

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA
MULTISERVICIOS DE INGENIERÍA 1A S.A.**

Estudiante:

JAIME DAVID AGUILAR GARCÍA

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA**

2009

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA
MULTISERVICIOS DE INGENIERÍA 1A S.A.**

Estudiante:

JAIME DAVID AGUILAR GARCÍA

Informe final

Supervisor de práctica:

LUIS ÁNGEL SILVA

Ingeniero Electrónico

Ph.D. Robótica y visión por computador

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA**

2009

Nota de aceptación

Docente Supervisor

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga 9 de Noviembre de 2009

A mi querida madre Alma Luz,
a mi padre Jaime y a mi
hermana Luz Faishury

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco a Dios por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida.

Agradecimientos a la empresa MULTINSA 1A y a todo su grupo de trabajadores que me colaboraron en las labores realizadas, al ingeniero y gerente de la empresa Nilson Ahumada por darme la oportunidad de realizar mi proyecto en su empresa y a mi jefe supervisor Jorge Armando Rivera por la ayuda y colaboración prestada, además de mi gran compañero y colega Jhon Mora por cederme el puesto en esa empresa.

Agradecimientos a mi director de proyecto Ph.D Luis Ángel Silva por guiarme y colaborarme en todo el proceso realizado, a los coordinadores de prácticas empresariales de la universidad por brindarme colaboración y apoyo.

Agradecimientos a todos los compañeros y amigos que siempre me apoyaron y siempre estuvieron colaborándome en toda mi carrera desde el día en que llegué sólo a la ciudad de Bucaramanga.

Agradecimientos a mi padre Jaime Aguilar por darme apoyo económico y académico en todo el transcurso de mi carrera.

Y a mi querida madre Alma Luz García que siempre estuvo muy atenta de mí desde que comencé mis estudios dándome todo el apoyo posible.

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	14
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	19
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	20
1.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	20
1.2 UBICACIÓN DE LA EMPRESA	21
1.2.1 Dirección de la sede principal	21
1.3 RESEÑA HISTÓRICA	22
1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA	23
1.5 PRODUCTOS	24
1.6 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA EMPRESA	25
2. MARCO TEÓRICO	27
2.1 VÁLVULAS DE CONTROL	27
2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL	28
2.3 CONTROLADORES DIGITALES	29
2.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	30
2.5 SENSORES E INDICADORES DE TEMPERATURA	31
2.5.1 Sensores termoelectrónicos (termopares)	31
2.5.2 Tipos de termopares	32
2.5.3 Indicadores de temperatura	33
2.5.3.1 Medidores analógicos	33
2.5.3.2 Medidores digitales	34
3. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO	35

4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO	36
4.1 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO Y SUPERVISIÓN DE LAS MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN PARA LA LÍNEA HOGAR Y AUTOMOTRIZ	36
4.1.1 Actividad 1 - Mantenimiento del control electrónico de llenado para el Producto Biovarsol 1A	36
4.1.1.1 Problemas presentados en el controlador	37
4.1.2 Actividad 2 - Mantenimiento y calibración de la máquina tapadora	39
4.1.2.1 Problemas presentados	40
4.1.3 Actividad 3 - Revisión y calibración de la nueva máquina para termoencogido	41
4.1.3.1 Problemas presentados	42
4.2 ACTIVIDADES DE AUTOMATIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LAS MÁQUINAS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN	44
4.2.1 Participación en los proyectos de automatización	44
4.2.1.1 Actividad 1 - Conocimiento general del nuevo proceso de producción	44
4.2.1.2 Actividad 2 - Diseño y montaje de control de llenado para productos del área de producción	45
4.2.1.3 Actividad 3 - Propuesta de diseño del sistema de automatización de la máquina de llenado del producto Limpiavidrios 1A	53
4.2.2 Actividad 4 - Mejoramiento y adecuación de la máquina de llenado del producto Biovarsol 1A	58
4.2.2.1 Propuesta de nuevo controlador para el llenado del producto Biovarsol 1A	58
4.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO DENTRO DE LA PLANTA	60
4.3.1 Actividad 1 - Mejoramiento de los indicadores de temperatura de la planta de emulsión asfáltica	60

4.3.1.1 Problemas presentados con el antiguo sistema	60
4.3.1.2 Montaje del nuevo sistema de indicación de temperatura para la planta de emulsión asfáltica	62
4.3.2 Actividad 2 - Mantenimiento del controlador de caudal de emulsificante de la planta de emulsión asfáltica	65
4.3.2.1 Conocimiento del controlador utilizado	65
4.3.2.2 Problemas presentados en todo el sistema de control	66
4.3.3 Actividad 3 - Revisión del control electrónico del quemador de la caldera JCT-2	69
4.3.3.1 Problemas presentados	71
4.3.4 Actividad 4 - Mantenimiento del control electrónico de nivel para el tanque de almacenamiento de agua para las calderas	72
4.3.4.1 Problemas presentados	72
4.3.4.2 Propuesta de solución al problema	73
4.3.5 Actividad 5 - Participación en el mantenimiento eléctrico de la planta de producción de mezcla asfáltica en frío	77
5. ACTIVIDADES ADICIONALES REALIZADAS	80
5.1 ACTIVIDAD 1 - VERIFICACIÓN DEL ESTADO DEL VARIADOR DE VELOCIDAD PARA MOTORES DE 440VAC	80
5.2 ACTIVIDAD 2 - MANTENIMIENTO DE ALGUNOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS DEL LABORATORIO	81
5.3 ACTIVIDAD 3 - PARTICIPACIÓN EN EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ARRANQUE DEL CARGADOR KAWAZAKI 60Z IV	82
5.4 ACTIVIDAD 4 - PARTICIPACIÓN EN EL MANTENIMIENTO GENERAL DE LA CALDERA J.C.T. 30BHP	83
6. APORTES AL CONOCIMIENTO	85
7. CONCLUSIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	89

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Productos y presentaciones	24
Tabla 2 Materiales utilizados para el montaje del prototipo	48
Tabla 3 Productos compatibles con el sistema de llenado	49
Tabla 4 Materiales necesarios y adquiridos	63
Tabla 5 Materiales para el control electrónico	73
Tabla 6 Tabla de verdad de un flip-flop tipo RS	74

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Oficinas de la empresa	21
Figura 2 Estructura Organizacional de Multiservicios de Ingeniería 1A S.A	23
Figura 3 Productos de la línea hogar y automotriz	25
Figura 4 Válvula de obturador de movimiento lineal	27
Figura 5 Controlador digital de válvula para el paso de emulsificante	29
Figura 6 Esquema general de un controlador digital	30
Figura 7 PLC marca SIEMENS	31
Figura 8 Efecto Seebeck en un termopar	32
Figura 9 Termopar industrial con vaina	32
Figura 10 Pirómetro de deflexión simple	34
Figura 11 Ilustración frontal de un medidor analógico	34
Figura 12 Indicador digital de temperatura	34
Figura 13 Controlador para el llenado de Biovarsol 1A	37
Figura 14 Tablero de control de la máquina de llenado	37
Figura 15 Parte del control electrónico del sistema de llenado de Biovarsol 1A	37
Figura 16 Salida hacia la electroválvula	38
Figura 17 Máquina de llenado realizando pruebas	38
Figura 18 Máquina tapadora	40
Figura 19 Control de máquina tapadora	40
Figura 20 Nueva máquina para termoencogido	41
Figura 21 Panel de control	42
Figura 22 Controlador de temperatura XMTG 2000	43
Figura 23 Nuevo proceso de Multinsa 1A	45
Figura 24 Método para llenado manual	46
Figura 25 Válvula solenoide de 120Vac utilizada	47

Figura 26	Relé de 14 pines con bobina de 120Vac	47
Figura 27	Arreglo de transistores que hacen parte del sensor	47
Figura 28	Esquemático del control de una válvula	50
Figura 29	Parte interna del control	52
Figura 30	Parte posterior de los pulsadores y de las luces piloto	52
Figura 31	Vista frontal de las luces piloto y los pulsadores	53
Figura 32	Vista trasera del controlador	53
Figura 33	Plano eléctrico planteado	54
Figura 34	Plano neumático del sistema	58
Figura 35	Controlador de los indicadores	61
Figura 36	Indicador de temperatura de la emulsión asfáltica	61
Figura 37	Indicador de temperatura análogo	61
Figura 38	Punto de toma de temperatura de la emulsión asfáltica	62
Figura 39	Espacio para la ubicación de los dos indicadores	62
Figura 40	Nuevo indicador de temperatura	63
Figura 41	Panel frontal del controlador	66
Figura 42	Procedimiento y accionamientos para el encendido y apagado del controlador	66
Figura 43	Convertidor I/P	67
Figura 44	Indicador de abertura de la válvula	69
Figura 45	Filtro regulador y válvula	69
Figura 46	Tablero de control de la caldera JCT-2	70
Figura 47	Antiguo control electrónico	70
Figura 48	Caldera JCT-2	71
Figura 49	Tanque de abastecimiento de agua para las calderas	72
Figura 50	Caja de control electrónico del tanque	73
Figura 51.	Diagrama de control de nivel del tanque	74
Figura 52	Distribución de los electrodos en el tanque	75
Figura 53	Modelo de pruebas a escala del tanque	75
Figura 54	Motor de 50 HP del mezclador	78

Figura 55	Arrancador suave	78
Figura 56	Ejes del mezclador	78
Figura 57	Relés térmicos de protección	79
Figura 58	Amperímetro del motor del mezclador	79
Figura 59	Tablero de control eléctrico	79
Figura 60	Variador de velocidad 440V AC a 25HP	80
Figura 61	Modificación para el sistema de arranque	82
Figura 62	Caldera vertical JCT 30 BHP	84
Figura 63	Tablero de control	84
Figura 64	Válvula solenoide	84

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A Hoja de datos del controlador de temperatura XMTG 2000	89
Anexo B Hoja de datos del Indicador de Temperatura Autonics T4YI	90
Anexo C Esquemático del circuito para el control de llenado para productos del área de producción	91
Anexo D Especificaciones del controlador de caudal de emulsificante de la planta de emulsión asfáltica	95

GLOSARIO

ÁREA DE PRODUCCIÓN: Zona de la empresa donde se encuentran ubicadas las máquinas y las operarias de producción para el envasado, tapado y empaclado de los productos de la línea hogar y automotriz.

CALDERA VERTICAL J.C.T: Fuente de vapor que abastece a toda la planta dentro de la empresa a una presión máxima de 130 PSI. Esta es de tipo vertical piro-tubular fabricada por industrias J.C.T (Julio Cardona Tobón).

CIRCUITO CON AUTORETENCIÓN: Circuito que se alimenta de sí mismo cuando se energiza la bobina de un relé o contactor por medio de un pulso de entrada logrando mantenerse en operación aún si se interrumpe la entrada que provocó su funcionamiento inicial.

CONVERTIDOR I/P: Dispositivo electro-mecánico que recibe una señal de entrada en corriente (4 a 20mA) y genera una señal neumática de salida de 3 a 15 PSI de comportamiento lineal y proporcional a la entrada.

EMULSIÓN ASFÁLTICA: Producto compuesto a partir de emulsificante y un tipo de asfalto, es utilizado para varias aplicaciones tales como: construcción de rutas, autopistas, procesos de impermeabilización, entre otros.

TERMOENCOGIDO: Proceso por el cual se envuelven los productos que hacen parte de la oferta respectiva con un plástico llamado poliolefina el cual se encoge cuando se somete a temperaturas entre 130°C y 160°C permitiendo que los productos permanezcan unidos y protegidos del ambiente exterior.

RESUMEN

TÍTULO: Práctica Empresarial en la Empresa Multiservicios de Ingeniería 1A S.A.

AUTOR: Jaime David Aguilar García

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR: Luis Ángel Silva

El presente informe explica todo el trabajo realizado en la empresa Multiservicios de Ingeniería 1A S.A. en las dependencias de mantenimiento y de diseño y automatización aplicando gran parte de los conocimientos adquiridos dentro de la fase de pregrado para presentar mejoras en el área electrónica y de instrumentación de la planta física.

Actividades como la reprogramación de los PLC's de las máquinas de llenado y tapado, mantenimiento del cableado eléctrico de los tableros de control, mejoramiento de partes mecánicas, verificación del estado de las válvulas electro-neumáticas y supervisión en general del funcionamiento completo permitieron que se mantuviera la producción continua en la mayor parte del tiempo y que no se generaran retrasos en la entrega de los productos.

Este documento también expone los procedimientos ejercidos para el mejoramiento de indicadores y de sensores electrónicos utilizados en diversas zonas de la planta, los cuales van muy ligados a procesos tan importantes manejados por controladores especiales garantizando la obtención final de un buen producto.

PALABRAS CLAVES: Controladores lógicos programables, automatización, mantenimiento, máquinas, instrumentación, sensores, producción, controladores.

ABSTRACT

TITLE: Enterprise Business Practice in Multiservicios de Ingeniería 1A SA

AUTHOR: Jaime David Aguilar García

FACULTY: Faculty of Electronic Engineering

DIRECTOR: Luis Ángel Silva

This report explains all the work done at Engineering Multiservice 1A SA company at the maintenance, design and automation; applying many knowledge's acquired during the undergraduate phase, to present upgrades at electronic areas and physical plant instrumentation.

Activities like reprogramming of logical controls programmable of filling and closing machines, maintenance of electric wiring belonging to controlled boards, upgrading of mechanical parts, verifications of the electro-pneumatic valves and general supervision of full functioning allowed that continuous productions maintains most of the time and not to generate delays at the delivering of products.

This document it also expose the exercised procedures to upgrade indicators and electronic sensors used in diverse zones of the plant, which are joint to important processes handled by special controls ensuring the final obtaining of a good product.

KEYWORDS: Programmable logic controllers, automation, maintenance, machinery, instrumentation, sensors, production, controllers.

INTRODUCCIÓN

En Multiservicios de Ingeniería 1A S.A. siempre se han estado buscando métodos para mejorar la producción considerablemente ya sea para cumplir grandes contratos, contratar mano de obra calificada, invertir capital en proyectos a futuro, cualesquiera que sean los propósitos, siempre han estado mejorando la calidad de los servicios y los productos ofrecidos y así lograr una mejor ubicación en el mercado.

Los productos ofrecidos por la empresa se clasifican en tres tipos, la línea hogar que abarca aquellos productos de aseo y limpieza para el hogar, estos son: Betún 1A, Biovarsol 1A, Xingras 1A, Limpiavidrios 1A, NO+MURIÁTICO, Dm+COLOR y Dm+Blancura. La línea automotriz está constituida por productos aditivos para combustibles y aceites para los vehículos: Multioctanol, Multioctanol Biogasolina, Aditivo Diesel 1A y Aditivo Aceite 1A. La línea industrial está conformada por los productos que tienen aplicación en la industria y se venden en grandes proporciones: Xingras Asphalt Cleaner, Decapex, Emulcer LV y HV, Emulsión asfáltica CRL-1, Emulsión Asfáltica CRL-1H, Asfalto líquido MC-70, Asfalto Líquido MC-250, Waxplast, DL-10 supresor de polvo y mezcla asfáltica en frío.

La empresa también ofrece servicios técnicos a los clientes y a sus socios en las áreas de mantenimiento eléctrico, mantenimiento mecánico, alquiler de maquinaria pesada y de transporte, servicio de laboratorio químico y asesorías técnicas en emulsiones asfálticas y suelos.

El área de automatización y electrónica se ha implementado en esta empresa desde hace pocos años buscando el dichoso mejoramiento de la productividad especialmente en la dependencia de producción para la línea hogar y automotriz adquiriendo máquinas que facilitan el trabajo a los operarios, ya sea en el llenado,

envasado, sellado y tapado de botellas. En la línea industrial también ha tomado mucha importancia la aplicación de controladores, sensores, indicadores y controles electrónicos para agilizar y mejorar los procesos que se llevan a cabo, es por esto que la empresa debe contratar a una persona que se encargue de todos estos sistemas para su supervisión y posible mejoramiento, además de la innovación de nuevos sistemas que cumplan los requisitos en cuanto a funcionamiento, eficiencia y durabilidad. Actualmente el trabajo que fue realizado por las personas encargadas de este campo no ha sido de gran satisfacción debido a que los sistemas que implementaron ya han salido del servicio y han presentado graves fallas afectando directamente o indirectamente los procesos para la producción, siendo un gran problema y causando una gran preocupación de las directivas por el hecho de que para la ejecución de todos estos sistemas se han realizado grandes inversiones de capital generando desconfianza y falta de credibilidad en cuanto al funcionamiento y a la aplicación directa en un proceso industrial.

Este informe ilustra todo el trabajo realizado en el área de electrónica y de instrumentación, haciendo un gran enfoque en el mantenimiento y supervisión de todos los sistemas y máquinas que intervienen en los procesos de producción. Además expone como es realizada la implementación y la participación en otros nuevos procesos que intervienen en el aumento de la productividad.

El desarrollo de este proyecto se hace posible principalmente conociendo los procesos que se llevan a cabo en la planta relacionados con el área de electrónica y de instrumentación, posteriormente, se continúa con la supervisión y el mantenimiento de estos procesos y de las máquinas de producción, y por último, en la participación en proyectos de automatización. Además de la realización de actividades adicionales como la participación en la dependencia de mantenimiento de planta.

OBJETIVOS

Objetivo general

Mejorar la productividad mediante el mantenimiento preventivo y/o correctivo en el área de electrónica con la supervisión y participación en los procesos de automatización de las máquinas de producción para la línea hogar y automotriz.

Objetivos específicos

- Realizar mantenimiento electrónico en las máquinas de llenado de la línea de producción hogar y automotriz.
- Realizar mantenimiento electrónico a las máquinas que intervienen directamente o indirectamente en el completo funcionamiento de las plantas de producción industrial.
- Proponer el diseño del sistema de automatización de la máquina de llenado del producto limpiavidrios 1A.
- Participar en la planeación del proyecto de automatización de la planta procesadora de combustibles emulsionados dentro de la empresa.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

MULTISERVICIOS DE INGENIERÍA 1-A S.A. Empresa dedicada a la fabricación y comercialización de aditivos, productos asfálticos, parafínicos y de aseo, así como la construcción y mantenimiento de vías y locaciones petroleras; se compromete con la búsqueda de la satisfacción del cliente y la mejora continua de sus procesos, sustentados en su alta capacidad técnica y financiera, el recurso humano idóneo y cumpliendo con los requisitos pactados con los clientes.

En los últimos ocho años, la empresa ha optado por la modernización de diferentes puntos de producción dentro de la planta, aplicando sistemas mecánicos, electrónicos, eléctricos, entre otros, para facilitar y agilizar los procesos involucrados en la obtención de un producto. Trabajos realizados anteriormente de instrumentación y automatización se utilizan hoy en día para cumplir los requisitos establecidos en cuanto a la productividad, permitiendo al personal operativo familiarizarse con estos sistemas manteniendo un buen grado de satisfacción y conformidad. Se ha venido inspeccionando todos los sistemas aplicados que hacen parte directamente de los procesos de producción, para buscar posibles mejoras en cuanto a su funcionamiento.¹

¹ Manual de Calidad de Multiservicios de Ingeniería 1A S.A.

1.2 UBICACIÓN DE LA EMPRESA

Se considera como una de sus fortalezas el estar localizados en una zona de alto desarrollo tecnológico e industrial, nuestros procesos industriales cuentan con:

Procesos de Ingeniería y Mantenimiento, Contabilidad, Crédito, Cartera, Jurídico, Contratación, Despachos, Coordinación de Calidad y Compras; Transporte propio, sala de juntas, recepción, gerencia y laboratorios. Adicionalmente en planta poseemos servicios industriales como, vapor, agua, aire comprimido, energía eléctrica y con una capacidad de almacenamiento de 320.000 galones.²

1.2.1 Dirección de la sede principal.

Calle 74 No 19-01 Barrio La Libertad, Barrancabermeja, Santander

Línea de atención al cliente: 57 7 6222990

NIT: 800-207932-1

Teléfonos: 57 7 6200401-6222990

Fax: 57 7 6223251

Página Web: <http://www.multinsa.com>

Correo electrónico: info@multinsa.com



Figura 1. Oficinas de la empresa.
Fuente: AHUMADA, Carlos

² Ibid

1.3 RESEÑA HISTÓRICA

MULTISERVICIOS DE INGENIERÍA 1-A. S.A. fue creada por el señor José Nabith Ahumada y el Ingeniero Nilson Ahumada en el año de 1993, la cual surgió por la necesidad de procesar en moldes la parafina líquida fabricada por la refinería de ECOPETROL, con este fin se compraba la parafina realizándole un proceso de mejoramiento (moldeo de parafina) para comercializarlo y distribuirlo, ya que ECOPETROL no vendía la parafina en moldes.

El primer trabajador que empezó en MULTISERVICIOS fue el señor Luís Arturo Aldana que hasta el momento se encuentra laborando con la empresa.

El primer cliente de la empresa fue, Carboquímica, con la que se empezó a negociar con 10 Toneladas de parafina moldeada.

Al año y medio de estar funcionando la empresa, se empezó a trabajar con asfaltos líquidos, ya que hubo una buena bonanza, con el reparcho y el arreglo de vías a través del INVIAS. El asfalto que se comercializaba eran RC 250 (Curado Rápido) y el MC 70 (Curado Medio). En vista de la necesidad de organizar la empresa por la oportunidad de mercado, se inició con los aspectos legales de la misma.

Sus instalaciones cuentan con un área aproximada de 18.000 metros cuadrados. Se ha pasado de facturar a 50 clientes permanentes en el año 1994 a más de 1900 clientes de todo el país (Barranquilla, Cali, Medellín, entre otros) en el 2004. Conviene destacar que a pesar de las dificultades de la Economía Nacional, las ventas durante 2001 y 2002 crecieron significativamente.³

³ Ibid

1.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA

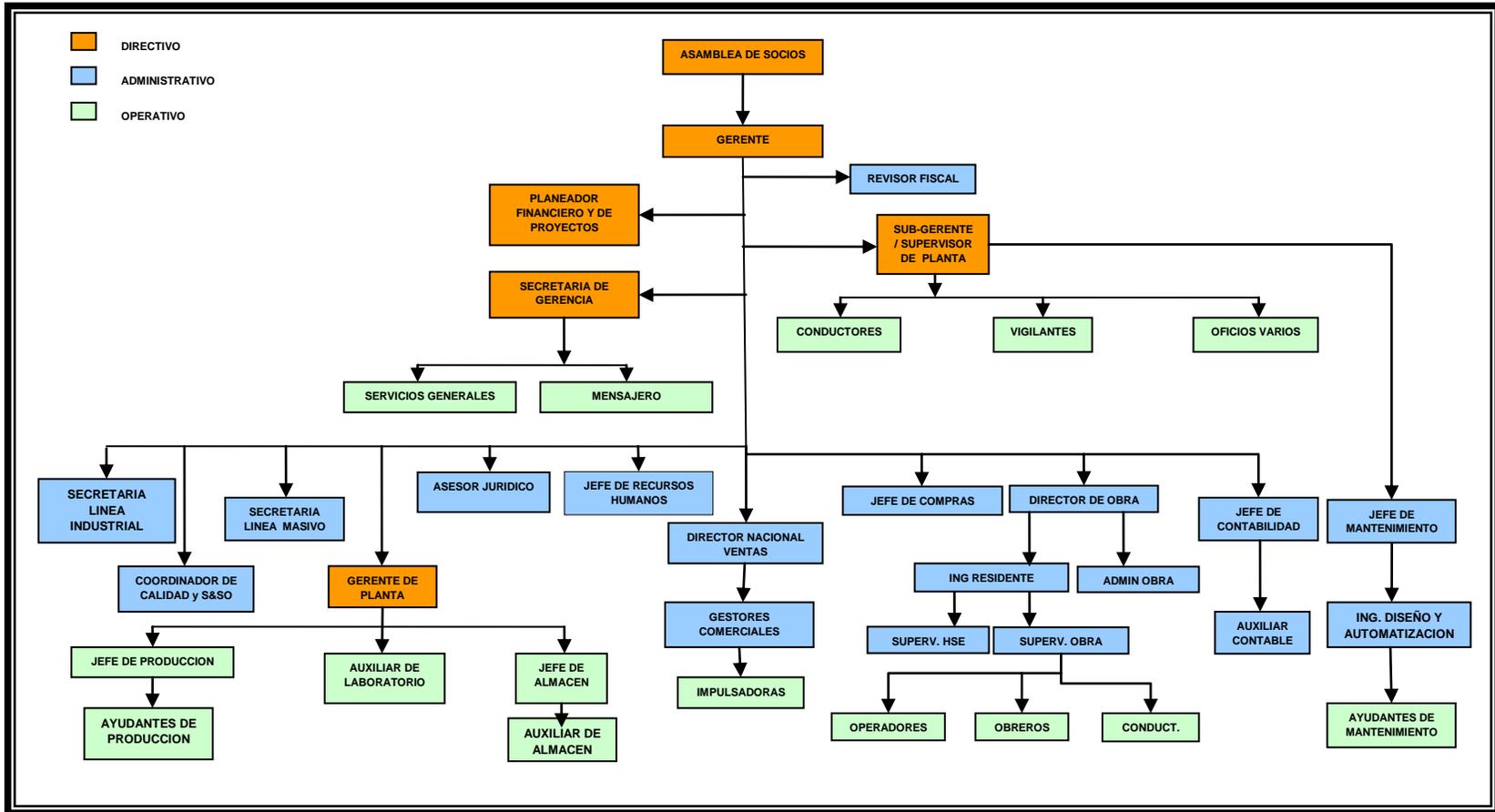


Figura 2. Estructura Organizacional de Multiservicios de Ingeniería 1A S.A

Fuente: Manual de Calidad Multinsa 1A.

1.5 PRODUCTOS

Se clasifican en tres líneas, como se muestra en la tabla 1.

PRODUCTO	PRESENTACIONES
LINEA HOGAR	
BETÚN PARA CALZADO	32 g
BIO-VARSOL 1A	150 cc, 500 cc, 800 cc, 1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
XINGRAS 1-A	500 cc, 1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
LIMPIAVIDRIOS	500 cc, 1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
NO+MURIATICO	500 cc, 1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
Dm+COLOR	500 cc, 1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
Dm+BLANCURA	500 cc, 1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
LINEA AUTOMOTRIZ	
MULTIOCTANOL	750 cc, 70 cc, 1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
MULTIOCTANOL BIOGASOLINA	750 cc, 70 cc, 1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
ADITIVO DIESEL 1-A	500 cc, 1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
ADITIVO PARA ACEITE 1-A	375 cc, 1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
LINEA INDUSTRIAL	
XINGRAS ASPHALT CLEANER	1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
DECAPEX	1 Gal, 5 Gal, 55 Gal
EMULCER LV Y HV	galón, kilogramo, isotanque retornable de 1000 kg
EMULSIÓN ASFÁLTICA CRL 1	55 gal, carro tanque de 3000 galones en adelante
EMULSIÓN ASFÁLTICA CRL 1H	55 gal, carro tanque de 3000 galones en adelante
ASFALTO LIQUIDO MC-70	55 gal, carro tanque de 3000 galones en adelante
ASFALTO LIQUIDO RC-250	55 gal, carro tanque de 3000 galones en adelante
WAXPLAST	Kg, TON
MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CRL-1H	Venta por m ³

Tabla 1. Productos y presentaciones.
Fuente: Manual de Calidad Multinsa 1A.

- **Área de producción.**

Aquí es donde se realizó y se aplicó la mayor parte del trabajo, es en esta zona de la empresa donde se encuentran las máquinas de llenado, tapado, sellado y de termoencogido para los productos de la línea hogar y automotriz, además es aquí donde se dan por terminado estos productos después de que se realice el etiquetado, conteo y empaçado por parte de los operadores de producción. También es en esta zona donde se elaboran los productos de la línea hogar y automotriz y algunos productos de la línea industrial.

- **Zona de producción de emulsión asfáltica.**

En esta zona es donde se elaboran las emulsiones asfálticas y donde se recibe el asfalto, es aquí donde se encuentra la válvula proporcional controladora del caudal del emulsificante, los transmisores de caudal, los indicadores de temperatura y la sala de operadores que es donde se encuentra el controlador de la válvula proporcional.

- **Taller de mantenimiento.**

En esta zona se encuentran las herramientas y los trabajadores que hacen parte del mantenimiento mecánico y eléctrico de la planta.

- **Planta de mezcla asfáltica y almacenamiento de material.**

Aquí se encuentra la planta generadora de 440 Vac y se produce la mezcla asfáltica en frío, también es donde se almacena el triturado y la arena.

- **Área de compresores y calderas.**

Se encuentran ubicadas las calderas, los tanques de almacenamiento de agua para las calderas, los tanques de combustibles para las calderas, los compresores y un tablero eléctrico de distribución para algunas zonas de la planta.

2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se encuentran las teorías que sirven de fundamento a los instrumentos y equipos empleados en el trabajo realizado.

2.1 VÁLVULAS DE CONTROL

En el control automático de los procesos industriales la válvula de control juega un papel muy importante en el bucle de regulación. Realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable medida comportándose como un orificio de área continuamente variable. Dentro del bucle de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador.⁴

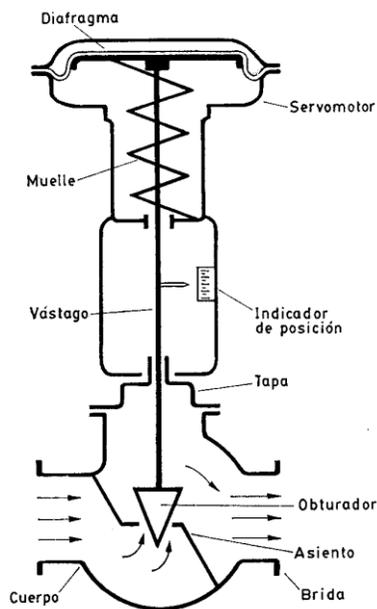


Figura 4. Válvula de obturador de movimiento lineal

Fuente: CREUS S. Antonio. En: Instrumentación Industrial, p. 365

⁴ CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación industrial. Barcelona: MARCOMBO, 1997p. 365, 366.

2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL

En los sistemas industriales se emplea uno o una combinación de los siguientes sistemas de control:

- a). De dos posiciones (todo-nada).
- b). Proporcional de tiempo variable (anticipatoria).
- c). Flotante.
- d). Proporcional.
- e). Proporcional + integral.
- f). Proporcional + derivada.
- g) Proporcional + integral + derivada.⁵

Los tipos de sistemas de control son elegidos de acuerdo a la aplicación o proceso que se lleve a cabo, por eso es que se debe realizar un análisis profundo de las variables controladas para escoger el tipo de controlador que mejor se adapte a las condiciones o a los requisitos mínimos exigidos. Actualmente en MULTINSA 1A el sistema de control más común es del tipo “todo-nada” más conocido como ON-OFF, presentes en sistemas de regulación de presión de aire, vapor, líquidos, temperatura, entre otros.

⁵ Ibid., p. 487

2.3 CONTROLADORES DIGITALES

Los controladores digitales pueden contener un microprocesador, lo que les ha permitido la incorporación de inteligencia para permitir, por ejemplo, el ajuste de punto de consigna y de las acciones PID sin extraer el instrumento de su base en el panel, el autoajuste del instrumento (fijación de los valores de las acciones proporcional, integral y derivada) para acomodarse a las variaciones de régimen de carga del proceso, y auto diagnóstico del aparato.⁶



Figura 5. Controlador digital de válvula para el paso de emulsificante.

Fuente: Autor

El controlador digital contiene el procesador o microprocesador y la memoria principal, comunicados entre sí y con los periféricos a través de buses de datos. En la figura 6 se puede observar el esquema generalizado de un controlador digital.⁷

⁶ Ibid., p. 515

⁷ Ibid., p. 516

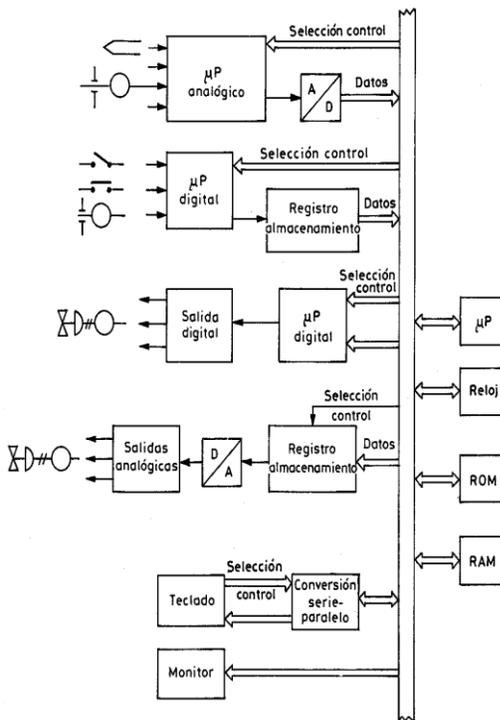


Figura 6. Esquema general de un controlador digital
Fuente: CREUS S. Antonio. En: Instrumentación Industrial, p. 516

2.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

En los años setenta, General Motors realizó la especificación para el diseño de un nuevo controlador programable que redujera los costes de instrumentación y eliminase una serie de problemas relacionados con los relés. El nuevo controlador especificado debía estar basado en tecnología de ordenador, ser programable y reprogramable, así como fácil de mantener y reparar. Además debía ser robusto, seguro en su funcionamiento y más pequeño y barato que los sistemas equivalentes de relés. En base a las razones expuestas en la especificación, el controlador se denominó *Programmable Logic Controller* (PLC). El primer PLC apareció a final de los setenta con unas prestaciones limitadas, puesto que sólo se trataba de sustituir a los sistemas de relés.⁸

⁸ SANCHEZ, Jose A. Instrumentación y control avanzado de procesos. Madrid: Díaz de Santos, 2006 p. 143



Figura 7. PLC marca SIEMENS.

Fuente: PLC Siemens SIPLUS 230RC. [Página de Internet]. En:
http://www.automation.siemens.com/bilddb/thumbs/KT01/P_KT01_XX_00655T.jpg

2.5 SENSORES E INDICADORES DE TEMPERATURA

2.5.1 Sensores Termoeléctricos (termopares)

Históricamente fue primero Thomas J. Seebeck quien descubrió, en 1822, que en un circuito de dos metales distintos homogéneos, A y B, con dos uniones a diferente temperatura, aparece una corriente eléctrica (Figura 8). Es decir, hay una conversión de energía térmica a energía eléctrica, o bien, si se abre el circuito, una fuerza termo-electromotriz (f.t.e.m) que depende de los metales y de la diferencia de temperaturas entre las dos uniones. Al conjunto de estos dos metales distintos con una unión firme en un punto o una zona se le denomina termopar.⁹

⁹ PALLAS ARENY, Ramón. Sensores y Acondicionadores de Señal. Barcelona: MARCOMBO, S.A, 2007 p. 273,274

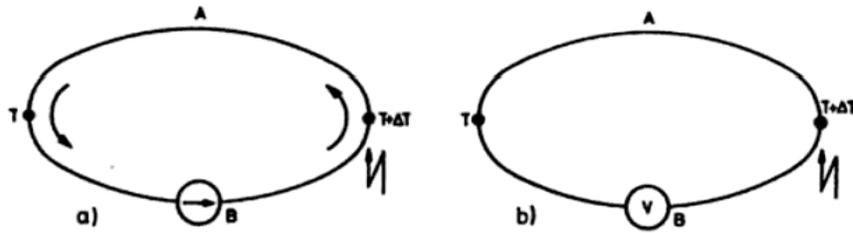


Figura 8. Efecto Seebeck en un termopar: aparece una corriente (a) o una diferencia de potencial (b) cuando hay dos uniones a distinta temperatura.

Fuente: PALLAS ARENY, Ramón. Sensores y Acondicionadores de Señal. Madrid: MARCOMBO, S.A, 2005 p. 274

2.5.2 Tipos de termopares

En las uniones de termopar interesa tener: resistividad elevada para tener una resistencia alta sin requerir mucha masa, lo cual implicaría una alta capacidad calorífica y respuesta lenta; coeficiente de temperatura débil en la resistividad; resistencia a la oxidación a temperaturas altas, pues deben tolerar la atmosfera donde van a estar, y linealidad lo mayor posible. La protección frente al ambiente se logra mediante una vaina, normalmente de acero inoxidable, tal como se indica en la figura 9.¹⁰

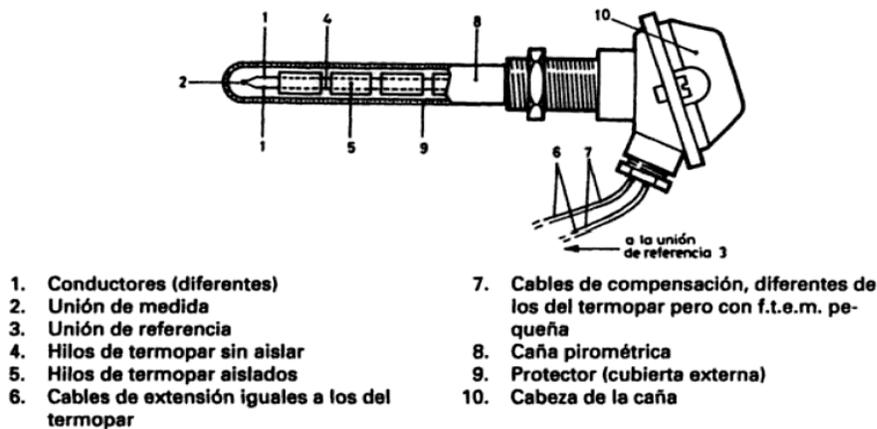


Figura 9. Termopar industrial con vaina.

Fuente: PALLAS ARENY, Ramón. Sensores y Acondicionadores de Señal. Madrid: MARCOMBO, S.A, 2005 p. 274

¹⁰ Ibid., p. 277,278

En el cuadro 1 se recogen las características de algunos de los termopares más comunes y su designación de acuerdo con las normas ANSI.

Cuadro 1. Termopares comunes.

<i>Designación ANSI</i>	<i>Composición</i>	<i>Margen habitual</i>	<i>mV/margen</i>
B	Pt (6%)/Rodio-Pt (30%)/Rodio	38 a 1800°C	13,6
C	W (5%)/Renio-W (26%)/Renio	0 a 2300°C	37,0
E	Cromel-Constantan	0 a 982°C	75,0
J	Hierro-Constantan	0 a 760°C	42,9
K	Cromel-Alumel	- 184 a 1260°C	56,0
N	Nicrosil (Ni-Cr-Si) – Nisil (Ni-Si-Mg)	- 270 a 1300°C	51,8
R	Pt (13%)/Rodio-Pt	0 a 1593°C	18,7
S	Pt (10%)/Rodio-Pt	0 a 1538°C	16,0
T	Cobre-Constantan	- 184 a 400°C	26,0

Fuente: PALLAS ARENY, Ramón. Sensores y Acondicionadores de Señal. Madrid: MARCOMBO, S.A, 2005 p. 278

2.5.3 Indicadores de temperatura

En las aplicaciones industriales se pueden presentar de dos tipos: Medidores analógicos; Medidores digitales.

2.5.3.1 Medidores analógicos

En la figura 9, se muestran las partes principales de un pirómetro milivoltimétrico, la aguja indicadora está sujeta a la bobina y la corriente eléctrica producida por el termopar pasa por ella y establece un campo magnético proporcional a la corriente que circula por ella y hace que gire.¹¹

¹¹ ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. El ABC de la instrumentación en el control de procesos Industriales. México: LIMUSA, Noriega Editores, 2004 p. 122

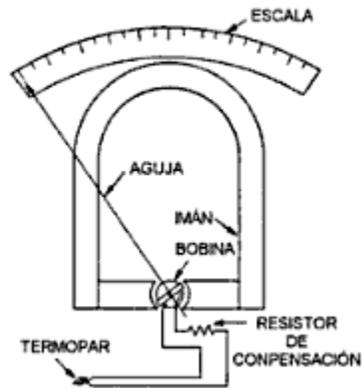


Figura 10. Ilustración frontal de un medidor analógico.

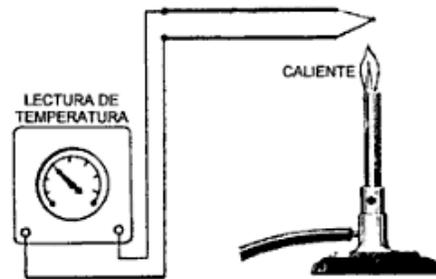


Figura 11. Pirómetro de deflexión simple.

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. El ABC de la instrumentación en el control de procesos Industriales. México: LIMUSA, Noriega Editores, 2004 p. 123

2.5.3.2 Medidores Digitales

La lectura de la temperatura se realiza por medio de diodos emisores de luz o por desplegados de cristal líquido (LCD) superpuestos en un panel donde sea lo suficientemente visible para el operador. Funcionan mediante un circuito electrónico que generalmente convierte y acondiciona una señal de entrada analógica y la digitaliza procesándola internamente para posteriormente poder visualizarla en valores numéricos. Las entradas analógicas dependen del tipo de indicador, estas pueden variar según las especificaciones técnicas y los requisitos del proceso, pueden ser de entrada tipo J, K, T, RTD pt100, entre otros.



Figura 12. Indicador digital de temperatura.

Fuente: Temperature Display Codix 551. [Página de Internet]. En: <http://www.kuebler.com/bilder/produkte/prozesstechnik/55x.jpg>

3. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO

- Verificación y supervisión del estado de las tarjetas de control electrónicas que hacen parte de las máquinas de llenado y tapado de los productos Biovarsol 1A, Multioctanol 1A y aditivo para Biogasolina.
- Mantenimiento y reparación de los controles electrónicos de las calderas y tanques de almacenamiento de agua.
- Apoyo al electricista encargado, en la detección de fallas en los circuitos electrónicos de potencia y los circuitos de control eléctricos.
- Adecuación de sensores de nivel de la máquina llenadora del producto Biovarsol 1A.
- Mejoramiento del sistema indicador de temperatura de la planta de emulsión asfáltica y de recibimiento de asfalto.
- Reconocimiento de todo el sistema que manejan las máquinas llenadoras y tapadoras, incluyendo la comprensión total del programa maestro implementados en el/los PLC's.
- Propuesta del sistema de automatización y selección del PLC para la máquina llenadora del producto Limpiavidrios 1A.
- Participar en los diferentes proyectos de automatización que están presentes en la empresa implementados para mejorar la productividad.

4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

4.1 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO Y SUPERVISIÓN DE LAS MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN PARA LINEA HOGAR Y AUTOMOTRIZ

Las primeras actividades realizadas en la empresa en el momento de la vinculación laboral fueron el reconocimiento de todas las máquinas que se utilizan en el área de producción para la línea hogar y automotriz y algunos productos de la línea industrial. En el recorrido realizado a esta zona de la empresa se pudo observar el funcionamiento de máquinas empleadas para realizar llenado y tapado de productos, sellado de bandas de seguridad, termoencogible para pedidos de ofertas, entre otras.

4.1.1 Actividad 1 - Mantenimiento del control electrónico de llenado para el producto Biovarsol 1A.

El primer trabajo asignado por parte del supervisor fue el mantenimiento correctivo del sistema de llenado del producto Biovarsol 1A, mostrado en la figura 13. Además de esto, se tuvo que adecuar este sistema electrónico de llenado para que fuera introducido dentro del proceso total de llenado, el cual es manejado por un PLC maestro ubicado en el tablero de control (figura 14). La programación de este PLC fue elaborada por personal de mantenimiento de la empresa fabricante* de la maquinaria, los cuales se encontraban en ese momento realizando trabajos de ajuste y calibración, por consiguiente era necesario interconectar los dos sistemas para que el proceso funcionara de forma completa.

* Industria y Maquinarias RG LTDA



Figura 13. Controlador para el llenado de Biovarsol 1A.
Fuente: Autor



Figura 14. Tablero de control de la máquina de llenado.
Fuente: Autor

4.1.1.1 Problemas presentados en el controlador.

Antes de que se conectara el sistema electrónico de llenado (Ver figura 15) al PLC se tuvo que hacer cambios y ajustes en la tarjeta electrónica del controlador, ya que presentaba fallas debido a mala operación. Una de estas fallas era el daño presente en la entrada donde se conectan manualmente las válvulas solenoides, en la figura 16 se muestra el lugar donde se produjo el daño. El error de operación causó un corto circuito que no sólo afectó el conector, sino que también afectó parte de la tarjeta electrónica donde se encontraban dispositivos como transistores, resistencias y relés, todos estos elementos tuvieron que ser reemplazados.

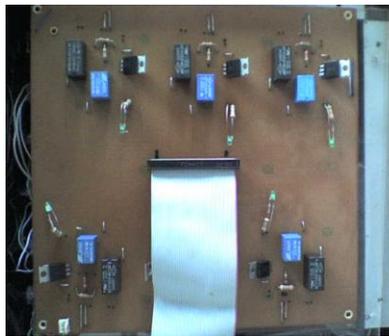


Figura 15. Parte del control electrónico del sistema de llenado de Biovarsol 1A.
Fuente: Autor

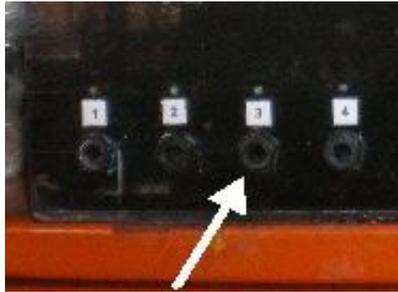


Figura 16. Salida hacia la electroválvula.
Fuente: Autor

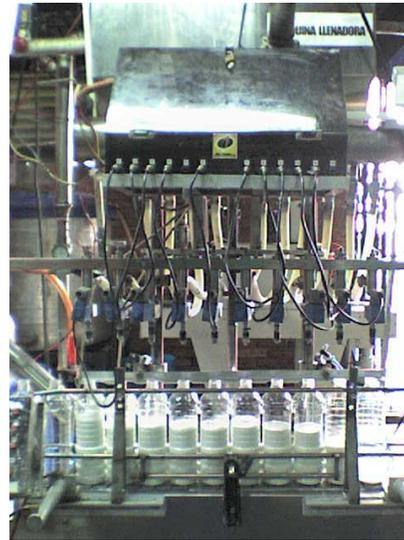


Figura 17. Máquina de llenado realizando pruebas.
Fuente: Autor

Luego de los ajustes y reparaciones al control de llenado se procedió a realizar la interconexión con el PLC dando resultados positivos suficientes para que se diera por terminado el mantenimiento a esta máquina (ver figura 17).

Posteriormente después de realizar mantenimiento del control electrónico de llenado, se presentó otro inconveniente que interrumpía la operación normal de la máquina, que a su vez afectaba la producción continua. El problema se presentaba en las electroválvulas y se llegó a la conclusión de que era un problema con más tendencia a la parte mecánica. Las electroválvulas respondían bien a la señal del controlador, es decir, la abertura no tenía problemas, pero cuando se detectaba nivel máximo estas no volvían a su estado inicial normalmente cerrado causando derrame y pérdida de productos en cantidades exageradas. Luego de un análisis más profundo al problema, se detectó que las válvulas se bloqueaban por suciedades o partículas muy pequeñas las cuales no permitían que el resorte volviera a su posición normal. Después de esto se informó al jefe de mantenimiento acerca del problema dando una explicación detallada de lo que se presentaba, y la solución pronta fue la instalación de un

filtro. Esto mejoró el funcionamiento continuo de la máquina por un tiempo, pero posteriormente este filtro no fue suficiente para la solución al problema presentado ya que se continuaban bloqueando las válvulas. Por este motivo la administración decidió sacar del servicio el sistema de llenado. Como resultado se ha venido diseñando un sistema de llenado con mucho más robustez y facilidad de operación, además con la capacidad de llenar aún mas envases. Actualmente, el producto se llena de forma manual de parte de los auxiliares de producción esperando que se dé la orden de adquisición y montaje del nuevo sistema. En la sección **4.2.2** se explica detalladamente una propuesta de diseño para el nuevo sistema.

4.1.2 Actividad 2 - Mantenimiento y calibración de la máquina tapadora.

En la jornada de mantenimiento de las máquinas de producción también fue de mucha importancia la puesta a punto de la máquina de tapado, ya que se encontraba fuera de servicio debido al mal funcionamiento que presentaba, sumado a esto las inconformidades de la gerencia respecto a que esta máquina estaba detenida totalmente y el tapado se venía realizando manualmente causando retrasos en los pedidos de los productos.

Como se mencionó anteriormente, el mantenimiento fue realizado por parte de la empresa fabricante teniendo en cuenta el contrato pactado y la garantía disponible de la maquinaria. Para participar en el mantenimiento se tuvo que conocer todo el proceso que realizaba la máquina desde que entraba el producto hasta que salía con su respectiva tapa, además el conocimiento del nuevo programa implementado en el PLC encargado del funcionamiento total del sistema.

4.1.2.1 Problemas presentados

Como se muestra en la figura 18, la máquina consta de un plato giratorio en el cual se sujetan los envases, y a medida que avanzan sobre el plato se van tapando por medio de un taladro neumático, para posteriormente volver nuevamente a la banda transportadora y luego es recogido por el personal que labora para continuar con el proceso.



Figura 18. Máquina tapadora.
Fuente: Autor



Figura 19. Control de máquina tapadora.
Fuente: Autor

Se presentaron muchos problemas en la parte del plato giratorio debido a que los envases eran obstruidos por algún metal y se presentaban derrames de productos que en algunos casos eran de alta inflamabilidad y perjudiciales al contacto con la piel o por el contacto con alguna chispa, otros productos no eran de alta peligrosidad, sin embargo, las pérdidas que se presentaban eran considerables. Además de presentarse derrames de productos, se perdían los envases ya que estos quedaban inservibles debido a la fuerza ejercida por el plato giratorio.

La solución al problema que ofrecieron los técnicos encargados fue la de diseñar dos nuevos platos y adecuar a la máquina para que fuera posible el cambio de plato de acuerdo al tipo de envase que se iba a tapar, estos envases son los que

actualmente se siguen usando y van en presentaciones de 500cc y 850cc para los productos Biovarsol 1A y Pisolor, y 750cc para Multioctanol 1A y Multioctanol Biogasolina. En total, son tres platos de diferentes características mecánicas que se ajustan a tipo de producto.

Entre los últimos ajustes, se modificó el programa del PLC para calibrar tiempos de operación e instrucciones de entrada y salida, además se realizó mantenimiento al tablero de control mostrado en la figura 19, obteniendo como diagnóstico, el daño del contactor encargado de accionar el motor distribuidor de tapas.

4.1.3 Actividad 3 - Revisión y calibración de la nueva máquina para termoencogido

Debido a las fallas presentadas por la máquina de termoencogido para ofertas, se decidió por orden de gerencia la devolución inmediata de la maquinaria teniendo en cuenta que esta no cumplía los requisitos exigidos y pactados en el contrato, dado a esta situación, se adquirió otra máquina que cumple la misma finalidad y adicionalmente posee otras características para realizar trabajos similares.



Figura 20. Nueva máquina para termoencogido.
Fuente: Autor

En el momento del ingreso de la nueva máquina al área de producción, se realizó inspección general de cada una de sus partes, posteriormente se verificó su instalación eléctrica y todo el panel de control (Ver figura 21).



Figura 21. Panel de control.
Fuente: Autor

4.1.3.1 Problemas presentados

La revisión dio como resultado fallas en lo que se refiere a la mecánica de la máquina específicamente en la banda transportadora, la cual presentaba tornillería suelta y no alineación, por otra parte, habían fallas en el área de sellado manual debido a la mala alineación de la manivela, esto causaba que el electroimán no funcionara correctamente. En la parte eléctrica había graves fallas en lo que se refiere al control eléctrico total de la máquina, contactores con mal contacto, disyuntores mal conectados, tornillos sueltos, además de todo esto, la máquina no daba encendido. Con todas estas fallas, la decisión fue contactar a la empresa fabricante* para el envío de personal técnico y realizar mantenimiento completo de la máquina.

* TECNOEMBALAJE LTDA.

Luego de que se realizara mantenimiento a la máquina, se verificó el funcionamiento total en presencia del técnico encargado y se concluyó que todo el sistema funcionaba sin problemas. No obstante, se presentó otro problema referente al controlador de temperatura de las resistencias de calentamiento situadas dentro del túnel, este consistía en que la temperatura deseada no se mantenía presentando error considerable afectando el termoencogido, que a su vez retrasaba la producción obligando a los operadores a emplear pistolas manuales de termoencogido.

La solución definitiva del problema fue la calibración del controlador de temperatura para que fuera del tipo ON-OFF, este controlador es de mando digital ajustable para procesos con controles de los tipos P, PI, PD, PID, entre otros, la figura 22 muestra la vista frontal de el controlador de temperatura. Posterior a la calibración del controlador se procedió a ajustar otras características tales como velocidad de banda, temperatura de operación y tiempo de corte, todas estas variables dependen de los tipos de productos a trabajar y el tipo de pedido de ofertas haciendo que sea el operador quien realice los ajustes necesarios.



Figura 22. Controlador de temperatura XMTG 2000.
Fuente: Autor

4.2 ACTIVIDADES DE AUTOMATIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LAS MÁQUINAS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN

A continuación se explican las actividades que se realizaron en la empresa referente a los proyectos de automatización y mejoramiento a las máquinas del área de producción.

4.2.1 Participación en los proyectos de automatización.

4.2.1.1 Actividad 1 - Conocimiento general del nuevo proceso de producción.

El nuevo proceso de producción que se va a implementar dentro y fuera de la planta física de la empresa tiene como nombre interno Proyecto F1. Se trata de un nuevo y complejo proceso en el cual estarán involucradas muchas variables que deben ser controladas muy cuidadosamente para obtener un producto final con muy buena calidad. Para esto, la empresa tiene planeado además de la contratación de mano de obra especializada, la implementación de sistemas electrónicos y de instrumentación tales como PLC's, controladores, sistemas de indicación digital y análogo, transmisores, equipos de medición, entre otros.

La figura 23 muestra el diagrama general del nuevo proceso, el cual consiste en el diseño, construcción y operación de una planta productora de **1000BPD** de combustibles industriales usados en buques y transportadores marítimos que usan turbinas a vapor.

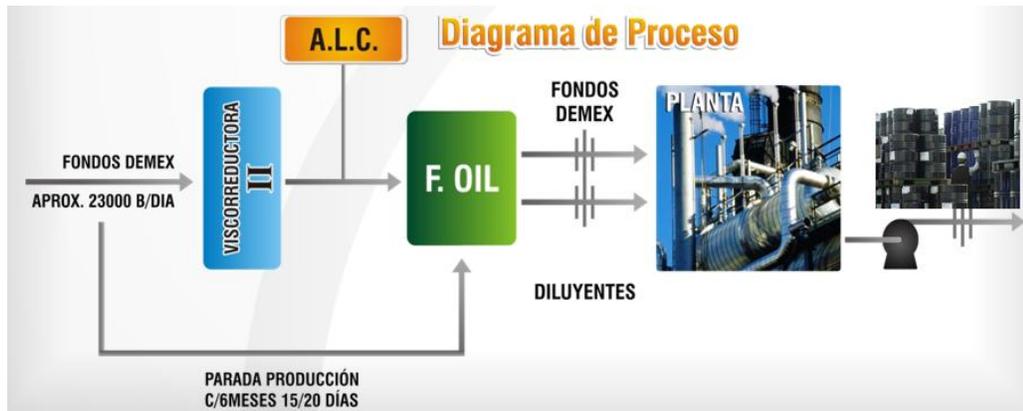


Figura 23. Nuevo proceso de Multinsa 1A.
Fuente: AHUMADA, Carlos

4.2.1.2 Actividad 2 - Diseño y montaje de control de llenado para productos del área de producción.

Esta actividad consistió en el diseño y montaje de un nuevo sistema de llenado para productos de la línea hogar en el área de producción con el fin de agilizar y mejorar considerablemente el llenado de productos que se realiza actualmente de forma manual.

- **Método de llenado manual.**

Actualmente el llenado de los productos se realiza de forma manual mediante la operación de válvulas tipo bola. Un operario observa detenidamente el/los envases que se estén llenando hasta llegar al nivel máximo permitido. La estructura para el llenado tiene capacidad para llenar simultáneamente cuatro envases. La figura 24 muestra el método actual de llenado.



Figura 24. Método para llenado manual.
Fuente: Autor

- **Diseño del control de nivel**

El control de nivel se basó en el principio de circuitos de auto-retención con relés. Estos provienen de fábrica con capacidad para cuatro interruptores tipo SPDT, garantizando la cantidad de contactos necesarios para cumplir con el trabajo. Por otro lado, se necesitó la aplicación de un tipo de sensor para determinar el nivel máximo de llenado del envase. El sensor implementado fue de conductividad, el cual está conformado por dos conductores que se introducen dentro del envase que al hacer contacto con el líquido se envía una señal de control cuya función es cerrar una válvula solenoide utilizada como elemento final de control y encargada de controlar el paso de líquido. Además de los elementos principales para el control se necesitaba la interfaz operador-control, esta se refiere a la implementación de pulsadores e interruptores de tipo industrial y de luces piloto para indicar el estado de las válvulas solenoides. En la figura 25 se muestra el tipo de electroválvula utilizada para el control. En la figura 26 se puede observar uno de los relés de 120Vac que hacen parte del control. Se puede observar en la figura 27 los transistores que hacen parte del sensor.



Figura 25. Válvula solenoide de 120Vac utilizada
Fuente: Autor



Figura 26. Relé de 14 pines con bobina de 120Vac.
Fuente: Autor

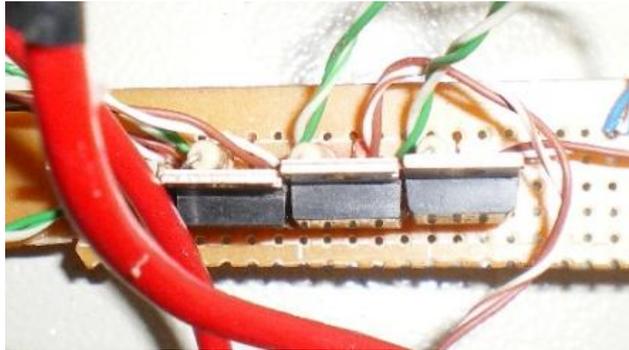


Figura 27. Arreglo de transistores que hacen parte del sensor.
Fuente: Autor

- **Requerimientos y materiales utilizados**

Para el diseño final del control se realizaron pruebas de conductividad para los diferentes productos a tratar obteniendo como conclusión que sólo los productos compuestos por agua presentaban buena conductividad y por lo tanto se cerraba la válvula solenoide. La tabla 2 muestra una lista de los elementos que se utilizaron para dicho control:

Material	Cantidad
Base tipo riel para relé de 14 pines	9
Indicador 110-220V AC 22mm Rojo	4
Indicador 110-220V AC 22mm Verde	4
Pulsador NC metálico Rojo 22mm	5
Pulsador NO metálico Verde 22mm	5
Relé 12 Vdc 14 pines	4
Relé 120 Vac 14 pines	5
Adaptador 12 Vdc a 1A	1
Transistores TIP31C	4
Resistencias 220 Ohmios 0.5 W	4
Baquelita Universal pequeña	1
Cable de par telefónico	2 m
Cable vehicular No. 18	20 m
Interruptor SPST	1
Caja metálica 15x15x25cm	1
Cinta aislante eléctrica	1
Paquete de correas sujetadoras	1
Sujetador cable	1
Cable encauchetado 3x18	1
Electroválvulas para lavadora de 1/2"	4
Enchufe de 110Vac	
Terminales para salida de parlantes	
Fusible de 5A	
Portafusible	

Tabla 2. Materiales utilizados para el montaje del prototipo
Fuente: Autor

En la tabla 3 se muestran los productos compatibles y no compatibles con el control de llenado. Según recomendaciones de seguridad de la planta, no se permite el uso de este controlador para los productos Multiocanol 1A y Multiocanol 1A Biogasolina ya que presentan altos índices de inflamabilidad y reaccionan de manera peligrosa al tener contacto chispa eléctrica.

Productos de la línea hogar y automotriz de MULTINSA 1A	
Compatibles	No compatibles
Pisolor	Aditivo Diesel 1A (Hidrocarburo)
Limpiavidrios 1A	Multioctanol 1A Gasolina (Hidrocarburo)
Xingras AC Industrial	Aditivo para Aceite 1A (Hidrocarburo)
Dm+ Color	Multioctanol 1A Biogasolina (Hidrocarburo)
Xingras 1A	
No+ Muriático	
Pisolor Cera	
Biovarsol 1A	

Tabla 3. Productos compatibles y no compatibles con el sistema de llenado.
Fuente: Autor

- **Funcionamiento del control.**

En la figura 28 se muestra el diagrama esquemático del control para una sola válvula. En el Anexo C se muestra el esquemático completo para todo el control con las cuatro válvulas. Como se mencionó anteriormente, el control de llenado utiliza el principio del circuito de auto-retención con relés permitiendo fácil manejo entre señales de control y de potencia.

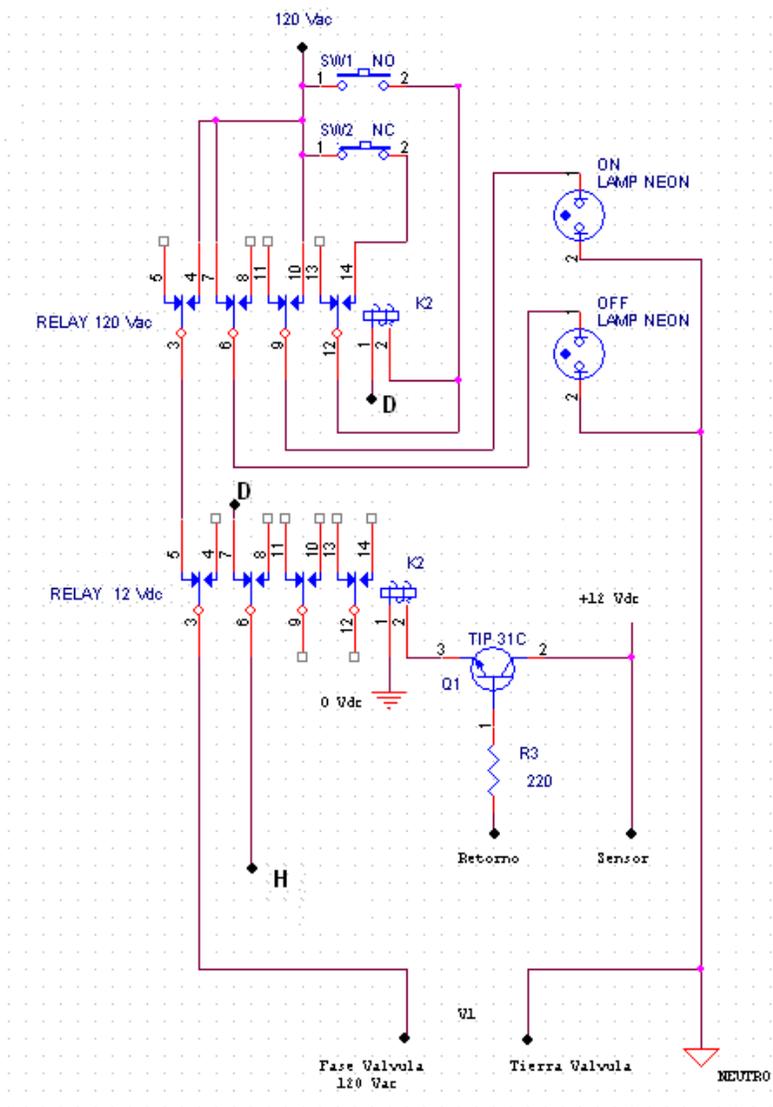


Figura 28. Esquemático del control de una válvula.

Fuente: Autor

Todo empieza desde que se conecta el controlador al punto de 110/120VAC, posteriormente se acciona el interruptor principal (Ver Anexo C.1). Con el accionamiento del interruptor principal se enciende la luz piloto “OFF LAMP NEON” indicando que las válvulas están en su estado normalmente cerrado. Al accionar el pulsador “SW1 NO” se energiza la bobina del relé “RELAY 120Vac” haciendo que los contactos internos del relé cambien de la posición normalmente cerrado a normalmente abierto. Con la energización de la bobina “K2” el terminal

“12” se conecta con “14” y a su vez conecta el terminal “2” de “SW2 NC”, el cual es un pulsador normalmente cerrado, esta conexión mantiene la bobina del relé “RELAY 120Vac” energizada realizándose la auto-retención.

Por otra parte, los contactos “6” y “8” del relé “RELAY 120Vac” se conectan apagando la luz piloto “OFF LAMP NEON”, simultáneamente, se conectan “9” y “10” permitiendo que se encienda la luz piloto “ON LAMP NEON” indicando que la válvula se ha energizado.

La válvula se energiza simultáneamente con la bobina del relé “RELAY 120Vac” cuando los contactos “3” y “4” se conectan, permitiendo el paso de 120 voltios hacia la válvula V1. Obsérvese en la figura 27 que el terminal “3” del relé “RELAY 120Vac” se encuentra conectado al terminal “5” del relé “RELAY 12Vdc” que hace parte de un contacto normalmente cerrado por el cual se energiza definitivamente la válvula solenoide.

Hay dos maneras de des-energizar la bobina del relé “RELAY 120Vac”, manualmente o automáticamente:

Manualmente, se presiona el pulsador “SW2 NC”, esto abre el circuito des-energizando la bobina y los contactos del relé “RELAY 120Vac” vuelven a su posición inicial, por consiguiente se desconecta la válvula solenoide y las luces piloto también retornan a su estado inicial o de reposo.

Automáticamente, ocurre cuando el sensor de conductividad detecta o hace contacto con el líquido, la corriente que se transmite a través del producto llega a la base del transistor “Q1” permitiendo la polarización y estableciendo saturación, esto permite que la bobina del relé “RELAY 12Vdc” se energice causando un cambio de estado de sus contactos internos. Obsérvese que el terminal “1” de la bobina del relé “RELAY 120Vac” está conectado a un punto “D”, este punto está conectado al contacto “7” del relé “RELAY 12Vdc”, siendo este terminal

normalmente cerrado y por el cual se mantiene la bobina del relé “RELAY 120Vac” conectada al punto “H”, este punto va a un pulsador normalmente cerrado utilizado para des-energizar de manera simultánea a todas las cuatro válvulas (Ver Anexo C.4), este pulsador está conectado al punto NEUTRO de todo el sistema AC, cuando se energiza la bobina del relé “RELAY 12 Vdc” los contactos “6” y “7” se desconectan causando que la bobina del relé “RELAY 120Vac” se des-energice y a su vez el sistema vuelve a su estado inicial o de reposo.

- **Montaje del prototipo final.**

Inicialmente se realizó el montaje de sólo un sistema de control de llenado como prototipo de pruebas. Pero se tiene como objetivo la implementación de otros tres controles con similares características debido a que no sólo se envasa un tipo de producto en la jornada, esto garantizaría mayor producción en menor tiempo.

En la figura 29 se muestran un juego de relés y las conexiones que hacen parte del control, las figuras 30 y 31 muestran las conexiones de las luces piloto y los pulsadores. En la figura 32 se observa la vista trasera del prototipo y es donde se conecta el cableado de las válvulas y de los sensores.



Figura 29. Parte interna del control.
Fuente: Autor



Figura 30. Parte posterior de los pulsadores y de las luces piloto.
Fuente: Autor

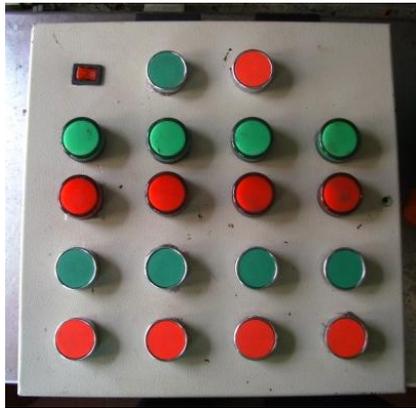


Figura 31. Vista frontal de las luces piloto y los pulsadores.
Fuente: Autor



Figura 32. Vista trasera del controlador.
Fuente: Autor

Para el completo funcionamiento del prototipo fue necesario el diseño de un sistema mecánico que permita el soporte y el desplazamiento vertical para fijar la posición de las válvulas dependiendo de la altura de cada envase. Esto fue posible con la ayuda de personal con conocimientos en el manejo de software de diseño mecánico.

4.2.1.3 Actividad 3 - Propuesta de diseño del sistema de automatización de la máquina de llenado del producto Limpiavidrios 1A.

Una de las actividades que se realizaron en el momento del ingreso a la empresa fue la del conocimiento de la máquina para el llenado del producto Limpiavidrios 1A que se estaba construyendo por parte del anterior jefe de diseño y automatización de la planta.

Lo que se encontró desarrollado fue un prototipo de pruebas a escala y parte de los soportes de la máquina planteada, además se pudo reconocer que se utilizaba el mismo principio de funcionamiento empleado en el sistema de llenado del producto Biovarsol 1A.

- **Propuesta de diseño del sistema**

Como continuación del trabajo realizado, se elaboró una propuesta de diseño sólo para la parte de control. Se planteó el diagrama eléctrico y neumático del sistema con la ayuda del supervisor jefe encargado. Este diagrama se basó en el funcionamiento de la máquina de llenado de los productos Biovarsol 1A, Multioctanol 1A y aditivo para Biogasolina (Ver figura 33).

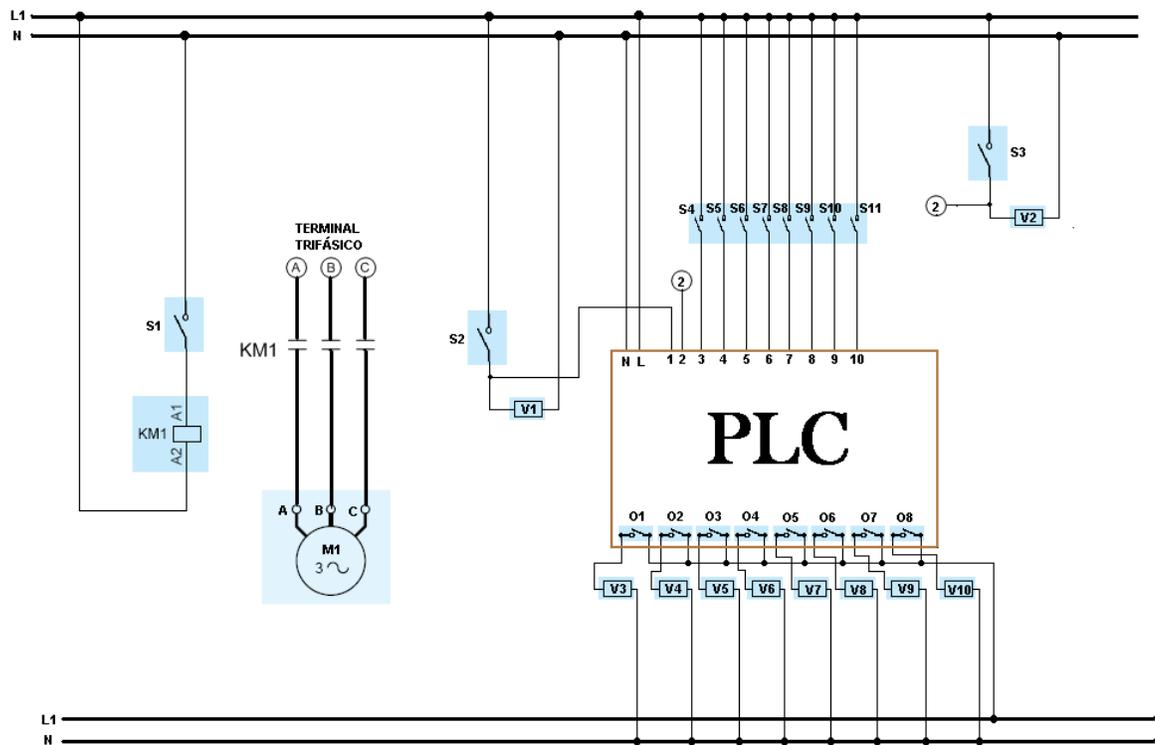


Figura 33. Plano eléctrico planteado.
Fuente: Autor

Se puede observar en la figura 33 el diagrama eléctrico del sistema de llenado propuesto, que a continuación se explica detalladamente:

Interruptores: Los interruptores en el plano son los que llevan consigo al principio la letra S, por ejemplo: (S1, S2), y los hay de varios tipos, los que son activados manualmente y los que son activados por sensores de tipo capacitivo para detectar el nivel de líquido cuando el envase se encuentre debidamente lleno.

Los interruptores empleados son:

S1: Actuador para la banda transportadora.

S2: Actuador de válvula electro-neumática encargada de accionar un pistón neumático que corresponde al tope o limitador final para que los envases no sobrepasen la zona de llenado.

S3: Actuador de una válvula electro-neumática controladora de un pistón neumático correspondiente a un tope inicial, que junto con el tope final acomodan a los envases para que el llenado se realice sin problemas dentro de la zona deseada.

S4, S5, S6 S7, S8, S9: Relés conmutados por los sensores inductivos encargados de detectar el nivel de líquido máximo que se pueda almacenar en el envase.

S10: Final de carrera utilizado para detectar cuando el pistón que sostiene a las válvulas solenoides haya descendido totalmente.

S11: Pulsador de paro de emergencia.

Válvulas: Las válvulas son indicadas con la letra V al comienzo, por ejemplo: V1, V2, estas son accionadas por interruptores manuales, por relés o por el mismo PLC:

Las válvulas a emplear son las siguientes:

V1: Válvula electro-neumática para el tope 2.

V2: Válvula electro-neumática para el tope 1.

V3: Válvula electro-neumática para sujetar las boquillas de los envases.

V4: Válvula electro-neumática para accionar al pistón que asciende o desciende a las válvulas solenoides y sensores encargados del control de llenado.

V5, V6, V7, V8, V9 V10: Válvulas solenoides encargadas de impedir o dejar fluir el producto hacia los envases, estas son controladas por el PLC.

PLC: El PLC fue seleccionado por el jefe supervisor, con la seguridad de que las entradas y salidas permiten controlar todas las variables de proceso. La selección del PLC tuvo en cuenta que es comercial, además de que los métodos de programación y ensamble no sean complicados. El PLC podría ser de marca SIEMENS LOGO! con ampliación de módulos para poder cumplir con el número de entradas y salidas planteadas. Este PLC también controla el contactor “KM1” del motor “M1” utilizado para el funcionamiento de la banda transportadora.

Funcionamiento del proceso: Luego de dar explicación detallada a la simbología del sistema, ya se puede comprender como funciona todo el proceso propuesto. A partir de la figura 33, el proceso empieza cuando el operador haya acomodado los seis envases en la respectiva zona de llenado con la ayuda de S2 y S3, después de un tiempo de retardo, se activa el pistón de V3 para sujetar las boquillas de los envases, se cumple otro tiempo de retardo pequeño para activar V4, siendo esta la válvula del pistón ascendente-descendente , que para este caso desciende para acomodar las válvulas solenoides dentro de los envases, al encontrarse abajo totalmente se activa un final de carrera S10 indicando que ya el pistón se encuentra abajo, luego de un tiempo de retardo se activan las válvulas solenoides V5 a V10 permitiendo el paso de producto hacia el envase. A medida

que se van llenando los envases, se van activando los sensores respectivos individualmente, controlando su respectiva válvula solenoide, como se indica a continuación: El sensor S4 controla a V5, el S5 a V6, S6 a V7, S7 a V8, S8 a V9 y S9 a V10. Cuando se encuentren todos los envases llenos, hay un tiempo de espera pequeño, que luego de que se cumpla, el pistón de V3 llega a su estado inicial, y un poco más tarde el pistón de V4 sube. Después de esto, el programa espera hasta que el operador desactive S2 y S3 finalizando el proceso. Para que vuelva a iniciar nuevamente el proceso, se vuelven a acomodar los envases con la activación nueva de S2 y S3.

El plano neumático (Ver figura 34) se realizó con ayuda del jefe supervisor, sin embargo fue necesario estudiar conceptos básicos acerca de la neumática para comprender de una mejor manera el sistema propuesto.

Las válvulas de tope 1 y tope 2 son válvulas electro-neumáticas de doble vía que controlan un cilindro de doble efecto utilizado para que los envases se sitúen correctamente en la banda. Con la ayuda de la válvula del pistón sujetador de las boquillas de los envases, se sitúan correctamente los envases para que cuando el pistón ascendente/descendente descienda, las válvulas se introduzcan correctamente dentro de los envases.

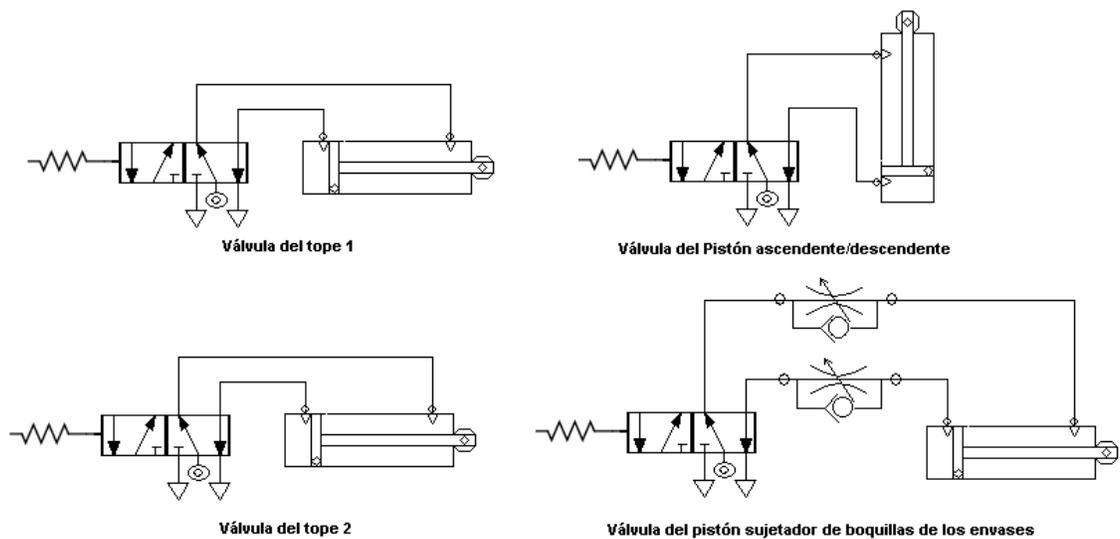


Figura 34. Plano neumático del sistema.

Fuente: Autor

4.2.2 Actividad 4 - Mejoramiento y adecuación de la máquina de llenado del producto Biovarsol 1A.

En la sección 4.1.1, se mencionaban los problemas presentados en el sistema de llenado y para ello se buscaron soluciones con el fin de mantener el funcionamiento continuo de la máquina. En vista de que los problemas persistían se propuso una solución que al parecer es la más viable para la puesta en marcha nuevamente de la máquina.

4.2.2.1 Propuesta de nuevo controlador para el llenado del producto Biovarsol 1A.

Se propuso inicialmente el diseño de un nuevo controlador de llenado con similares características que el propuesto en la sección 4.2.1.3 pero con la diferencia en que debería tener más capacidad de llenado en cuanto al número de

envases, para este caso un mínimo de 12. Los dos problemas a solucionar eran la selección de un nuevo sensor de llenado y la selección de nuevas válvulas solenoides.

Un problema presentado en el antiguo sistema de llenado era el tipo de sensor de conductividad empleado. Este sensor estaba compuesto por un cable multihilo cuyos terminales algunas veces no se introducían correctamente dentro del envase causando derrame y pérdida de producto, además de eso, también presentaban el problema de que los hilos se iban rompiendo a causa del continuo movimiento de los envases hasta el punto en el que la conductividad no era suficiente y se presentaban derrames.

Una propuesta de solución al tipo de sensor a utilizar era la de no seguir teniendo contacto físico con el producto empleando sensores de tipo capacitivo, también se llegó a estudiar la posibilidad de emplear sensores de colores. Otra posible solución era la de emplear pistones dosificadores ajustables para las distintas presentaciones de los envases.

Un segundo problema presentado en la máquina de llenado del producto Biovarsol 1A, es el bloqueo de las válvulas solenoides que alimentan de producto a cada uno de los envases. Para ello se seleccionó otro tipo de válvula que tuviesen una mayor capacidad de abertura evitando así su bloqueo por pequeñas partículas.

Después de una reunión con las directivas sobre los dos problemas presentados con la máquina de llenado de Biovarsol 1A, se postergó la implementación de este sistema debido al costo que presenta. Actualmente se efectúa el llenado de manera manual con la ayuda de un pistón dosificador.

4.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO DENTRO DE LA PLANTA.

Esta sección se refiere a todo el mantenimiento electrónico realizado en toda la planta de la empresa con la excepción del área de producción, además se explican las actividades relacionadas con la calibración de controladores y mejoramiento de sistemas de indicación.

4.3.1 Actividad 1 - Mejoramiento de los indicadores de temperatura de la planta de emulsión asfáltica.

De acuerdo a los procesos manejados en la planta productora de emulsión asfáltica es requisito fundamental la medida constante de la temperatura de algunos productos para que el operador tenga bajo control todo el proceso de producción.

4.3.1.1 Problemas presentados con el antiguo sistema.

Los indicadores de temperatura de la planta se encontraban trabajando mal desde que se realizaron trabajos de soldadura y estos no fueron des-energizados o desconectados por parte del operador, sumado a esto, presentaban valores erróneos cuando uno de los productos se encontraba a muy baja temperatura. Por consiguiente la orden impartida por el jefe supervisor fue la de quitar este sistema completamente y reemplazarlos temporalmente por medidores análogos ya que no se podía dar arranque a la planta si no se tenía observación de esta variable. Se instaló un medidor de temperatura análogo con el fin de que el operador pudiera observar correctamente la temperatura del producto final. El indicador análogo se puede observar en la figura 37.

La figura 35 muestra la caja de control del antiguo sistema y la figura 36 muestra el visualizador de la temperatura de la emulsión asfáltica.



Figura 35. Controlador de los indicadores.
Fuente: Autor



Figura 36. Indicador de temperatura de la emulsión.
Fuente: Autor

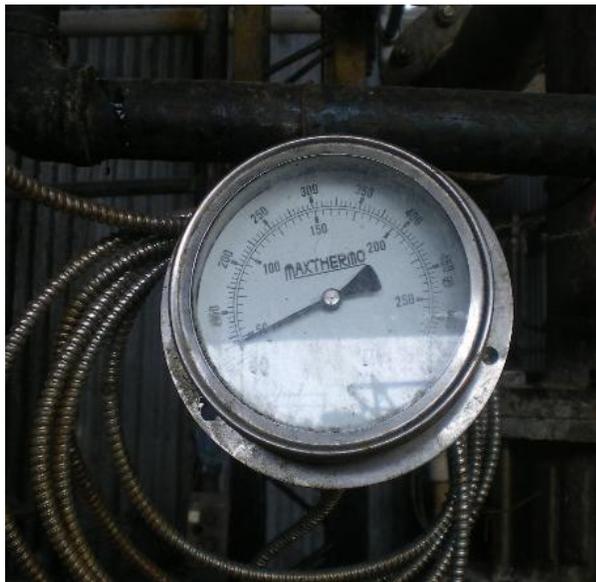


Figura 37. Indicador de temperatura análogo.
Fuente: Autor

4.3.1.2 Montaje de nuevo sistema de indicación de temperatura para la planta de emulsión asfáltica.

Como solución al problema de los indicadores de temperatura mencionados anteriormente, se propuso la instalación de un nuevo sistema de indicación de temperatura, para este propósito fue necesaria la ayuda de personal con conocimientos sobre instalación de tuberías para cableado eléctrico. La característica adicional propuesta fue la de instalar nuevos indicadores en la sala de operadores con el objetivo de que el operador de la planta pudiera observar la temperatura de los productos manejados desde dos puntos distintos.

Los puntos de toma de la temperatura de los productos se realizan por medio de termopares, estos van insertados dentro de la tubería correspondiente como se muestra en la figura 38, permitiendo obtener la temperatura de la emulsión asfáltica y del asfalto.

El punto para la lectura de la temperatura dentro de la sala de operadores se tuvo que adecuar realizando una abertura en el panel frontal del tablero de control así como lo muestra la figura 39.

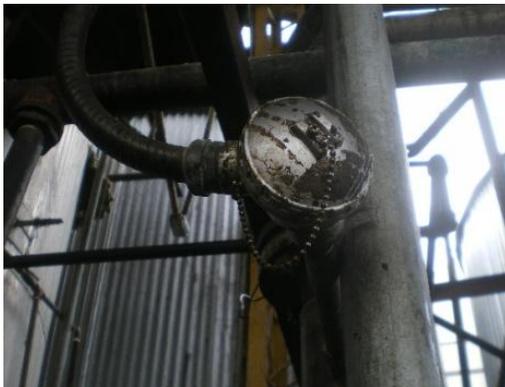


Figura 38. Punto de toma de temperatura de la emulsión asfáltica.
Fuente: Autor



Figura 39. Espacio para la ubicación de los dos indicadores.
Fuente: Autor

Para el montaje se seleccionó un indicador digital que emplea como sensor un termopar tipo J. Se alimenta de la red de AC desde 110 a 220Vac. En la figura 40 se muestra una fotografía de la parte frontal del dispositivo.



Figura 40. Nuevo indicador de temperatura (Ver Anexo B).
Fuente: Autor

La tabla 4 muestra los materiales que son necesarios para realizar el montaje completo del nuevo sistema de indicación.

Materiales necesarios	Cantidad	Adquirido	Comentarios
Tubo conduit 1/2" Galvanizado	20m	Sí	
Manguera flexiconduit 1/2"	7m	Sí	
Conduleta tipo "T" Galvanizada 1/2"	4	Sí	
Conduleta tipo "L" Galvanizada 1/2"	10	Sí	
Conectores de 1/2"	12	Sí	
Cable para termopar tipo "J"	70m	No	El pedido se realizó desde el 2 de Septiembre
Indicadores digitales Autonics T4YI	4	Sí	
Caja metálica 20x20x15cm	1	Sí	
Cable encauchetado 3x18	10m	Sí	

Tabla 4. Materiales necesarios y adquiridos.
Fuente: Autor

- **Pruebas realizadas a los instrumentos indicadores.**

Debido que los dispositivos electrónicos adquiridos se compran directamente a la empresa distribuidora, esta determina un plazo de ocho días hábiles para recibir reportes de fallas o reclamos en cuanto al estado de los productos y en su respectivo funcionamiento. Las pruebas se realizaron con un termopar tipo “J” conectados al indicador por medio de un cable con las características apropiadas y con una longitud de cuatro metros, por consiguiente se tomó la temperatura de un recipiente con agua a 10°C obteniendo como resultado la misma lectura para los cuatro indicadores adquiridos. Posteriormente se tomó la temperatura de un horno a 210°C registrando lecturas con error de 2°C entre los cuatro indicadores.

El objetivo de esta prueba era garantizar que los instrumentos si eran capaces de tomar temperaturas entre 30°C y 180°C debido a que los productos manejados en la planta de emulsión pueden encontrarse a estas temperaturas en el momento que el proceso se encuentre en funcionamiento obteniendo como conclusión que los dispositivos si son aptos para incorporarse sin problemas al proceso.

4.3.2 Actividad 2 - Mantenimiento del controlador del caudal de emulsificante de la planta de emulsión asfáltica.

El controlador se encontraba fuera de servicio debido a que desapareció toda la información referente a las variables de proceso y parámetros de funcionamiento, esto causó que el proceso en la planta fuera realizado de manera manual haciendo más complicada la operación en general. Para remediar esta situación fue necesario conocer completamente el tipo de controlador que se estaba utilizando y programarlo nuevamente.

El sistema de control utilizado estaba formado por varios elementos principales tales como: válvulas proporcionales, transmisores de caudal, convertidores e indicadores. A estos elementos de control también fue necesario practicarles mantenimiento preventivo y correctivo para que el sistema de control ganara mas confiabilidad y para garantizar que el proceso estaba funcionando correctamente.

4.3.2.1 Conocimiento del controlador utilizado.

El dispositivo utilizado para el control de caudal de emulsificante en la planta de emulsión asfáltica es de marca FOXBORO tipo "Single Station 761CSA-3A-1" con la principal característica de ser reprogramable y muy fácil de visualizar las variables que está controlando. Además tiene la posibilidad de elegir el tipo de control que se quiere emplear ya sea P, I, PI, PD, PID y otro tipo de control especial llamado "EXACT CONTROL" que significa "Expert Adaptative Control" descrito detalladamente en el manual del dispositivo y utilizado para controles de procesos más complejos.

El controlador se encuentra ubicado en el tablero de control de la sala de operadores de la empresa, en la figura 41 se puede observar el panel frontal del dispositivo y en la figura 42 los pulsadores e interruptores para encender y apagar el sistema con su respectivo procedimiento.



Figura 41. Panel frontal del controlador.
Fuente: Autor



Figura 42. Procedimiento y accionamientos para el encendido y apagado del controlador.
Fuente: Autor

4.3.2.2 Problemas presentados en todo el sistema de control.

Aparte de que al controlador se le borrara toda la información referente a las variables del proceso, se presentaron varios problemas con los demás elementos que también hacen parte de todo el sistema de control.

- **Mantenimiento del convertidor I/P para la válvula neumática proporcional.**

Luego de que el controlador se calibrara y se ajustara nuevamente para el manejo del proceso surgió un problema con el funcionamiento de la válvula neumática proporcional utilizada como elemento final de control, se trataba de que esta no respondía a las señales que enviaba el controlador. En vista de esto, como procedimiento para detectar una posible fuente del problema, se midió la señal que enviaba el controlador al convertidor I/P que según el manual esta corresponde a una señal de corriente de 4 a 20 mA para que el convertidor I/P envíe una señal neumática de 3 a 15 PSI a la válvula neumática. En la medición de la señal de corriente no hubo problemas ya que se controló manualmente desde el controlador la abertura de la válvula entre los valores máximos y mínimos presentando equivalencia lineal con la corriente medida.



Figura 43. Convertidor I/P.
Fuente: Autor

Posteriormente a la medida de la señal de corriente, se midió la señal de salida neumática del convertidor obteniendo como resultado un valor de 0 PSI para diferentes valores de corriente de entrada. Debido a los resultados obtenidos se contactó a la empresa fabricante* para que solucionara el problema del convertidor.

El diagnóstico que arrojó el mantenimiento del instrumento de acuerdo a la empresa fue que se presentaban suciedades y mucha humedad dentro del dispositivo por causa de problemas con la línea de aire. Efectuado el mantenimiento este trabajó nuevamente dentro de su rango normal de operación.

- **Mantenimiento de la línea de aire y de la válvula neumática proporcional.**

Debido al problema presentado con el convertidor I/P se ordenó el mantenimiento a la línea de aire que alimenta a la válvula neumática proporcional y al convertidor, y mantenimiento a la válvula. Como solución del problema con el aire se instaló un filtro regulador antes de la entrada de la alimentación del convertidor y de la válvula, además se instalaron válvulas para el control de paso del aire y para remover el agua presente en la línea, todos estos elementos fueron instalados antes del filtro. En la figura 44 se puede observar el indicador de posición de la válvula y en la figura 45 el filtro regulador instalado.

* INSTRUVALVULAS LTDA.



Figura 44. Indicador de apertura de la válvula.
Fuente: Autor



Figura 45. Filtro regulador y válvula.
Fuente: Autor

4.3.3 Actividad 3 - Revisión del control electrónico del quemador de la caldera JCT-2

Para la ejecución de esta actividad se tuvo que extraer la tarjeta electrónica del tablero de control de la caldera mostrado en la figura 46. Debido al estado en el que se encontraba la tarjeta de control mostrada en la figura 47 se ordenó que no se le siguiera realizando el mantenimiento respectivo y como propuesta de solución se llegó a una conclusión de implementar un PLC para sustituir completamente el tipo de control.



Figura 46. Tablero de control de la caldera JCT-2
Fuente: Autor



Figura 47. Antiguo control electrónico.
Fuente: Autor

El control electrónico revisado era el encargado de manejar el quemador de combustible de la caldera, y tenía bajo su mando dispositivos como:

- Válvula solenoide: Utilizada para controlar el paso de combustible hacia el quemador.
- Transformador de alto voltaje: Se encargaba de generar una chispa con la energía suficiente para encender el combustible.
- Focelda: Utilizada para detectar si hay llama para seguir quemando el combustible normalmente.

Además de estos dispositivos, había un sistema de alarma que funcionaba de acuerdo al estado de la focelda. Si había suministro de combustible y dado el caso de que la llama se apagara, la focelda no detectaba la llama y por ende se interrumpía el suministro de combustible, además se des-energizaba todo el sistema quedando presente sólo una señal de alarma que indicaba el daño o el mal funcionamiento.

El control electrónico sólo manejaba el quemador de combustible de la caldera, para el completo funcionamiento existen otros sistemas tales como, suministro de agua, control de presión, control de temperatura, bomba de combustible, entre otros.

4.3.3.1 Problemas presentados.

Actualmente la caldera no se encuentra en funcionamiento, no sólo por el daño del control electrónico, sino también por el daño de las bombas de agua y de combustible. En la figura 48 se puede observar el estado en el que se encuentra la caldera.



Figura 48. Caldera JCT-2.
Fuente: Autor

Debido a los nuevos trabajos que se van a realizar con relación al nuevo proceso de la planta, se estudia la posibilidad de poner en marcha a esta caldera dada la necesidad de mucha más presión y cantidad de vapor.

Los daños presentados en el control electrónico fueron determinantes para la decisión de quitarlo del servicio, uno de estos daños fue la ruptura de un dispositivo electrónico semiconductor del cual no se encontró referencias ni reemplazo en el mercado, y como consecuencia el control electrónico no funcionaba en su totalidad.

4.3.4 Actividad 4 - Mantenimiento del control electrónico de nivel para el tanque de almacenamiento de agua para las calderas.

Se necesitaba comprobar el funcionamiento del circuito electrónico controlador de nivel de llenado del tanque de almacenamiento de agua para las calderas debido al derrame de agua que se estaba presentando y que podía afectar a los equipos o aparatos que se encontraban cerca a la zona del tanque. En la figura 49 se puede observar el tanque de almacenamiento de agua.



Figura 49. Tanque de abastecimiento de agua para las calderas.
Fuente: Autor

4.3.4.1 Problemas presentados.

Ya que el control electrónico estaba fuera de servicio se tuvo que utilizar el sistema de manera manual reemplazando la válvula solenoide por una válvula de bola, esto hacía que se presentaran constantes derrames de agua ya que al operador encargado se le pasaba por alto el llenado total del tanque. En la figura 50 se puede observar donde estaba ubicado el control de llenado del tanque.



Figura 50. Caja de control electrónico del tanque.
Fuente: Autor

4.3.4.2 Propuesta de solución al problema.

Como posible solución al problema del derrame de agua se propuso un nuevo diseño para el control electrónico de nivel del tanque, a continuación se muestra en la tabla 5 la lista de materiales que se necesitaron para el control.

Material	Cantidad
Adaptador 12V a 1A	1
Diodo Led Verde	1
CI CD4011	1
MOC3020	1
Baqelita Universal pequeña	1
TRIAC de 600V 8A	1
Electroválvula	1
Fusible de 5A	1
Portafusible	1
Resistencias de 10k, 330, 6.8k y 1k (Ohmios) a 0.5W	4 por cada una

Tabla 5. Materiales para el control electrónico.
Fuente: Autor

El diagrama esquemático del control se puede observar en la figura 51. Este circuito utiliza la operación lógica que determina a un flip-flop tipo SR, en la tabla 6 se explica el funcionamiento que compone a este dispositivo electrónico, se debe tener en cuenta que se utilizaron elementos adicionales para que el control funcione completamente, estos son los cables o los electrodos que son utilizados para detectar el nivel a partir de tres puntos ubicados estratégicamente los cuales al hacer contacto con el agua activan o desactivan la válvula solenoide para controlar el paso a través de la línea del agua que alimenta al tanque.

Entradas		Salida	Observación
S	R	Q	
0	1	1	Set
1	1	1	No hay cambio
1	0	0	Reset
1	1	0	No hay cambio

Tabla 6. Tabla de verdad de un flip-flop tipo RS.
Fuente: Autor

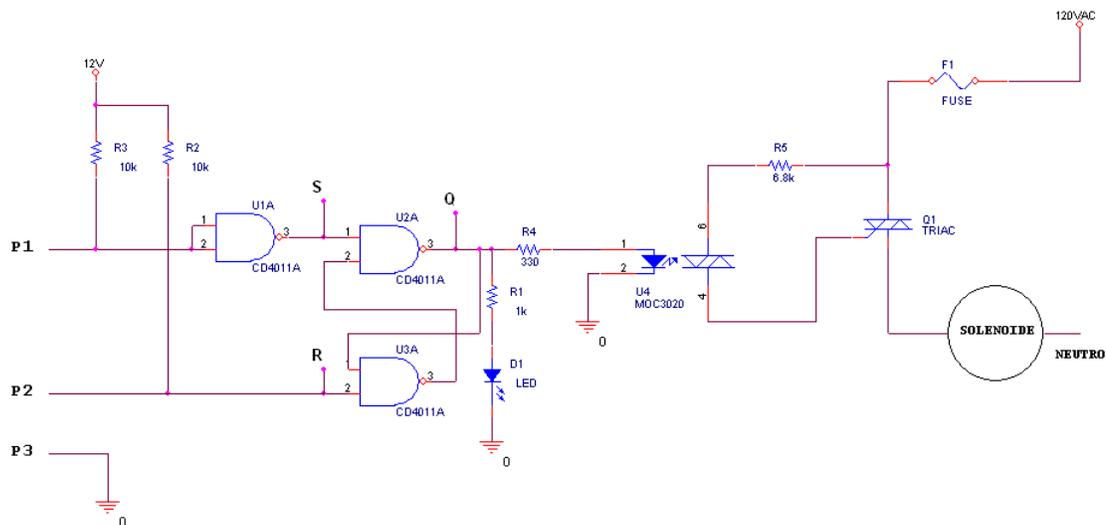


Figura 51. Diagrama de control de nivel del tanque.
Fuente: Autor

En la figura 52 se puede observar cómo están introducidos los electrodos en la parte interna del tanque y corresponden a los detectores de nivel del agua, la parte azul de los electrodos indica el recubrimiento o aislamiento de los alambres y la parte negra corresponde a parte de metal al descubierto empleado para establecer el contacto con el agua. P1 es el detector de bajo nivel, P2 es el detector de nivel alto y P3 es el común o la tierra del sistema.

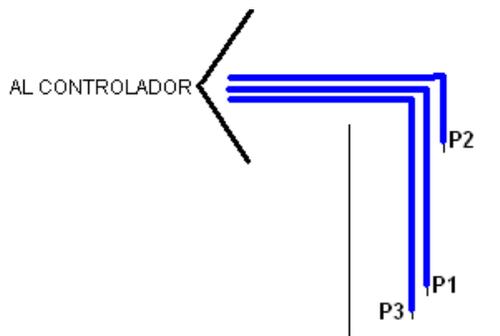


Figura 52. Distribución de los electrodos en el tanque.
Fuente: Autor

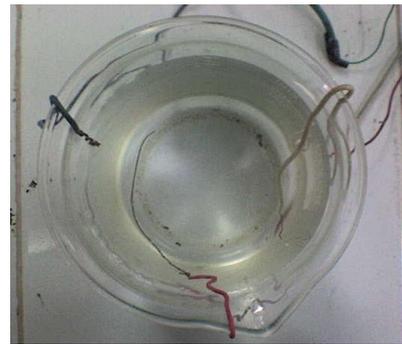


Figura 53. Modelo de pruebas a escala del tanque.
Fuente: Autor

Cuando el valor del nivel de agua está por debajo el nivel de P1, la entrada a la compuerta "U1A" es de nivel alto, por lo tanto la salida "S" es de nivel bajo y por consiguiente la salida de la compuerta "U2A" que corresponde a la salida "Q" es de nivel alto permitiendo que el led "D1" se encienda como indicación de que se activó el optotriac "U4" y el triac "Q1" permitiendo que la válvula solenoide deje fluir agua hacia el tanque.

Al llegar el nivel de agua a P1, P1 y P3 hacen conductividad mediante el agua permitiendo que P1 tenga nivel bajo y la salida "S" llegue a nivel alto, sin embargo esto no causa ningún cambio en "Q" permitiendo que siga activado el triac y la válvula solenoide.

Cuando el nivel del agua llega hasta P2, P2 tiene nivel bajo por medio de P3 permitiendo el "RESET" del flip-flop y esto causa que la salida "Q" tenga nivel bajo, por consiguiente la válvula retorna a su estado normalmente cerrado bloqueando el paso de agua hacia el tanque.

Luego de que se empieza a consumir el agua, el nivel vuelve a estar por debajo de P2 haciendo que esta entrada tenga nivel alto, sin embargo este cambio no afecta el estado de la salida "Q" y por lo tanto la válvula continúa cerrada.

Cuando el nivel del agua se encuentra nuevamente por debajo de P1 ésta toma nivel alto haciendo que la salida "S" de la compuerta "U1A" presente nivel bajo, por lo tanto esto causa "SET" del flip-flop y la salida "Q" toma nivel alto permitiendo que se el led se encienda y que la válvula se energice volviendo a dejar pasar agua hacia el tanque.

4.3.5 Actividad 5 - Participación en el mantenimiento eléctrico de la planta de producción de mezcla asfáltica en frío.

Con la ayuda del operador de la planta, del electricista de planta y del jefe encargado se realizó el mantenimiento eléctrico a toda esta planta a causa de que el mezclador controlado por el motor eléctrico de 50 (figura 54) se detuviera de forma imprevista causando parada de producción.

Luego de realizar un análisis de lo sucedido, se llegó a la conclusión de que este motor estaba consumiendo excesiva corriente debido al trabajo forzado al que estaba siendo sometido por causa de fallas mecánicas en rodamientos y transmisiones, por consiguiente como medida de auto-protección para sobrecargas se accionaban los disyuntores.

Otro aspecto muy importante fue la instalación de un arrancador suave para el motor del mezclador debido a que la corriente de arranque que presentaba era muy elevada causando que algunas veces se activaran o dispararan los interruptores termomagnéticos. El dispositivo mostrado en la figura 55 no permite que el motor consuma alta corriente en el momento del arranque suministrando así otra manera de protección al motor y otra medida de prevención para que el mezclador no se detenga de forma imprevista, además posee protección contra sobrecargas causadas por aumento elevado de corriente funcionando de manera similar a los disyuntores.



Figura 54. Motor de 50 HP del mezclador.
Fuente: Autor

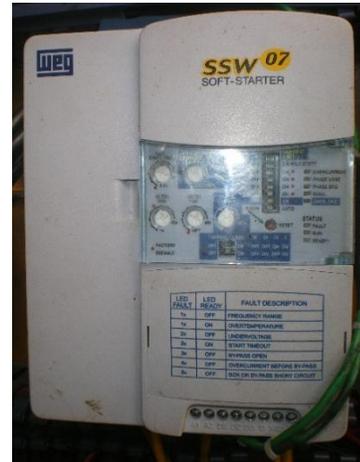


Figura 55. Arrancador suave.
Fuente: Autor

Luego de que se realizara la instalación del dispositivo para arranque suave se presentó otro problema que obligó a que la producción de mezcla se detuviera por varios días debido a que el motor que manejaba la banda transportadora de material se detuviera de improviso. Esto fue causado a una mala conexión de los bornes de los contactores. Analizando el sistema, se llegó a la conclusión de que el motor sólo estaba siendo alimentado por dos fases causando que se recalentara y se quemara el bobinado interno quedando fuera de servicio definitivamente, para esto fue necesario adquirir un nuevo motor de similares características para que la planta continuara con la producción normal.



Figura 56. Ejes del mezclador.
Fuente: Autor

Posteriormente a la instalación del nuevo motor de la banda transportadora se ordenó la instalación de relés térmicos (Ver figura 57) para la protección de los otros motores y la instalación de un amperímetro análogo (Ver figura 58) para que el operador supervise constantemente la corriente que circula hacia el motor del mezclador y así poder evitar en lo mejor posible que se detenga. Además, se realizó la inspección y mejoramiento del nuevo cableado en el tablero de control para evitar las posibles caídas de las fases que afecten el correcto funcionamiento de los motores.

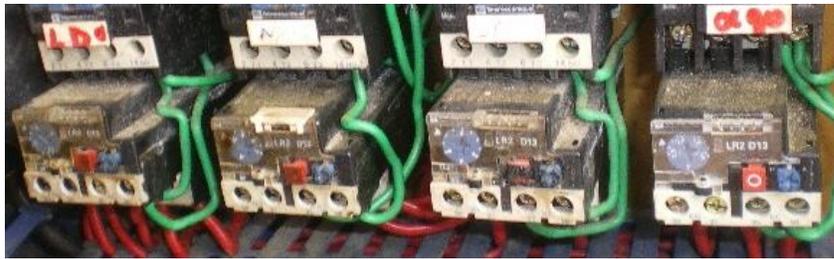


Figura 57. Relés térmicos de protección.
Fuente: Autor



Figura 58. Amperímetro del motor del mezclador.
Fuente: Autor



Figura 59. Tablero de control eléctrico.
Fuente: Autor

5. ACTIVIDADES ADICIONALES REALIZADAS

5.1 ACTIVIDAD 1 - VERIFICACIÓN DEL ESTADO DEL VARIADOR DE VELOCIDAD PARA MOTORES DE 440VAC

El variador de velocidad para motores AC de 440V marca YASKAWA-VARISPEED se encuentra almacenado en bodega debido a que en la planta no hay suministro de este tipo de tensión, por su parte ofrece un sistema trifásico de 110 VAC por fase, a pesar de esto se le realizó limpieza y se revisó el control electrónico sin encontrar fallas. En fin, se pudo probar su buen estado con la ayuda del electricista conectando un motor AC de 440VAC de una hidrolavadora ya que se pudo alimentar al generador trifásico de 440VAC que alimenta a la planta de mezcla asfáltica en frío, sin embargo, aún se encuentra almacenado en bodega esperando una nueva aplicación dentro de la planta



Figura 60. Variador de velocidad 440V AC a 25HP.
Fuente: Autor

5.2 ACTIVIDAD 2 - MANTENIMIENTO DE ALGUNOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS DEL LABORATORIO

Algunos equipos electrónicos del laboratorio químico de la empresa estaban presentando mal funcionamiento por lo que se autorizó la revisión para que los encargados de su operación continuaran realizando pruebas como normalmente se acostumbra a hacer. Los equipos con fallas eran los medidores de temperatura, los medidores de pH y las balanzas electrónicas, algunos de estos equipos presentaban daños en cuanto al encendido, en cuyo caso la solución era cambiar las baterías o de revisar las fuentes de alimentación o adaptadores, otros aparatos necesitaban calibración especial para la cual se debían revisar los respectivos manuales de los fabricantes y solucionar ese tipo de problemas. Por último otros presentaban daños irreversibles como quebraduras que afectaban directamente al control electrónico por lo cual eran desechados siendo necesario la adquisición de nuevos equipos.

5.3 ACTIVIDAD 3 - PARTICIPACIÓN EN EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ARRANQUE DEL CARGADOR KAWASAKI REFERENCIA 60Z IV

La actividad que se realizó con la ayuda del mecánico de planta y del jefe encargado y consistía en la puesta en marcha de esta maquinaria que se encontraba detenida aproximadamente un mes. El sistema de arranque de la máquina presentaba daños mecánicos y eléctricos y por consiguiente se realizó mantenimiento total.

La falla se encontraba en un interruptor normalmente abierto (N.O.) comúnmente llamado “pera” encargado de conmutar corriente al motor de arranque para realizar el encendido completo de la máquina, este interruptor es accionado manualmente por el operador desde la cabina de mando y la función es dar arranque sólo cuando la máquina este en posición neutra. El objetivo de la actividad era entregar cuanto antes la maquinaria funcionando para que continuara con la producción de mezcla asfáltica en frío, la solución pronta al problema fue buscar el repuesto en un almacén local, pero no fue posible, lo más cercano que se pudo encontrar fue un interruptor normalmente cerrado (N.C.) con características físicas similares pero con funcionalidad mecánica contraria a la del repuesto original, entonces para ello se instaló un sistema que invertía la función del interruptor N.C. y fue por medio de un relé que se alimentaba con 24 Vdc mostrado en la figura 61, gracias a esto se pudo continuar con el trabajo de mantenimiento por parte del mecánico de planta el cual realizo ajustes en el sistema hidráulico para finalmente lograr poner en marcha a la máquina.



Figura 61. Modificación para el sistema de arranque.
Fuente: Autor

5.4 ACTIVIDAD 4 - PARTICIPACIÓN EN EL MANTENIMIENTO GENERAL DE LA CALDERA J.C.T 30 BHP

Esta actividad se realizó a petición de la gerencia debido a que esta maquinaria se encontraba en mal estado y presentaba funcionamiento deficiente afectando principalmente la producción de emulsión asfáltica de la cual se estuvo realizando un gran pedido de producto. Para realizar la labor de mantenimiento general se llegó al acuerdo de ejecutar la actividad en los días 14 y 15 de Junio ya que esos días fueron feriados y se podía detener la planta de emulsión.

Las labores realizadas fueron:

- Limpieza interna y externa de la zona donde se encuentra ubicada esta caldera por parte de un auxiliar de producción y del mecánico de planta.
- Pintar bomba de agua y quemador por parte del mecánico de planta.
- Se verificó el estado de todo el sistema eléctrico: Estado de los contactores; estado del cableado del tablero de control; estado de la válvula solenoide que controla el paso de combustible hacia la recámara.

La figura 62 muestra la caldera a la cual se le realizó mantenimiento y en la figura 63 se observa el resultado del mantenimiento realizado al tablero de control.



Figura 62. Caldera Vertical J.C.T. 30BHP.
Fuente: Autor



Figura 63. Tablero de control.
Fuente: Autor



Figura 64. Válvula Solenoide.
Fuente: Autor

En el mantenimiento realizado se pudo observar que en la sección de la recámara de la caldera había mucha contaminación siendo esta la causa de que la presión de vapor no aumentara rápidamente teniendo como consecuencia retrasos en la producción. Además, la válvula solenoide tuvo que ser cambiada ya que no respondía de manera adecuada a las señales de control que se le enviaban.

6. APORTES AL CONOCIMIENTO

A continuación se mencionan todos conocimientos adquiridos dentro del período de práctica trabajado en la empresa

- Conocimientos de conceptos básicos sobre neumática en aplicaciones referentes a sistemas de automatización presentes en las máquinas que realizan el envasado y tapado de productos.
- Conocimientos sobre el funcionamiento de un sistema de control de caudal en cuanto al reconocimiento de las variables involucradas dentro del proceso y ajuste y calibración del controlador.
- Conocimientos de principios básicos de mecánica industrial en cuanto al manejo de herramientas, funcionamiento de diferentes tipos de bombas, soldadura eléctrica, manejo de herramientas, tipos de transmisiones en motores eléctricos, operación de distintos tipos de compresores y funcionamiento de una caldera vertical piro-tubular.
- Conocimientos sobre la importancia de la utilización de elementos de protección personal dentro de una planta.
- Conocimientos sobre las aplicaciones que puede tener un PLC en un proceso de producción continua, así como de los diferentes tipos de programación que existen entre distintas marcas.

- Conocimientos sobre las medidas de protección que se deben tener en cuenta al utilizar un motor eléctrico para algún tipo de aplicación especial, ya sea la instalación de relés térmicos, disyuntores trifásicos, contactores, disyuntores electromagnéticos, entre otros.
- Conocimientos de algunos procesos de producción que se llevan a cabo en la empresa.

7. CONCLUSIONES

- Mediante la supervisión y mantenimiento de las máquinas en el área de producción se evitó en la mayoría de los casos que los procesos se detuvieran de manera imprevista y que se causaran pérdidas a la empresa.
- La implementación de nuevas máquinas en los procesos del área de producción permiten que la productividad mejore considerablemente y que la empresa progrese tecnológicamente obteniendo reconocimiento en el mercado.
- La aplicación de sistemas electrónicos directamente en los procesos industriales garantizan que el producto final elaborado cumpla con los requisitos de calidad, estableciendo ventajas sobre la operación netamente manual de una planta y aumentando la confiabilidad por parte de las directivas en cuanto al funcionamiento de estos.
- Los controles electrónicos utilizados para regular el nivel de agua de los tanques se hacen muy útiles debido a la intervención directa o indirecta dentro de un proceso industrial, además facilitan el trabajo a los operadores de planta al no dedicar mucho tiempo a estar siempre atentos del estado de los niveles de los tanques.
- El cumplimiento de las órdenes de los superiores, el acatamiento de las normas de la empresa y las buenas relaciones interpersonales con los trabajadores, influyen en todas las labores a realizar, ya que se puede obtener colaboración, se hace el trabajo en equipo y se genera confianza por parte de las directivas cuando se tiene asignada una tarea.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEDO SÁNCHEZ, José. Instrumentación y Control Avanzado de Procesos. Madrid: Díaz De Santos, 2006. 632 p.
- CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación Industrial. Barcelona: MARCOMBO S.A, 1997. 776 p.
- ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. El ABC de la Instrumentación en el Control de Procesos Industriales. México D.F: LIMUSA Noriega Editores, 2000. 292 p.
- PALLAS ARENY, Ramón. Sensores y Acondicionadores de Señal. Barcelona: MARCOMBO S.A, 2007. 480 p.
- MULTISERVICIOS DE INGENIERÍA 1A S.A. Manual de Calidad de la Empresa. Barrancabermeja: 2008. 28 p.
- <http://www.automation.siemens.com/>.
- <http://www.kuebler.com/>

ANEXO A

Hoja de datos del controlador de temperatura XMTG 2000

Summarize:

XMT-2000 series intelligence temperature modulator is at XMT-8000 type get stripe of foundation product is a kind of high performance,the high and dependable intelligence type industry to regulate appearance, using for research,metallurgy,petroleum,chemical engineering,light slub ,plastics,food extensively,printing,liquid press,make medicine and economize on energy hot processing etc. the automatic temperature of the machine profession control.

- Bit hot accidentally,hot electric resistance,imitate quantity etc. various signals input freely, measuring a distance to establish freely;
- The software adjusts zero full degrees, cold carry to measure alone, enlarger from steady zero, show accuracy can better than and 0.2% FS;
- The misty theories combines traditional PID method, control quickly steady;
- The PID parameter of the forerunner from whole settle method, whole in fixed time the more general gauge shorten 1/3 above time;
- The exportation can choose:Touch a point,SSP to drive an electricity after the electric appliances even,move to trigger pulse and imitate quantity mutually, attach another two roads can define of report to the police and touch some exportation.

Technique specification:

1. Importation rules distance:(one pedestal gauge then and permit)
Thermocouple:K,J,E,S,N,T,B,R,WRe
Hot galvanic couple:Cu50,Pt100(cent degree is 0.1 and 1 degrees two kinds of specifications)
Line signal:0-5 V,1-5 V,0-10 mA(need to circumscribe the reposition of redundant personnel electric resistance),4-20 mA(need to circumscribe the reposition of redundant personnel electric resistance)...etc.

2. Measure scope: K(-50-+1350 °C),S(-50-+1750 °C),T(-200-+400 °C),E(-50-1000 °C),J(-50-1000 °C),B(50-1800 °C),N(-20-1300 °C),WRE(-20-2300 °C),Cu50(-50.0 °C),Pt100(-200-+650 °C),Pt100,(-199.9-+199.9 °C)
line input:-1999-+9999 is define by the customer.

3. Power supply: 85-260 AC/50-60 HZ.

4. Power supply depletion: ≤5W.

5. Environment temperature: 0-50 °C.

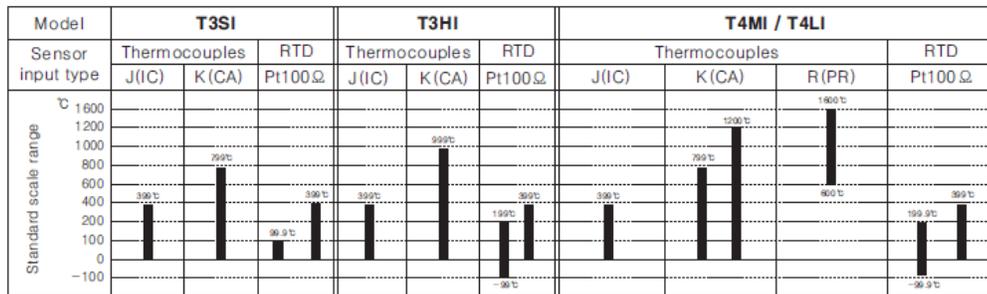
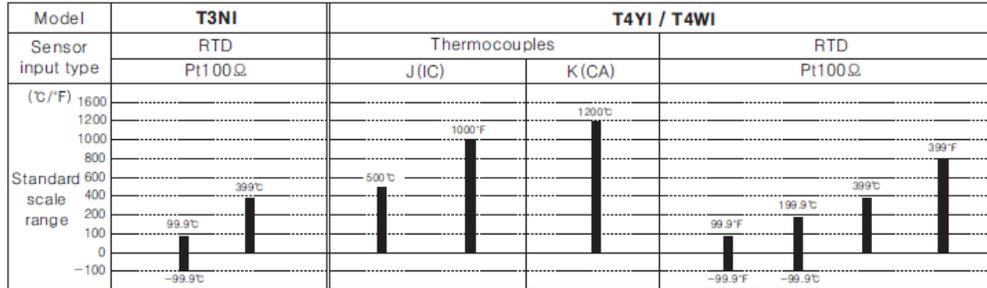
Fuente: HUALI ELECTRIC METER CO., LTD. En:

<http://www.hualiyb.com/en/cp.asp?id=60>.

ANEXO B

Hoja de datos del Indicador de Temperatura Autonics T4YI

■ Temperature range for each sensor



■ Specifications

Model	T3NI	T4YI	T4WI	T3SI	T3HI	T4MI	T4LI
Power supply	12-24VDC	100-240VAC 50/60Hz	110/220VAC 50/60Hz	100-240VAC 50/60Hz	110/220VAC 50/60Hz		
Allowable voltage range	90 ~ 110% of rated voltage						
Power consumption	2W	3VA					
Display method	7Segment LED Display						
Character size	W5×H8mm	W9.8×H14.2mm		W4×H8mm	W6×H10mm	W7.2× H9.8mm	W9.5× H14.2mm
Display accuracy	F · S ± 0.3% rdg ± 1 digit	F · S ± 0.5% rdg ± 1 digit					
Sensor input	Pt100Ω	● Thermocouples (T.C): K (CA), J (IC), R (PR)				● RTD : Pt100Ω	
Input line resistance	Max. 5Ω per a wire	● Thermocouples : Max. 100Ω		● RTD : Max. 5Ω per a wire			
Insulation resistance	Min. 100MΩ (at 500VDC)						
Dielectric strength	2000VAC 50/60Hz for 1 minute						
Noise strength	±500V	±1kV the square wave noise (pulse width: 1μs) by the noise simulator					
Vibration	Mechanical	0.75mm amplitude at frequency of 10 ~ 55Hz in each of X, Y, Z directions for 1 hour					
	Malfunction	0.5mm amplitude at frequency of 10 ~ 55Hz in each of X, Y, Z directions for 10 minutes					
Shock	Mechanical	300m/s ² (Approx. 30G) 3 times at X, Y, Z direction					
	Malfunction	100m/s ² (Approx. 10G) 3 times at X, Y, Z direction					
Ambient temperature	-10 ~ +50°C (at non-freezing status)						
Storage temperature	-25 ~ +65°C (at non-freezing status) □						
Ambient humidity	35 ~ 85%RH						
Weight	Approx. 34g	Approx. 170g	Approx. 322g	Approx. 107g	Approx. 368g	Approx. 356g	Approx. 433g

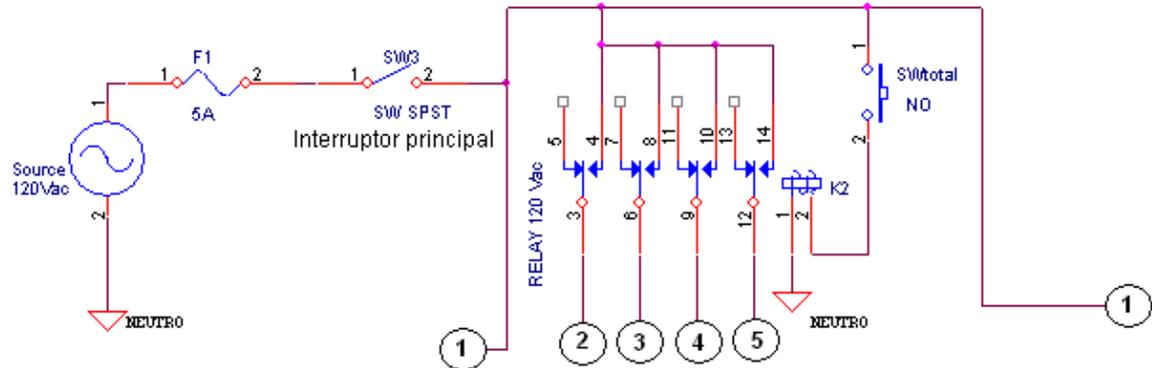
Fuente: Autonics Corporation. En:

http://www.autonics.com/products/products_detail.php?catecode=02/01/08&db_uid=30.

ANEXO C

Esquemático del circuito para el control de llenado para productos del área de producción.

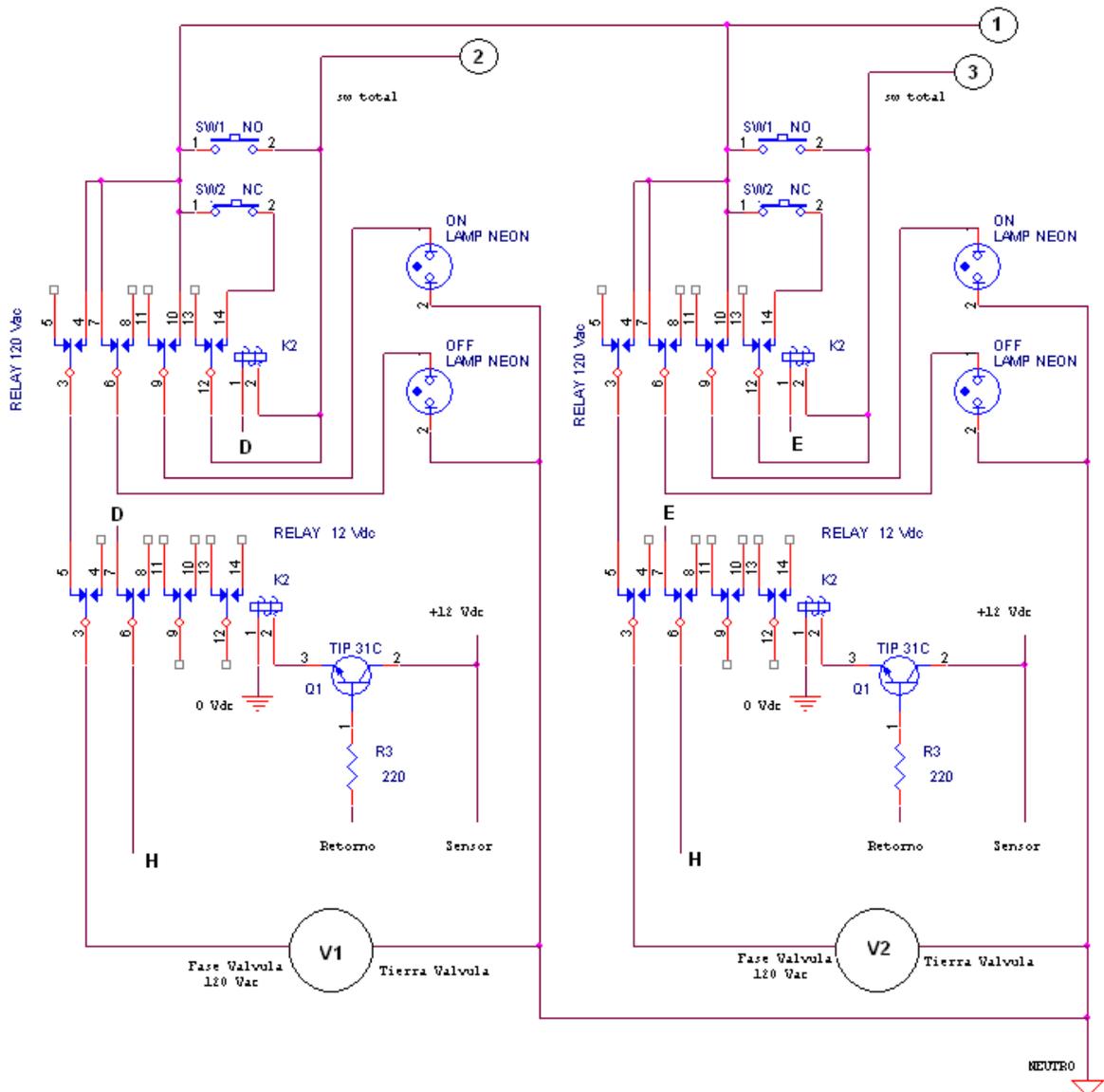
C.1 Encendido, accionamiento total y fuente de alimentación.



Convenciones:

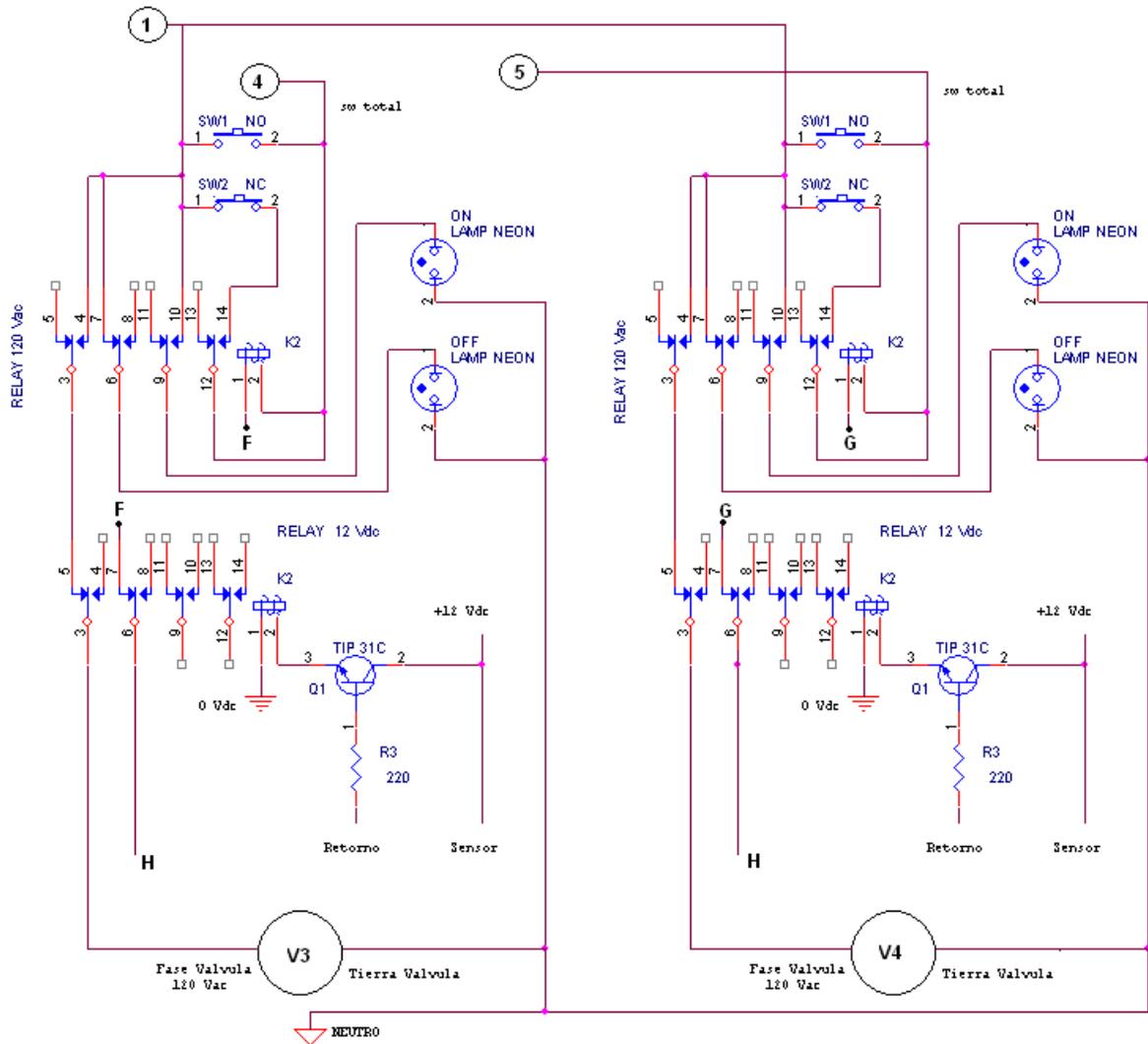
- 1: Alimentación de 120Vac independiente para cada control de válvula.
- 2: Accionamiento para la válvula V1.
- 3: Accionamiento para la Válvula V2.
- 4: Accionamiento para la válvula V3.
- 5: Accionamiento para la válvula V4.

C.2 Control de válvulas V1 y V2.



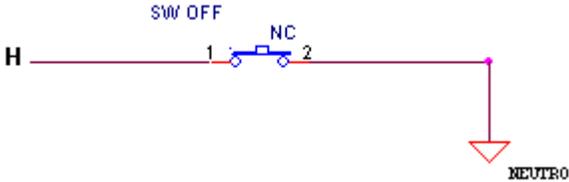
H: Punto que va al Pulsador que desactiva todos los controles simultáneamente.

C.3 Control de válvulas V3 y V4.



H: Punto que va al Pulsador que desactiva todos los controles simultáneamente.

C.4 Pulsador desactivador de todos los controles simultáneamente.



ANEXO D

Especificaciones del controlador de caudal de emulsificante de la planta de emulsión asfáltica.

FULL-FUNCTION DISPLAY

The front of the controller has a clear, bright, easy-to-read, anti-glare display consisting of graphics and alphanumeric characters. This enables the operator to keep track of every parameter that is received or generated by the controller. Measurement and set-point displays have applicable engineering units electronically displayed. See Figure 1.

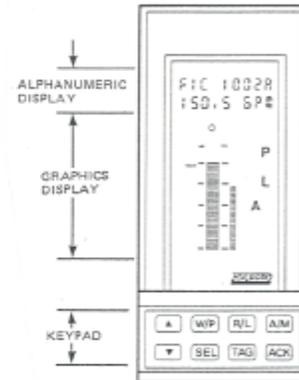


Figure 1. Front-of-Panel Functions

FUNCTIONAL SPECIFICATIONS

Proportional Input Signals

Any combination of the following proportional inputs with total of all types not to exceed four. All signals

Discrete Input Signals

One or two contact or transistor switch inputs, 5 V dc nominal open circuit voltage, 1 mA maximum current. For remote status changes such as A/M, R/L, W/P, EXT ACK, and tracking functions.

Output Signals

TWO NONISOLATED ANALOG OUTPUTS

Control output (can be conditioned) and auxiliary output.

- Control: 4 to 20 mA into 500 Ω maximum. 10 to 50 mA input/output into 660 Ω maximum is optionally available for shelf-mounted controllers. Isolated output option is also available.
- Auxiliary Output: 1 to 5 V dc into 2 k Ω minimum. Can be used for measurement, set point, control, or conditional input signals.

TWO DISCRETE OUTPUTS

Two nonisolated open collector transistor (NPN) switch outputs. For status indication of A/M, R/L, W/P, and alarms. Contact ratings are 50 V dc maximum, 250 mA maximum. Leakage current is 100 μ A maximum.

Transmitter Power Supply

Standard controller provides 25 V dc field power for two 4 to 20 mA transmitters. Each transmitter connection has a 250 Ω limiting resistor. Controller with optional 10 to 50 mA output provides 65 V dc field power for one transmitter. Output is current-limited to 55 mA.

can be characterized or combined in a variety of calculations. See table below.

Front Panel

The controller can be configured and operated entirely from the front panel with no external equipment required. By using the keypad and the display, complete process information can be read, and all controller settings can be changed (see Figure 1). The front panel consists of the following parts:

- Alphanumeric display consisting of two lines of 9 characters each, graphics display of three 50-segment bar graphs, and status indicators.
- The displays are highly-visible fluorescent. The numerical quantities have a resolution of $\pm 0.1\%$ of upper range value. The bar graphs have a resolution of $\pm 2\%$ of span.
- Keypad of 8 keys. Keys must be pressed for a minimum of 0.2 seconds. Switches are normally-open contacts, closing to a common lead.

Environmental Operating Limits

TEMPERATURE

5 and 50°C (40 and 120°F)

HUMIDITY

5 and 95%

Execution Rate

10 times per second.

Supply Voltage (As specified; fused.)**ac SUPPLY VOLTAGE**

24, 100, 120, 220, or 240 V; all +10, -15%
47 to 63 Hz, at 30 VA maximum

dc SUPPLY VOLTAGE

24 V +20%, -10%; at 1 A maximum

Input Filter

Adjustment time, 0 to 10 min. Second order
Butterworth filter.

Other Control Adjustments

- Non-Linear Extender to PID
- EXACT Control
- Ratio: 0 to 5
- Calculations (each input can have a gain and/or bias, and can be combined together in a variety of mathematical equations).
- Characterizer (available on two signals at 20 segments each, including non-linear extender, assignable).
- Logic (AND, NAND, OR, XOR, NOR, and NOT on two contact inputs)
- Signal Conditioning (square, square root, characterizer, RTD and thermocouple (TC) linearizing).

Memory

All configuration and operating parameters are stored in a nonvolatile memory. Should a power failure occur, essential control settings and last operating conditions are saved indefinitely. No batteries are used.

Control Adjustments**PROPORTIONAL BAND**

1 to 8000%.

INTEGRAL

0.014 to 200 minutes/repeat.

DERIVATIVE

0 to 100 minutes.

Fuente:

http://resource.invensys.com/instrumentation/specifications/pss/2c/2c_1a1b.pdf