustancia un 90%, para la realización del proceso de electrolisis y se las fijaran con tornillos en sus extremos.

Las barras de contacto ayudarán que conducción eléctrica se uniforme a la longitud de la probeta que se someterá al proceso. En Figura 28 se puede notar que los espacios entre las barras no son iguales, esto es debido a los espacios de pared interna de la cuba y por ello se lo diseño de esta manera.

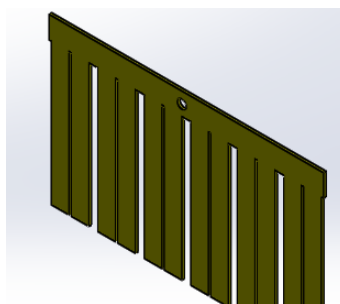


Figura 28Barras de contacto.

En la Figura 29 se indica la ubicación de las barras de contacto en las cubas. El elemento mencionado anteriormente se ubican estrictamente en las cubas número 13, 14 ya que están destinadas para en proceso de electrolítico del acabado en colore de tonalidad en broce y de color en tonalidad en dorado respectivamente.

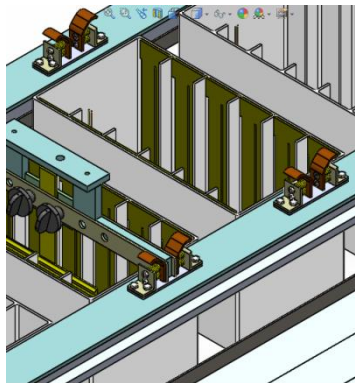


Figura 29 Ubicación de barras de contacto en las cubas.

La información completa en dimensiones y especificaciones se la puede revisar en los planos mecánicos en el anexo C.

f. Ensamble final.

En la Figura 30 se visualizar el ensamble de cada perfil de la estructura con sus elementos secundarios, los cuales se ensamblaron sobre la estructura para evaluar el funcionamiento estático y dinámico de la misma.

En la estructura se puede notar las cubas, las mismas que se encuentran ubicadas de acuerdo a la función que desempeñan; de la misma manera se encuentra ensamblada la parte de las barras de contacto y los dedos de contacto en las cubas 13 y 14 en donde se realiza la electrocoloración; el puente neumático que será en encargado de desplazar la probeta en 4 direcciones las cuales se explicara más adelante.



Figura 30Ensamble del prototipo de electrocoloración y sellado.

2.2.5 Análisis estático de la estructura.

En este parámetro se analizará el comportamiento simplemente de la estructura del prototipo sin sus componentes excepto las cubas que están fijadas a la estructura.

La estructura estará sometida a fuerzas externas para analizar su comportamiento en cuanto a deformaciones, fallas del material y el factor de seguridad de la estructura. El análisis se lo realizará utilizando el software SolidWorks.

Para la realización del análisis se debe tomar en cuenta los requerimientos que se necesitan, a continuación se detallan los mismos.

- **Realizar la estructura del prototipo.**

El diseño CAD de la estructura y el ensamble de cada una de las partes del prototipo se las realizó en el software de diseño SolidWorks, las mismas que se realizaron en la sección 2.2.4 para su análisis posterior.

- **Ejecutar el software.**

Con el diseño CAD procedemos a ejecutar el Nuevo estudio de SolidWorks para el análisis estructural del prototipo.

- **Definición del material.**

La definición del material es un parámetro importante que necesita el software para poder ejecutar el estudio, a continuación se define el material ASTM A36 que corresponde a cada elemento estructural, que conforma parte del prototipo.

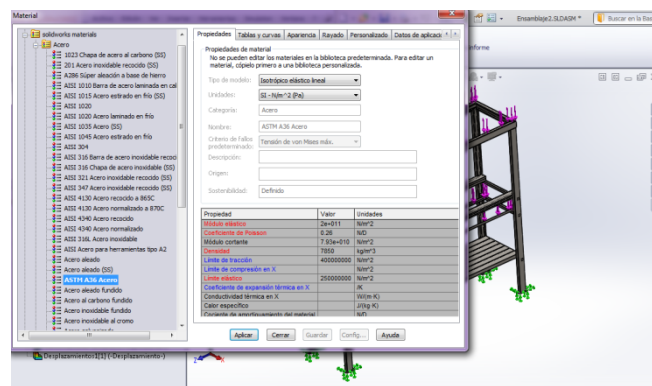


Figura 31 Definición de material en el estudio de SolidWorks.

- **Especificación de restricción de cargas.**

Las cargas y restricciones son primordiales para definir el entorno de servicio del prototipo.

Como primer paso se debe definir el soporte fijo del prototipo como se visualiza a continuación en la figura 32, que se encontrara empotrada en el piso para soportar la estructura y todos los elementos que se instalaran sobre la misma.

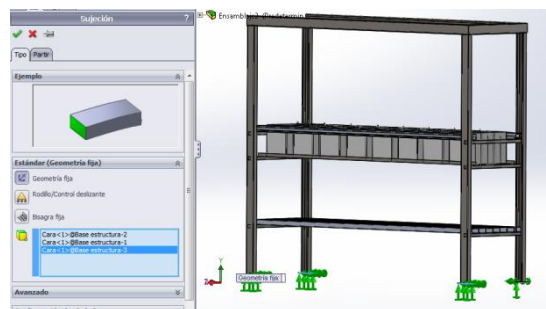


Figura 32 Soportes fijos del prototipo.

Luego de haber especificado los soportes fijos se aplica las cargas. En la figura 33 se puede visualizar a distribución de cargas en la estructura y se detallan a continuación.

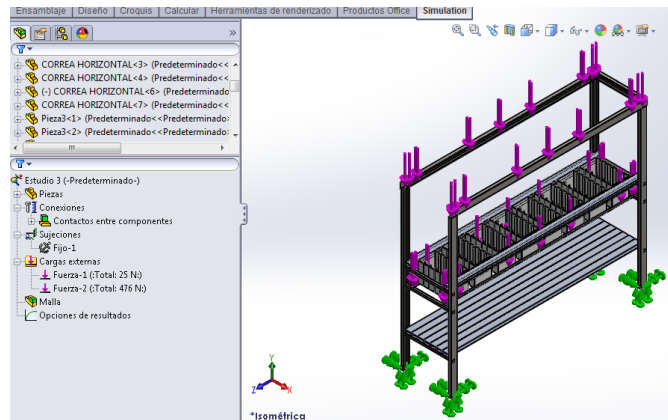


Figura 33 Distribución de cargas sobre la estructura.

La primera carga se colocara en la parte superior de la estructura ya que es donde recorrerá linealmente el puente neumático en esta parte se aplicara un fuerza de 25 **Newton [N]**.

La segunda carga se ubicara en la parte intermedia la cual pertenece a las cubas conjuntamente con las soluciones que se utilizaran en el proceso, en esta parte se aplicara una fuerza de 476[N]. Se aplica estos valores ya que a futuro se puede cambiar el puente neumático o algún componente del mismo. Ver figura 33.

- **Ejecución del estudio para analizar la estructura.**

En la figura 34 se puede observar la ejecución del estudio en software, el cual tiene un proceso de mallado que se puede visualizar más adelante en la figura 35.

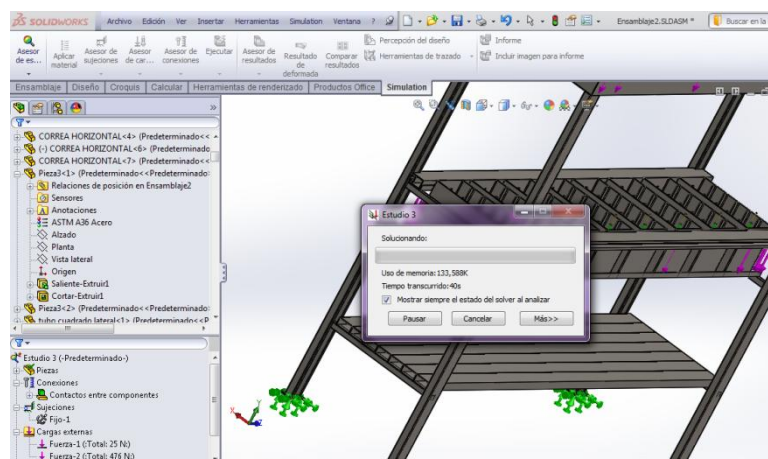


Figura 34 Ejecución del estudio en SolidWorks.

La ejecución del estudio se involucra el proceso de mallado la cual se puede observar en la figura 35, el cual es predominante el mallado, mientras más fina sea el mallado los resultados serán más reales.

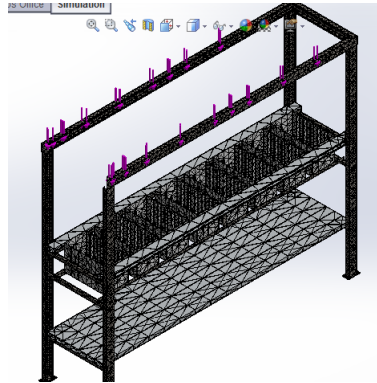


Figura 35 Mallado de la estructura de prototipo

Al finalizar la ejecución del estudio se tiene varios resultados de los cuales se tomara los más necesarios para el diseño, entre ellos están:

- Deformación total.
- Tensión equivalente (Von-Mises).
- Factor de seguridad.

2.2.6 Resultados Obtenidos.

- **Desplazamiento resultante:** En la figura 36 se puede observar las partes de color rojo donde la deformación tiene un desplazamiento resultante máximo de 0.679026 milímetros (mm).

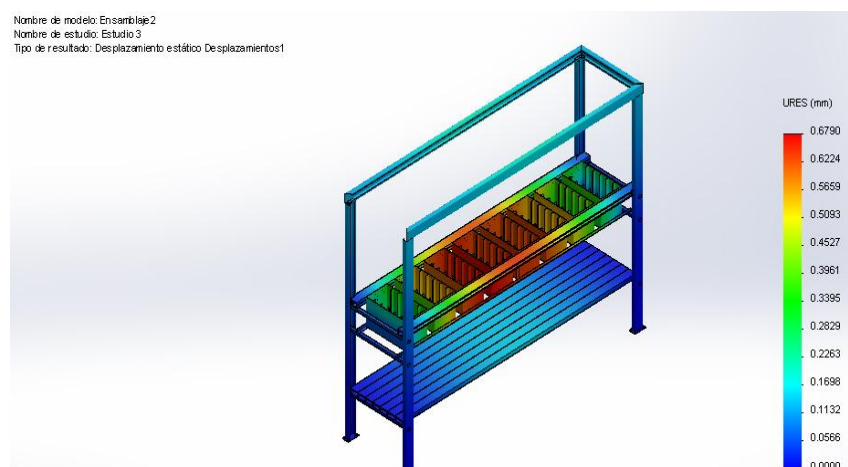


Figura 36 Desplazamiento total.

- **Tensión equivalente (Von-Mises):** En la figura 37 indica en color rojo la tensión máxima de $6.19822e+007$ N/m², se genera sobre la estructura y en donde fallaría la misma.

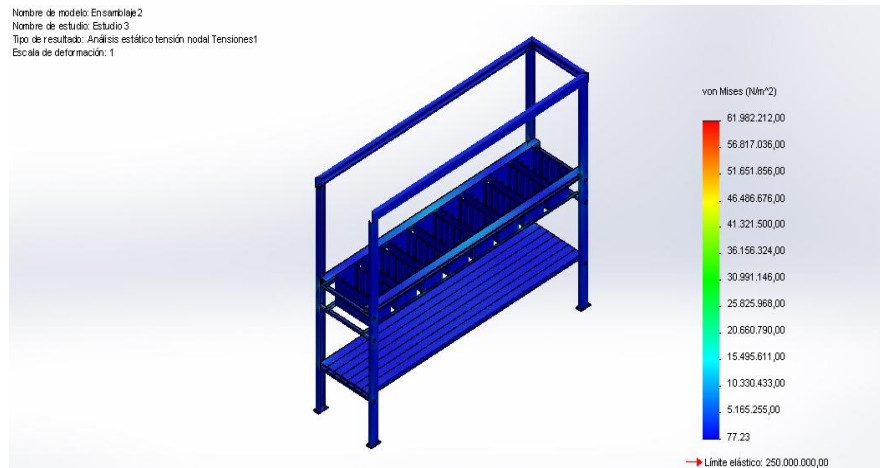


Figura 37 Tensión equivalente Von-Mises.

- **Factor de seguridad:** Este es el parámetro más predominante en el diseño, ya que si tiene un factor de seguridad inferior a 1 el diseño no se podrá ejecutar.

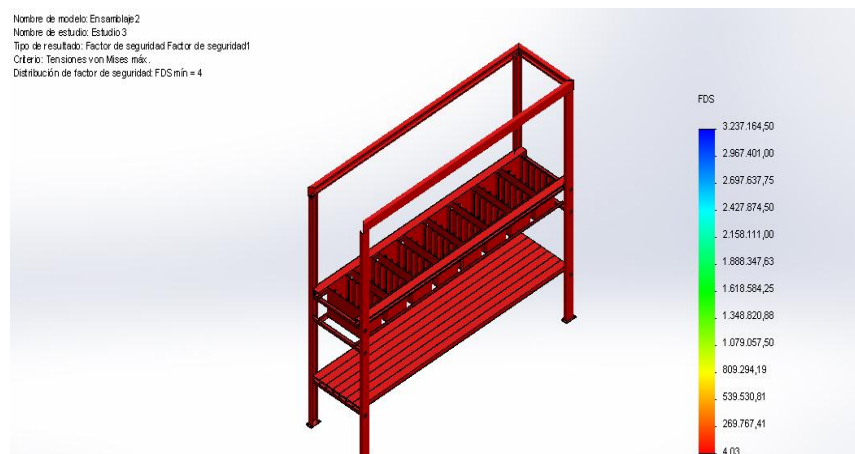


Figura 38 Factor de seguridad.

En la figura 38 indica en color rojo en factor de seguridad mínimo de 4.1; este valor es óptimo para la construcción de la estructura ya que en teoría de diseño de elementos el factor de seguridad de un elemento mecánico debe ser mayor a 1, finalmente el dato del factor de seguridad nos da la plena confianza que la estructura no fallara y será eficiente para el fin que se la diseño.

En consecuencia la estructura resiste a las fuerzas externas que causan los elementos y sub sistemas que constituyen el prototipo y no tiene fallos de seguridad con el material.

2.3 Diseño electrónico.

2.3.1 Introducción.

La electrocoloración del aluminio es un proceso electrolítico en la cual interviene un rectificador controlado en el cual se genera un onda compleja, que permite obtener acabados decorativos aprovechando la porosidad de la capa anódica para colorearla.

Para ello es necesario diseñar un rectificador controlado con tiristores de tipo SCR, como resultado de la rectificación poder controlar una onda sinusoidal según la conducción y parámetros de funcionamiento de los tiristores para obtener varios tipos de ondas complejas que servirán esencialmente al proceso de electrocoloración y poder ejecutar el objetivo de dar color a un perfil de aluminio.

2.3.2 Tarjeta de disparo de SCR.

a. Circuito de control de disparo de SCR.

En la figura 39 se observa circuito de disparo de scr que se realizó en el software proteus versión 8 (Beta). El circuito electrónico se lo realizó en issis y correspondientemente la simulación del mismo.

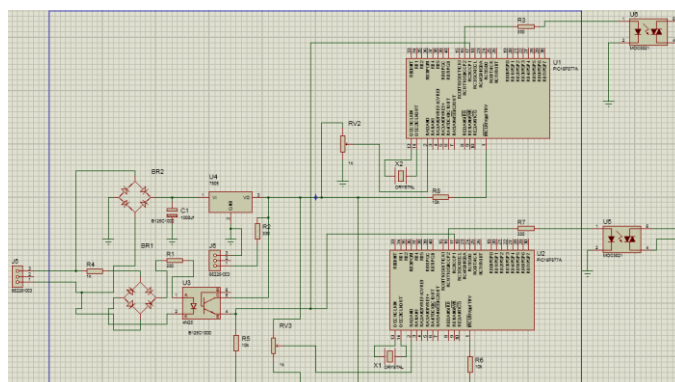


Figura 39 Circuito de Disparo de SCR en ISIS.

b. PCB layout Circuito de control de disparo de SCR.

En la figura 40 se puede notar el circuito de disparo de scr en el software proteus versión 8 (BETA). El pcb layout se la realizo en ares.

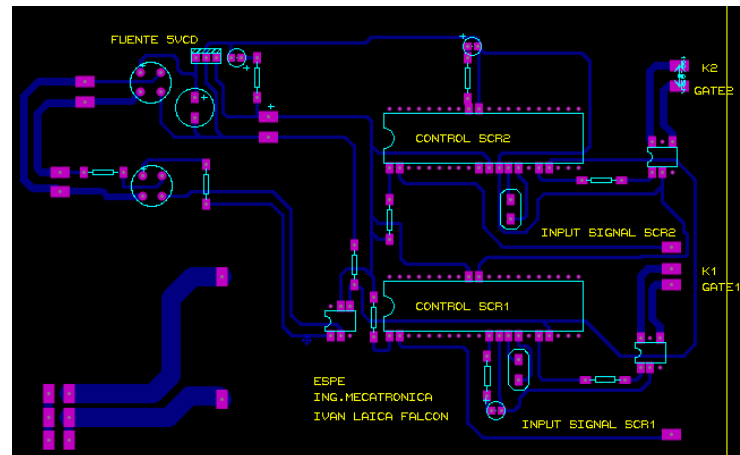


Figura 40PCB layout, Placa en software ARES.

La visualización en 3D de la placa de control de disparo descr se presenta en la figura 41, donde se puede notar los componentes que conforman la Tarjeta de control de disparo de los tiristores scr.

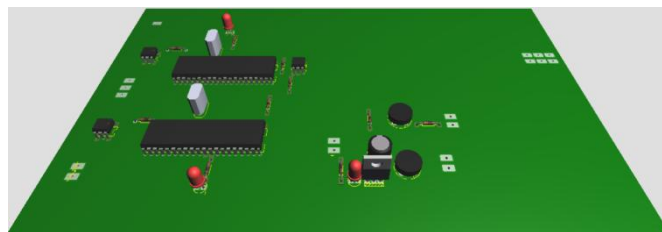


Figura 41Visualización 3D Placa.

En la siguiente figura 42 se nota la parte inferior de la placa de control, observando en la misma las pistas generadas entre los diferentes elementos que conforman la placa de control del rectificador controlado.

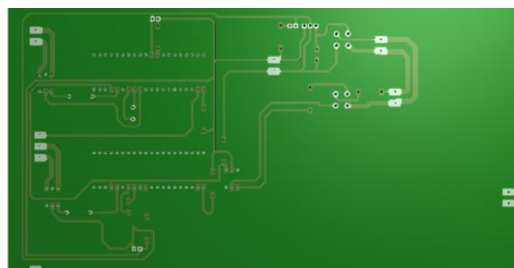


Figura 42Visualización inferior de la placa de control.

c. Circuito de potencia de tarjeta de disparo de tiristores SCR.

La implementación del rectificador controlado con SCR'S comprende el manejo de circuitos de control y potencia.

El circuito de potencia comprende las conexiones de los SCR'S con la carga y la fuente como se observa en la figura 43, donde se controla la forma de onda alterna compleja que se aplicara al proceso cuando la probeta se encuentre sumergida en la solución dispuesta en cualquiera de las dos cubas electrolíticas, la mencionada onda compleja dependerá estrictamente del tipo de acabado que se seleccione en el HMI del prototipo.

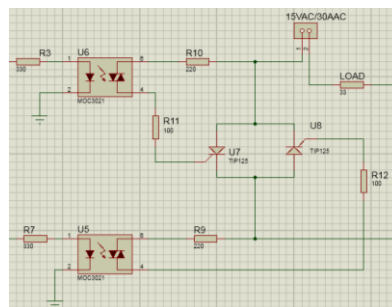


Figura 43 Circuito de potencia de scr.

d. PCB layout Circuito de potencia de SCR'S.

El circuito de potencia de SRC al igual que el circuito de control se lo ha realizado en el software PROTEUS versión 8 (BETA). A continuación se presenta el PCB layout de la parte de potencia que se realizó en ARES.

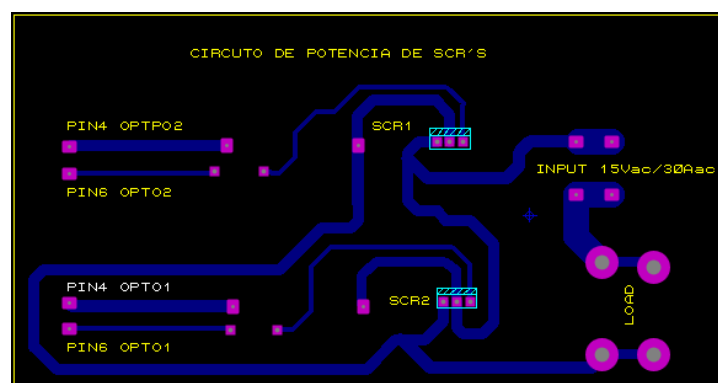


Figura 44 PCB layout circuito de potencia de scr's.

En la figura 45 se visualiza en 3D la Placa de potencial de la tarjeta de disparo de SRC'S

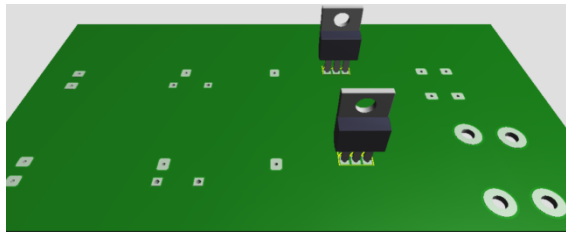


Figura 45 Visualización 3D de la Placa de potencia.

Las pistas generadas entre elementos se pueden apreciar en la figura 46, también podemos apreciar que las pistas son de diferente grosor para la parte de potencia de conexión de los scr's.

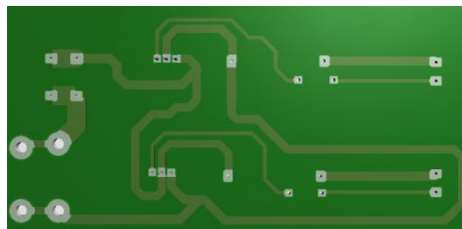


Figura 46 Visualización de pistas de la placa de potencia.

La simulación de la tarjeta de control indicara los tipos de elementos que se requiere realizar un ajuste para el diseño por su buen desempeño, de acuerdo a los requerimientos del control que se necesitan para el proceso.

2.3.3 Resultados de obtenidos en el control de scr

La tarjeta de control proporciona 4 ondas específicas que a continuación se detalla.

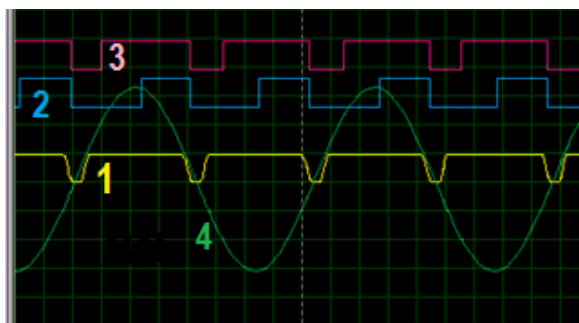


Figura 47 Formas de ondas obtenidas en control de scr's.

- La primera forma onda, se genera en el circuito el cruce por cero como se muestra en la figura 47 de color amarillo, esta onda es la encargada de detectar el cruce por cero que servirá para referenciar el ángulo de disparo de cada SRC.
- La segunda forma de onda, generada indicará la regulación del ángulo de disparo del SCR1 y se puede apreciar en la figura 47. El SCR1 regulará la forma de onda en la parte positiva de la onda alterna compleja.
- La tercera forma de onda, generada por el circuito de control indicará la regulación del ángulo de disparo del SCR2 en la figura 47 se puede visualizar. El SCR2 controlará la forma de onda en la parte negativa.
- La cuarta forma de onda que se puede apreciar en la figura 47 se genera de la fuente de alimentación, sirve de referencia para comprobar el cruce por cero y el disparo de cada uno de los SCR'S.

En la figura 48 se visualiza la onda alterna compleja en la salida del rectificador aplicada a la cuba donde se encuentra sumergida la probeta que es considerada en términos de carga para que se entienda el proceso, al mismo tiempo se distingue la rectificación que sufre la onda de entrada a diferencia de la onda de salida en la cual se puede notar los ángulos de disparo del SCR1 y del SCR2 los cuales complementan la onda alterna compleja.

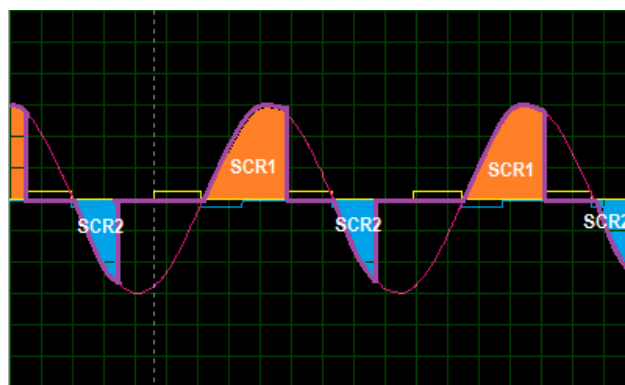


Figura 48 Onda rectificada.

2.4 Montaje de componentes mecánicos.




Concluido el diseño mecánico, diseño electrónico y diseño eléctrico con sus respectivos análisis, se procede a construir las piezas que sean necesarias y comprar los accesorios que requiere el prototipo para su ensamblaje respectivo.


2.4.1 Componentes del prototipo

Los componentes detallados en la tabla 4 se construyeron con maquinaria convencional acorde a los parámetros de diseño especificados anteriormente.

Tabla 4

Componentes construidos para el prototipo.




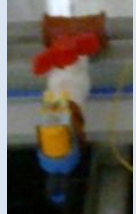

Ítem	Descripción	Cantidad	Imagen
1	Estructura	1	
2	Puente neumático	1	
3	Rack	1	


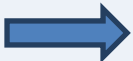





4	Dedos de contacto	4	
5	Barras de contacto	2	

Para mayor información en el anexo C se detallan las medidas y especificaciones de cada uno de los elementos mecánicos que se detallaron en la tabla 4.A partir de la construcción de las piezas, se necesitan actuadores y sensores que se especificaron en la tabla 5 los cuales se instalaron y se acoplaron en las diferentes partes que se especifican en la tabla 5 y se pueden observar en las figuras 24, 25, 26, 28.

Tabla 5

Componentes necesarios para el prototipo.

Ítem	Descripción	Cantidad	Imagen
1	Flotadores	8	
2	Motor con embrague 24vdc	1	
3	Cilindro neumatico doble efecto	1	
4	Electrovalvulas hidraulicas 0.4mA/110v	8	
5	Electrovalvula neumatica 3/2 24vdc	1	

6	Bombas hidráulicas 20lt/min 0.54A/35w/ 110vac	2	
7	Radiadores hidráulicos de aluminio	2	Continua 
8	Niquelinas por inmersión 110vac/5w	4	
9	Termocupla tipo J/10cm/2m	4	
10	Válvulas de tipo mariposa 1/2'	8	
11	Válvulas angulares 1/2'- 3/8'	8	
12	Sensores inductivo alcance 5mm 24vdc	2	

Con adquisición de los componentes detallados en la tabla 5, se procede a la ubicación de cada uno de los componentes en la estructura como se puede visualizar en las figuras de la tabla, de esta manera se requiere piezas adicionales para la sujeción de los componentes en la ubicación correspondiente.

En la tabla 6 se detallan los componentes que son necesarios para la sujeción de los componentes.

Tabla 6**Piezas varias para sujeción.**

Ítem	Descripción	numero
1	Pernos galvanizados 3/8*1/2'	12
2	Pernos de Acero 3/8*1'	20
3	Pernos de Acero 3/8*2'	25
4	Pernos de Acero 3/8*3'	10
5	Pernos de polímero duralon 5/16*3' rosca milimétrica.	16
6	Pernos de Acero cónicos 5/16*3'	14
7	Pernos de acero 5/8*1	8
8	Pernos de Acero 3/16*1	10
9	Espárragos de Acero ¼*21/2	16
10	Tornillo galvanizado auto perforante 3/8*1	20
11	Tornillo galvanizado auto perforante 3/8*2	20
12	Tornillos 3/16*2	25
13	Tueras galvanizadas 1/4	12
14	Tuercas de acero 1/4	40
15	Tuercas de polímero duralon 3*8	16
16	Tuercas de Acero 3*8	7
17	Tuercas de hierro 3/16	18
18	Arandelas de hierro 1/4	50
19	Arandelas de hierro 3*8	14
20	Arandelas de hierro 5*8	8
21	Resortes de INOX de 6espiras*20mm	2

Establecido los elementos para la sujeción de cada uno de los componentes se procede al ensamblaje de los componentes parte mecánica del prototipo.

2.4.2 Ensamble de prototipo de electrocoloración y sellado del aluminio.

Para el ensamble del prototipo se procede a detallar cada parte que conforman el prototipo:

- a. En la figura 49 se visualiza el ensamble de la estructura principal del prototipo, sobre esta estructura se colocan todos los componentes que se detallan anteriormente en las tablas 5, 6, 7. la estructura se encuentra fijada en piso mediante 8 pernos $3/8 \times 1$ con arandelas y tuercas para la medida especificada.



Figura 49 Estructura principal ensamblada.

- b. Se procede a colocar las cubas en las ubicaciones predeterminadas, para la sujeción de las cubas se utiliza platinas de aluminio entre cada cuba y se fija con tornillos $3/16 \times 1$ hacia la estructura principal. Las cubas tienen nombres acorde a su funcionamiento y sustancia que se coloca para la ejecución del proceso, ver la figura 50.



Figura 50 Ubicación de cubas en la estructura del prototipo.

- c. Ubicadas las cubas en la estructura principal, se procede a ensamblar los dedos de contacto (ánodos), para ello se necesita 8 pernos

3/8*1/2', 2 resortes de 6 espiras*8mm de diámetro* 20mm de longitud, para asegurar un buen contacto, para el proceso de electrolisis se emplea láminas de cobre entre la base de los dedos de contacto y los dedos de contacto como se visualiza en la figura 51.



Figura 51 Ensamble dedos de contacto (Ánodos).

En las cubas 13 y 14 se procede a colocar el ensamble de los dedos de contacto, la base de los dedos de contacto se pondrá sobre una lámina de polímero duralon de 5 líneas de espesor que tiene como objetivo aislar totalmente los dedos de contacto de la estructura principal como se puede apreciar en la figura 52.

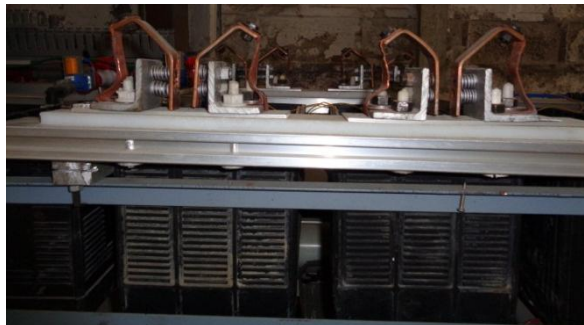


Figura 52 Aislamiento entre dedos de contacto y estructura principal.

Esta parte es importante porque con los dedos de contacto y las barras de contacto se realiza el proceso de electrólisis, si no está aislado, la estructura estará energizada toda lo cual no es conveniente para la ejecución del proceso.

Los dedos de contacto (ánodos) junto con la lámina de polímero de 5 mm de espesor se fijan con 16 pernos de duralon 3/8*3' rosca

milimétrica, 16 truecas de polímero duralon rosca milimétrica como se muestra a continuación en la figura 53.



Figura 53 Ensamble de dedos de contacto en las cubas 13, 14.

- d. Se procede a la instalación del sistema de dosificación de Agua ozmotizada, este sistema consta de 8 electroválvulas de 110vac, 8 válvulas plásticas de paso tipo mariposa para tubería de 1/2', 8 acoples tipo T de 1/2', 11/2 m de tubería pvc de 1/2'. El sistema se instaló en la parte posterior del prototipo como se muestra en la figura 54.

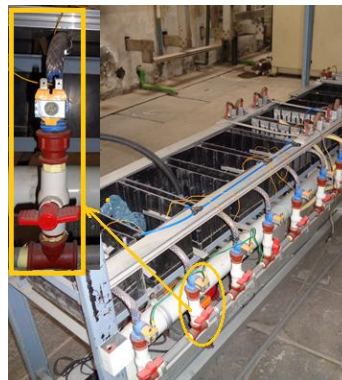


Figura 54 Sistema de dosificación de agua ozmotizada.

- e. La instalación del sistema de intercambiadores de calor. El sistema de intercambiadores consta de: 2 radiadores de aluminio los cuales se han seleccionado por sus propiedades de disipación de calor y por la corrosión que soportan ante ambientes agresivos, 2 bombas de 110vac/0.54Aac/35W de capacidad de 20 lt/min, 1m de tubería de 1/2', 2 metros de manguera plástica de 1/2', 6 acoples tipo codo de

plástico, 2 acoples universales de 1/2', 8 pernos 3/8'*1/2', 8 pernos de 3/8'*3', 8 tuercas de 3/8'

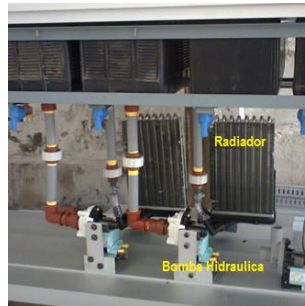


Figura 55 Sistema de intercambiador de calor.

Los sistemas de intercambiador de color se instalan en la ubicación 13, 14 que pertenecen a las cubas de bronce y dorado correspondientemente. Este sistema se instaló en las cubas debido al proceso de electrocoloración del aluminio anodizado que se ejecuta mediante el proceso de electrolisis, en la ejecución de este proceso las temperaturas de las sustancias tienden a elevarse rápidamente por lo que necesitan mantenerse dentro de un rango de 22-25°C.

- f. Se procederá a colocar los sumideros en cada una de las cubas para vaciar las sustancias cuando se requiera realizar nuevas pruebas. Para la instalación de los sumideros se emplearon 8 válvulas angulares de plástico para tubería de 1/2', 8 acoples rectos con rosca interna, 8 sumideros para tanque de tubería de 1/2' y 3 metros de tubería pvc de 1/2' ver en la figura 56.

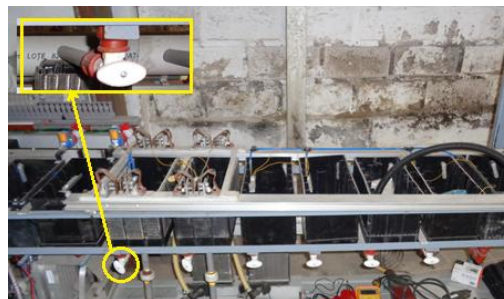


Figura 56 Sumidero de cada cuba.

- g. Ensamblado los componentes de la parte inferior se prosigue a ensamblar el puente neumático en la parte superior. Se instala el

cilindro neumático de doble efecto de 100psi en el centro del tubo cuadrado, el pistón está fijado al tubo cuadrado mediante 2 tuercas 5/16' en su parte superior como se puede observar en la siguiente Figura 57.

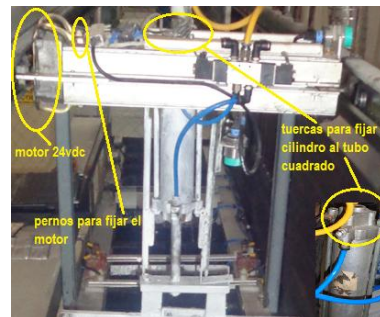


Figura 57 Fijación del cilindro neumático y motor del 24Vdc.

- h. Con la fijación del cilindro neumático se procede a instalar la base del motor del 24Vdc a su lado derecho el cual se fijó con 4 pernos 5/16'*1', al mismo tiempo se coloca el motor con el piñón en la base que fue fijada anteriormente, el motor de 24Vdc se fijó por 4 pernos 3/16'*1' en la figura 57 se puede notar la ubicación y fijación del motor.
- i. Con el ensamblaje de los elementos anteriores se procede a colocar las bases laterales de rodamientos que servirán de guía para el recorrido lineal y para la fijación del puente hacia la estructura, en la siguiente Figura 58 Bases para alineación del puente grúa. 58 se muestra las bases y las ubicaciones de las mismas.

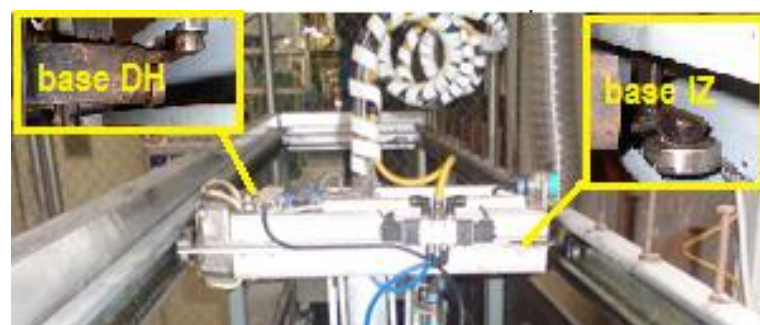


Figura 58 Bases para alineación del puente grúa.

- j. Para la alineación del puente neumático, se procede a colocar la cadena en la correa lateral derecha a lo largo del recorrido que

realizará el puente neumático para ejecutar sus funciones determinadas.



Figura 59 Mecanismo piñón – cadena.

En la Figura 59 el mecanismo piñón – cadena el cual mediante el acople del motor con el piñón se transforma la energía eléctrica en energía mecánica y al acoplarse con la cadena proporciona el movimiento lineal del puente neumático a lo largo de la estructura.

- k. Ensamblado en puente neumático en la estructura se procede a instalar la base Rack (mecanismo de sujeción de cargas), dicho elemento se ubicara en el extremo final del vástago del cilindro que se fijará con un perno de duralon 5/16'*2 rosca mili ver en la Figura 60.
- l. La base del rack se ha construido de polímero de tipo duralon que tiene como función aislar en rack del vástago del cilindro neumático, ya que el rack está involucrado directamente al proceso de electrocoloración y generaría un riesgo de eléctrico.

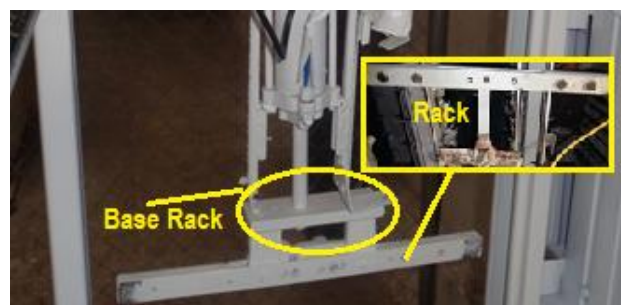


Figura 60 Base rack

Al no aislar dicha parte, las corrientes y voltajes recorrerían toda la estructura del prototipo y podrían causar daños muy graves al personal que operara el prototipo.

m. Finalmente se realiza un reajuste de todos los elementos del prototipo, en la Figura 61 se visualiza el ensamble mecánico de todos los elementos que se han mencionado anteriormente.



Figura 61 Ensamble mecánico del prototipo.

2.5 Montaje del rectificador controlado.

Establecido el ensamblaje mecánico se procede al montaje de la parte eléctrica y electrónica.

2.5.1 Componentes de tarjeta electrónica del rectificador.

Los componentes del rectificador controlado que se compone de dos partes principales que son la parte de control y la parte de potencia.

La parte de control se compone de dos microcontroladores, en donde se realiza la lógica de programación, así mismo la parte de potencia se compone de dos SCR en anti paralelo que son partes centrales del rectificador.

Para el montaje del rectificador controlado consta de varios elementos como se puede notar en la siguiente tabla 7.

Tabla 7

Elementos electrónicos de la tarjeta de control de disparo de SCR'S.

Ítem	Cantidad	Designación de material	Características técnicas
1	1	Transformador reductor	Prima 110/220V-60/50Hz (AC) Secun 12v/600mA (AC)
2	2	Puente rectificador de diodos	12/15V-60/50Hz AC a 12V DC
3	1	Regulador de Voltaje # LM7805	Regulator de input 12/15v- output 5v (DC)
4	1	Capacitor electrolítico	1000uf/35 (VDC)
5	1	Resistencia electronica	220 Ω / +-5% / 1/2W
6	5	Resistencia electronica	330 Ω / +-5% / 1/2W
7	2	Resistencia electronica	10k Ω / +-5% / 1/2W
8	1	Resistencia electronica	2.2k Ω / +-5% / 1/2W
9	2	Diodo led	Color Verde 1.6V / 5mA (DC)
10	1	Diodo led	Color Rojo 1.2V / 5mA (DC)
11	1	Diodo led	Color Azul 3.7V / 20mA (DC)
12	1	Fototransistor # 4N25	Tensión directa V=1.5V / 10mA
13	2	Osciladores de Cristal	Frecuencia 4Mhz
14	2	Microcontrolador PIC16f877A	Alimentación 3.0 – 5.5 VDC Pines 11,32 DC / Pines 12,31 GND
15	2	Potenciómetros	10K Ω
16	2	Relés de estado solido	Alimentación 12VDC / 1CNC- 1CNA
17	2	Optotriacs # MOC3010	
18	2	Resistencia electrónicas	1k Ω / +-5% / 1/2W
19	2	Resistencia electrónica de potencia	2.2 k Ω / R de alambre-espiras/ 5W
20	2	SCR # TIC126D	Imáxcc de 8 A en conexión

Con la adquisición de los elementos es necesario especificados en la Tabla 7, es necesario contar con componentes extras como se presenta

en la Tabla 8 los cuales son necesarios para poder ensamblar la tarjeta de control y potencia.

Tabla 8

Componentes varios para tarjeta de disparo de scr's.

ítem	cantidad	Designación de material	Características técnicas
1	2	Regleta de jumper	Tipo hembra
2	2	Regleta de jumper	Tipo macho
3	1	Luz piloto	110VAC
4	1	Fusible	110V/0.5A (AC)
5	2	Borneras	Para Soldar en placas electrónicas.
6	1	Selector	3 posiciones
7	1	Pulsador	Funcionamiento ON/OFF
8	10m	Alambre AWG 22	24 VDC

Los componentes que se notan en la Tabla 8 son necesario para el ensamblaje de la tarjeta de control de disparo de SCR'S, a continuación se procederá al montaje de los elementos presentados anteriormente en la Tabla 7 y Tabla 8 para la tarjeta electrónica de disparo de SCR'S.

2.5.2 Ensamblaje de la tarjeta del rectificador controlado.

La tarjeta de disparo electrónica de scr's se lo ha realizado empleando métodos y maquinarias convencionales.

- a. Para la construcción de placas electrónicas se toma los datos de diseño que se presentó anteriormente en la página 39 de la Tarjeta de disparo de SCR.
- Tomando en cuenta la datos se procede a imprimirlos PCB layout de las Placas desde el software ares de ipsis en papel fotografía.

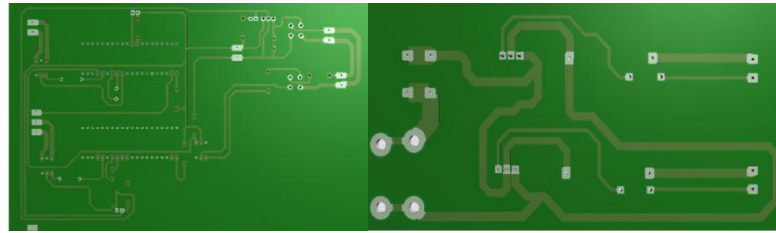


Figura 62Layout placa de baquelita.

- Con procedimientos tradicionales se pasará el PCB layout sobre placas preparadas de baquelita. La primera placa de 10*15cm para control y la segunda placa de 10*10 cm para la parte de potencia las dimensiones son ancho y largo correspondientemente. Donde se quedará impreso en PCB layout sobre la placa de baquelita.
- b. Las placas preparadas y puesto layout correcto se depositan sobre una solución ácida para generar las pistas de cobre acorde al diseño durante un tiempo estimado 30 min.
- c. Con la terminación del anterior proceso se procede a perforar las placas en los sitios donde indica el PCB layout en ARES dispuesto en la sección anterior en la figura 40 y la figura 44.
- d. Ubicar los elementos de acuerdo a la visualización 3D como se puede observar en la sección 2.2.3 literal b la Figura 40.
- Contando con la ubicación de los elementos se procede a soldar los elementos en la placa de baquelita. El material de aporte para soldar los elementos en la baquelita es estaño 60% de aleación y un cautín de 30W de potencia para no dañar los elementos con un exceso de temperatura.

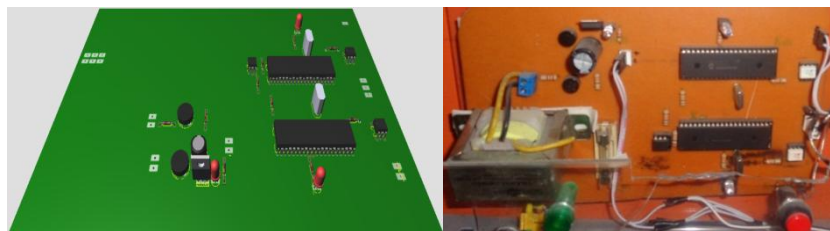


Figura 63Ubicación de los elementos en las placas de baquelita.

- e. La parte final del ensamble de la tarjeta se puede visualizar en la figura 64 donde se nota la su denominacion y su distribucion de todos los elementos que conforman la tarjeta anteriormente mencionada



Figura 64 Tarjeta de disparo de SRC'S.

2.6 Montaje e implementación de tablero de control.

Establecidas la parte mecánica y la parte electrónica se realiza el montaje y la implementación del tablero de control, el cual ayudara en el control de todos los sistemas que conforman el prototipo, desempeñando funciones determinadas para una buena ejecución de instrucciones enlazadas a una tarea predeterminada.

2.6.1 Componentes para la implementación del tablero de control.

En base a los requerimientos del proyecto se elaboró un listado con los elementos necesarios, los mismos que se enlistan en la tabla 9.

Tabla 9

Materiales para la implementación del tablero de control.

Ítem	Cantidad	Designación de material	Características técnicas
1	1	Gabinete metálico	Dimensiones 85*150*40cm
2	6	Riel DIN	35mm, long de 1m
3	3	Canaleta ranurada gris	Dimensiones 60*60, long de 2m
4	1	Canaleta ranurada gris	Dimensiones 40*40, long de 2m
5	3	Canaleta ranurada gris	Dimensiones 25*25, long de 2m
6	100	Terminales tipo pin	Para conductor 18
7	100	Terminales en U	Para conductor 18-16

Continua



8	70	(m) conductor AWG #18	Flexible, azul
9	70	(m) conductor AWG #18	Flexible, verde
10	50	(m) conductor AWG #18	Flexible, rojo
11	10	(m) conductor AWG #18	Flexible, amarillo
12	5	(metros) aislante	Fundente, para conductor 18-14
13	4	(metros) aislante	Fundente, para conductor 6
14	5	(metros) aislante	Fundente, para conductor 22-18
15	2	Barras de bronce	Para 12 terminales
16	1	Breaker	Para riel DIN de 1 polo 6A
17	1	Breaker	Para riel DIN de 1 polo 10A
18	8	Porta fusibles Camnsco	Para riel DIN
19	4	Fusible de cerámica Camnsco	De 2A
20	2	Fusible de cerámica Camnsco	De 8A
21	2	Fusible de cerámica Camnsco	De 16A
22	30	Borneras plásticas Camnsco	Para conductor AWG 14-18
23	10	Separadores para borneras Camnsco	Plásticas
24	3	Puentes para borneras Camnsco	Sujetables con tornillos acorde al número de puentes
25	16	Base de relés 8 pines	Terminal plano
26	3	Base de relés 12 pines	Terminal redondo
27	16	Relés de estado sólido Camnsco 8 pines	Terminales planos Alimentación 24VDC Capacidad I _{max} = 5A, 2NC,2NA
28	3	Relés de estado sólido Camnsco 12 pines	Terminales planos Alimentación 110VAC Capacidad I _{max} = 4A, 2NC,2NA

2.6.2 Distribución interior del tablero de control.

En función de los componentes mencionados en la tabla 9 de la anterior sección 2.6.1 que intervienen en el tablero de control, se ha realizado el diseño para la ubicación de elementos internos del tablero de control.

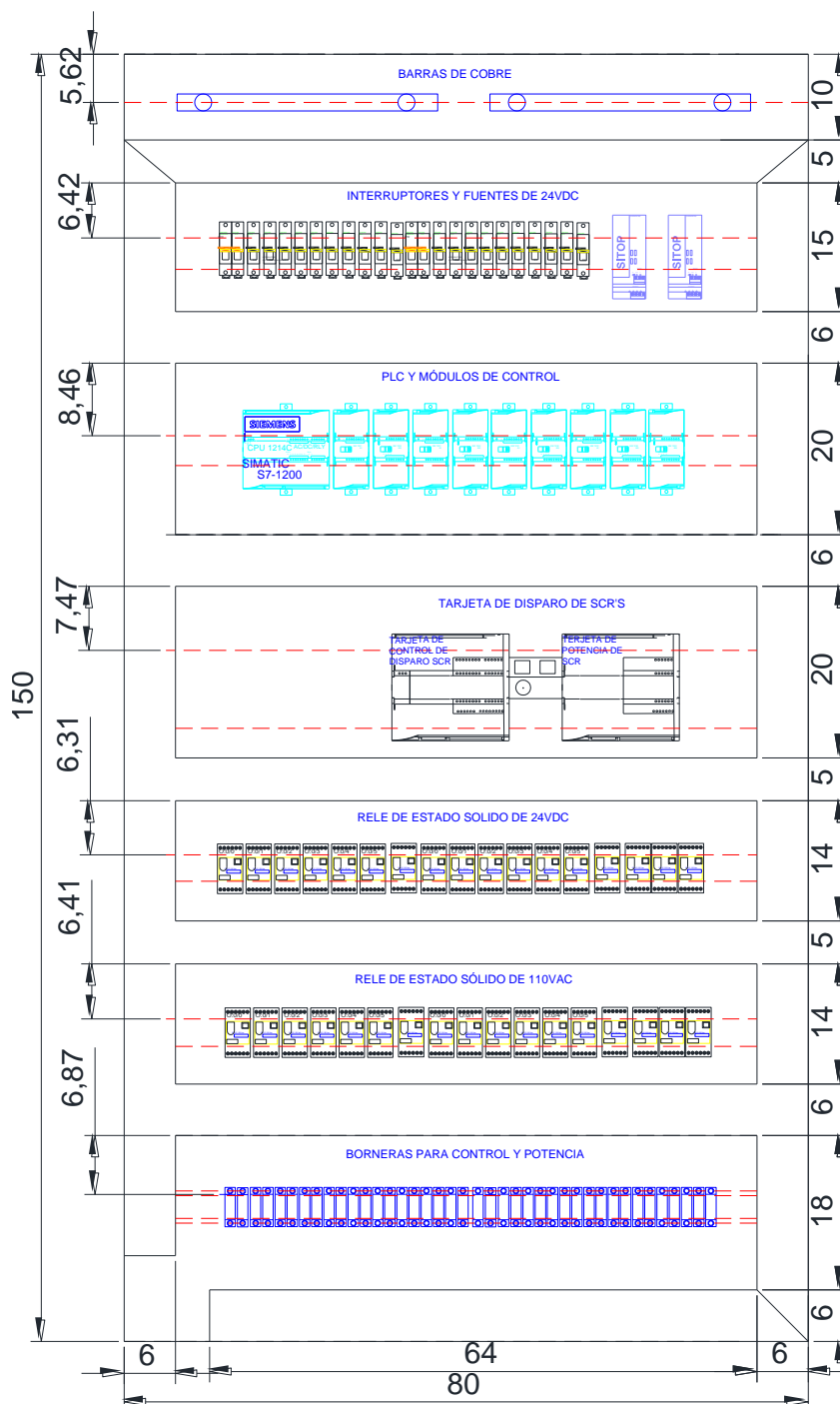


Figura 65 Diseño para la ubicación de elementos en el interior del tablero de mando.

Para la ubicación de los elementos en el interior del tablero de control, se contó con la información con respecto a orden y espacios que se deben considerar para cada uno de los elementos en la cabina de control.

El orden que se tomó para la ubicación de los elementos acorde a jerarquía de funcionamiento y desempeño para que el proceso tenga en cuenta un buen actuar.

En la Figura 65 se muestra las dimensiones del tablero, los elementos que deben ubicarse, los espacios que deben tener entre elementos dentro del tablero y muestra también la ubicación de las canaletas para poder conectar los distintos componentes que conforman el tablero de control.

El tablero se diseñó con terminales tipo borneras plenamente identificadas de entrada y salida para que se pueda cablear fácilmente desde el proceso, en el anexo B se puede verificar la información.

2.6.3 Consideraciones para el montaje del tablero.

Para el montaje de elementos y equipos se tuvieron en cuenta algunas normas y recomendaciones proporcionadas por los fabricantes, las más importantes se mencionan a continuación:

- Todo tablero y armario eléctrico debe ser conectado a tierra de manera correcta para dar protección tanto al elemento humano como a los equipos que albergue.
- Para la adquisición de señales analógicas que provienen de los sensores es recomendable el uso de cable apantallado para evitar la interferencia de campos eléctricos y electromagnéticos externos.
- En uniones físicas referenciadas a elementos conductores es recomendable verificar que exista un buen contacto entre estas, ya que podría causar un mal funcionamiento en la parte de control y en la parte de potencia.

2.1.1 Montaje y cableado eléctrico.

En montaje del tablero de control, se lo ha desarrollado de la siguiente manera como se nota a continuación.



Figura 66 Pulsadores e indicadores de control.

1. Se realizó un orificio en la cabina para el encendido general de todo el tablero, adicionalmente se realizó otro orificio para el pulsador de paro de emergencia. Se instaló una platina perforada para los pulsadores marcha – paro y las luces piloto para indicación del estado de operación del proceso, ver en la Figura 66.
- 2 A continuación se procede a colocar las canaletas y la Riel DIN estándar en las ubicaciones correspondientes de acuerdo a la distribución que se presentó anteriormente en la sección 2.6.2. en la cual se menciona los elementos que se distribuyen en cada segmento de Riel DIN ver en la Figura 67.
 - **Riel 1:** interruptores unipolares, dipolares, fusible, fuentes de alimentación.
 - **Riel 2:** Plc (cpu 1214ac/dc/relay) y sus módulos de control: módulo de entradas digitales(SM1223 DC/RLY), módulo de salidas digitales (SM1222 RLY), módulo de entradas analógicas (SM1231 AI), módulo de salidas analógicas(SM1232 AQ), módulo de entradas de termocupla (SM1231 TC).
 - **Riel 3:** relés de estado sólido de 24 VDC para activación de las electroválvulas hidráulicas de 110VAC, activación de niquelinas de 110vAC, activación de bombas hidráulicas de 110VAC, activación del motor de 24VDC del puente neumático, activación de electroválvula.
 - **Riel 4:** relés de estado sólido de 110VAC.

- **Riel 5:**borneras para entradas, salidas de control y potencia.



Figura 67Colocación de canaletas y riel DIN estándar.

- 3 Por otra parte se colocaron los elementos en sus respectivas ubicaciones como se muestra a continuación en la Figura 68.
- 4 Con la ubicación de todos los elementos en las rieles DIN, se realiza la conexión de los elementos que conforman el circuito de alimentación para el tablero de mando del prototipo.
- 5 A continuación se realiza la conexión de los circuitos de control y potencia en base a los planos diseñados (ver anexo B2 - B7 planos de conexión del tablero de control), siguiendo un estricto orden de numeración con etiquetas para cables con el fin de realizar un trabajo detallado. Ver la Figura 68.



Figura 68Conexión y etiquetación de cableado.

- 6 Luego se procedio al cableado de los pulsadores y lucespiloto hacia las borneras.
- 7 A continuación se instala la tarjeta electrónica de disparo de SCR en el tablero de control, la misma que controla la ectificacion de la onda

alterna, de acuerdo a la forma de onda se obtendra el tipo de tonalidad del perfil de aluminio que se procesara.

- Se instala la alimentación de la tarjeta 110VAC para su funcionamiento, luego se procedio a instalar la señal desde el módulo de salidas analógicas hacia la tarjeta de disparo de SCR'S, las instalaciones se las hicieron de acuerdo a los planos indicados en el anexo B.
- Se procede a instalar los potenciómetros en la carcasa de la tarjeta, los cuales servirán para variar en angulo de disparo de los SCR de acuerdo a la intensidad de color que requiere en el proceso. Tambiéne instala un selector de paro en modo de operación manual o automático.



Figura 69 Instalación de la tarjeta electrónica de disparo de SRC'S.

- La tarjeta de control de SCR'S tiene luces piloto en la placa los cuales indicaran el estado de funcionamiento de cada elemento que tiene la tarjeta, a continuación se detalla en la tabla 10.

Tabla 10

Descripción de indicadores de estado de la tarjeta.

Componente	Color	Estado	Referencia de funcionamiento
luz piloto	verde	activo	Alimentación de la tarjeta de disparo

Led	verde	activo	Fuente de 5VDC en funcionamiento.
Led	azul	activo	Microprocesador #1 en funcionamiento para control del semiciclo negativo de la onda.
Led	rojo	activo	Microprocesador #2 en funcionamiento para control del semiciclo positivo de la onda.
Led	verde	activo	Modo de funcionamiento manual del control de la tarjeta.

- 8 Se etiqueta los pulsadores y lámparas según la función que desempeña para el control.
- Primero Se detalla la función de los indicadores, pulsadores y selectores de la cabina de control como se muestra a continuación:

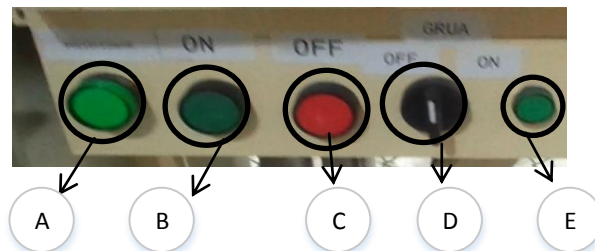


Figura 70 Etiquetación de lámparas, pulsadores y selectores de la cabina de control.

- A:** Lámpara de funcionamiento del Rectificador.
 - B:** Encendido de todos los sistemas del prototipo.
 - C:** Apagado de todos los sistemas del prototipo.
 - D:** Selector de estado de funcionamiento del neumático.
 - E:** Indicador del puente neumático en estado activo.
- Los pulsadores del control del puente neumático también se etiquetaron y se muestra a continuación en la figura 71.



Figura 71Control del puente neumático.

A:Pulsador para accionamiento del motor del puente neumático hacia delante ➡

B: Pulsador para accionamiento del motor del puente neumático hacia atrás ⬅

C:Pulsador para accionamiento del cilindro del puente neumático hacia abajo ⬇

D: Pulsador para accionamiento del cilindro del puente neumático hacia arriba ⬆

E: Pulsador para prender el rectificador bajo restricciones de programación.

F:Pulsador para apagar el rectificador bajo restricciones de programación.

- 9** En la figura 72 se visualiza el tablero de control con los componentes debidamente realizada su instalación y listos para proceder a la conexión de los sensores y actuadores que se encuentran instalados en el prototipo.



Figura 72 Tablero de control listo.

2.6.4 Instalación de la cabina de control

Con la conexión interna entre los elementos del tablero, se procede a la ubicación estratégica del mismo, la cabina de control se ubicó en la parte frontal del proceso aproximadamente a 1.50 metros del proceso y a una altura de 30 cm sobre el nivel del piso, la cabina de control se encuentra sobre una de las bases del cerco metálico que tiene el prototipo. Dicho cerco metálico fue proporcionado por la empresa alrededor de toda el área de trabajo del prototipo. En la Figura 73 se muestra la ubicación de la cabina de control.



Figura 73 Ubicación permanente de la cabina

Una vez ubicado el tablero de mando en su sitio de trabajo permanente, se procedió a la conexión de las diferentes señales de

entradas y salidas desde la cabina de control y hacia la cabina de control señales de sensores analógicos, sensores digitales, actuadores.

La figura 74 muestra la conexión de las diferentes señales hacia las borneras de conexión del tablero de control están son borneras de entradas y salidas de señales analógicas o digitales.

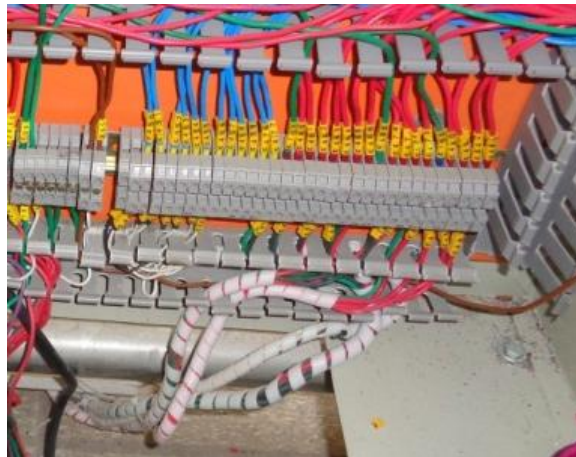


Figura 74 Conexión señales entradas y salidas en la cabina.

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL TECNOLOGÍAS EMPLEADAS

3.1 Plc simatic s7-1200.

La selección del autómata programable es fundamental para la implementación y el desarrollar el sistema de control de manera adecuada.

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

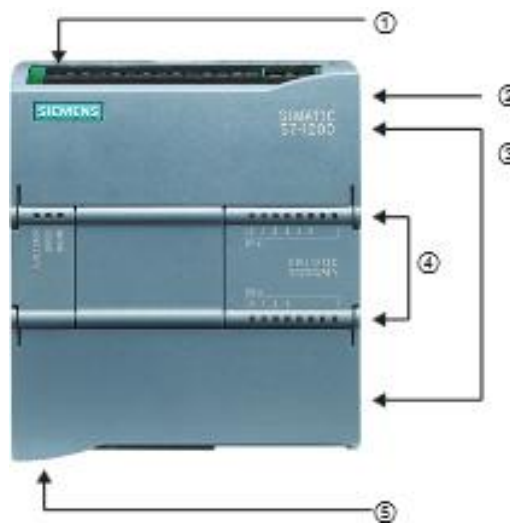


Figura 75 Partes principales plc Simatic S7-1200

- ① Conector de corriente.
- ② Ranura para memory card (debajo de latapa superior)
- ③ Conectores extraíbles para el cableado de usuario.
- ④ Leds de estado para las E/S integradas.
- ⑤ Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU).

3.1.1 Plc simatic s7-1200, cpu1214c.

El autómata programable s7-1200 con cpu 1214c es modular, compacto y diseñado para aplicaciones versátiles. El diseño es muy flexible, su interface de comunicación está basada en las máximas exigencias de la industria, integra una gama versátil de funciones tecnológicas, lo cual hace que el autómata programable sea una pieza esencial para el funcionamiento del prototipo de electrocoloración y sellado del aluminio, en la figura 76 se muestra las partes principales de la cpu 1214c ac/dc/rele.

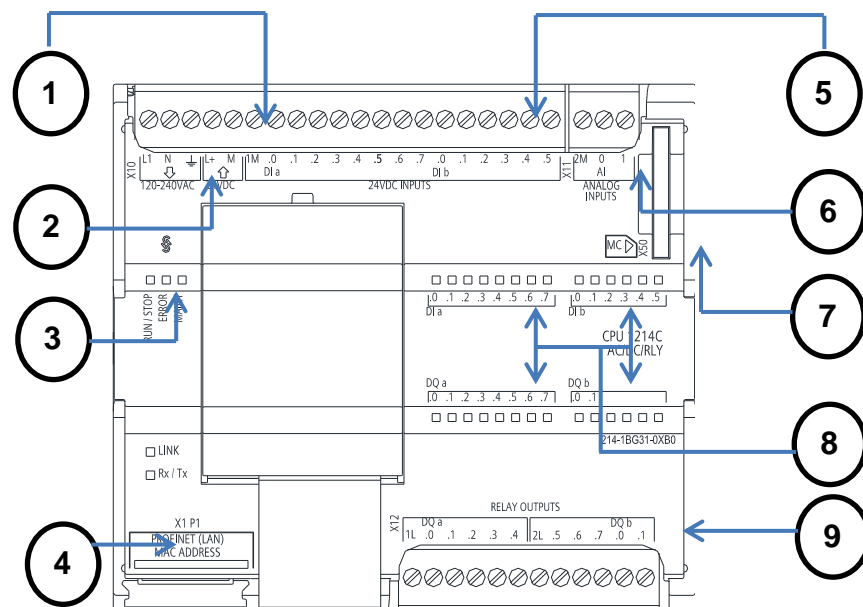


Figura 76 CPU 1214C AC/DC/RELE

- 1.- Fuente interna de 24 V DC para alimentación de sensores.
- 2.- Ingreso de tensión de alimentación.
- 3.- LEDs de estado de operación de cpu (run/stop, error, maint).
- 4.- Conector profinet (en el lado inferior de la CPU).
- 5.- Entradas digitales de 24vdc.
- 6.- Entradas analógicas.
- 7.- Entrada para tarjeta simatic memory card (opcional).
- 8.- Led de estado de entradas y salidas digitales y analógicas.
- 9.- Salida digitales relé, contacto seco.

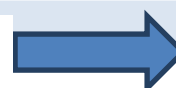
En la tabla 11 se puede visualizar algunas de las características técnicas de la CPU que son importantes tener conocimiento para la aplicación del prototipo.

Tabla 11

Características técnicas CPU 1214c ac/ad/rele.

Datos técnicos		cpu 1214c ac/dc/rele
Referencia		214-1BG31-0XB0
Dimensiones A*A*P(mm)		10 x 100 x 75
Consumo de corriente de las entradas digitales (24VDC)		4mA/entrada utilizada
Entradas digitales	Tipo	Sumidero/ fuente (tipo 1 IEC sumidero)
	Tensión nominal	24 V DC a 4mA
Salidas digitales	Tipo	Relé, contacto seco
	Rango de tensión	5 a 30 V DC ó 5 a 250 V AC
Entradas analógicas	Tipo	Tensión (asimétrica)
	Rango total	De 0 a 10 V
	Rango total	0 a 27.648 (Palabra de datos)
Memoria de usuario	Trabajo	75kB
	Carga	4MB, interna, ampliable al tamaño de la tarjeta extraíble SD
	Remanente	10kB
Área de marcas (M)		8192 bytes
Memoria temporal (local)		<ul style="list-style-type: none"> • 16Kb para arranque y ciclos (incluyendo los FB y FC) • 4kB para eventos de alarmas estándar, incluyendo FB, FC • 4kB para eventos de alarma de error, incluyendo FB y FC
Ampliación con módulos		8 slots max

Continúa



de señales		
Aplicación con modulo SB,CB,BB	1 max.	
Ampliación con módulos de comunicación	3MCS max.	
Memory Card	SIMATIC Memory Card (Opcional)	
Precisión del tiempo en tiempo real	+/- 60 segundos/ mes	
Tempo de respaldo del reloj	20 días tip/ 12 días min.	
Tipo de instrucción	Booleano	0,08 μ s/instrucción
	Transferir palabra	1,7 μ s/instrucción
	Funciones matemáticas con # reales	2,3 μ s/instrucción
comunicación	Numero de puertos	1
	Tipo	Ethernet
	Transferencia de datos	10/100 Mb/s
Rango de tensión	85 a 264 v Ac	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	

Conociendo las características de PLC es necesario también conocer los módulos de comunicación que se utilizaron para la aplicación del prototipo de electrocoloración y sellado.

3.1.2 Módulos de comunicación cpu 1214c ac/dc/rele

Los módulos permiten manejar entradas y salidas de tipo discretas y analógicas en el PLC de manera de poder efectuar lecturas y control lógico de variables del proceso, es necesario dar a conocer en la presente tabla 12 las características técnicas de los módulos de comunicación que se emplearon en la aplicación.

Tabla 12**Módulos de comunicación para la cpu 11214c ac/dc/rele.**

Módulo de comunicación	Características técnicas	
Módulo de Entrada y salidas digitales SM1223(DI/DQ)	referencia	223-1PL30-0XB0
	# entradas	16 de 24VDC
	# salidas	16 de Relé, contacto seco
Módulo de salidas digitales SM1222 (DQ)	referencia	222-1HF30-0XB0
	# salidas	8 de Relé, contacto seco
Módulo de entradas analógicas SM1231(AI)	referencia	231-4HD30-0XB0
	# entradas	4,
Módulo de salidas analógicas SM1232 (AQ)	referencia	232-4HD30-0XB0
	# salidas	4,
Módulo de entrada de termocupla SM1231 (TC)	referencia	231-5QD30-0XB0
	# entradas	4, tipo de termocupla.

La cpu 1214c ac/dc/rele alimenta a los módulos de comunicación, también están interconectados.

La programación, configuración de la cpu y los módulos de comunicación se realiza con tia portal, este software es desarrollado por el mismo fabricante siemens.

3.2 Sistema de control.

3.2.1 Software tia portal v11.

TIA PORTAL está compuesto del software de programación y control STEP 7. El software permite desarrollar, editar, configurar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo las herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, en la figura 77 se nota la pantalla de inicio del software.

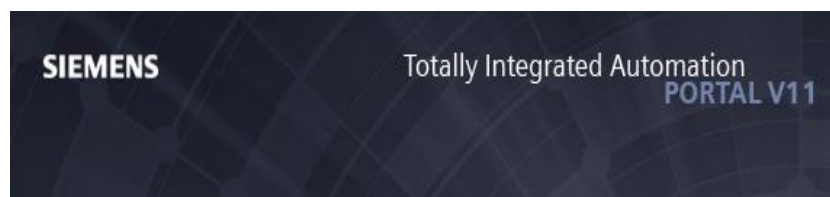


Figura 77 Software tia (totally integrated automation) portal.

Para instalar el software TIAL PORTAL V11 en un equipo se necesita los siguientes requerimientos que se presentan en la tabla 13.

Tabla 13

Requerimientos instalación de software.

Hardware/Software	Requisitos
Tipo de procesador	Pentium M, 1.6GHz o similar
RAM	1GB
Espacio disponible en el disco duro	<ul style="list-style-type: none"> Windows 2003 server R2 StdE SP2 Windows 7 Home Premium (solo STEP 7 Basic, no compatible con STEP 7 Professional) Windows 7 (Professional, Enterprise, Ultimate)
Tarjeta grafica	32 MB RAM, Intensidad de color de 24 bits
Resolución de la pantalla	1024 x 768
Red	Ethernet de 20 Mbits/s o más rápido

Nota: Para la instalación el sistema operativo Windows XP o Windows 7 es recomendable iniciar la sesión como administrador.

3.2.2 Entorno de trabajo de tia portal.

El software tiene un entorno de trabajo de fácil manejo para la programación de la lógica del controlador y definir la comunicación por la red. TIA portal ofrece dos vistas diferentes del proyecto.

- La vista de portales donde se visualizan portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas como se puede observar en la figura 78.



Figura 78Entorno de trabajo - vista del portal

- ① Portales para las diferentes tareas.
 - ② Tareas del portal seleccionado.
 - ③ Panel de selección para la acción seleccionada.
 - ④ Cambia a la vista del proyecto.
- La vista del proyecto es una vista orientada a la vista de elementos del proyecto, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto ya que se encuentran en un solo lugar como se puede visualizar en la figura 79.



Figura 79Entorno de trabajo - vista del proyecto

- ① Menús y barra de herramientas.
- ② Árbol del proyecto.
- ③ Área de trabajo.
- ④ Task cards.
- ⑤ Ventana de inspección.
- ⑥ Cambia a la vista del portal.
- ⑦ Barra del editor.

3.2.3 Creación del proyecto en el software tia portal.

La creación del proyecto se generó siguiendo los siguientes pasos que se conocerán a continuación:

1. Inicie el TIA (Totally Integrated Automation) PORTAL, se puede iniciar por el acceso directo que se encuentra en el escritorio o por inicio como se muestra en la figura 80.

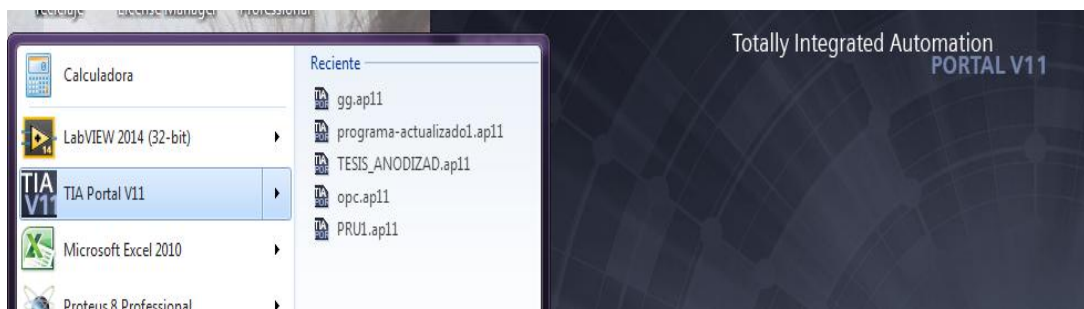


Figura 80Tia portal.

2. Iniciado el tia portal en la vista del Portal, selecciona iniciar, escoge la opción crear proyecto por consiguiente se llena la información que se requiere, selecciona crear y se crea el proyecto con el nombre que le se dio como se observa en la figura 81.

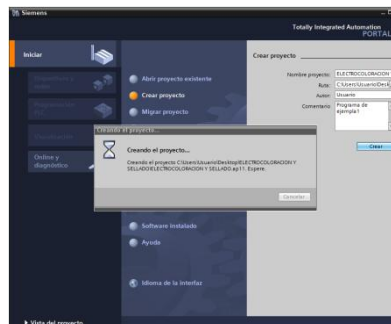


Figura 81Creación proyecto en tia portal.

3.2.4 Insertar y configurar el controlador en tia portal.

1. Con el proyecto creado, se selecciona de manera secuencial dispositivos y redes después agregar dispositivo en la figura 82 en la parte derecha de la vista del portal tenemos la opción de agregar 3 tipos de dispositivos.

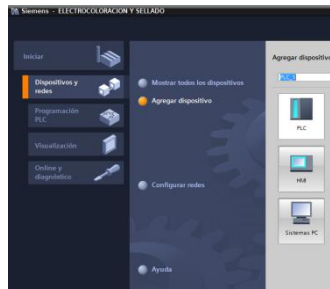


Figura 82 Selección del dispositivos y redes de tia portal.

- Se procede a seleccionar PLC y se desplaza un listado dispositivos como se muestra, en este caso selecciono SIMATIC S7-1200, se procede a seleccionar la CPU 1214C AC/DC/Rly, en la siguiente figura 83 en la parte inferior derecha se despliega 2 referencias distintas.

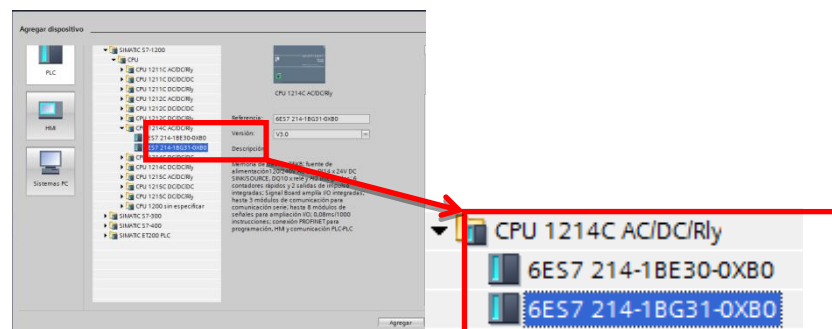


Figura 83 Selección del controlador en tai portal.

La referencia se debe verificar de la CPU que se adquirió y se selecciona la referencia 214-1BG31-0XB0 que es la que consta en la cpu adquirida.

Se agregar o damos doble clic en la referencia y se desplegará la vista del proyecto.

3.2.5 Configuración del protocolo IP.

Agregada la CPU se da doble clic en la interface PROFINET en la representación gráfica y se visualiza la configuración de direcciones ethernet, después se localiza la pestaña de protocolo IP y se escoge la opción de ajustar dirección IP en el proyecto y se asigna las direcciones que se especifican en la figura 84.

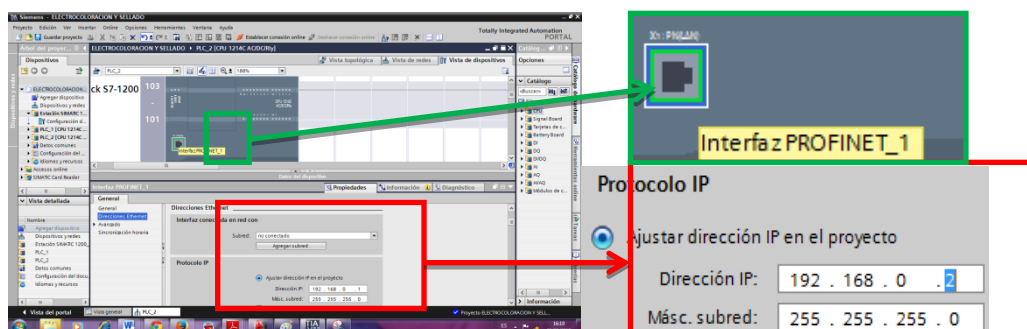


Figura 84 Configuración de la IP en el proyecto.

3.2.6 Asignación y configuración de módulos de comunicación.

Los módulos de comunicación los cuales se anotaron en la tabla 3.2 de manera secuencial de acuerdo a su orden se ingresa al proyecto, para ingresar cada módulo de señal se cumple la siguiente secuencia de pasos. Catalogo de Hardware, carpeta DI (Entradas Digitales), carpeta DI 16*24VDC/DQ 16*rele y se selecciona la referencia que se encuentra en la tabla 12 corespondientemente.

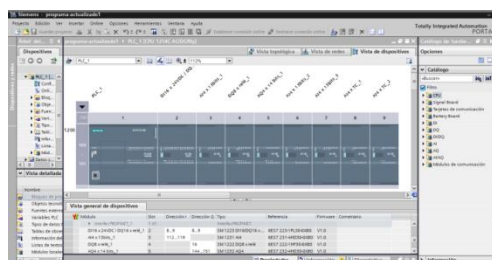


Figura 85 Asignación de módulos de señales al proyecto.

Para agregar los módulos restantes de la tabla anteriormente mencionada se realizán los mismos pasos explicados anteriormente, la variación es que se tiene que seleccionar la carpeta del tipo de señal que pertenece el modulo y escoger la referencia corespondiennte mencionada en la tabla 12, en la figura 85 se visualiza la asignación de todos los módulos de señales necesarios para la aplicación.

3.3 Programación del plc.

El desarrollo de los diagramas de flujo se realiza mencionando los elementos que intervienen, el control y el monitoreo de las variables que involucran en control del sistema.

3.3.1 Elementos y variables que intervienen en cada cuba.

Los elementos y las variables que intervienen en el proceso de electrocoloración, se las menciona por cada cuba independientemente ya que se puede realizar el diagrama de flujo menos complejo.

a. Cuba de enjuague color.

Inyección de aire: Se activa la electroválvula de la inyección de aire, para poder mantener homogénea la solución y para que pueda retirar impurezas de la superficie del perfil de aluminio.

Nivel: La variable se activa con el flotador, dando la señal que se encuentra el nivel establecido y compensa el nivel con agua ozmotizada.

En la Tabla 14 se puede notar los elementos, variable de control y la variable que monitorea la interface humano máquina.

Tabla 14

Elementos, variable y monitoreo de cuba enjuague color bronce.

Elemento	Variable control	Monitoreo HMI
Flotador	Nivel	Nivel H
Inyección de aire	-	-
Sensores inductivos	-	Posición del puente

b. Cuba de color en tonalidad bronce.

Niquelina: La niquelina se activara con temperaturas $\ll 24^{\circ}\text{C}$.

Intercambiador: El proceso electrolítico que se genera en la cuba hace que la temperatura de la sustancia se incremente, en la cual se activará el intercambiador en temperaturas $\gg 24^{\circ}\text{C}$.

Nivel: La variable se activa con el flotador, dando la señal que se encuentra el nivel establecido y compensa el nivel con agua ozmotizada.

Temperatura: La temperatura es la variable que activa las niquelinas y el intercambiador según las condiciones.

Rectificador de color: El rectificador de color se activa cuando se cumplan las condiciones de estado de nivel, temperatura, selección del tipo de acabado en color bronce desde el hmi y de la posición del puente neumático.

En la Tabla 15 se puede visualizar los elementos que se considera en la cuba para acabados en color bronce, las variables de control que posibilitan el control de los elementos de control y las variables de monitoreo.

Tabla 15

Elementos, control y monitoreo de variables cuba tono bronce.

Elemento	Variable control	Monitoreo HMI
Flotador	Nivel	Nivel H
Niquelina Intercambiador	Temperatura	Temperatura
Rectificador de color	-	Corriente
Sensores inductivos	-	Posición del puente

c. Cuba de color en tonalidad dorado.

Rectificador de color: El rectificador de color se activa cuando se cumplan las condiciones de estado de nivel, temperatura, selección del tipo de acabado de color dorado desde el hmi y de la posición del puente neumático. En la Tabla 16 se puede notar los elementos que se considera en la cuba para acabados en color dorado, las variables de control que posibilitan el control de los elementos y las variables de monitoreo.

Niquelina: La niquelina se activara con temperaturas $\ll 24^{\circ}\text{c}$.

Intercambiador: El proceso electrolítico que se genera en la cuba hace que la temperatura de la sustancia se incremente, en la cual se activará el intercambiador en temperaturas $>> 24^{\circ}\text{C}$.

Nivel: La variable se activa con el flotador, dando la señal que se encuentra el nivel establecido y compensa el nivel con agua ozmotizada.

Tabla 16

Elementos, control y monitoreo de la cuba de tono en dorado.

Elemento	Variable control	Monitoreo HMI
Flotador	Nivel	Nivel
Niquelina Intercambiador	Temperatura	Temperatura
Rectificador de color	-	Corriente
Sensores inductivos	-	Posición del puente

d. Cuba de enjuague de color.

Inyección de aire: Se activa la electroválvula de la inyección de aire, para poder mantener homogénea la solución y para que pueda retirar impurezas de la superficie del perfil de aluminio.

Nivel: La variable se activa con el flotador, dando la señal que se encuentra el nivel establecido y compensa el nivel con agua ozmotizada.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede isualizar los elementos, variable de control y la variable que monitorea la interface humano máquina.

Tabla 17

Elementos, control y monitoreo de variables cuba enjuague color.

Elemento	Variable control	Monitoreo HMI
Flotador	Nivel	Nivel
Inyección de aire	-	-

Sensores inductivos	-	Posición del puente
---------------------	---	---------------------

e. Cuba de sellado frío.

Nivel: La variable se activa con el flotador, dando la señal que se encuentra el nivel establecido y compensa el nivel con agua ozmotizada.

Ph: Se monitorea la acides de la sustancia en la cuba.

Inyección de aire: Se activa la electroválvula de la inyección de aire, para poder mantener homogénea la solución y para que pueda retirar impurezas de la superficie del perfil de aluminio. Es importante que el perfil que en este caso se denota como probeta, se retire la mayoría de los residuos de los anteriores pasos para que el sellado sea de buna calidad.

En la Tabla 18 se puede notar los elementos de control, variables de control y el monitoreo de variables esenciales para el buen desarrollos del proceso.

Tabla 18

Elementos, control y monitoreo de variables / cuba de sellado frío.

Elemento	Variable control	Monitoreo HMI
Flotador	Nivel	Nivel
Sensor de ph	-	ph
Inyección de aire	-	-
Sensores Inductivos	-	Posición del puente

f. Cuba de sellado caliente.

Niquelina: La niquelina se activara con temperaturas << 96°C.

Nivel: La variable se activa con el flotador que marca 6ltr de sustancia, dando la señal que se encuentra el nivel establecido y caso contrario compensa el nivel con agua ozmotizada.

Temperatura: La temperatura 96°C es captada analógicamente por una termocupla tipo j con una bayoneta de 10cm, es la variable que activa las niquelinas y la recirculación de sustancia según las condiciones.

Inyección de aire: Se activa la electroválvula de la inyección de aire, para poder mantener homogénea la sustancia, Durante el proceso se efectúa de cierta manera el cierre de los poros para que las partículas de color no se salga y dure el tiempo determinado de 20 años.

Ph: Se monitorea la acides de la sustancia en la cuba.

En la Tabla 19 se muestra los elementos, las variables que se controlan y las variables o datos que se visualizan en la interface humano máquina y el usuario que manipule el prototipo pueda tomar los datos bajo los cuales se efectúa cada prueba que se realice en el prototipo.

Tabla 19

Elementos, control y monitoreo de variables / cuba de sellado caliente.

Elemento	Variable control	Monitoreo HMI
Flotador	Nivel	Nivel
Niquelina	Temperatura	Temperatura
Sensor de ph	-	ph
Sensores Inductivos	-	Posición del puente

g. Cuba de enjuague frio del sellado.

Nivel: La variable se activa con el flotador, dando la señal que se encuentra el nivel establecido y compensa el nivel con agua ozmotizada.

Inyección de aire: Se activa la electroválvula de la inyección de aire, para poder mantener homogénea la solución y para que pueda retirar impurezas de la superficie del perfil de aluminio.

El enjuague en frio después del cualquiera de los dos tipos de sellados es la etapa final del proceso, después del mismo la probeta se

deja secar para la comparación con las matrices. En la Tabla 20 se pueden visualizar las variables que intervienen en esta etapa.

Tabla 20

Elementos, control y monitoreo de variables / cuba de enjuague sellado

Elemento	Variable control	Monitoreo HMI
Flotador	Nivel	Nivel H
Inyección de aire	-	-
Sensores inductivos	-	Posición del puente

h. Cuba de enjuague caliente del sellado.

Nivel: La variable se activa con el flotador, dando la señal que se encuentra el nivel establecido y compensa el nivel con agua ozmotizada.

Inyección de aire: Se activa la electroválvula de la inyección de aire, para poder mantener homogénea la solución y para que pueda retirar impurezas de la superficie del perfil de aluminio.

En la Tabla 21 se muestre los elementos, control y monitoreo de variables que están involucradas en esta etapa del proceso.

Tabla 21

Elementos, control y monitoreo de variables / cuba de enjuague caliente del sellado.

Elemento	Variable control	Monitoreo HMI
Flotador	Nivel	Nivel H
Inyección de aire	-	-
Sensores inductivos	-	Posición del puente

3.3.2 Desarrollo del diagrama de flujo de programación del plc.

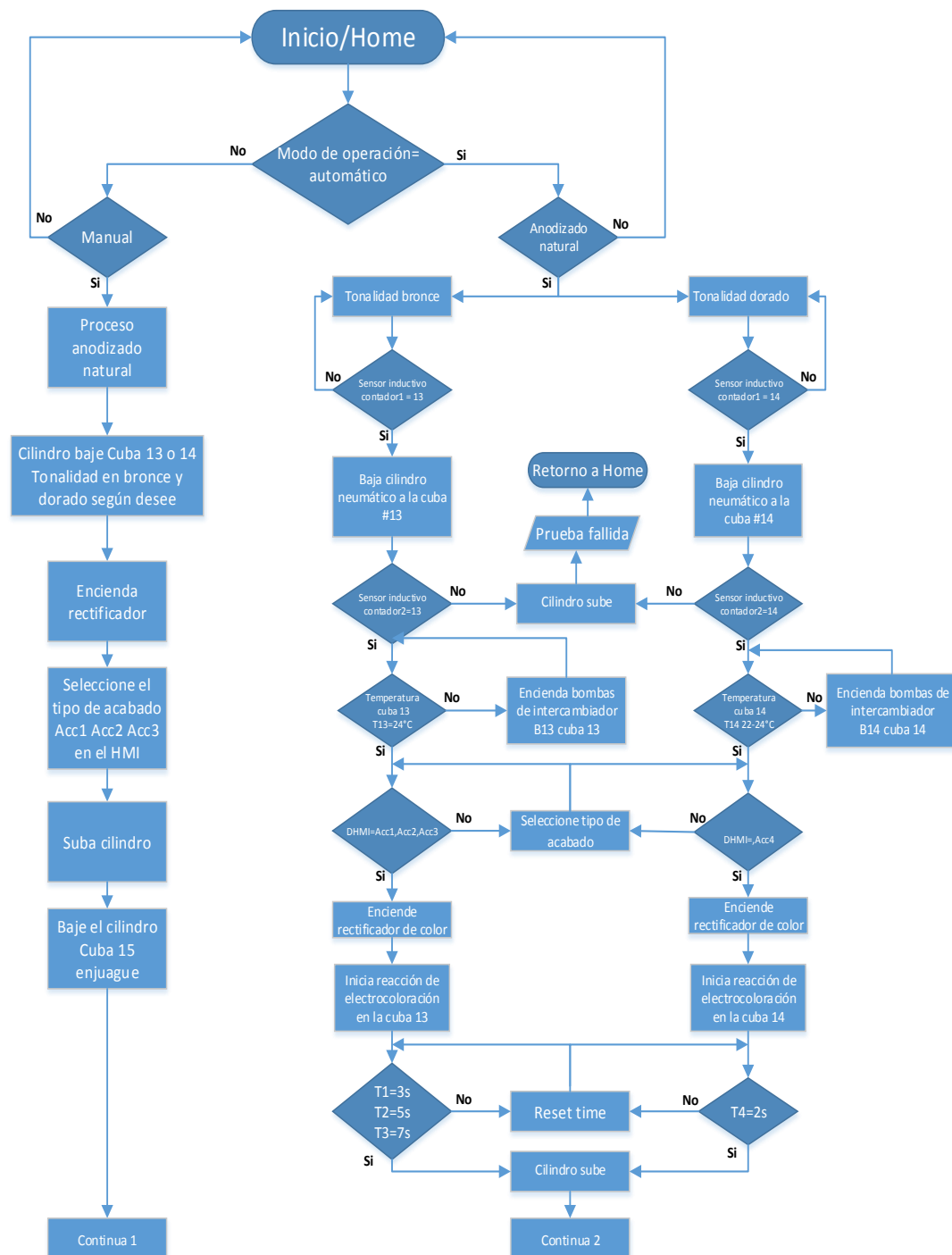


Figura 86 Lógica de programación primera parte.

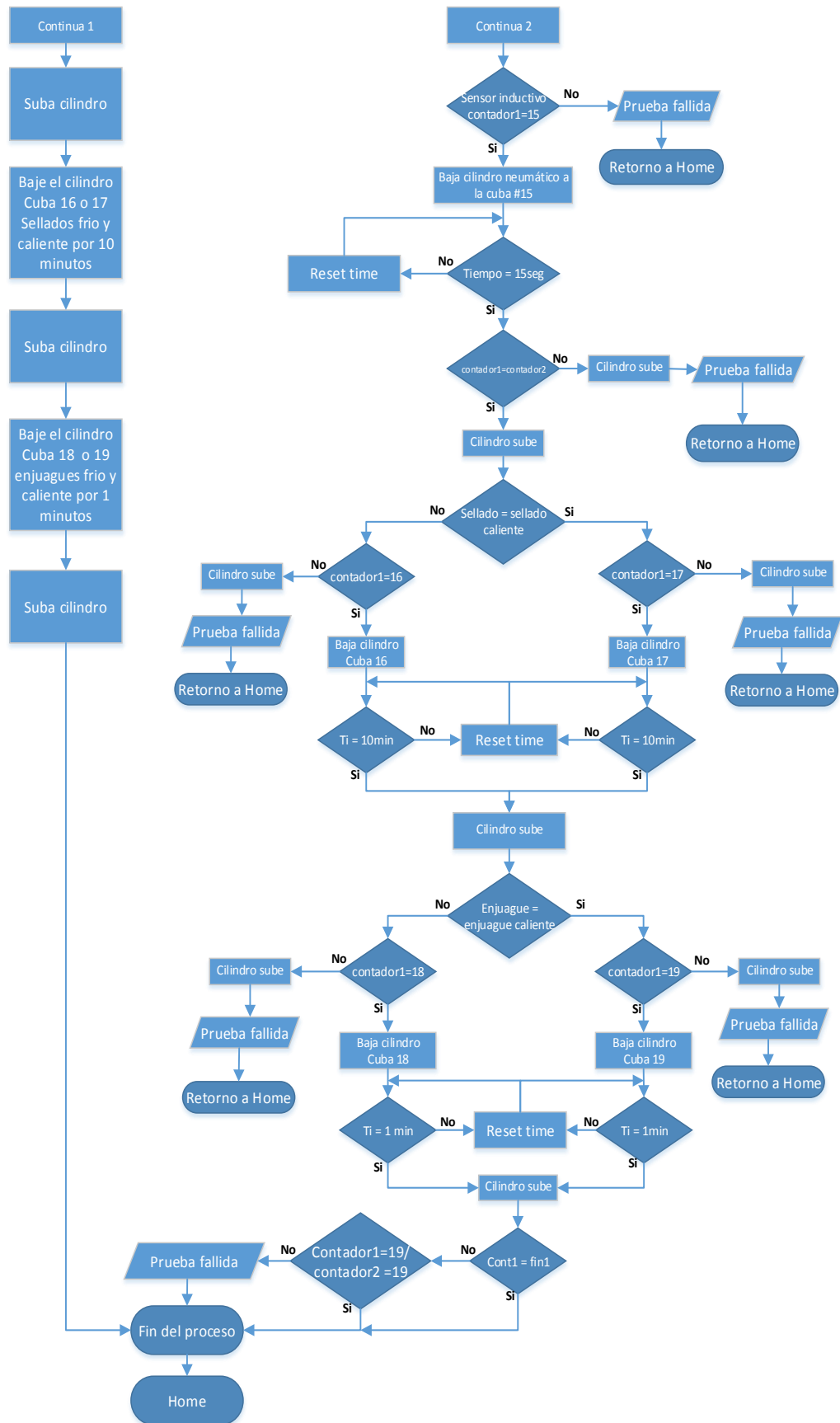


Figura 87 Lógica de programación segunda parte.

3.3.3 Ciclo de funcionamiento del plc S7-1200.

El diseño compacto, sus capacidades de aplicaciones, su costo bajo y su amplio juego de aplicaciones son realmente apropiados para la solución de tareas de automatización industrial.

Para la programación del controlador se requiera tomar en cuenta el funcionamiento básico de la cpu del s7-1200:

- La CPU lee el estado de las entradas.
- El programa almacenado en la cpu utiliza entradas para evaluar la lógica de programación.
- Durante la ejecución del programa, la cpu actualiza los datos en un lapso de tiempo determinado.
- La CPU escribe los datos en las salidas.

a. Comunicación PC-PLC.

La comunicación entre pc-plc, es prescindible para la programación ya que permite grabar la lógica de programación en el plc, para realizar la aplicación correspondiente del prototipo.

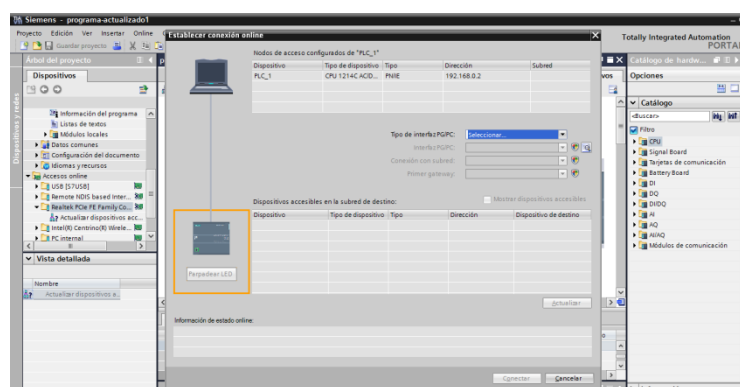


Figura 88 Comunicación PC-PLC.

En la Figura 88 se puede notar la comunicación en línea del computador con el PLC para poder analizar el estado de entradas y salidas en el arranque del controlador, para que exista comunicación el línea del computador con el controlador se deberá cargar la librería propia

del controlador, si esta librería no consta en el software tía la comunicación no se realizada, simplemente se desplegara en mensaje que es imposible la conexión con el dispositivo. Por este motivo se recomienda cargar la librería.

3.3.4 Programa proceso completo en el plc.

Antes de desarrollar el programa del ciclo de trabajo se deberá analizar el estado de las señales entradas y salidas en el controlador.

El algoritmo de control del prototipo se encuentra en el anexo D con 11 segmentos de programación, los mismos que se encuentran a detalle la explicación pertinente de cada segmento.

3.4 Programación del hmi.

El MHI se realizó en el software labview donde se diseñó y programo la interface humanomáquina y la cual se enlazara al plc medianteOpc's.

El opc es un estándar de comunicación abierto el cual nos permitirá enlazar la comunicación entre la interface humano máquina que se encuentra en la pc y el prototipo mediante el plc. Esta comunicación es de suma importancia para tener en control del prototipo mediante el hmi.

3.4.1 Diagrama de flujo de operación del hmi.

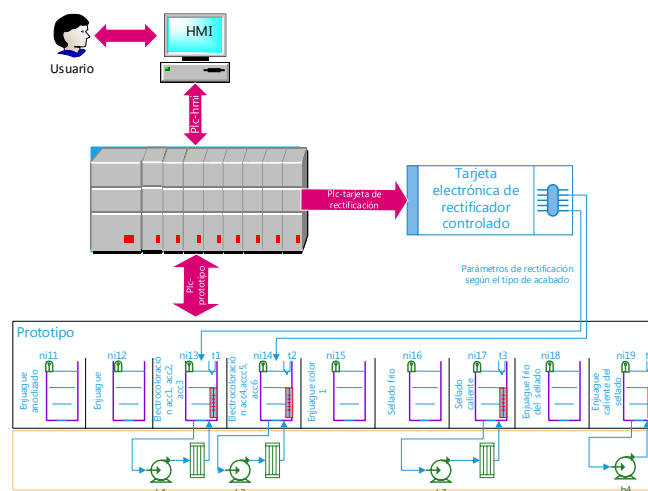


Figura 89 Digrama de flujo de operación del HMI con el proceso

3.4.2 Características de labview dsc.

En la Figura 90 se muestra las principales características del módulo DSC de LabVIEW que son necesarias para el enlace de la información entre el hmi y el plc. Entre las principales características de dicho módulo se menciona: Soporte OPC Client, conectarse a cualquier PLC, modbus I/O server, conexión a nuevo hardware industrial, I/O server personalizado, cualquier VI en servicio, gráficos industriales y desarrollo de paneles.

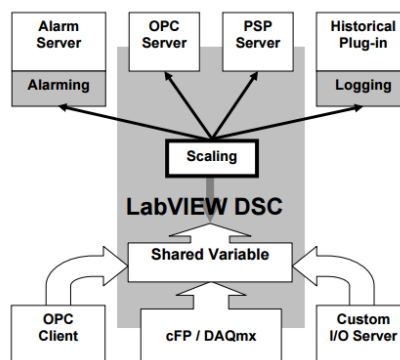


Figura 90 Características de labview

3.4.3 Diseño de la interface humano máquina en labview.

El diseño del hmi se realiza en el software de national instrument labview versión 2014. Para el diseño del hmi se crear un proyecto nuevo en el software como se muestra en la Figura 91 se da clic derecho sobre my computer, seleccionamos new y la opción de vique servirá para diseñar las pantallas necesarias para la aplicación.

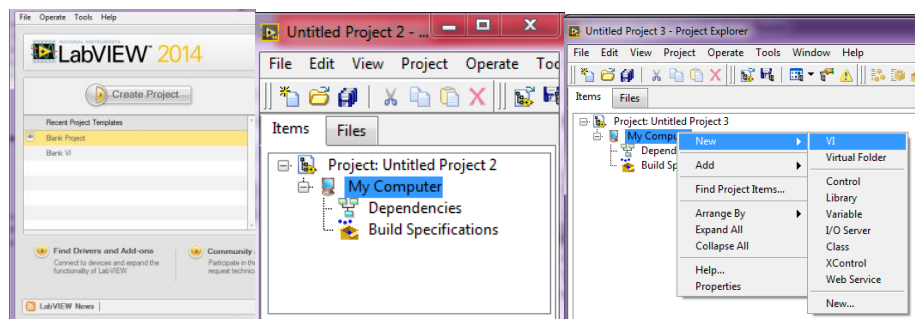


Figura 91 Creación del proyecto.

Creado el VI se procede al diseño de la pantalla principal como se muestra en la Figura 92, en la cual se insertó imágenes, botones y visualizadores que hace que el hmi sea amigable con el usuario asemejándose al prototipo.



Figura 92 Hmi planta de pruebas de acabados de color

3.4.4 OPC'S

El OPC (OLE for process Control) es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, está basado en una tecnología Microsoft, que ofrece una interface común de comunicación que permiten que componentes software individuales interactúen y compartan datos.



Figura 93 OPC arquitectura cliente - servidor

La comunicación opc se realiza a través de una arquitectura cliente – servidor, el servidor opc es la fuente de datos y cualquiera aplicación basada en la misma puede acceder a dicho servidor para escribir /leer cualquier variable como se muestra en la Figura 93.

3.4.5 Creación de opc's.

En el NI OPC servers – runtime se da un clic derecho en cualquier parte de la pantalla y se selecciona **new channel** donde se procede a configurar el canal del OPC, el nombre del canal que aparece por defecto, se elige la opción **siguiente**, en la pantalla de **device driver** se debe seleccionar un PLC siemens comunicación por ethernet por lo cual seleccionamos **siemens TCP/IP ethernet** y se da clic en siguiente, el **adaptador de red** que se destina para la comunicación, se elige la opción siguiente, en la pantalla de **write optimizations** se deja la configuración que tiene por default, se selecciona siguiente y en la próxima pantalla igualmente y por ultimo **finalizar** como se muestra en la Figura 94.

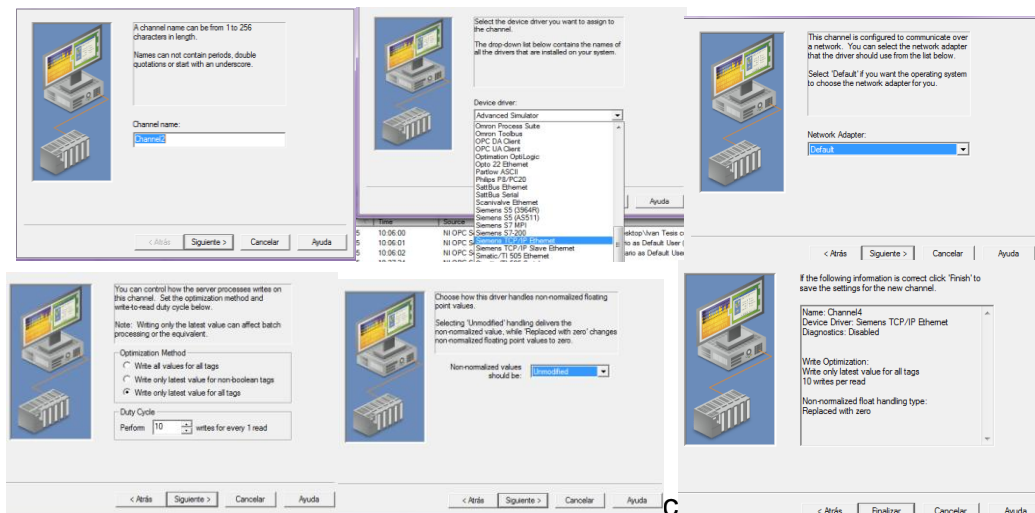


Figura 94 Configuración del opc server.

Con la creación del canal se selecciona agregar Device. En la pantalla de **new device** se da el nombre de S7-1200 y damos clic en siguiente. En la pantalla de **model** se selecciona el modelo del plc **S7-1200** selecciona siguiente.

En la parte de **ID** se escribe la dirección de IP que tiene el controlador descrito en la sección 3.2.5 Configuración del protocolo IP. y pulsamos siguiente, en la pantalla de **timing** que se refiere a los tiempos de conexión, en esta pantalla y en la siguiente se deja la configuración por

default y por último en la pantalla de **summary** seleccione finalizar como se muestra en la Figura 95.

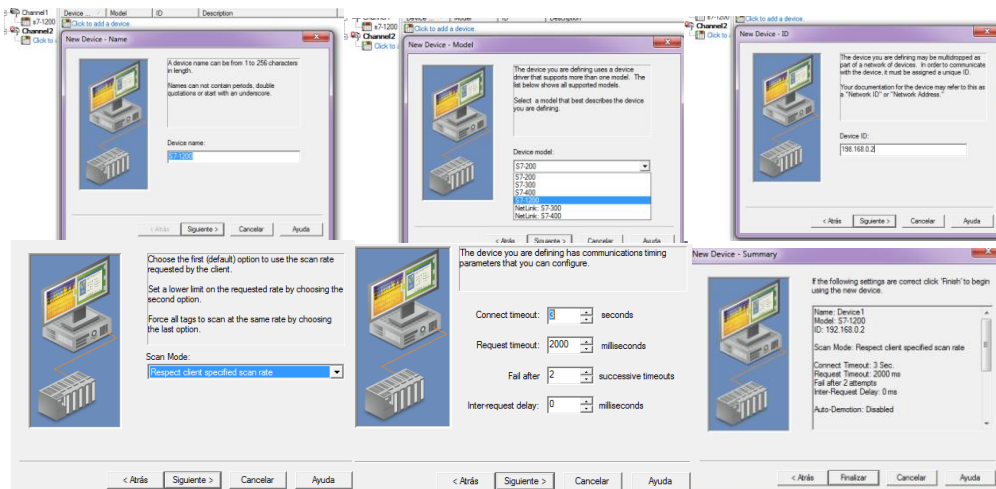


Figura 95 Configuración del canal de OPC.

Realizado las configuraciones anteriores se ingresa las memorias o variable que pueden ser de tipo discreta o analógica las mismas que se manipulara desde el HMI.

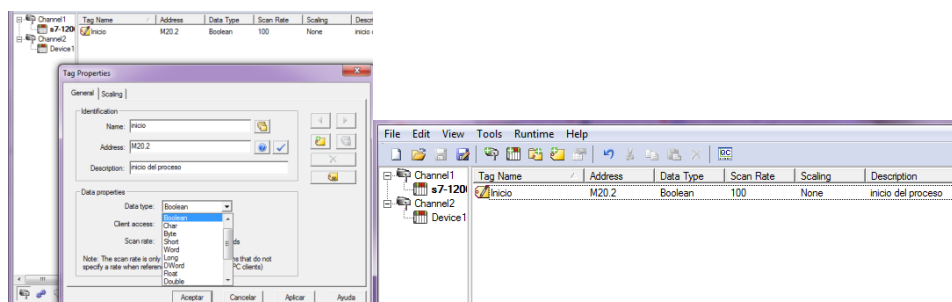


Figura 96 Creación de tags.

Para introducir la variables necesario contar con la dirección del espacio de memoria, el nombre que la identifica, una descripción si es necesaria, valida el tipo de dato (Boolean, char, byte, short, Word, long, Dword, float, Double), valida si el dato lee/escrbe o solo lee según su función y escogemos aceptar como se muestra en la figura 96. Este proceso se lo realiza con todas las memorias necesarias para el funcionamiento del HMI

En la Figura 97 se visualizan el listado de tags que se utilizan para el buen funcionamiento de la interface humano máquina con el proceso.

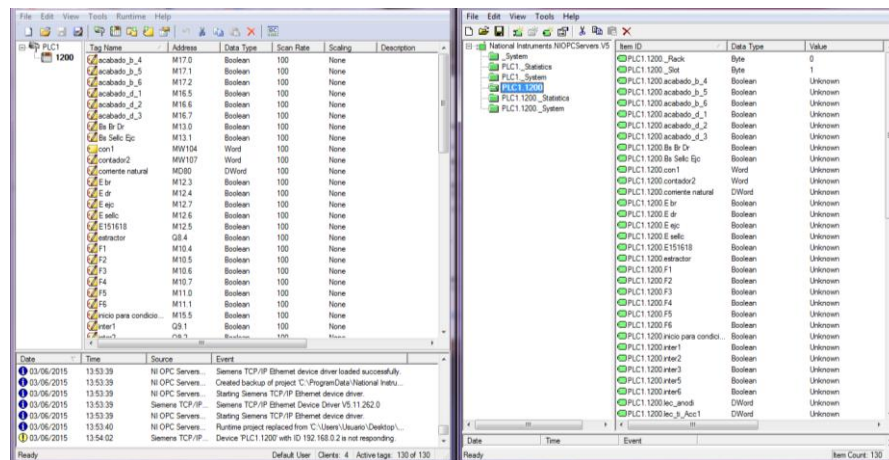


Figura 97 Listado de tags para asignar al hmi en labview.

3.4.6 Configuración del opc client.

Con la creación de las tags en NI OPC server se configura en LabVIEW el OPC client de la siguiente forma: se desplaza la carpeta **my computer**>>clic en **new** >>clic **libreria1**, entre las opciones que se despliegan se selecciona **OPC client**>> clic en **continuar**, luego en la siguiente ventana se selecciona **National InstrumentNiOPC**>> click **OK** y finalmente se crea, ver en la Figura 98.

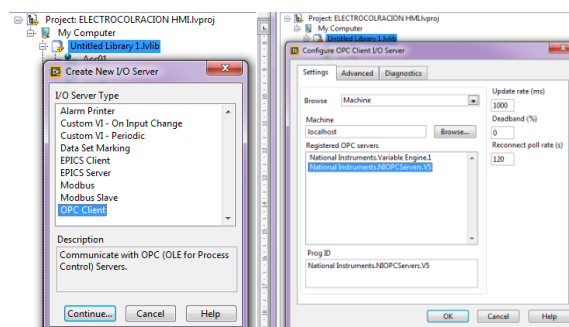


Figura 98 Configuración del opc client en labview.

Con la configuración anterior se ingresan las variables compartidas de la siguiente forma: damos un clic derecho en la **libreria1**>>**new**>>**variable** en la cual se desplaza la pantalla **share variable properties**, se activa la opción **enable aliasing** la cual permitirá buscar la variable creada en el NI OPC server anteriormente, después se

selecciona **my computer >>libreria1 >> opc>>1200>>**se busca la tag que va asignar, de igual manera se los realizara con todas las tags creadas en NI OPC server, para que las variables compartidas puedan ser asignadas a las diferentes partes del hmi como se puede notar en la Figura 99.

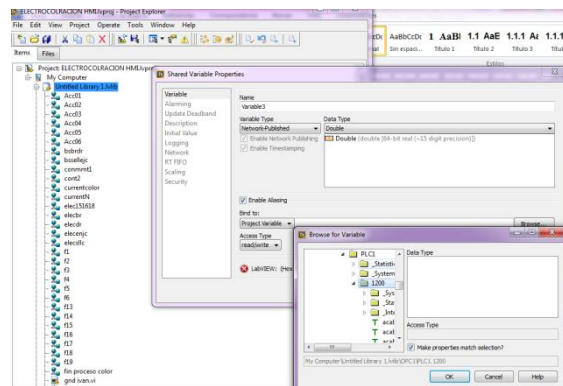


Figura 99 Asignación de tags al opc client en labview.

3.4.7 Asignación de opc en el hmi.

En la pantalla de programación de Labview se procede a agregar los opc's a cada uno de los pulsadores y visualizadores que se predestinaron para que realicen una función específica en su gran mayoría. Existen opc's que necesitan que la información que llevan consigo sea procesada, en este caso se tiene que asignar el opc donde sea necesario.

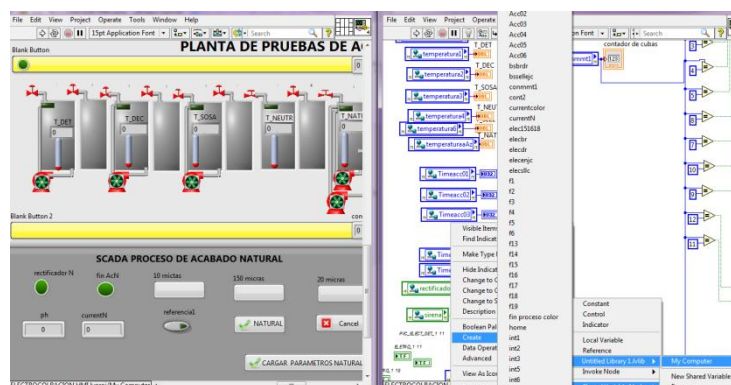


Figura 100 Asignación de opc client en las variables del hmi.

Para agregar los opc's a las variables del HMI se debe procede de la siguiente manera: Se ubica en el panel de programación de labview y damos un click derecho >>**visualizador o control**>>create posterior a esto se selecciona la opción **shared variable node**>>**my computer** se

selecciona **librería 1** donde se encuentran los opc's y seleccionamos uno a uno acorde a su función como muestra en la Figura 100.

3.4.8 Ejecutable de la interface hombre máquina (hmi) en labview

Para poder utilizar el proyecto en sistemas operativos que no tengan instalado labview se realizó una aplicación ejecutable. Para la aplicación del ejecutable el proyecto se sometió a pruebas de funcionamiento, para evaluar el desempeño de la adquisición de señales, la lógica de programación y otros factores importantes.

Con la puesta a punto del proyecto se procede con seguridad a realizar la aplicación anteriormente expuesta mediante los siguientes pasos:

- Inicia con la ubicación en el **proyecto electrocoloración**, se genera doble clic en **build Specifications>> new>>application (exe)**, como se puede observar en la Figura 101.



Figura 101 Aplicación ejecutable en labview.

- Luego de haber realizado el procedimiento anterior aparece una ventana donde indica la compilación para procesadores que soportan instrucciones SSE2, se deja la configuración por default y se selecciona **ok**, como se presenta en la Figura 102.



Figura 102 Inicio configuración de aplicación .exe.

- En la Figura 103 se muestra la opción **my application properties** donde permite modificar las propiedades de la aplicación. En **información**, se puede modificar el nombre de la compilación, el nombre de la aplicación, la dirección donde se quiere guardarlo y escribir alguna descripción.



Figura 103 Información aplicación .exe.

- En la opción de **category** escogemos **source files**, en la cuales se añade el vi del proyecto que se desea crear la aplicación, a continuación se muestra en la Figura 104.

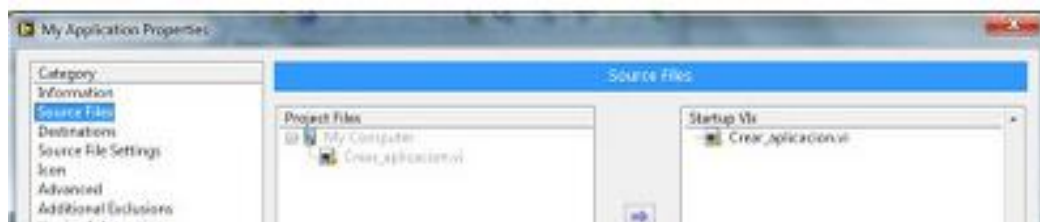


Figura 104 Agregar vi para la aplicación .exe.

- En la pestaña **category** se selecciona la opción **source file settings** donde se modifican las herramientas que aparecerán en la aplicación del vi. Seleccionamos **customize vi properties** y se elige las propiedades que se muestran en la Figura 105.

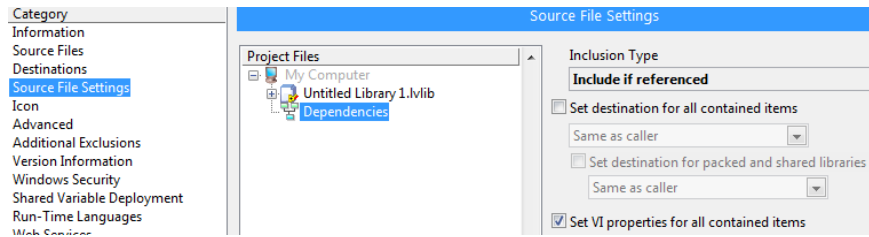


Figura 105 Propiedades del vi aplicación .exe.

- Manteniendo en la categoría, se selecciona **icon**, en donde se puede dejar el ícono que LabVIEW proporciona por defecto.
- Las demás opciones en la sección categorías se dejan las que vienen por defecto y se selecciona **build** y se genera el ejecutable como las configuraciones establecidas como se muestra en la Figura 106.

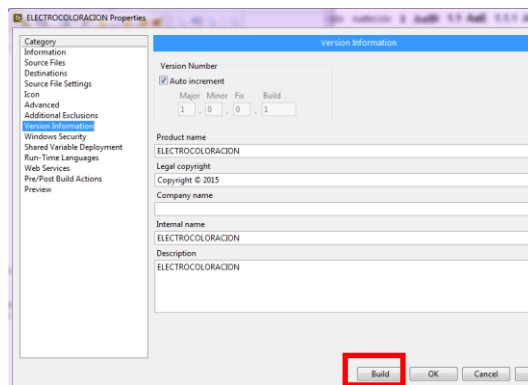


Figura 106 Versión del vi creado para la aplicación.

- Se ubica en la opción **build specifications>>new>>installer** en la pestaña **category>>product information** y llena la información que se requiere como el nombre del producto como se puede notar en la Figura 107.

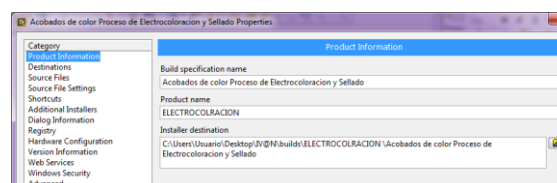


Figura 107 Nombre del instalador de la aplicación .exe.

- En la misma opción **category>>source files** se agregan los documentos restantes de **project files view>>build**

specification>>electrocoloración se escoge agregar y se puede visualizar en la carpeta de electrocoloración los archivos agregados.

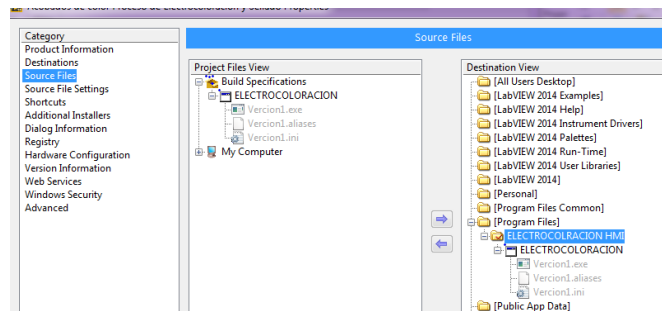


Figura 108 Elementos agregados en la carpeta del instalador.

- Después se traslada **category>>versión** información se llena la información correspondiente sobre la versión del instalador, ya que es de mucha importancia, se selecciona cargar **buily** se genera el instalador como se puede visualizar en la Figura 109.

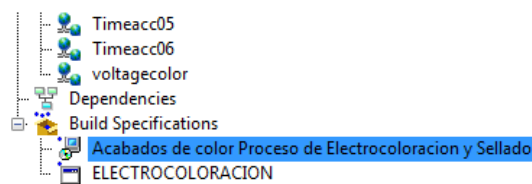


Figura 109 Aplicación ejecutable .exe.

- Culminado los anteriores pasos procede a instalar la aplicación de la aplicación, para ello se dirige hacia la ubicación donde se encuentra la carpeta electrocoloración hmi, ingresamos a la misma, ubicamos el archivo (**setup.exe**) y se dando doble clic izquierdo se inicia la instalación como se puede visualizar en la Figura 110.

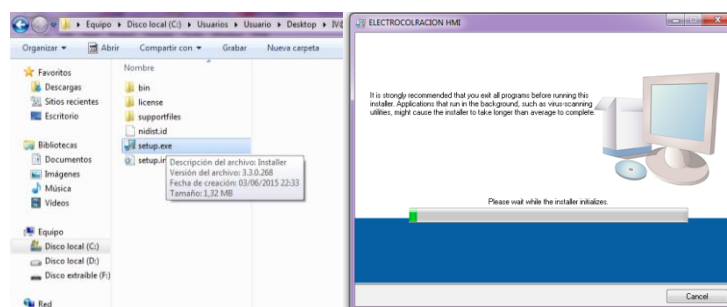


Figura 110 Inicio de la instalación del archivo ejecutable.

- El instalador se presenta como cualquier instalador común, en la presente Figura 111 se visualiza la dirección y el nombre en el cual se instalara la aplicación y guardara, seleccionamos **next**.

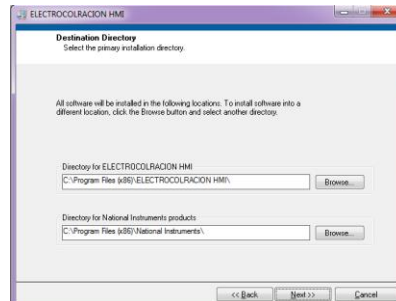


Figura 111 Datos de instalación aplicación ejecutable.

- En la siguiente pantalla que aparece se selecciona la opción **next** para el inicio a la instalación de la aplicación ejecutable .exe. En la Figura 112 se muestra la pantalla de espera mientras se instala.

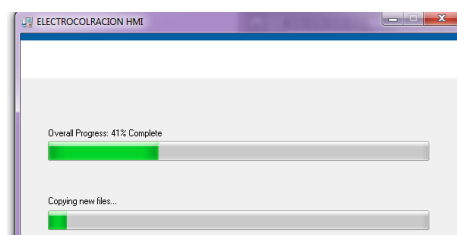


Figura 112 Instalacion de la aplicación .exe.

- Finalmente para concluir la instalacion de la aplicación seleccionamos finalizar, el programa del HMI queda instalado y no sera necesario tener instalado el software labview para poner en funcionamiento la máquina con su interface humano máquina ver Figura 113.

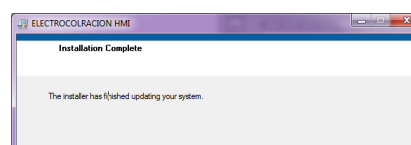


Figura 113 Final de instalación de la aplicación.

- Instalado la aplicación se ubica en **equipo >> disco local (C) >> archivos de programa (x86) >> ELECTROCOLORACION HMI** y

finalmente seleccionamos **verción1.exe** y la aplicación se ejecuta de excelente manera como se puede visualizar en la Figura 114.



Figura 114HMI instalada como aplicación ejecutable .exe en labview

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Pruebas de tonalidad en probetas de aluminio.

De acuerdo con el funcionamiento del HMI enlazado con el prototipo se tiene 6 tipos de acabados de color, en los cuales los 3 primeros se los denomina acabados en bronce y los 3 siguientes se los denomina acabados en dorado, en la Tabla 22 se resume los tipos de acabados acordes a las referencias de la empresa CEDAL.

Tabla 22

Referencias de acabados de CEDAL S.A

Denominación	Acabados	Referencia tonalidad
Acabados en bronce	Acc1	
	Acc2	
	Acc3	
Acabados en dorado	Acc4	
	Acc5	

4.2 Pruebas realizadas en ACC.

Con las referencias en los cuales trabaja la empresa Cedal se realiza pruebas pertinentes en las probetas, las cuales se someterán a dos tipos de pruebas principales, las cuales se explican a continuación.

4.2.1 Tipo de acabado sin rectificación de onda.

La primera prueba experimental, se lo realizo excluyendo el proceso de anodizado natural y sin la tarjeta de disparo de SCR'S la cual regula una forma de onda adecuada, de acuerdo a la cuba de color y a la intensidad de color que se seleccione en número de acabado en el HMI.

En la presente Figura 115se realiza una representación gráfica animada del proceso electroquímico que se efectúa en la cuba de color, y ayuda a entender cómo se genera la reacción química de las sustancia en la cuba con la fuente externa sobre la probeta que se somete a la mencionada prueba experimental.

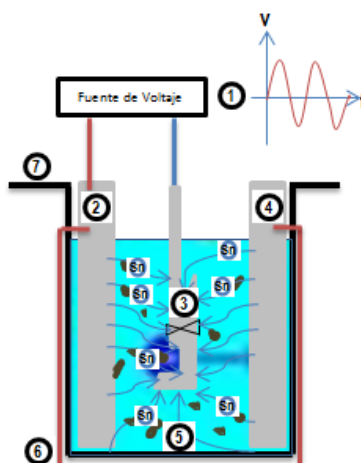


Figura 115Reacción de electrocoloración sin rectificador.

- ① Fuente de voltaje sin tarjeta de control de onda.
- ②, ④ Barras de contacto (barras sumergidas en la sustancia que se encuentran en la cuba de “Cátodos”).
- ③ Probeta de aluminio (que se encuentra único mecánicamente al Rack “Ánodos”).

- ⑤ Electrolito (ácido sulfúrico 18g/l, estaño 18g/l y estabilizador de color 18g/l).
- ⑥ Puente para unir eléctricamente a las barras de contacto (Cátodos) ubicadas en cada extremo.
- ⑦ Cuba de polímero para proceso de electrolisis.

Con la ilustración anterior del proceso electroquímico se visualiza en la Figura 116 Reacción química en la probeta la reacción del estaño II al 18 g/l de concentración, ácido sulfúrico en concentración 18 g/l, estabilizador de color al 18 g/l de concentración y la acción de un fuente externa de energía sin ningún control de forma de onda de salida sobre en proceso, es decir no se realiza la prueba con la tarjeta de disparo de scr's, que es la que encargada de proporcionar una forma de onda de salida a la cuba para que se desarrolle la relación electroquímica de acuerdo al color y la intensidad del mismo.

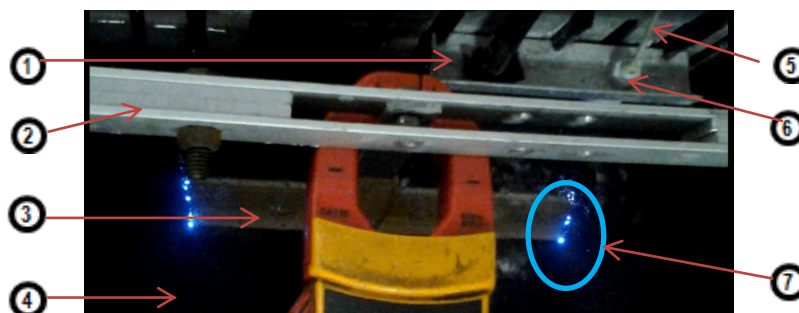


Figura 116 Reacción química en la probeta.

- ① Sensor de temperatura, Termocupla tipo J.
- ② Rack (Barra de aluminio que se una mecánicamente con la probeta).
- ③ Probeta sumergida en el electrolito.
- ④ Electrolito (Estaño II, ácido sulfúrico y estabilizador de color).
- ⑤ Barras de contacto también conocidas como Cátodos.
- ⑥ Sensor discreto de nivel tipo flotador.
- ⑦ Reacción química conocida como electrocoloración.

El resultado de la reacción de los componentes químicos que se ha producido con la onda sin control que lleva consigo voltaje y corriente sobre la probeta se refleja en la siguiente Figura 117, donde se puede visualizar las imperfecciones de la superficie con pequeños manchas de color oscuro y blanco debido a la reacción brusca que tuvo el metal estaño II como la fuente de energía sin rectificación controlada.



Figura 117 Prueba realizada sin rectificación.

La probeta de aluminio no posee ninguna tonalidad de color y su superficie se encuentra deteriorada debido a las siguientes causas que se dedujeron y se detallaran a continuación.

El tipo de acabado no se realizó debido a los siguientes motivos:

- Para poder realizar un acabado de color mediante el proceso de electrocoloración se necesita que la probeta sea abierta los poros mediante el proceso anterior de Anodizado natural.
- La probeta debe ser transferida inmediatamente desde después de haber realizado el Anodizado Natural.
- El rectificador de color de estar instalado y operativo para tener control sobre la forma de onda necesaria para el tipo de acabado seleccionado desde el HMI.
- Los poros de la probeta no pueden estar sellados (cerrados).

4.2.2 Tipo de acabado de color con control de rectificación.

Tomando en consideración los resultados de prueba realizada en el apartado anterior se genera una nueva prueba, en la cual se ha puesto en operación el rectificador de color, en el mismo se encuentra la tarjeta de disparo de SCR'S, un transformador de 110V primario/15V secundario/15A secundario AC, el rectificador tiene como función rectificar la onda de salida al proceso de acuerdo al tipo de acabado seleccionado desde el HMI.

La probeta que se ha sometido a prueba, paso anteriormente por el anodizado natural donde se generaron los poros de 10μ en la superficie del material. Tomando en cuenta los resultados de los parámetros en la prueba anterior en la sección 4.2.1, se toma en cuenta las restricciones que se deben tomar para la lógica de programación del controlador, rectificador y se realiza la siguiente prueba de acabado1.

En la siguiente Figura 118 se muestra un esquema animado de forma de control del HMI al rectificador mediante el PLC, también se muestra una de las formas de onda de salida del rectificador de acuerdo al acabado seleccionado en el HMI.

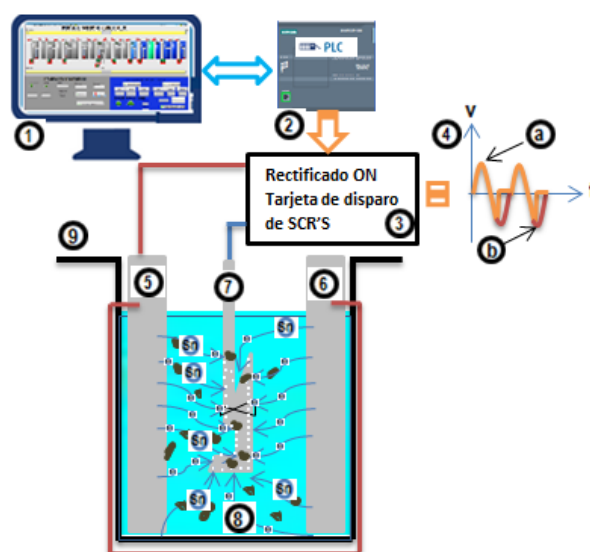


Figura 118 Reacción de electrocoloración con rectificación

① Interface humano máquina (HMI), permite que el usuario pueda seleccionar el color y tonalidad que requiera, de la misma manera mediante la comunicación ethernet pc-plc permite que el usuario pueda elegir un tipo de acabado de color en el HMI que se ejecuta en el plc y se pueda ejecutar la lógica de programación, puede emitir una señal de voltaje al rectificador para que genere una onda rectificadora al proceso acorde al acabado escogido en el HMI.

② PLC Siemens S7-1200 con módulos de comunicación, recibe y envía señales discretas y analógicas del proceso al plc y viceversa, principalmente emitirá una señal de voltaje de 0-5vdc al rectificador controlado, para que pueda generar un tipo de onda rectificadora al proceso acorde a lo seleccionado en el HMI.

③ Rectificador controlado, consta de una tarjeta de control de ángulo de disparo de SCR, una tarjeta de conexión de potencia de SCR'S en anti paralelo y un transformador amplificador de corriente. Este elemento recibe dos señales analógicas de voltaje de 0-5vdc del PLC que se genera por la lógica de programación y que genera una forma de onda rectificadora al proceso, el cual permite obtener el tipo de color o tonalidad de acuerdo a lo escogido en la interface humano máquina.

④ Forma de onda de salida del rectificador controlado. Esta es una de las cuatro formas de onda que genera el rectificador de acuerdo al número de acabados diseñados en el HMI, las formas de onda se programa en conjunto con el número de acabados de la interface humano máquina.

⑤, ⑥ Barras de contacto también conocidas como cátodos, están sumergidas en un 90% en la sustancia y ayuda que la corriente y voltaje fluya por el electrolito hacia la probeta (ánodo) que se encuentra en la cuba, e introduzcan las partículas de metal estaño II en el fondo de los poros de la probeta de acuerdo al acabado seleccionado por el usuario.

⑦ La probeta de aluminio está sujeta o unida mecánicamente al rack que al sumergir la probeta este hace contacto con los dedos de contacto conocidos como ánodos ubicados adelante y atrás de la cuba, lo cual podemos denominar a la probeta sumergida como ánodo, la probeta se encuentra anodizada, con la apertura de poros de 10μ .

⑧ Compuesto químico, que posibilita la reacción química de acuerdo al color, se realiza en dos cubas principales 13, 14 de bronce y dorado respectivamente en donde se lleva a cabo la electrocoloración dependiendo del acabado que se seleccione en el HMI.

En la Tabla 23 se pueden notar la composición y denominación del electrolito de acuerdo a la cuba donde se dará el color y la intensidad:

Tabla 23

Compuestos químicos y concentración en las cubas 13, 14.

Nombre	Número de cuba	V (l)	Concentración (g/l)	Compuesto químico	Formula química
Cuba bronce	13	6	19,0 - 24,0	Ácido sulfúrico	H_2SO_4
			9,0 - 12,0	Elcosan 250	
				Solución líquida de 250l/g de sulfato de estaño y ácido sulfúrico.	$SnSO_4$ H_2SO_4
		9,0 - 12,0	Aditivo STAB	Estabilizador de electrolitos para una mayor penetración del metal en el poro.	Estabiliza los electrolitos
Cuba dorado	14	6	10,0 - 12,0	Ácido sulfúrico	H_2SO_4
			2,00 - 4,00	Permanganato de potasio	$KMnO_2$

Fuente: (CEDAL, 2014)

9 Cuba, es el elemento donde realiza el proceso de electrocoloración ya que es un recipiente de polímero en donde están ubicados las barras de contacto (cátodos) así como también se encuentran ubicados elementos que se detallan a continuación: un sensor de temperatura tipo termocupla clase j, un sensor de nivel de líquido tipo flotador, un intercambiador de calor y recirculación, un sumidero de líquido. La función y ubicación de los sensores y distribución del espacio de la cuba son similares para las cubas 13, 14 que son en las que se realizan reacciones electroquímicas para colorear la probeta, de la misma manera esta misma cuba se utiliza para todo el proceso de electrocoloración que son 9 cubas idénticas en funcionalidad y material.

La reacción de electrocoloración sobre la probeta de aluminio con una apertura de poros de 10μ , en los poros mediante la reacción electroquímica se deposita las partículas del metal estaño II en los poros del material estas partículas de metal son introducidas mediante la acción de la onda de salida generada por el rectificador controlado de color

En la Figura 119 se muestra el resultado de la prueba para el acabado 1 (Acc1). Primeramente la probeta se sometió al proceso de anodizado natural y posteriormente por el proceso de electrocoloración, el proceso de anodizado natural ha generado en la probeta una dimensión de poros de 10μ , el cual se trasladó inmediatamente para someter al proceso de electrocoloración, en el cual se generó el proceso de electrolisis como se visualizó en la figura 116 de forma animada. A diferencia de la anterior prueba realizada el proceso de electrolisis cuenta con el rectificador controlado el cual genera la rectificación de la onda de salida a la cuba que en conjunto con los compuestos químicos y concentraciones mencionados en la tabla 23, se puede observar en la figura 119, la probeta de prueba la cual se sumergió un 90% de su totalidad en la solución, con el objeto de visualizar la diferencia de color y la tonalidad del mismo, donde se puede distinguir el efecto del proceso en la probeta.

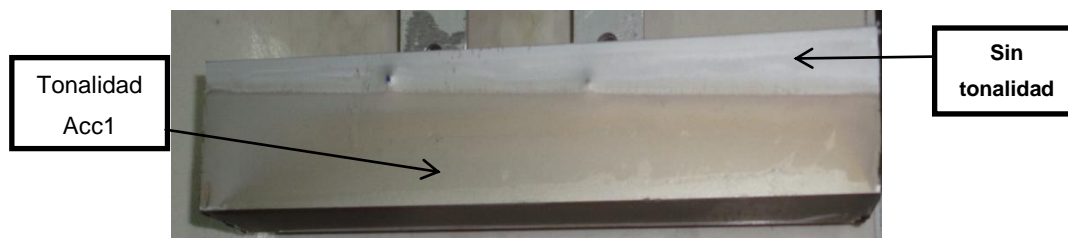


Figura 119 Probeta sumergida 90% en la solución.

En la figura 120 se realiza una comparación del color e intensidad de color de la prueba realizada de acuerdo a las matrices en las cuales trabaja en departamento de acabados de la empresa.

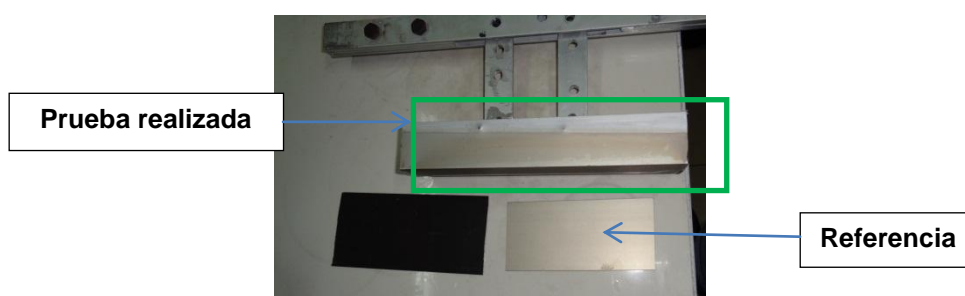


Figura 120 Prueba realizada con apertura de poros para Acc1.

Como se puede observar en presente Figura 120, en la prueba realizada tiene una tonalidad de la referencia para el acabado 1, sin embargo la tonalidad no es la adecuada según la comparación con la matriz, el tomo de color obtenido en la prueba es débil. Para lo cual se ajustan los tiempos de inmersión de la probeta en la solución de sulfato de estaño II, en la lógica de programación para cada uno de los acabados.

Con el ajuste de los parámetros se tendrá los resultados más óptimos de acuerdo a las referencias de acabado de la empresa.

4.2.3 Resultados obtenidos.

4.2.4 ACC1.

Con el ajuste realizado en la lógica de programación del PLC y basándose en las pruebas anteriores, a continuación se muestra los parámetros bajo los cuales se obtuvo el resultado para el acabado 1 (Acc1).

En la Figura 121 se puede visualizar la probeta obtenida después del proceso de electrocoloración y sellado, en la cual podemos observar el color y la tonalidad de la misma con relación a las probetas que la acompañan.



Figura 121 Resultado proceso electrocoloración para Acc1.

La composición química de la sustancia que se encuentra en la cuba, las concentraciones son importantes para el buen desempeño del proceso electrolítico, también se puede notar parámetros de temperatura, tiempo de inmersión de la probeta en la sustancia y el tipo de onda rectificada que interviene en el proceso electrolítico.

Con la selección del tipo de acabado en el HMI automáticamente se mantendrán los datos mostrados en la Tabla 24 por el lapso de tiempo que el proceso electrolítico dure.

Tabla 24

Parámetros y composición para la cuba de tonalidades en Bronce referenciado al ACC1.

Ácido sulfúrico	Elcosan 250		Aditivo estabilizador	Temperatura	Tiempo	Tipo
	Sulfato de estaño	Ácido sulfúrico				
H_2SO_4	$SnSO_4$	H_2SO_4	Estabiliza los electrolitos	Cuba bronce	Acc1	Acc1
19 – 24(g/l)	9,00 – 12,00 (g/l)		9 – 12 (g/l)	22 – 25 °C	3 min	AC – compleja 1

En la presente Figura 122 se puede notar la comparación de la probeta que se sometió al proceso y la matriz de color correspondiente al acabado 1.



Figura 122 Comparación de la probeta ACC1 y la Matriz de color.

Para el resultado del ACC1 que se obtuvo se presenta en el anexo A-5 la información respectiva sobre las condiciones eléctricas de los SCR'S, la forma de onda que se generó para que pueda tomar el color y la tonalidad del mismo.

4.2.5 ACC2.

En condiciones similares de forma con las cuales se obtuvieron los resultados para el acabado 1, se obtiene el resultado en la probeta la cual resulta del proceso de electrocoloración para el acabado 2. De igual manera el acabado se seleccionó desde el HMI.

En la Figura 123 se puede visualizar la probeta como resultado del proceso, de la misma forma se puede notar la variación en tonalidad de color que se genera en relación a las probetas que la acompañan, la probeta de la izquierda es el resultado del proceso que se ejecutó para el ACC1 y se puede notar claramente la variación de la tonalidad con respecto a la probeta señalada la cual corresponde al acabado ACC2, concretamente en comparación de tonalidad de color entre las probetas como resultados del proceso se nota que la probeta del ACC2 posee una tonalidad más Oscura que la probeta del ACC1.



Figura 123 Resultado para el ACC1 y el ACC2.

El resultado que se muestra en la Figura 123 se generó en la misma cuba que se obtuvo el ACC1 y la que se obtendrá después para el ACC3, por dicha razón los compuestos químicos siguen siendo los mismo, en las mismas concentraciones. La variación que genera en esta cuba es el tiempo de inmersión de la probeta en las sustancias químicas.

En la presente Tabla 25 se nota las similitudes con la tabla 24 que corresponde a los parámetros y composición del electrolito para el ACC1 y se presenta la diferencia en los parámetros de tiempo y tipo de onda rectificadora aplicada a la probeta en la prueba, los mencionados parámetros son esenciales para las diferentes tonalidades del color, por ello los tiempos y los tipos de onda alterna compleja varían en función de los diferentes tipos de acabados dispuestos en la pantalla principal del HMI del prototipo.

Tabla 25

Parámetros y composición para la cuba de tonalidad de color bronce referenciado al acabado ACC2.

Ácido sulfúrico	Elcosan 250		Aditivo estabilizador	Temperatura	Tiempo	Tipo de corriente
	Sulfato de estaño	Ácido sulfúrico				
H_2SO_4	$SnSO_4$	H_2SO_4	Estabiliza los electrolitos	Cuba bronce	Acc2	Acc2
19 – 24 (g/l)	9,00 – 12,00 (g/l)		9 – 12 (g/l)	22 – 25 °C	5 min	AC – compleja 2

Como se pudo observar en la anterior Figura 123 la diferencia de tonalidad entre el resultado del ACC1 con el resultado del ACC2 en la Figura 124 podemos notar la comparación del resultado del ACC2 y la matriz de color para el mencionado acabado.

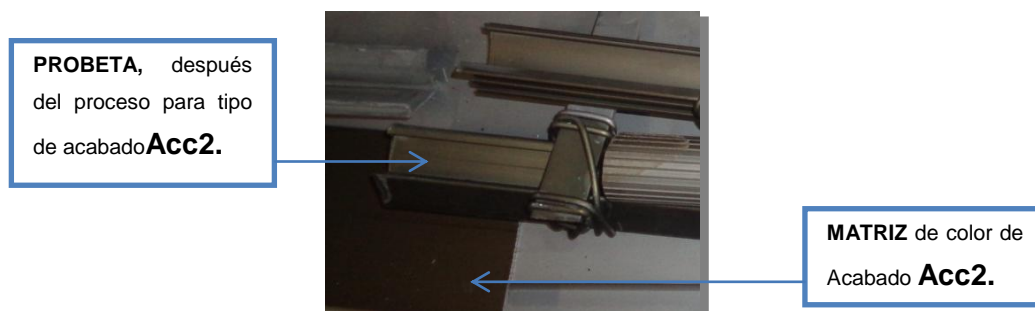


Figura 124 Comparación del resultado probeta Acc2 y matriz Acc2.

A continuación en la Figura 125 se puede visualizar de forma ligera comparación de las probetas sometidas al proceso de electrocoloración y sellado para los acabados Acc1, Acc2 con sus respectivas matrices de color.



Figura 125 Comparación de resultados en probetas Acc1 y Acc2.

- ① Resultado del proceso de electrocoloración y sellado para el Acc2.
- ② Matriz de color para el Acc2.
- ③ Resultado del proceso de electrocoloración y sellado para el Acc1.
- ④ Matriz de color para el Acc1.

4.2.6 ACC3.

Entre las tonalidades que se puede generar en la cuba electrolítica de tonalidades en bronce están los resultados en las probetas anteriores, la

tonalidad de color negro o bronce oscuro que se presentara a continuación es la más compleja de obtener, a continuación muestra el resultado obtenido para la tonalidad bronce oscuro o conocida como color negro.

En la Figura 126 se visualiza el resultado obtenido en la probeta para la tonalidad de color oscuro correspondiente al acabado Acc3 seleccionado desde el HMI, de la misma forma se puede notar en la Figura 126 la variación de la intensidad de color con respecto a las probetas que la acompañan.

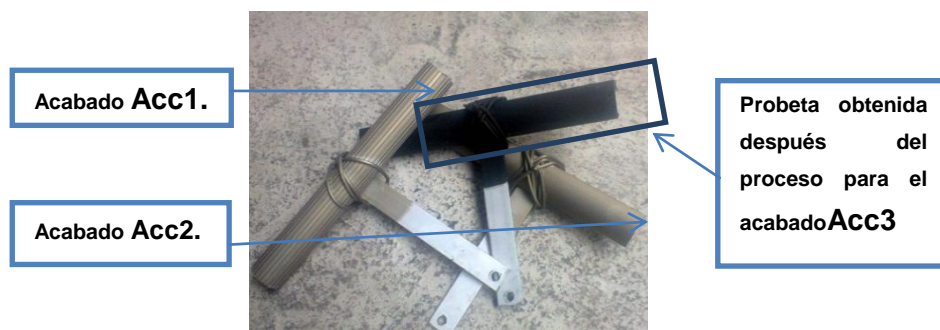


Figura 126 Resultado en la probeta para el acabado Acc3.

El resultado que se puede visualizar en la Figura 126 se obtuvo en la misma cuba en las cuales se obtuvieron los resultados para los acabados Acc1, Acc2. Los compuestos químicos siguen siendo los mismos la diferencia que se genera es en tiempo de inmersión y el tipo de onda compleja que se aplica a la probeta cuando está en inmersión.

A continuación se muestra la Tabla 26 en la que se puede visualizar los compuestos químicos que no varían en relación a la Tabla 23 y la Tabla 24. Tabla 24a que los resultados obtenidos se generaron en la misma cuba, por esta razón las concentraciones de los componentes químicos no ha variado. El tiempo de inmersión y el tipo de onda compleja son los dos factores de la Tabla 26.

Tabla 26

Parámetros y Composición para la cuba de tonalidad de color bronce referenciado al acabado ACC3.

Ácido sulfúrico	Elcosan 250		Aditivo estabilizador	Temperatura	Duración tiempo	Tipo de corriente
	Sulfato de estaño	Ácido sulfúrico				
H_2SO_4	$SnSO_4$	H_2SO_4	Estabiliza los electrolitos	Cuba Bronce	Acc2	Acc2
19 – 24 (g/l)	9,00 – 12,00 (g/l)	9 – 12 (g/l)		22 – 25 °C	7min	AC – compleja 3

En la siguiente Figura 127 se puede visualizar los resultados obtenidos en las probetas, se puede visualizar la igualdad de tonalidad de color entre el resultado obtenido en la probeta después del proceso y la matriz de color en la cual se guían el departamento de acabados de la empresa CEDAL.

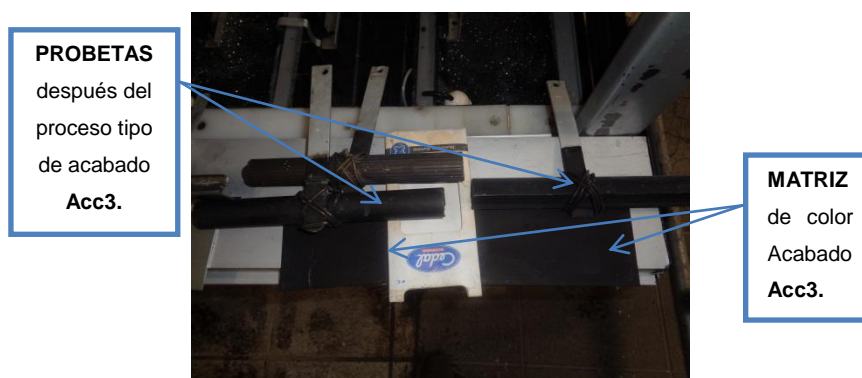


Figura 127 Comparación del resultado en la probeta para el acabado Acc3 y la matriz de color para la misma.

Los resultados presentados anteriormente para los acabados Acc1, Acc2 y Acc3 se realizaron en la misma cuba de tonalidades en bronce, es decir que en la cuba de color bronce se puede obtener después del proceso varios tipos diferentes de tonalidad con los mismos compuestos químicos y las mismas concentraciones pero con diferentes tiempos y diferentes formas de ondas complejas.

El manejo de la onda compleja generada por el rectificador controlado y el tiempo de inmersión son parámetros centrales para generar los

colores que se mostraron en los resultados anteriores, la mencionada onda compleja tiene sus propios parametros que se especifican en los anexos A-5, A-6, A-7, A-8 parametros que fueron asignados en la programación del controlador y también la targeta de control del rectificador de acuerdo a los parametros de los rectificadores de color de la planta industrial de la empresa.

En la Figura 128 se presenta los tres tipos de tonalidad que se generaron en la cuba de tonalidad en bronce con los mismos compuestos químicos, con diferentes parametros de tiempo y tipo de onda compleja generada por el rectificador. Las tonalidades de color se seleccionaron desde la interface humano máquina (HMI).



Figura 128 Tonalidades obtenidas en proceso.

- ① Tonalidad después del proceso de electrocoloración y sellado referenciado al Acc1 con parámetros especificados la Tabla 24.
- ② Tonalidad después del proceso de electrocoloración y sellado referenciado al Acc2 con parámetros especificados en la Tabla 25.
- ③ Tonalidad después del proceso de electrocoloración y sellado referenciado al Acc3 con parámetros especificados en la Tabla 26.

4.2.7 ACC4

El acabado Acc4 o también conocido como color dorado en relación a los Acc1, Acc2 y Acc3. Se genera en la cuba número 14 o también conocida como cuba de color dorado, en la cuba de color dorado debido

al color que se quiere obtener los compuestos químicos varían con diferencia de la cuba número 13 que es de color bronce.

En la Figura 129 se puede notar el color que se genera en la cuba de dorado, bajo la referencia de color que se presenta se obtiene varios tipos de tonalidad.



Figura 129 Matriz de color dorado referenciado al acabado Acc4

A continuación en la tabla 27 se presenta la composición química que se encuentra en la cuba de color dorado, así como los parámetros de tiempo y tipo de onda compleja. La composición química en la cuba de dorado es sencilla debido a sus dos componentes, los parámetros eléctricos de la onda compleja.

Tabla 27

Parámetros y composición química para el acabado ACC4.

Ácido sulfúrico	Pergamanato de potasio	Temperatura	Duración tiempo	Tipo de corriente
H_2SO_4	$SnSO_4$	Cuba Dorado	Acc2	Acc2
10 – 12 (g/l)	10 – 12 (g/l)	22 – 25 °C	2min	AC – compleja 1

En la Figura 130 se puede visualizar los diferentes tipos de tonalidades generados en la cuba de bronce y otros generados en la cuba de dorado, las mismas que se han generado de acuerdo al tipo de acabado seleccionado desde la interfaz humano máquina.




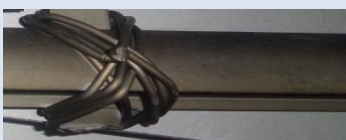
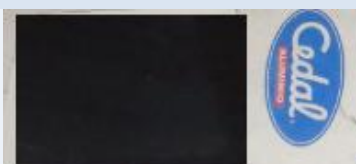



Figura 130 Tonalidades obtenidas en el prototipo realizado.

En la tabla 28 se presenta una comparación de las tonalidades obtenidas en las probetas después de toda la línea de proceso y las matrices de colores en la cuales la empresa se basa.

Tabla 28

Comparación de Matrices de color de la empresa Cedal Vrs Resultados de color obtenidos en el prototipo.

Denominación	Matriz de color	Resultado obtenido
Acc1 "Champagne"		
Acc2 "Bronze"		
Acc3 "Negro mate"		

Acc4“Dorado”



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Puedo concluir que para realizar una automatización es necesario conocer el proceso involucrado que permite obtener información como: procedimientos a seguir en la operación del proceso, dispositivos que intervienen (sensores, transductores, motores, bombas hidráulicas, etc), variables a medir, variables a controlar, variables a monitorear, rangos de operación, funcionamiento de dispositivos, entradas y salidas de señales. Lo cual me ha permitido realizar con éxito un proyecto de automatización ya que se tiene una visión y un criterio de los alcances de lo que se puede y quiere realizar.
- Gracias al criterio organizado de las funciones que cumple cada elemento que conforma el prototipo de electrocoloración y sellado del aluminio se ha logrado tener un sistema Mecatrónico que interactúa bajo ciertas condiciones mediante sensores, procesando información acorde a una lógica de programación, y generando actividades mecánicas flexibles.
- El diseño mecánico del prototipo de electrocoloración y sellado del aluminio se utilizó software CAD SolidWorks que proporciono 3 factores importantes en el análisis como desplazamiento resultante que es igual a 0.679mm, tensión de von-mises que fue igual a 6.11 N/m² y el factor de seguridad mínimo que tuvo como resultado 4.1,

los mismos que están entre los rangos de diseño óptimos para su ejecución.

- En el análisis de la estructura arroja resultados que es factible la construcción de la estructura ya que se obtiene un factor de seguridad mayor que 1, y su deformación es mínima.
- El controlador Siemens S7-1200 con sus 8 módulos de comunicación de entradas y salidas discretas y analógicas ha promovido que el prototipo sea controlado por el mismo con gran eficacia.
- Se logró la obtención de la tonalidad requeridas debido al diseño del control de la parte positiva y negativa de la onda compleja que es necesaria para la obtención de tonalidades del perfil de aluminio en una sustancia alcalina. mediante la tarjeta de disparo de SCR'S, la que consta de 2 microprocesadores PIC 16f877A que genera la señal mediante impulsos de corriente a los SCR'S acorde al ángulo de disparo que se genera mediante el tipo de acabado seleccionado desde el HMI
- La arquitectura cliente – servidor de Opc's ha facilitado la comunicación abierta entre el controlador PLC S7-1200 y la Interface humano Máquina (HMI) en el software labVIEW de National Instruments
- La Interface Hombre Maquina (HMI) generado en el software labVIEW de National Instruments ha permitido visualizar y controlar el proceso de Electrocoloración y Sellado del aluminio con gran versatilidad en su modo manual/ automático.
- Al desarrollar la aplicación ejecutable .exe en labVIEW no es necesario tener instalado en el ordenador el software labVIEW para que el HMI pueda ser instalado y puesto en funcionamiento sin ningún problema para su buen desarrollo, dicho ejecutable puede ser instalado en cualquier ordenador inmediatamente se enlazara con el controlador PLC S7-1200 para poder ejecutar el funcionamiento del prototipo en modo manual / automático.

5.2 RECOMENDACIONES

- La manipulación del prototipo debe ser con todos los equipos de seguridad personal (guantes, gafas, mascarillas, mandiles, zapatos apropiados) ya que en el área de trabajo se maneja sustancias peligrosas que pueden atentar con la integridad personal ver Anexo A.
- Llevar muy presente las consideraciones en cuanto a procedimiento que son necesarios para pruebas que se realicen en el prototipo.
- Realizar las actividades conforme se detallan en el plan de mantenimiento, para evitar fallas en el proceso y alargar la vida útil de los equipos.
- Tomar muy en cuenta que al realizar pruebas en el prototipo no se encuentre objetos de metal en los dedos de contactos de las cubas de Bronce y Dorado ya que pueden ocasionar corto circuito cuando se asiente el Rack en los dedos de contactos para comenzar el proceso de electrocoloración.
- No insertar las manos cuando el prototipo esté en funcionamiento ya que puede causar daños severos, acogerse a la zona de seguridad que se destinó.

Glosario de términos.

Sensores: Generan una señal indicativa de las condiciones de proceso.

Controladores: Leen la señal de medida, comparan la variable medida con la deseada.

Punto de consigna: Estabilizan el sistema realizando el ajuste necesario para reducir o eliminar el error.

Válvulas y otros elementos finales de control: Reciben la señal del controlador y actúan sobre el elemento final de control, de acuerdo a la señal recibida.

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

Las fuentes de poder se diseñan para poder proporcionar la corriente que necesita el sistema local completo. En caso de utilizar muchos módulos, se tiene la opción de instalar otra u otras fuentes de poder y de esta forma poder cumplir con requerimientos de carga del sistema.

Unidad Central de Proceso: La CPU (Central Processing Unit) es la parte inteligente del sistema. Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas.

Memoria: La memoria es el almacén donde el controlador lógico programable guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control datos del proceso. Señales de planta, entradas y salidas. Variables internas, de bit y de palabra, datos alfanuméricos y constantes, datos de control, Instrucciones de usuario (programa), configuración controlador lógico programable (modo de funcionamiento, número de e/s conectadas,...).

Módulos de entradas: Son los dispositivos mediante los cuales se hace llegar lo que está sucediendo en el proceso a la CPU. Dependiendo de esto, la CPU resuelve la secuencia del programa y actualiza el estado de los módulos de salida.

Módulos de salida: Son el medio que permite a la CPU, en base a las entradas y estados de registros en el programa, mantener o modificar el estado de los diferentes dispositivos del proceso. Pueden ser módulos de salida.

Módulos discretos o lógicos: Son aquellos que manipulan información digital, esto es cerrado abierto, on-off Pueden tener dos estados: abierto-cerrado o tensión-no tensión.

Módulos analógicos: Son aquellos que reciben o envían señales que pueden adoptar un gran número de niveles diferentes. Entre estos están rangos de 0 a 5 V, 0 a 10 V, 0 a 15 V, 4 a 20 mA, 0 a 3 mA, 0 a 1 mA, etc.

Son módulos que transforman las señales analógicas que ingresan al PLC provenientes del proceso, en dígitos binarios para su procesamiento en el PLC.

Programación: En general existen dos formas de programar o monitorear el programa de un PLC.

Programador Manual: El programador manual presenta teclas orientadas a la programación y monitoreo de diagramas escalera.

Computadora: El sistema más utilizado para programar PLCs es la computadora personal, y en especial la computadora portátil, debido a su poco peso y tamaño. En estos casos se instala un programa que permite la comunicación con el PLC.

Referencias bibliográficas

Vásquez, j. (2004). *Termodinámica química y de los procesos irreversibles*. Pearson Addison Wesley.

(s.f.). Recuperado el 23 de Mayo de 2014, de <http://www.kairel.com/tecnicas-de-marcaje.html>

(12 de Mayo de 2014). Recuperado el 14 de Abril de 2012, de <http://kaven-fontes.blogspot.com/>

(12 de enero de 2014). Recuperado el 26 de marzo de 214, de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>

4GWar. (12 de Agosto de 2013). Recuperado el 20 de Mayo de 2014, de 4GWar: <http://4gwar.wordpress.com/2013/08/12/unmanned-systems-big-droid-drone-and-bot-show-opens-in-d-c/>

4Gwar. (2013). UNMANNED SYSTEMS: Big Droid, Drone and 'bot Show Opens in D.C. UPDATE. 4Gwar.

Antonio, B., Peñin, L., Balaguer, C., & Aracil, R. (2007). *Fundamentos de Robotica*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana.

Aquiles Gay, M. A. (s.f.). *tecneweb*. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de www.tecneweb.com.ar/Apuntes/tercero_9/sistema%20de%20control.doc

Aracil, R. (enero de 2006). *arvc.umh.es*. Obtenido de <http://arvc.umh.es/documentos/articulos/RIAI%202006.pdf>

- Armesto Quiroga, J. (2008). *Instalación de Sistemas de Automatización y Datos*. Recuperado el 18 de 03 de 2014, de Universidad de Vigo E.T.S. Ingenieros Industriales: <http://dc299.4shared.com/doc/zzg-ReGd/preview.html>
- Arranz, A. C. (2011). *Tecnología Láser y sus aplicaciones Industriales*. (Vol. I). Barcelona, España: Marcombo, S.A. Recuperado el 5 de Junio de 2014
- Baturone, A. O. (2001). *Robótica Manipuladores y robots móviles*. Barcelona: Marcombo S.A.
- Bautista Quintero Ricardo, A. C. (4 de Noviembre de 2011). <http://www.mecamex.org/>. Recuperado el 8 de Octubre de 2013, de <http://www.mecamex.org/>: <http://www.mecamex.net/anterior/cong10/trabajos/art32.pdf>
- Berger, E. (18 de Agosto de 2010). Interview with Eric Berger (Co-Director, Personal Robotics Program, Willow Garage). (A. K. Michael Beetz, Entrevistador) Springer-verlag 2010. doi:10.1007/s13218-010-0058-7
- Bonev, I. (s.f.). <http://www.parallemic.org/>. Obtenido de <http://www.parallemic.org/Reviews/Review002p.html>
- Caniparoli, J. (16 de 12 de 2012). *Sensores de Final de Carrera*. Recuperado el 13 de 08 de 2014, de <http://es.slideshare.net/JavierCaniparoli/sensores-de-final-de-carrera>
- CEDAL . (12 de 07 de 2007). *CEDAL*. Recuperado el 30 de 08 de 2013, de http://cedal.com.ec/produccion_cedal.php
- Cejas, G. (s.f.). *Electro - coloración*. Recuperado el 10 de 02 de 2014, de SIMETAL SOCIEDAD ANONIMA: http://simetal.com.ar/?page_id=24

Constante, P. (Agosto de 2012). *repositorio.espe.edu.ec*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5924/1/T-ESPEL-0940.pdf>

D’Inca, C. (22 de Agosto de 2010). <http://www.um.edu.ar/>. Obtenido de <http://www.um.edu.ar/catedras/claroline/document/document.php?cmd=exChDir&file=L0FQVU5URVM%3D&cidReset=true&cidReq=IE030>

Díaz, V. G. (26 de Enero de 2013). Obtenido de <http://www.slideshare.net/vicegd/desarrollo-robotico-robot-operating-system-ros>

Edeso, G. (16 de febrero de 2012). *Control*. Recuperado el 15 de Marzo de 2014, de <http://guinea-edeso.blogspot.com/2012/02/ejemplos-de-control-en-lazo-cerrado.html>

Elementos Magnéticos Navarra S.L. (13 de 07 de 2014). *Aplicaciones de las bobinas electromagnéticas*. Recuperado el 13 de 08 de 2014, de http://www.elementsmagneticos.com/content/aplicaciones-de-las-bobinas-electromagn%C3%A9ticas_lang-es

Flores, R. (2010). *Manual de Contenido Plc Básico*. Recuperado el 19 de 03 de 2014, de Ternium: <http://www.eet6sannicolas.edu.ar/biblioteca/alumnos/3%20polimodal/PLC%20B%C3%A1sico/TX-TIP-0005%20MP%20PLC%20BASICO%20.pdf>

Flores, R. (2010). *Terniun*. Recuperado el 19 de 03 de 2014, de Plc básico: <http://www.eet6sannicolas.edu.ar/biblioteca/alumnos/3%20polimodal/PLC%20B%C3%A1sico/TX-TIP-0005%20MP%20PLC%20BASICO%20.pdf>

Foundation, O. S. (17 de Diciembre de 2013). <http://www.ros.org/>. (P. Rey, Editor) Recuperado el 10 de Junio de 2014, de <http://www.ros.org/>: <http://wiki.ros.org/>

Foundation, O. S. (23 de Diciembre de 2013). <http://www.ros.org/>. (T. Foote, Editor) Recuperado el 12 de Enero de 2014, de <http://www.ros.org/>: <http://wiki.ros.org/ROS/Concepts>

Gay, A., & Ferreras, M. (s.f.). *Sistemas de Control*. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de La educación Tecnológica Aporte para su Implementación:
http://www.tecneweb.com.ar/Apuntes/tercero_9/sistema%20de%20control.doc

Gómez, C. R. (s.f.). *MF1349_1: Impresión de productos en Tampografía*. Innovación y Cualificación S.L.

González Rubio, A. (18 de 05 de 2011). *Sistema de Control ON - OFF*. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de <http://es.scribd.com/doc/227487370/59654885-Sistemas-d-Control-Onoff-y-Proporcional>

González, N., & Reinoso, E. (Marzo de 2011). *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1921/14/UPS-CT002354.pdf>

Guerrero, G. N. (30 de Septiembre de 2012). <http://geeksknowledge.blogspot.com/>. Obtenido de <http://geeksknowledge.blogspot.com/>: <http://geeksknowledge.blogspot.com/2012/09/rsf-o-middleware-para-robots.html>

<http://awesomebytes.com/>. (13 de Septiembre de 2012). Recuperado el 4 de Noviembre de 2013, de <http://awesomebytes.com/>:

<http://awesomebytes.com/2012/09/13/computer-applications-for-a-delta-robot-via-ros/>

<http://forums.trossenrobotics.com/>. (27 de Julio de 2007). Recuperado el 12 de Septiembre de 2013, de <http://forums.trossenrobotics.com/tutorials/introduction-129/delta-robot-kinematics-3276/>

<http://opencv.org/>. (s.f.).

<http://robosavvy.com/>. (24 de Junio de 2014). Obtenido de <http://robosavvy.com/>:
http://robosavvy.com/store/product_info.php/manufacturers_id/15/products_id/1725

<http://support.robotis.com/>. (2010). Recuperado el 12 de Junio de 2014, de <http://support.robotis.com/>:
http://support.robotis.com/en/product/auxdevice/interface/usb2dxl_manual.htm

<http://wiki.ros.org/ROS/Tutorials/BuildingPackages>. (s.f.).

<http://wiki.ros.org/ROS/Tutorials/CreatingPackage>. (s.f.).

<http://wiki.ros.org/rviz>. (s.f.).

<http://www.robotica-personal.es>. (27 de Noviembre de 2009). Obtenido de <http://www.robotica-personal.es>: <http://www.robotica-personal.es/2009/11/nuevo-kit-robotis-bioloid-premium-en-ro.html>

<http://www.ros.org/>. (22 de Mayo de 2014). Recuperado el 23 de Junio de 2014, de <http://www.ros.org/>: <http://wiki.ros.org/ROS/Introduction>

<http://www.trossenrobotics.com/>. (2012). Recuperado el Mayo de 2014, de <http://www.trossenrobotics.com/dynamixel-ax-18A-robot-actuator.aspx>

Ing. Améstegui Moreno, M. (01 de 2001). *Apuntes de control PID*. Recuperado el 07 de 08 de 2014, de <http://read.pudn.com/downloads161/ebook/732022/PID%20motor%20control/Control.Pid.pdf>

Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. (18 de 06 de 2009). *Aceros. Perfiles Estructurales conformados en frio. Requisito e Inspeccion*. Recuperado el 29 de 04 de 2014, de NTE INEN1623:2009: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1623.2009.pdf>

Instrumentacion Industrial VIGNOLA. (s.f.). *Sensores de Temperatura Termocuplas*. Recuperado el 13 de 08 de 2014, de http://www.vignola.cl/pdf_secciones/04/4-15-47.pdf

Isabel Rodrigo Martín, R. C. (s.f.). *UF1523: Preparación de la impresión en serigrafía*. Innovación y Cualificación S.L. Recuperado el 12 de Febrero de 2014, de <http://books.google.com.ec/books>

JIENEZ, Q. (02 de 2009). *Modos Basicos de Control*. Recuperado el 18 de 03 de 2014, de Control 1: <http://control1.files.wordpress.com/2009/02/acciones-basicos-de-control.pdf>

Juan G. Castaño, F. E. (28 de Julio de 2010). *SCIELO*. Recuperado el 12 de Marzo de 2014, de <http://www.scielo.org.co/scielo.php>

León, J. A. (28 de Mayo de 2009). *itzamna.bnct.ipn.mx*. Obtenido de <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/4900/1/JABL.PDF>

Leung, S. (Abril de 2010). *Tipos de Automatización*. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de Automatización Industrial: <http://a207816.wordpress.com/tipos-de-automatizacion/>

López, C. A. (Diciembre de 2010). <http://eie.ucr.ac.cr/>. Recuperado el 13 de Mayo de 2014, de <http://eie.ucr.ac.cr/>: http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2010/pb2010_041.pdf

Lucas Mateo Urrea Mantilla, S. A. (2012). <http://repository.unimilitar.edu.co/>. Obtenido de <http://repository.unimilitar.edu.co/>: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/9953/1/UrreaMantillaLucasMateo2012.pdf>

Luis, P. (2013). *Control todo o nada*. Recuperado el 25 de febrero de 2014, de Universidad de Buenos Aires: <http://materias.fi.uba.ar/7609/material/Clase%2001%20Intro/07%20-%20Control%20Todo%20o%20Nada.pdf>

María Fernanda Utreras Abad, D. D. (17 de Octubre de 2013). <http://www.dspace.espol.edu.ec/>. Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de <http://www.dspace.espol.edu.ec>

MARTINEZ, D. M. (19 de Noviembre de 2012). <http://e-archivo.uc3m.es/>. Recuperado el 19 de Enero de 2014, de <http://e-archivo.uc3m.es/>: <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/16723>

Mauriarte, J., & Alarcos, M. (2011). *Sistemas Automáticos y de Control*. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de ieshuelin: <http://ieshuelin.com/huelinwp/download/Tecnologia/Tecnologia%20Industrial/3-SISTEMAS-DE-CONTROL-AUTOMATICO.pdf>

MAZDA, F. (1995). *ELECTRONICA DE POTENCIA COMPONENTES, CIRCUITOS Y APLICACIONES*. ESPAÑA: Paraninfo sa.

MEHLER TEX. NOLOGIES. (s.f.). *El anodizado del aluminio*. Recuperado el 10 de 02 de 2014, de Revista Toldo: <http://www.revistatoldo.com/noticia.php?id=61>

Merlet, J. (2006). *Parallel Robots*. Springer.

- Nader Mohamed, J. A.-J. (Septiembre de 2008). *In Proc. of The IEEE Intl. Conf. on Robotics, Automation, and Mechatronics*. Recuperado el 27 de Mayo de 2014, de In Proc. of The IEEE Intl. Conf. on Robotics, Automation, and Mechatronics: http://faculty.uaeu.ac.ae/Nader_M/papers/RAM2008.pdf0
- Nader Mohamed, J. A.-J. (Mayo de 2009). *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*. Recuperado el 23 de Mayo de 2014, de IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security: <http://faculty.uaeu.ac.ae/ijawhar/publications/review%20for%20mid%20rob%20journ.pdf>
- Ner, A. (27 de Septiembre de 1012). <http://afroner9.blogspot.com/>. Obtenido de <http://afroner9.blogspot.com/2012/09/robotica-y-bionica.html>
- Newsoaxaca*. (26 de Julio de 2013). Recuperado el 20 de Mayo de 2014, de *Newsoaxaca*: <http://newsoaxaca.com/index.php/actualidad/16925-un-robot-asistira-a-personas-de-la-tercera-edad>
- OMEGA. (2014). Recuperado el 18 de 03 de 2014, de <https://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>
- OMEGA. (2014). *Sensores de nivel y medición*. Recuperado el 18 de 03 de 2014, de <https://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>
- Pastran, & Moreno. (03 de 2011). *Control de Procesos*. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de MAVAINSA: http://pastranamoreno.files.wordpress.com/2011/03/control_procesos-valvulas.pdf

Peña, C., Oviedo, E., & Cárdenas, P. (Junio de 2011). *www.scielo.org.co*.
Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v21n1/v21n1a05.pdf>

Pérez, A. G. (2006). *Instalacion de una Planta Moderna de Anodizado para Perfiles de Aluminio*. Recuperado el 12 de 03 de 2014, de Univercidad Nacional Mayor San Marcos: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/550/1/garcia_pa.pdf

Pérez, A. G. (2006). *Univercidad Nacional Mayor De San Marcos*. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/550/1/garcia_pa.pdf

Pfeiffer, S., & Gabas, A. (s.f.). *awesomebytes.com*. Obtenido de http://awesomebytes.com/wp-content/uploads/2012/09/Informe_delta_spfeiffer_agabas_con_anejos.pdf

Quintal, R. (11 de 08 de 2011). *Automatización Industrial*. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de <http://automatizacionfiuady.blogspot.com/2011/10/es-la-automatizacion-fuente-de.html>

Rashid, M. H. (2004). *ELECTRÓNICA DE POTENCIA CIRCUITOS, DISPOSITIVOS Y APLICACIONES* (Tercera Edicion ed.). (V. G. poso, Trad.) México: PEARSON EDUCACIÓN.

RINCON, I. A. (2011). CRESIMIENTO DE PELICULAS ANODICAS NANOPOROSAS DE ALUMINIO EN SOLUCION ACIDO CROMICO. En TESIS.

Robotnik. (5 de Febrero de 2013). *Robotnik* . Obtenido de <http://www.robotnik.es/blog/interfaces-de-usuario-en-ros/#comments>

Rodríguez Fernández, A. (10 de 2009). *Actuadores Neumáticos*. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapunt.es.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Esacalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>

Romero, A. M. (21 de Junio de 2014). <http://wiki.ros.org/>. Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de <http://wiki.ros.org/>: <http://wiki.ros.org/ROS/Concepts>

SIEMENS. (11 de 2009). *SIEMENS*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/s71200/Pages/S71200.aspx>

SIEMENS. (11 de 2009). *Simatic s7-1200*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de SIEMENS: <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/s71200/Pages/S71200.aspx>

Source, O. S. (1 de Mayo de 2014). <http://www.ros.org/>. (D. Thomas, Editor) Recuperado el 15 de Mayo de 2014, de <http://www.ros.org/>: <http://wiki.ros.org/Distributions>

Ternium. (2010). *Manual de contenido PLC Básico*. Recuperado el 19 de 03 de 2014, de <http://www.eet6sannicolas.edu.ar/biblioteca/alumnos/3%20polimodal/PLC%20B%C3%A1sico/TX-TIP-0005%20MP%20PLC%20BASICO%20.pdf>

Trossen Robotics. (6 de 11 de 2014). Obtenido de <http://www.trossenrobotics.com/dynamixel-ax-12-robot-actuator.aspx>

Uriarte, J. (2011). *ieshuelin*. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de <http://ieshuelin.com/huelinwp/download/Tecnologia/Tecnologia%20Industrial/3-SISTEMAS-DE-CONTROL-AUTOMATICO.pdf>

Vazques, I. (s.f.). *Introducción al Control Automático*. Recuperado el 20 de 03 de 2014, de Controladores: http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez/Catedra/Capitulo%204.%20Controladores.pdf

Vildósola, E. (s.f.). *Actuadores*. Recuperado el 16 de 04 de 2014, de Soltex Chile S.A: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>

VIZUET, M. H. (28 de Marzo de 2007). <http://tesis.ipn.mx/>. Recuperado el 9 de Mayo de 2014, de <http://tesis.ipn.mx/>: http://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/5120/1711_2007_ESIME-ZAC_MAESTRIA_hernandez_vizuet_mauricio.pdf?sequence=1

Wikipedia. (19 de 03 de 2014). *Proporciona Integral Derivativo*. Recuperado el 24 de 03 de 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

Wikipedia. (27 de febrero de 2014). *sensor*. Recuperado el 28 de marzo de 2014, de Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

wikipedia;. (25 de Agosto de 2013). *wikipedia*. Recuperado el 30 de Agosto de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/PH>

Wis Physics. (27 de 08 de 2012). *Aluminio Anodizado, dureza y iphone 5*. Recuperado el 16 de 03 de 2014, de <http://www.wisphysics.es/2012/09/aluminio-anodizado-dureza-y-iphone-5>

Xianwen Kong, C. G. (2007). *Type Synthesis of Parallel Mechanisms* (Vol. 33). (S. B. Heidelberg, Ed.)

Yorobot. (26 de noviembre de 2006). *www.robotic-lab.com*. Obtenido de <http://www.robotic-lab.com/blog/2006/11/26/robotica-paralela-delta/>

Zabalza, I., & Ros, J. (23-25 de Octubre de 2007). *www.imem.unavarra.es*. Obtenido de <http://www.imem.unavarra.es/isidro/articles/Zabalza-Cuzco.pdf>

Zavatsky, M. (7 de Diciembre de 2010). <http://www.legomindstormsrobots.com>. Obtenido de <http://www.legomindstormsrobots.com/lego-minstorms/delta-kinematics-robot/>

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor:
NELSON IVÁN LAICA FALCÓN En la ciudad de Latacunga, a los **23 días**
mes de Agosto del 2016.

Ing. Mario Lara

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Marco Pilatasig

DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:

Ing. Vicente Hallo

DIRECTOR DE CARRERA

Dr. Rodrigo Vaca

SECRETARIO ACADÉMICO

