

**SOPORTE TÉCNICO A LAS ACTIVIDADES REQUERIDAS PARA LA
AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE DOBLE EXTRUSIÓN N°4 EN NEXANS
COLOMBIA S.A.**



EIVER LEONARDO JIMÉNEZ PÉREZ



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA
2013**

**SOPORTE TÉCNICO A LAS ACTIVIDADES REQUERIDAS PARA LA
AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE DOBLE EXTRUSIÓN N°4 EN NEXANS
COLOMBIA S.A.**

EIVER LEONARDO JIMÉNEZ PÉREZ

**Monografía De Práctica Empresarial Presentada Para Optar Al Título De Ingeniero
Electrónico**

**Profesor Supervisor
JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA
Ingeniero Electrónico**

**Supervisor NEXANS COLOMBIA S.A
OSCAR JAIMES FLOREZ
Ingeniero Mecatrónico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA
2013**

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, 25 de Noviembre de 2013

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1. DATOS DE LA EMPRESA | 12 |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA..... | 12 |
| 1.2 NEXANS EN COLOMBIA (HISTORIA)..... | 12 |
| 1.3 PRINCIPALES PRODUCTOS..... | 13 |
| 1.4 ORGANIGRAMA..... | 14 |
| 1.5 DISTRIBUCIÓN PLANTA NEXANS | 15 |
| 2. OBJETIVOS..... | 16 |
| 2.1 Objetivo General. | 16 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 16 |
| 3. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO | 17 |
| 3.1 ACTIVIDADES | 17 |
| 3.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES | 18 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 19 |
| 4.1 EQUIPOS..... | 19 |
| 4.1.1 Devanadores | 19 |
| 4.1.2 Orugas o Jaladores | 20 |
| 4.1.3 Acumuladores..... | 20 |
| 4.1.4 Medidor de Diámetro | 21 |
| 4.1.5 Extrusora | 22 |
| 4.1.6 Cuenta Metros | 22 |
| 4.1.7 Spark Tester/ Probadores de Chispas | 23 |
| 4.1.8 Bobinadores | 24 |
| 4.2 SENSORES Y CONTROLADORES | 24 |
| 4.2.1 PLC | 24 |
| 4.2.2 ET200M..... | 25 |
| 4.2.3 VARIADORES DE VELOCIDAD..... | 26 |
| 4.2.4 TERMOCUPLAS | 26 |

| | | |
|-------|----------------------------------|----|
| 4.3 | PROTOSCOLOS DE COMUNICACIÓN..... | 27 |
| 4.3.1 | PROFIBUS | 27 |
| 5. | DESARROLLO PLAN DE TRABAJO..... | 27 |
| 5.1 | DISEÑO | 27 |
| 5.2 | EJECUCIÓN | 35 |
| 5.3 | ESTRATEGIA DE CONTROL..... | 36 |
| 5.3.1 | CONTROL DE ESPESOR..... | 36 |
| 5.3.2 | CONTROL DE VELOCIDAD..... | 36 |
| 5.4 | RESULTADO FINAL..... | 38 |
| 5.4.1 | PANEL PRINCIPAL | 38 |
| 5.4.2 | DEVANADORES | 39 |
| 5.4.3 | CONSUMO..... | 40 |
| 5.4.4 | EQUIPOS AUXILIARES | 41 |
| 5.4.5 | EXTRUSORA PVC | 42 |
| 5.4.6 | ACUMULADORES..... | 43 |
| 5.4.7 | AJUSTES TÉCNICOS | 44 |
| 5.4.8 | REGISTRO DE FALLAS..... | 45 |
| | APORTES AL CONOCIMIENTO..... | 46 |
| | CONCLUSIONES | 47 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 48 |

LISTADO DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Productos certificados..... | 13 |
| Tabla 2. Cronograma de Actividades..... | 18 |
| Tabla 3. Termocuplas según IEC 584-1..... | 26 |
| Tabla 4. Listado de entradas y salidas digitales..... | 30 |

LISTADO DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Estructura organizacional NEXANS COLOMBIA S.A | 14 |
| Figura 2. Distribución planta NEXANS COLOMBIA S.A | 15 |
| Figura 3. Devanador | 19 |
| Figura 4. Oruga de salida | 20 |
| Figura 5. Acumulador de entrada | 21 |
| Figura 6. (b)Vista lateral y frontal(a) Medidor de diámetro | 21 |
| Figura 7. Extrusora PVC | 22 |
| Figura 8. Cuenta metros LaserSpeed..... | 23 |
| Figura 9. Probador de chispas Beta LaserMike | 23 |
| Figura 10. Bobinador | 24 |
| Figura 11. CPU 315-2PN/DP..... | 25 |
| Figura 12. Periferia descentralizada ET200M..... | 25 |
| Figura 13. (a) Variador Yaskawa para Orugas. (b) Variador Danfoss para Extrusoras . | 26 |
| Figura 14. Representación esquemática de una extrusora..... | 28 |
| Figura 15. Arquitectura..... | 35 |
| Figura 16. Diagrama en Bloques Control de Espesor..... | 36 |
| Figura 17. Diagrama de flujo control Velocidad | 37 |
| Figura 18. Panel principal de operación | 38 |
| Figura 19. Panel de operación para devanadores | 39 |
| Figura 20. Consumo de fases | 40 |
| Figura 21. Panel equipos auxiliares (mediciones) | 41 |
| Figura 22. Panel de operación extrusora PVC..... | 42 |
| Figura 23. Panel de operación y estados de acumuladores | 43 |
| Figura 24. Control de ajustes técnicos..... | 44 |
| Figura 25. Detecciones y registro de fallas en el cable producido | 45 |

GLOSARIO

ARCHIVO GSD: archivos que cuentan con información acerca de las capacidades básicas de los dispositivos y que se requieren para la configuración e integración de equipos en redes de comunicación profibus.

AUTOMATIZACIÓN: consiste en la adecuación de sistemas y tareas de producción realizadas principalmente por humanos a modos automáticos con ayuda de elementos autómatas programables.

DMC: en inglés, Direct Machine Control (Control Directo de Máquinas). Es la denominación dada al proceso de automatización de las líneas de producción.

EXTRUSIÓN: proceso que hace referencia a la transformación de un material fundido (en este caso pvc, nylon) es forzado a atravesar por una boquilla para recubrir/plastificar una superficie (en este caso cobre).

PANEL HMI: en inglés, Human Machine Interface (interfaz entre humano y máquina). Dispositivo que permite realizar el monitoreo, control y activación de los equipos y las variables de proceso.

PLC: por sus siglas en inglés Programable Logic Controller, es un equipo electrónico, programable que permite controlar procesos secuenciales de tipo industrial en tiempo real.

SENSOR: dispositivo que recibe directamente magnitudes (señales) del exterior y las transforma en otra magnitud, generalmente en variables eléctricas para que se puedan procesar y manipular fácilmente.

SINCRONIZACIÓN: lograr que los equipos se ejecuten/programen en un momento predefinido.

VARIADOR DE VELOCIDAD: dispositivos electrónicos que como su nombre lo indica permiten modificar la velocidad de motores asíncronos trifásicos. Generalmente se usan en aplicaciones que requieran control de par y velocidad.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: SOPORTE TÉCNICO A LAS ACTIVIDADES REQUERIDAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE DOBLE EXTRUSIÓN N°4 EN NEXANS COLOMBIA S.A.

AUTOR(ES): EIVER LEONARDO JIMÉNEZ PÉREZ

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR(A): JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

RESUMEN

La labor desempeñada durante el proceso de prácticas empresariales en NEXANS COLOMBIA S.A se fundamentó en el soporte técnico en actividades del área de programación y automatización, que permitieran mejorar la calidad de los productos y a su vez el ahorro de recursos y materias primas en la línea de Extrusión 4. Para la realización de dicho proyecto, fue necesario integrar la información recolectada, que permitió la estandarización de modos de funcionamiento por recetas, así como la adecuación de los equipos de medición con nuevas tecnologías que garantizaran mayor confiabilidad en la adquisición y procesamiento de datos basados principalmente en tres etapas de desarrollo que fueron, el diseño, la ejecución y evaluación de resultados finales.

PALABRAS CLAVES: Automatización, DMC, Extrusión, Variadores, medidores Beta.

VºBº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: TECHNICIAN SUPPORT TO THE ACTIVITIES REQUIRED FOR THE AUTOMATION OF LINE OF DOUBLE EXTRUSION N° 4 IN NEXANS COLOMBIA S.A.

AUTHOR(S): EIVER LEONARDO JIMÉNEZ PÉREZ

FACULTY: Faculty of electronic engineering

DIRECTOR: JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

ABSTRACT

The work carried out during the process of business practices in NEXANS COLOMBIA S.A was based on the support activities in the area of programming and automation that would improve the quality of products and at the same time saving resources and raw materials in Extrusion 4 line. For the realization of this project, it was necessary to integrate the information collected, allowing the standardization of modes of runs by recipes, as well as the adequacy of the measuring equipment with new technologies that would ensure greater reliability in the acquisition and processing of data mainly based on three stages of development that were, the design, the implementation and evaluation of final results.

KEYWORDS: Automation, DMC, Extrusion, variators, Beta gauges.

VºBº DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

El presente documento expone el proceso realizado como practicante en el área de mantenimiento en Nexans Colombia S.A., labor que inicia el 2 de septiembre de 2013 como práctica empresarial (según el Acta 017-2013 aprobada por el Comité de Prácticas Empresariales de Ingeniería Electrónica) y finaliza el 2 de marzo de 2014. También evidencia las actividades y planes de acción que se ejecutaron para dar cumplimiento a las necesidades requeridas durante el proyecto de forma clara y de fácil comprensión para el lector.

Dicho lo anterior se debe tener en cuenta que los objetivos planteados y el enfoque generado en la realización de las actividades, tienen como finalidad, cumplir lo que para efectos internos de la empresa se denomina DMC (*Direct Machine Control*) en una de las líneas de producción de mayor importancia, que en otras palabras consiste en la Automatización de la línea de Doble Extrusión N°4 empleando fundamentalmente PLC's de la marca SIEMENS, puesto que permite realizar adquisición y tratamiento de señales tanto analógicas como digitales, adaptación de módulos para extender su capacidad, confiabilidad en la información y protocolos de comunicación asegurando un alto rendimiento, asimismo generar interfaces de visualización y manejo por pantallas creando un ambiente de fácil interacción humano-máquina el cual garantice a los operarios la seguridad en sus acciones.

Para lograr el cumplimiento del objetivo principal propuesto, el proyecto se subdividió en tres (3) etapas fundamentales que son:

- Diseño: comprende la adquisición de conocimiento de modos de funcionamiento y equipos de medición en hardware y software.
- Ejecución: etapa de desarrollo de metodología y estrategias de control.
- Resultado Final: realización de pruebas de funcionamiento y puesta en marcha.

Cada una de estas fases, mediciones y pruebas realizadas se llevaron a cabo dentro de las instalaciones de la empresa, en tiempo real, contando con la asesoría de personal externo, y que se explicará con más detalle a medida que avance el documento.

Finalmente se dejará constancia a través de conclusiones generales para el documento del proceso realizado internamente en la empresa, en el que se mostrará los alcances que tuvo el proyecto y se resaltarán la importancia de realizar mejoras constantes en la producción con nuevas tecnologías que permitan la posibilidad de lograr la estandarización tanto local como globalmente.

1. DATOS DE LA EMPRESA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Nexans es una empresa multinacional con sede central en París, Francia, actor de los mercados líderes dedicados a la industria del cable proponiendo una amplia gama de productos y sistemas de cableado en más de 90 fábricas a lo largo de los 5 continentes que ayudan a incrementar la productividad y a su vez mejora el funcionamiento de los negocios, la seguridad y de este modo garantizar una mejor calidad de vida, cumpliendo con estándares de calidad que satisface las necesidades de sus clientes. Actualmente cuenta con presencia en más de 40 países y actividad comercial en todo el mundo, Nexans emplea a 23700 personas y ha obtenido en 2010 una cifra de negocio de 6 mil millones de euros a través de servicios en la industria, la edificación, redes de área local e infraestructuras¹.

1.2 NEXANS EN COLOMBIA (HISTORIA)

En sus inicios CEDSA, fábrica constituida en Mayo de 1983 se dedicó a la elaboración de cables flexibles, pero tiempo después, hacia el año 2004, amplió su portafolio de productos cuando ejecutó una alianza estratégica con CONDUMEX (México). Posteriormente en febrero del año 2005 el grupo CEDSA sufrió una de las más grandes catástrofes ocasionada por la inundación del Río de Oro en la cual toda su maquinaria, equipos, productos y materias primas quedaron presas en la avalancha, y como muestra de su energía y capacidad de trabajo en tan solo 2(dos) meses volvió a fortalecer su presencia en el mercado.

En febrero de 2007 la empresa multinacional MADECO, la red más grande de Latinoamérica en la producción de cables adquirió la mayoría de las acciones de la compañía lo que ocasionó que se convirtiera en la mejor alternativa del sector eléctrico y energía en Colombia. Finalmente hacia septiembre del año 2008, CEDSA adopta como nueva razón social NEXANS COLOMBIA S.A. después de que el grupo francés NEXANS adquiriera la totalidad de sus acciones, desde entonces hasta la fecha inicia su proceso de fortalecimiento y crecimiento global con la única planta de producción en Colombia ubicada en el parque industrial de SANTANDER, la cual se encarga de

¹NEXAS. Descripción-Colombia [En línea] http://www.nexans.co/eservice/Colombia-es_CO/navigate_240205/Descripci_n.html [citado el 25 de Noviembre de 2013]

distribuir y suplir las necesidades de sus clientes mayoristas principalmente del sector eléctrico, electrónico y ferretero tales como: Ecopetrol, cerrejón, epm, telefónica, electricaribe, endesa, entre otras, ubicadas en las ciudades principales de todo el país y para las cuales se ofrece productos de excelente calidad, con altos estándares de servicio y competitivos en cualquier mercado.

1.3 PRINCIPALES PRODUCTOS

NEXANS COLOMBIA S.A se ha comprometido con la protección del medio ambiente y la prevención de la contaminación, por tal motivo la organización decidió implementar un Sistema de Gestión Ambiental bajo la norma ISO 14001:04, además sus productos cuentan con certificación CIDET y algunos de estos se visualizan a continuación:

Tabla 1. Productos certificados

CIDET Certificados

| | GLOSA PRODUCTO | PAIS DE FABRICACION | REFERENCIA |
|----------|--|---------------------|-------------|
| 1 | CONDUCTORES DESNUDOS | | |
| 1.1 | ALAMBRES Y CABLES DE COBRE DESNUDO | Colombia | CIDET 00814 |
| 1.2 | CABLE DE COBRE DESNUDO FLEXIBLE | Colombia | CIDET 03886 |
| 1.3 | CABLE ACSR / GA | Colombia | CIDET 00812 |
| 1.4 | CABLE ACSR / AW | Colombia | CIDET 03261 |
| 1.5 | CABLE DE ALUMINIO DESNUDO (AAC) | Colombia | CIDET 00813 |
| 1.6 | CABLE DE ALEACION DE ALUMINIO 6201 T-81 (AAAC) | Brazil | CIDET 02844 |
| 1.7 | CABLE DE ALEACION DE ALUMINIO 6201 T-81 (AAAC) | Argentina | CIDET 04024 |
| 1.8 | ALAMBRES Y CABLES DESNUDOS DE ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE (CCA) | Colombia | CIDET 02750 |
| 1.9 | ALAMBRES Y CABLES DESNUDOS DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE(CCS) | Colombia | CIDET 02751 |
| 1.10 | CONDUCTORES DE ALUMINIO S8000 | Colombia | CIDET 03885 |

Tomado de: sobre nexans (online) [2]

1.4 ORGANIGRAMA

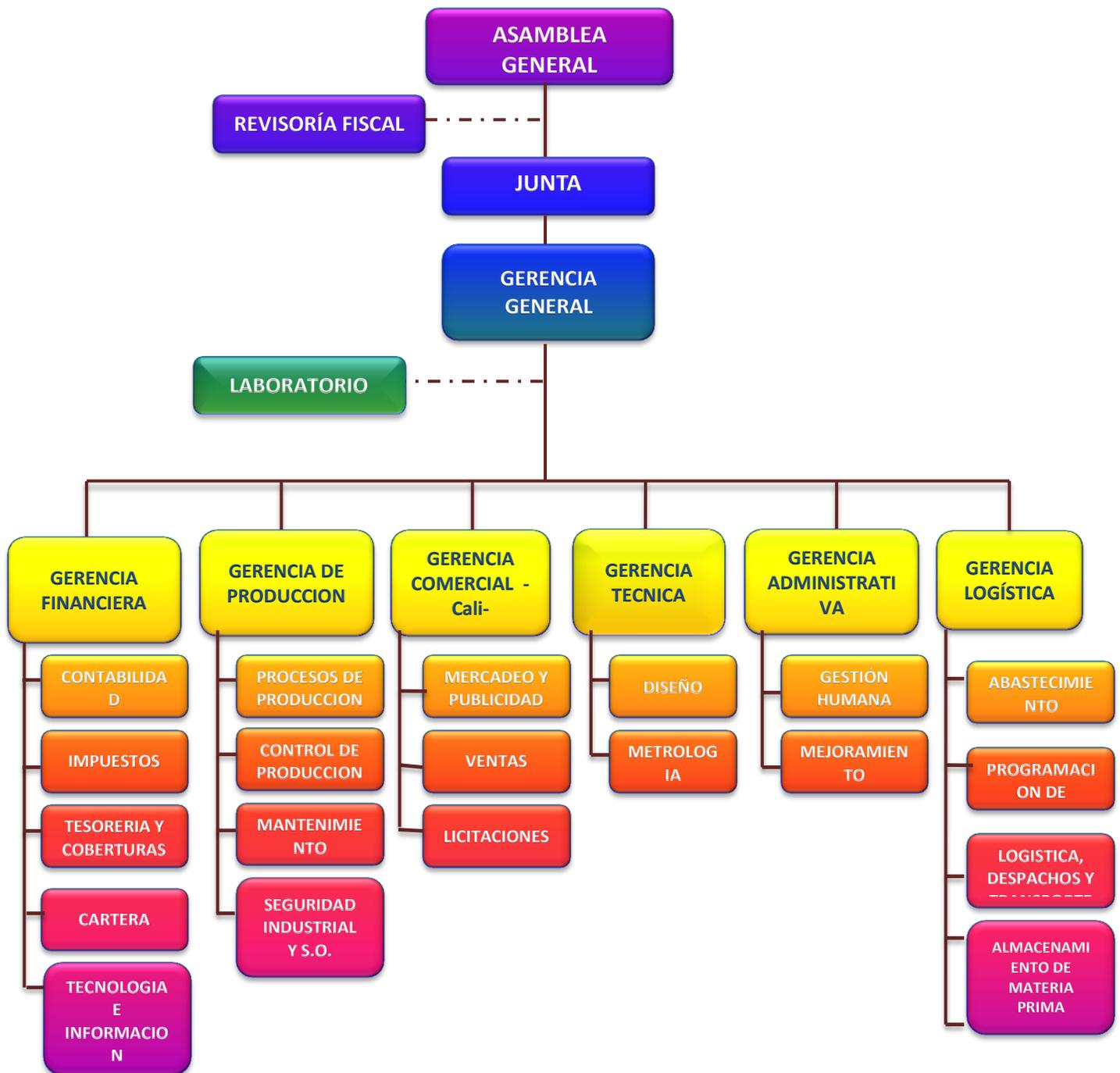


Figura 1. Estructura organizacional NEXANS COLOMBIA S.A
Fuente: Base de datos NEXANS COLOMBIA

1.5 DISTRIBUCIÓN PLANTA NEXANS

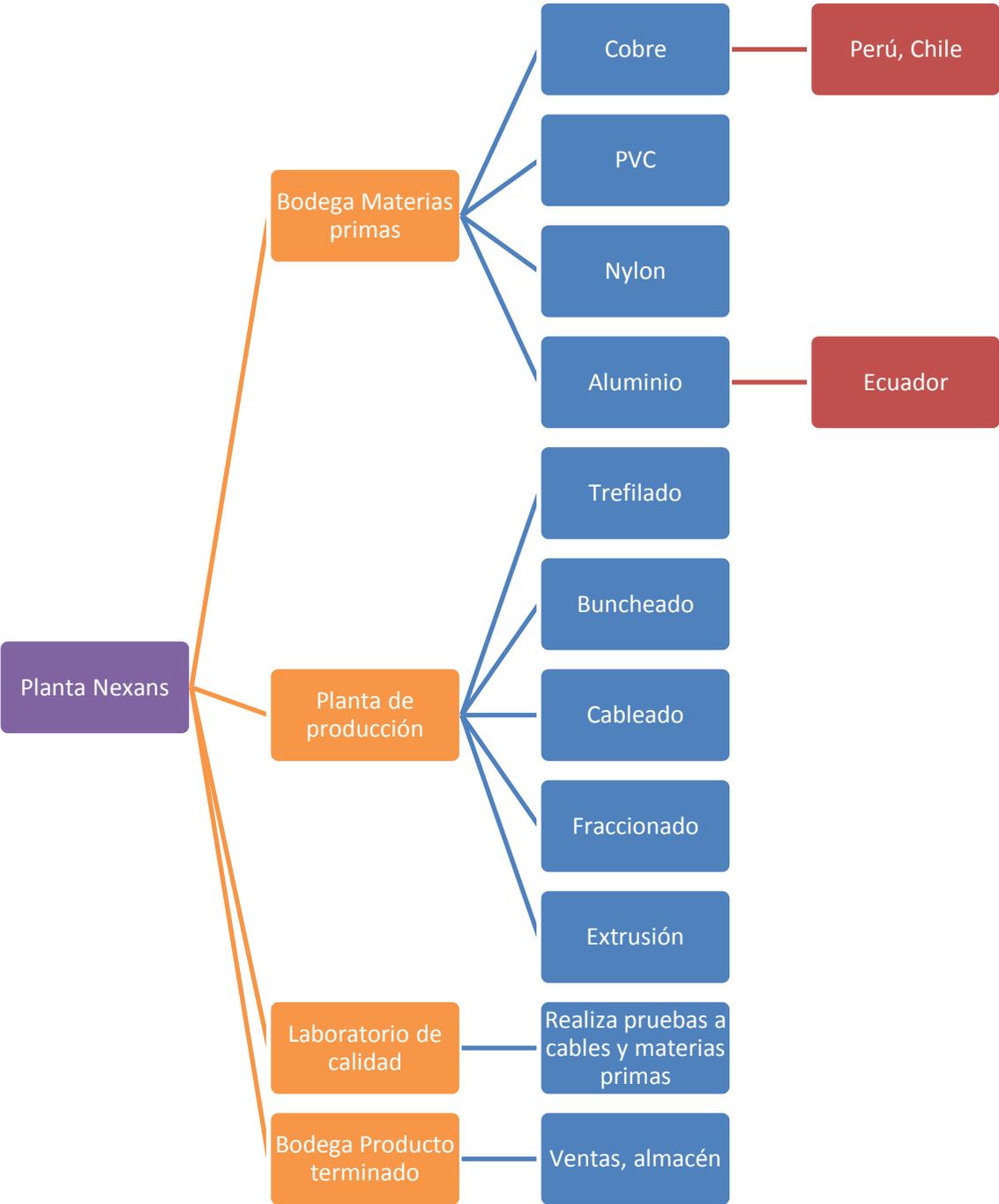


Figura 2. Distribución planta NEXANS COLOMBIA S.A
Fuente: Autor

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General.

Realizar las actividades de soporte necesarias en el área de programación de PLC's de la marca SIEMENS para el desarrollo del proyecto DMC de la línea de doble Extrusión N° 4 en NEXANS COLOMBIA S.A.

2.2 Objetivos Específicos.

- Conocer el funcionamiento básico de los equipos de medición empleados en la línea de producción a través de capacitaciones y así poder ejecutar acciones de control y mejora en la planta.
- Evaluar el estado actual en el que se encuentra la línea de doble extrusión N° 4 para definir las variables a trabajar.
- Verificar la programación ya realizada en la línea de Extrusión N° 3 con el fin de detectar fallas y realizar (si es necesario) correctivos.
- Apoyar las actividades requeridas en la programación de PLC's para la automatización de la línea de doble Extrusión N° 4 que permitan la culminación del proyecto.
- Adquirir habilidades y conocimiento en el manejo de los diferentes equipos para la realización de pruebas de funcionamiento individuales e integrales.
- Establecer acciones de soporte para la solución de problemas que se puedan presentar posteriores a la ejecución del proyecto.

3. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO

3.1 ACTIVIDADES

Durante el proceso de prácticas se desarrollarán tres etapas fundamentales y comprenderán las siguientes actividades:

- **ETAPA 1: DISEÑO**
 - ✓ Adquisición de procesos y conocimiento de arranques línea de extrusión.
 - ✓ Documentación de comunicación con diferentes equipos.
 - ✓ Reconocimiento de software y hardware.
 - ✓ Lectura de planos eléctricos.
 - ✓ Conocimiento de proceso y sus variables.
 - ✓ Listado de señales de entradas y salidas tanto digitales como analógicas.
 - ✓ Diseño de lazos de control (temperaturas, diámetro, velocidad).

- **ETAPA 2: EJECUCIÓN**
 - ✓ Estandarización de recetas para los diferentes productos.
 - ✓ Realización de pantallas.
 - ✓ Soporte en la realización de programas.
 - ✓ Pruebas de compilación y funcionamiento individuales e integrales.

- **ETAPA 3: RESULTADO FINAL**
 - ✓ Puesta en marcha.
 - ✓ Revisión de inconsistencias.
 - ✓ Ajuste de programas y corrección de errores.
 - ✓ Revisión de cableado final.
 - ✓ Documentación de proceso y diseños realizados.
 - ✓ Evaluación de resultados y planes de acción correctivos.

3.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 2. Cronograma de Actividades

| ACTIVIDAD | | MES | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | | 5 | | | | 6 | | | | | |
|--------------------------|--|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| | | SEMANA | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Etapa 1: Diseño | Conocimiento de arranques línea de extrusión | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Documentación de comunicación con diferentes equipos | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Reconocimiento de software y hardware a emplear | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lectura de planos eléctricos. | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conocimiento de proceso y sus variables | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Listado de señales de entradas/salidas Digitales y Análogas | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Diseño de lazos de control (temperaturas, diámetro, velocidad) | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Etapa 2: Ejecución | Realización de pantalla, interfaz HMI | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| | Estandarización de recetas para los diferentes productos | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Soporte en la realización de programas línea extrusión 4 | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| | Pruebas de compilación y funcionamiento | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| Etapa 3: Resultado final | Puesta en marcha | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| | Revisión de inconsistencias y cableado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | |
| | Ajuste de programas y corrección de errores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | |
| | Evaluación de resultados y planes de acción correctivos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | |

Fuente: Autor

4. MARCO TEÓRICO

En esta sección se indicarán los términos y procesos necesarios que ayudarán a comprender en su totalidad las actividades relacionadas con el proceso de prácticas desempeñado y se describen de la siguiente manera:

4.1 EQUIPOS

Hace referencia a los instrumentos y elementos que conforman en su totalidad el proceso de Doble Extrusión N°4 en Nexans Colombia S.A.

4.1.1 Devanadores

Equipo auxiliar en el que se monta la materia prima a procesar la cual para este caso corresponde al cable. Cuenta con 4 motorreductores de 1/8 de caballos de fuerza (HP) a 440V, que son los encargados de accionar a través de un tornillo sinfín y pulsadores el movimiento de apertura y cierre de los brazos mecánicos que sujetan la carreta de cable, además de 4 finales de carrera por cada devanador que se accionarán en caso de que se sobrepasen los límites de operación.



Figura 3. Devanador

Fuente: Autor

4.1.2 Orugas o Jaladores

Equipo periférico que es a base de rodillos sobre los que existe una banda sinfín, dotada de un motor de corriente directa de 15 HP, y una caja de cambios mecánica que se interconecta a este a través de un acople omega o elastómero, el cual finalmente manejará dos bandas para hacer presión al producto mediante un sistema neumático, y así transportar y jalar el material (cable). El control de velocidad de la oruga se realiza con la ayuda de un variador de velocidad Yaskawa F7 con capacidad para controlar desde ½ a 150 Hp y adaptable a comunicación profibus.



Figura 4. Oruga de salida
Fuente: Autor

4.1.3 Acumuladores²

Aparato compuesto por poleas deslizantes que suministra una señal de corrección de velocidad a los bobinadores/devanadores, permitiendo así su sincronismo durante operaciones “non-stop” de cambio de bobinas.

Dotado de con un servomotor asíncrono acoplado a potenciómetro que ajusta y envía la señal de posición capturada por el PLC siemens 1214 AC/DC/Relay el cuál ejercerá control de velocidad a través de un variador Danfoss FC302 y sensores inductivos para los topes máximos y mínimos de operación y que a su vez se interconectara vía Ethernet con el PLC principal logrando de esta manera permitir al usuario el control remoto desde interfaz HMI.

² DESENROLLADORAS Y ARROLLADORAS. Detector de velocidad y acumuladores [En línea] http://www.pioneerem.com/sp/01_products/06_09.html [Citado el 26 de Noviembre de 2013]



Figura 5. Acumulador de entrada
Fuente: Autor

4.1.4 Medidor de Diámetro³

Proporcionan la medición de precisión en línea del diámetro de los productos usando la tecnología de escaneo laser y permite comunicar las mediciones realizadas a un servidor o controlador de sistema.



(a) (b)
Figura 6. (b)Vista lateral y frontal(a) Medidor de diámetro
Fuente: Autor

³ SISTEMAS DE MEDICIÓN DE DIÁMETRO. AccuScan de la marca Beta LaserMike.

4.1.5 Extrusora⁴

Máquina en la cual se funde, comprime, mezcla y bombea el material plástico a la sección de formado que usualmente es una boquilla con la forma deseada, mediante la acción de un motor de velocidad fija o variable de 150 HP controlado por un variador Danfoss FC302 que pasa a una transmisión por poleas que reducen la velocidad y aumentan la fuerza, la cual hace girar un tornillo dentro del barril.

Se compone también por cinco (5) zonas de calefacción eléctricamente controladas a través de resistencias de 5000 W en el caso de la extrusora de PVC y 4 zonas para la de Nylon. El suministro de materia prima se realiza mediante un cargador que genera vacío en la tolva y sensores de llenado.

Para garantizar el control de temperatura se toma la señal registrada por acción de la termocupla tipo J comparándola con el valor de set point deseado, y según sea la diferencia se procederá a accionar las resistencias de calefacción o refrigeración con ventilaciones y motores trifásicos a 0.75 HP y 1600 rpm. Dicha acción es realizada para cada zona.



Figura 7. Extrusora PVC

Fuente: Autor

4.1.6 Cuenta Metros

Equipo Laser⁵ que mide la longitud y la velocidad de cualquier superficie en movimiento (en este caso el cable) y posibilita ejercer acciones de control sobre los procesos

⁴ EXTRUSORA. Empaques plásticos de México [En línea] <http://www.empaquesplasticos.com.mx/epmwbp1d.htm> [Citado el 26 de Noviembre de 2013]



Figura 8. Cuenta metros LaserSpeed
Fuente: Autor

4.1.7 Spark Tester⁶/ Probadores de Chispas

Proporcionan la detección en línea de fallos en el aislamiento del cable, tales como huecos y hoyos de perno, pueden ser modelos de alta-frecuencia para velocidades de líneas mayores.



Figura 9. Probador de chispas Beta LaserMike
Fuente: Autor

⁵ Medidor Laser de la empresa Beta LaserMike con $\pm 0.05\%$ de precisión y sin contacto en el producto.

⁶ Detector de fallos de la empresa Beta LaserMike.

4.1.8 Bobinadores

Equipo auxiliar en el que se recoge el producto (cable) al final del proceso. Cuenta con las mismas características que los devanadores pero en este caso el control de velocidad del bobinador se realiza mediante un motor de 15 HP controlado por variador de velocidad Danfoss FC 302 y PLC 224 AC/DC/Relay y caja de cambios mecánica. El cable es repartido por una guía o control de paso.



Figura 10. Bobinador
Fuente: Autor

4.2 SENSORES Y CONTROLADORES

Este apartado describe los equipos controladores y de detección que se usaron para la detección, análisis y procesamiento de las variables a controlar.

4.2.1 PLC

El equipo controlador principal o master que se usó corresponde a una SIMATIC S7-300 315-2PN/DP 6ES7315-2EH13-0AB0 V2.6 y cuenta con módulos de expansión de entradas/salidas, analógicas y digitales.



Figura 11. CPU 315-2PN/DP
Fuente: Manual PLC [3]

4.2.2 ET200M

Es un dispositivo de periferia descentralizada modular, necesaria cuando la distancia entre las entradas/salidas del proceso y el autómata programable es considerable y la fiabilidad de la información sea de gran importancia. Los datos se transmitirán vía profibus con el master.



Figura 12. Periferia descentralizada ET200M
Fuente: Trade Asia Products [19]

4.2.3 VARIADORES DE VELOCIDAD

Como se había mencionado anteriormente, los variadores de velocidad permiten variar/controlar la velocidad de los motores. En el proceso se usarán dos tipos de variadores: Variador Danfoss FC300 [14] y Variador Yaskawa F7 [15]

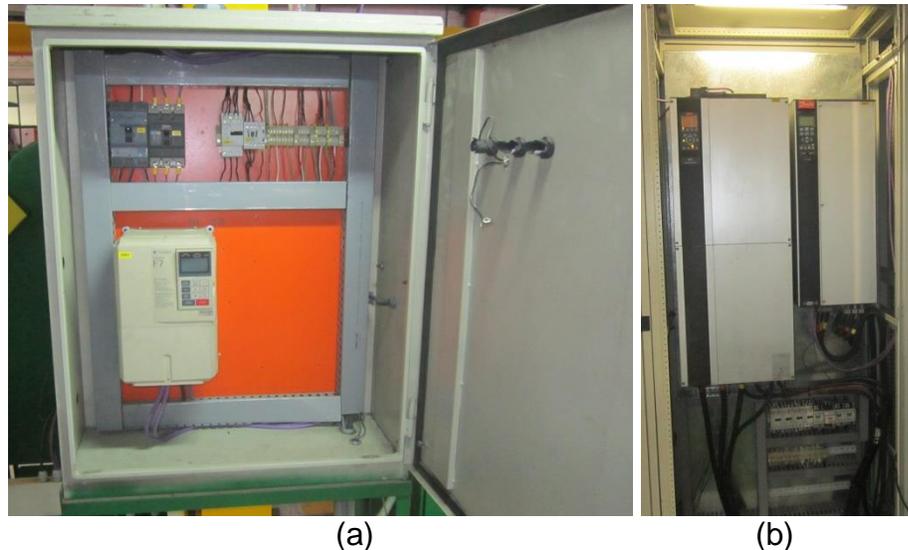


Figura 13. (a) Variador Yaskawa para Orugas. (b) Variador Danfoss para Extrusoras
Fuente: Autor

4.2.4 TERMOCUPLAS

Las termocuplas son sensores que constan de dos metales conductores distintos que se unen y generan una fuerza electromotriz proporcional a la temperatura a la que se encuentren sometidos, según la Norma IEC⁷ 584-1 se clasifican de la siguiente forma:

Tabla 3. Termocuplas según IEC 584-1

| Termocupla | Rango de uso | Conductor Positivo | Conductor Negativo |
|----------------------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tipo J. (Fe - CuNi) | - 40 a + 750°C | Negro | Blanco |
| Tipo T. (Cu - CuNi) | - 40 a + 350°C | Marrón | Blanco |
| Tipo K. (NiCr - Ni) | - 40 a + 1.200°C | Verde | Blanco |
| Tipo E. (NiCr - CuNi) | - 40 a + 900°C | Violeta | Blanco |
| Tipo N. (NiCrSi - NiSi) | - 40 a + 1.200°C | Púrpura | Blanco |
| Tipo S. (Pt 10% Rh - Pt) | - 40 a + 1.600°C | Naranja | Blanco |
| Tipo R. (Pt 13% Rh - Pt) | 0 a + 1.600°C | Naranja | Blanco |
| Tipo B. (Pt 30% Rh - Pt 6% Rh) | +600 a 1700°C | --- | --- |

Fuente: Principios básicos de termocuplas⁸

⁷ IEC por sus siglas en inglés *International Electrotechnical Commission* (Comisión Electrotécnica Internacional)

4.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Para lograr comunicación entre los diferentes equipos y el master/principal se ha optado por emplear el siguiente protocolo de comunicación:

4.3.1 PROFIBUS

Es una red multifuncional de campo abierta y estándar que cuenta con amplia gama de componentes de la automatización totalmente integrados y sistemas en el mercado para los diferentes fabricantes, se considera líder en buses de campo y soporta a los más importantes fabricantes de PLC's garantizando flexibilidad y alto nivel de seguridad en la transmisión de datos, ideal para la integración de sistemas descentralizados.

5. DESARROLLO PLAN DE TRABAJO

Las etapas de desarrollo que se tuvieron en cuenta para la ejecución del proyecto consistieron fundamentalmente en tres momentos que son: Diseño, Ejecución y resultado final, a continuación se procederá a profundizar en cada una de ellas con el fin de dar a conocer los lineamientos y labores desempeñadas durante el proceso de prácticas así como también permitir al lector ahondar en el tema.

5.1 DISEÑO

Para la realización de cualquier proceso de automatización a nivel industrial se requiere de conocer en profundidad el funcionamiento u operación del sistema a mejorar, y en la ejecución de la etapa inicial consiste en entender el proceso de doble extrusión en cables de diferente calibre.

Ampliamente la extrusión consiste en la transformación de material fundido que para este caso serán PVC y NYLON el cual es forzado a atravesar una boquilla que finalmente le dará la forma y recubrirá el cable, dicha acción es realizada por máquinas denominadas extrusoras que comprenden seis funciones principales como son:

- Transportar el material sólido para que sea fundido.
- Fundición del material.
- Transportar el material fundido.

⁸ PRINCIPIOS BÁSICOS DE TERMOCUPLAS. Instrumentación Industrial [En línea] <http://www.metring.com/notes/HI-10-10-MT2009.pdf> [citado el 29 de Noviembre de 2013]

- Mezcla.
- Desgasificación.
- Forma final del material.

Dichas funciones tienen como variable principal de control, la temperatura, seguida de la velocidad de trabajo. La primera es fundamental en el proceso, puesto que la fundición depende netamente de esta, para ello cuenta con cinco (5) zonas de calefacción en el caso del PVC que están ubicadas a lo largo del barril de la extrusora seguidas por el flanche, cabezal y dado, la extrusora de NYLON tiene cuatro (4) zonas de calefacción en el barril más flanche y cabezal; esta diferencia en las zonas de temperatura depende del material a utilizar. La segunda variable, según sea la velocidad de operación de las máquinas principales (caterpuller/oruga) ésta acelerará el motor para hacer girar el tornillo y así entregar el material requerido que cumpla con las especificaciones de diámetros y espesores.

La figura 2 representa esquemáticamente la composición de las extrusoras a modo general pero teniendo en cuenta que para cada material (NYLON, PVC) se requiere de un tornillo con características diferentes.

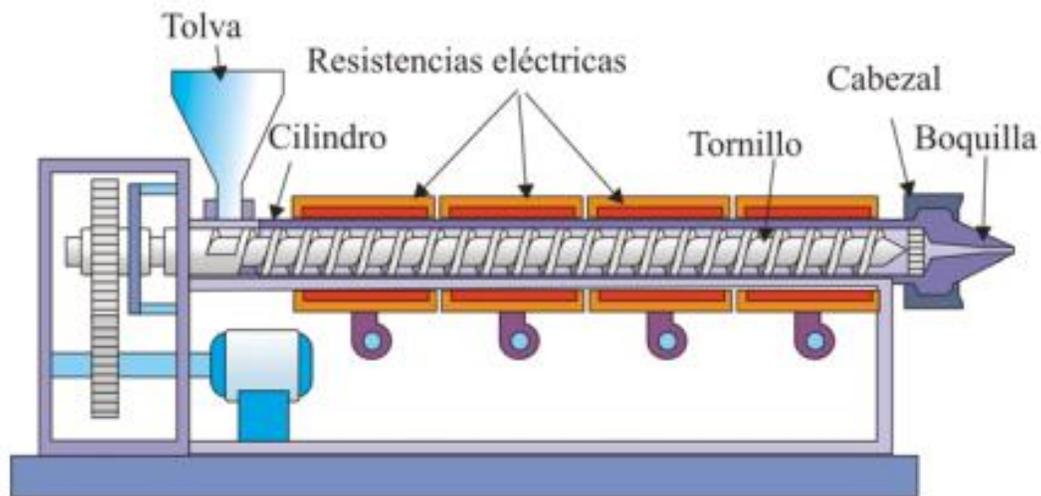


Figura 14. Representación esquemática de una extrusora.
Fuente: Extrusión de plásticos [4] [5]

A lo largo de la línea de doble extrusión se encuentran ubicados diferentes máquinas con funciones específicas como se mencionó en el marco teórico, en conjunto lo que se logra es que al ubicar carretas de cobre o aluminio desnudo en los devanadores estos sean jalados por las orugas, tanto de entrada como salida, en este punto es clave

ejercer un control de tensión en el cable para los diferentes calibres y de esta manera mantener centrado y reduciendo al máximo el exceso de consumo de materias primas, el control de tensión se logra a través de la celda de carga quien es el agente controlador y el cual le suma o resta un porcentaje de velocidad a la oruga de salida que finalmente producirá que en todo momento esta vaya más rápido que la de entrada.

También se realiza control de diámetros y espesores en el cobre desnudo, PVC y Nylon, que cumpla con los requerimientos mínimos y que a su vez optimice el uso de materias primas. Después de que el cable tenga la doble extrusión, es decir, que haya sido pasado por las extrusoras, se dispone de un canal de agua caliente que reduce el choque térmico generado por las altas temperaturas a las que se expone el cable, luego pasa por agua fría, canales de secado y un detector de chispas que aplica altos voltajes (Kilovoltios) para detectar la uniformidad o que no posea rupturas que sean peligrosas para la utilización.

Finalmente el cable ya terminado es enrollado por los bobinadores que se activan al funcionar la línea completa y dependiendo de la referencia de velocidad que el acumulador de salida le envíe; cabe resaltar que los diferentes equipos se han comunicado vía profibus entre sí y cuya acción final de control es ejercida por la CPU 315-2 PN/DP de SIEMENS, desde un panel de operación principal MP 377 19”de fácil manejo y acceso para el operario, en el cual se visualizan alarmas de estado y operación.

El software utilizado para la programación de PLC's de la serie 300 es el SIMATIC STEP 7 V5.5, también fue necesario conocer el manejo del TIA PORTAL V11 puesto que el acumulador cuenta con una CPU de la serie 1200 y MicroWin para las series de CPU 200, además de la integración de WinCC flexible V11 para la interfaz HMI o gráfica. Para el control de velocidad tanto de extrusoras como de bobinadores fue necesario conocer el funcionamiento de variadores de velocidad Danfoss y Yaskawa respectivamente.

Como se contaba con un sistema cableado para la acción de control y de un panel de adquisición de datos o DataPro, se requirió de recolectar las diferentes señales tanto digitales como analógicas y disponer de módulos adicionales para la integración con el PLC principal de la serie 300, en la siguiente tabla se puede apreciar algunas de esta lista.

Tabla 4. Listado de entradas y salidas digitales

| ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES | | |
|-------------------------------------|------------------|---|
| SIMBOLO | DIRECCION | COMENTARIO |
| EX1: Z1 HEATING FAULT | I 0.0 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE ZONA 1 EXT.PVC |
| EX1: Z2 HEATING FAULT | I 0.1 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE ZONA 2 EXT.PVC |
| EX1: Z3 HEATING FAULT | I 0.2 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE ZONA 3 EXT.PVC |
| EX1: Z4 HEATING FAULT | I 0.3 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE ZONA 4 EXT.PVC |
| EX1: Z5 HEATING FAULT | I 0.4 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE ZONA 5 EXT.PVC |
| EX2: Z1 HEATING FAULT | I 0.5 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE ZONA 1 EXT.NYLON |
| EX2: Z2 HEATING FAULT | I 0.6 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE ZONA 2 EXT.NYLON |
| EX2: Z3 HEATING FAULT | I 0.7 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE ZONA 3 EXT.NYLON |
| EX2: Z4 HEATING FAULT | I 1.0 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE ZONA 4 EXT.NYLON |
| EX1: H1 HEATING FAULT | I 1.1 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE FLANCHE EXT.PVC |
| EX1: H2 HEATING FAULT | I 1.2 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE CABEZAL EXT.PVC |
| EX1: H3 HEATING FAULT | I 1.3 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE DADO EXT.PVC |
| EX2: H1 HEATING FAULT | I 1.4 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE FLANCHE EXT.NYLON |
| EX2: H2 HEATING FAULT | I 1.5 | FALLA DE ALIMENTACION DE CALEFACCION DE CABEZAL EXT.NYLON |
| EX1: Z1 COOLER FAULT | I 1.6 | FALLO ALIMENTACION VENTILACION ZONA1 EXT. PVC |
| EX1: Z2 COOLER FAULT | I 1.7 | FALLO ALIMENTACION VENTILACION ZONA2 EXT. PVC |
| EX1: Z3 COOLER FAULT | I 2.0 | FALLO ALIMENTACION VENTILACION ZONA3 EXT. PVC |
| EX1: Z4 COOLER FAULT | I 2.1 | FALLO ALIMENTACION VENTILACION ZONA4 EXT. PVC |
| EX1: Z5 COOLER FAULT | I 2.2 | FALLO ALIMENTACION VENTILACION ZONA5 EXT. PVC |
| EX2: Z1 COOLER FAULT | I 2.3 | FALLO ALIMENTACION VENTILACION ZONA1 EXT. NYLON |
| EX2: Z2 COOLER FAULT | I 2.4 | FALLO ALIMENTACION VENTILACION ZONA2 EXT. NYLON |
| EX2: Z3 COOLER FAULT | I 2.5 | FALLO ALIMENTACION VENTILACION ZONA3 EXT. NYLON |
| EX2: Z4 COOLER FAULT | I 2.6 | FALLO ALIMENTACION VENTILACION ZONA4 EXT. NYLON |
| RESERVA | I 2.7 | |
| EX1: MOTOR BLOWER FAULT | I 3.0 | FALLO VENTILACION FORZADA MOTOR EXT. PVC |
| EX2: MOTOR BLOWER FAULT | I 3.1 | FALLO VENTILACION FORZADA MOTOR EXT. NYLON |
| PULL1:MOTOR BLOWER FAULT | I 3.2 | FALLA VENTIACION FORZADA MOTOR ORUGA 1 |
| PULL2:MOTOR BLOWER FAULT | I 3.3 | FALLA VENTIACION FORZADA MOTOR ORUGA 2 |

| | | | |
|--------------------------------|---|------|--|
| EX1: VACUUM FAULT | I | 3.4 | FALLA DE LA BOMBA DE VACÍO DE PVC |
| EX2: VACUUM FAULT | I | 3.5 | FALLA DE LA BOMBA DE VACÍO DE NYLON |
| EX1: LOADER FAULT | I | 3.6 | FALLA CARGADOR EXT. PVC |
| EX2: LOADER FAULT | I | 3.7 | FALLA CARGADOR EXT. NYLON |
| AUX: WATER_PUMP_FAULT | I | 4.0 | FALLA DE LA BOMBA DE RECIRCULACION DE AGUA EN CANAL DE NYLON |
| AUX: TANK_RESIS_FAULT | I | 4.1 | FALLO DE LA RESISTENCIA DE TANQUE 1000L |
| LINE: PB START | I | 4.2 | PULSADOR DE ARRANQUE LINEA |
| EX1: PB START | I | 4.3 | PULSADOR ARRANQUE EXT. PVC |
| EX2: PB START | I | 4.4 | PULSADOR ARRANQUE EXT. NYLON |
| EX3:PB START | I | 4.5 | PULSADOR DE ARRANQUE COEXT |
| LINE: PB STOP | I | 4.6 | PULSADOR DE PARADA LINEA |
| LINE: PB E. STOP | I | 4.7 | PULSADOR PARADA DE EMERGENCIA LINEA |
| EX1: PB STOP | I | 5.0 | PULSADOR PARADA NORMAL EXT. PVC |
| EX2:PB STOP | I | 5.1 | PULSADOR PARADA NORMAL EXT. NYLON |
| BOB1: PB STOP | I | 5.2 | PULSADOR PARADA BOBINADOR 1 |
| BOB2: PB STOP | I | 5.3 | PULSADOR PARADA BOBINADOR 2 |
| EX3:PB STOP | I | 5.4 | PULSADOR PARADA COEXT |
| EX1: EMPTY HOPPER | I | 5.5 | NIVEL BAJO TOLVA EXTRUSORA DE PVC |
| EX2: EMPTY HOPPER | I | 5.6 | NIVEL BAJO TOLVA EXTRUSORA DE NYLON |
| AUX: TANK_HI_LEVEL | I | 5.7 | NIVEL ALTO DE TANQUE 1000L |
| AUX: TANK_LOW_LEVEL | I | 6.0 | NIVEL BAJO DE TANQUE 1000L |
| AUX: COLOR_FAULT | I | 6.1 | FALLA DE COLORIMETRO |
| AUX: PRINTER_FAULT | I | 6.2 | FALLA DE LA IMPRESORA |
| PULL1: RATIO_1 | I | 6.3 | RELACION 1 DE PULLER 1 |
| PULL1: RATIO_2 | I | 6.4 | RELACION 2 DE PULLER 1 |
| PULL1: RATIO_3 | I | 6.5 | RELACION 3 DE PULLER 1 |
| PULL1: RATIO_4 | I | 6.6 | RELACION 4 DE PULLER 1 |
| PULL2: RATIO_1 | I | 6.7 | RELACION 1 DE PULLER 2 |
| PULL2: RATIO_2 | I | 7.0 | RELACION 2 DE PULLER 2 |
| PULL2: RATIO_3 | I | 7.1 | RELACION 3 DE PULLER 2 |
| PULL2: RATIO_4 | I | 7.2 | RELACION 4 DE PULLER 2 |
| ACCU:PAYOFF_WIRE_BROKEN | I | 8.0 | HILO ROTO ACUMULADOR DEVANADOR |
| ACCU:PAYOFF_FAULT | I | 8.1 | FALLA EN ACUMULADOR DEVANADOR |
| ACCU:TAKEUP_WIRE_BROKEN | I | 8.2 | HILO ROTO ACUMULADOR BOBINADOR |
| ACCU:TAKEUP_FAULT | I | 8.3 | FALLA EN ACUMULADOR BOBINADOR |
| ACCU_EMERGENCY_STOP | I | 8.4 | PARO DE EMERGENCIA ACUMULADOR |
| EX3:EMERGENCY_STOP | I | 8.5 | PARO EMERGENCIA COEXTRUSORA |
| EX3:MATERIAL_SHORTAGE | I | 8.6 | TOLVA VACIA |
| PAY1:FAULT_PRESSURE_SWT | I | 12.0 | FALLA PRESOSTATO DEV1 |
| PAY1:OPEN_LEFT_TOWER | I | 12.1 | ABRIR TORRE IZQUIERDA DEV1 |
| PAY1:CLOSE_LEFT_TOWER | I | 12.2 | CERRAR TORRE IZQUIERDA DEV1 |
| PAY1:UP_LEFT_TOWER | I | 12.3 | SUBIR TORRE IZQUIERDA DEV1 |

| | | | |
|--------------------------|---|------|---|
| PAY1:DOWN_LEFT_TOWER | I | 13.0 | BAJAR TORRE IZQUIERDA DEV1 |
| PAY1:OPEN_RIGHT_TOWER | I | 13.1 | ABRIR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY1:CLOSE_RIGHT_TOWER | I | 13.2 | CERRAR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY1:UP_RIGHT_TOWER | I | 13.3 | SUBIR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY1:DOWN_RIGHT_TOWER | I | 14.0 | BAJAR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY1:HAB_BOTH_TOWER | I | 14.1 | HABILITAR LAS DOS TORRES (NEUTRO) DEV1 |
| PAY1:TOP_OPEN_LEFT_TOWER | I | 14.2 | TOPE ABRIR TORRE IZQUIERDA DEV1 |
| PAY1:TOP_CLOSE_LEFT_TOWE | I | 14.3 | TOPE CERRAR TORRE IZQUIERDA DEV1 |
| PAY1:TOP_UP_LEFT_TOWER | I | 15.0 | TOPE SUBIR TORRE IZQUIERDA DEV1 |
| PAY1:TOP_DOWN_LEFT_TOWER | I | 15.1 | TOPE BAJAR TORRE IZQUIERDA DEV1 |
| PAY1:TOP_OPEN_RIGHT_TOWE | I | 15.2 | TOPE ABRIR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY1:TOP_CLOSE_RIGHT_TOW | I | 15.3 | TOPE CERRAR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY1:TOP_UP_RIGHT_TOWER | I | 16.0 | TOPE SUBIR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY1:TOP_DOWN_RIGHT_TOW | I | 16.1 | TOPE BAJAR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY1:FAULT_OPN/CLS_LEFT | I | 16.2 | FALLA MOTOR ABRIR/CERRAR IZQUIERDO DEV1 |
| PAY1:FAULT_UP/DOWN_LEFT | I | 16.3 | FALLA MOTOR SUBIR/BAJAR IZQUIERDO DEV1 |
| PAY1:FAULT_OPN/CLS_RIGHT | I | 17.0 | FALLA MOTOR ABRIR/CERRAR DERECHO DEV1 |
| PAY1:FAULT_UP/DOWN_RIGHT | I | 17.1 | FALLA MOTOR SUBIR/BAJAR DERECHO DEV1 |
| PAY2:FAULT_PRESSURE_SWT | I | 22.0 | FALLA PRESOSTATO DEV2 |
| PAY2:OPEN_LEFT_TOWER | I | 22.1 | ABRIR TORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:CLOSE_LEFT_TOWER | I | 22.2 | CERRAR TORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:UP_LEFT_TOWER | I | 22.3 | SUBIR TORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:DOWN_LEFT_TOWER | I | 23.0 | BAJAR TORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:OPEN_RIGHT_TOWER | I | 23.1 | ABRIR TORRE DERECHA DEV2 |
| PAY2:CLOSE_RIGHT_TOWER | I | 23.2 | CERRAR TORRE DERECHA DEV2 |
| PAY2:UP_RIGHT_TOWER | I | 23.3 | SUBIR TORRE DERECHA DEV2 |
| PAY2:DOWN_RIGHT_TOWER | I | 24.0 | BAJAR TORRE DERECHA DEV2 |
| PAY2:HAB_BOTH_TOWER | I | 24.1 | HABILITAR LAS DOS TORRES (NEUTRO) DEV2 |
| PAY2:TOP_OPEN_LEFT_TOWER | I | 24.2 | TOPE ABRIR TORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:TOP_CLOSE_LEFT_TOWE | I | 24.3 | TOPE CERRAR TORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:TOP_UP_LEFT_TOWER | I | 25.0 | TOPE SUBIR TORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:TOP_DOWN_LEFT_TOWER | I | 25.1 | TOPE BAJAR TORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:TOP_OPEN_RIGHT_TOWE | I | 25.2 | TOPE ABRIR TORRE DERECHA DEV2 |
| PAY2:TOP_CLOSE_RIGHT_TOW | I | 25.3 | TOPE CERRAR TORRE DERECHA DEV2 |
| PAY2:TOP_UP_RIGHT_TOWER | I | 26.0 | TOPE SUBIR TORRE DERECHA DEV2 |
| PAY2:TOP_DOWN_RIGHT_TOW | I | 26.1 | TOPE BAJAR TORRE DERECHA DEV2 |
| PAY2:FAULT_OPN/CLS_LEFT | I | 26.2 | FALLA MOTOR ABRIR/CERRAR IZQUIERDO DEV2 |
| PAY2:FAULT_UP/DOWN_LEFT | I | 26.3 | FALLA MOTOR SUBIR/BAJAR IZQUIERDO DEV2 |
| PAY2:FAULT_OPN/CLS_RIGHT | I | 27.0 | FALLA MOTOR ABRIR/CERRAR DERECHO DEV2 |
| PAY2:FAULT_UP/DOWN_RIGHT | I | 27.1 | FALLA MOTOR SUBIR/BAJAR DERECHO DEV2 |
| EX1: Z1 HEATING ON | Q | 0.0 | ENCENDIDO CALEFACCION ZONA 1 EXT. PVC |
| EX1: Z2 HEATING ON | Q | 0.1 | ENCENDIDO CALEFACCION ZONA 2 EXT. PVC |
| EX1: Z3 HEATING ON | Q | 0.2 | ENCENDIDO CALEFACCION ZONA 3 EXT. PVC |

| | | | |
|---------------------------------|---|-----|---|
| EX1: Z4 HEATING ON | Q | 0.3 | ENCENDIDO CALEFACCION ZONA 4 EXT. PVC |
| EX1: Z5 HEATING ON | Q | 0.4 | ENCENDIDO CALEFACCION ZONA 5 EXT. PVC |
| EX2: Z1 HEATING ON | Q | 0.5 | ENCENDIDO CALEFACCION ZONA 1 EXT. NYLON |
| EX2: Z2 HEATING ON | Q | 0.6 | ENCENDIDO CALEFACCION ZONA 2 EXT. NYLON |
| EX2: Z3 HEATING ON | Q | 0.7 | ENCENDIDO CALEFACCION ZONA 3 EXT. NYLON |
| EX2: Z4 HEATING ON | Q | 1.0 | ENCENDIDO CALEFACCION ZONA 4 EXT. NYLON |
| EX1: H1 HEATING ON | Q | 1.1 | ENCENDIDO CALEFACCION FLANCHE EXT. PVC |
| EX1: H2 HEATING ON | Q | 1.2 | ENCENDIDO CALEFACCION CABEZAL EXT. PVC |
| EX1: H3 HEATING ON | Q | 1.3 | ENCENDIDO CALEFACCION DADO EXT. PVC |
| EX2: H1 HEATING ON | Q | 1.4 | ENCENDIDO CALEFACCION FLANCHE EXT. NYLON |
| EX2: H2 HEATING ON | Q | 1.5 | ENCENDIDO CALEFACCION CABEZAL EXT. NYLON |
| AUX:TANK_HEAT_ON | Q | 1.6 | RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO DE TANQUE 1000L |
| AUX: PRINTER_ON | Q | 1.7 | PULSO DE ENCENDIDO DE IMPRESIÓN |
| EX1: Z1 COOLER ON | Q | 2.0 | ENCENDIDO VENTILACION ZONA 1 EXT. PVC |
| EX1: Z2 COOLER ON | Q | 2.1 | ENCENDIDO VENTILACION ZONA 2 EXT. PVC |
| EX1: Z3 COOLER ON | Q | 2.2 | ENCENDIDO VENTILACION ZONA 3 EXT. PVC |
| EX1: Z4 COOLER ON | Q | 2.3 | ENCENDIDO VENTILACION ZONA 4 EXT. PVC |
| EX1: Z5 COOLER ON | Q | 2.4 | ENCENDIDO VENTILACION ZONA 5 EXT. PVC |
| EX2: Z1 COOLER ON | Q | 2.5 | ENCENDIDO VENTILACION ZONA 1 EXT. NYLON |
| EX2: Z2 COOLER ON | Q | 2.6 | ENCENDIDO VENTILACION ZONA 2 EXT. NYLON |
| EX2: Z3 COOLER ON | Q | 2.7 | ENCENDIDO VENTILACION ZONA 3 EXT. NYLON |
| EX2: Z4 COOLER ON | Q | 3.0 | ENCENDIDO VENTILACION ZONA 4 EXT. NYLON |
| EX1: MAIN M. BLOWER ON | Q | 3.1 | ENCENDIDO MOTOR DE VENTILACION DEL MOTOR PRINCIPAL DE EXT.PVC |
| EX2: MAIN M.BLOWER ON | Q | 3.2 | ENCENDIDO MOTOR DE VENTILACION DEL MOTOR PRINCIPAL DE EXT.NYLON |
| PULL1: MAIN M.BLOWER ON | Q | 3.3 | ENCENDIDO VENTILACION DEL MOTOR PRINCIPAL ORUGA 1 |
| PULL2: MAIN M. BLOWER ON | Q | 3.4 | ENCENDIDO VENTILACION DEL MOTOR PRINCIPAL ORUGA 2 |
| EX1: VACUUM ON | Q | 3.5 | ENCENDIDO BOMBA DE VACIO PVC |
| EX2: VACUUM ON | Q | 3.6 | ENCENDIDO BOMBA DE VACIO NYLON |
| AUX: AIR_DRYER | Q | 3.7 | ARRANQUE SECADORES DE AIRE |
| AUX: GUAGE_AIR | Q | 4.0 | SUMINISTRO DE AIRE DE MEDIDORES DE DIAMETRO |
| AUX: WATER PUMP ON | Q | 4.1 | ARRANQUE DE BOMBA DE RECIRCULACION DE TANQUE 1000L |
| EX1:LED INDICATOR | Q | 4.2 | PILOTO DE ENCENDIDO EXT. PVC (110V) |
| EX2:LED INDICATOR | Q | 4.3 | PILOTO DE ENCENDIDO EXT. NYLON (110V) |
| EX3: LED INDICATOR | Q | 4.4 | PILOTO DE ENCENDIDO COEXT. (110V) |
| PULL:LED INDICATOR | Q | 4.5 | PILOTO DE ENCENDIDO ORUGAS (110V) |
| BOB1:LED INDICATOR | Q | 4.6 | PILOTO DE ENCENDIDO BOBINADOR 1 |
| BOB2:LED INDICATOR | Q | 4.7 | PILOTO DE ENCENDIDO BOBINADOR 2 |
| AUX:SPARK_SIREN | Q | 5.0 | SIRENA DE DETECCION DE SPARKTESTER |
| AUX:DMC_SIREN | Q | 5.1 | SIRENA DE INICIO MODO DE PRODUCCION |
| AUX:TANK_VALVE | Q | 5.2 | ELECTROVALVULA DE TANQUE 1000L |
| LIN:FAULT_LED | Q | 5.3 | LED DE FALLA DE LA LINEA EN BALIZA |

| | | | |
|--------------------------|---|------|---|
| LIN:WARNING_LED | Q | 5.4 | LED DE ADVERTENCIA DE LA LINEA EN BALIZA |
| LIN:RUN_LED | Q | 5.5 | LED DE FUNCIONAMIENTO DE LA LINEA EN BALIZA |
| START PULL | Q | 5.6 | ARRANQUE VARIADOR ORUGAS |
| ACUM:PAY_OFF_RUNING | Q | 6.0 | RESET CUENTA METROS |
| ACUM:TAKE_UP_RUNING | Q | 6.1 | |
| ACUM:RESET_FALLAS | Q | 6.2 | |
| EX3:EXTRUDER_START | Q | 6.3 | |
| EX3:EXTRUDER_STOP | Q | 6.4 | |
| EX3:EXTRUDER_EMERGENCIA | Q | 6.5 | |
| EX3:RESET_FALLA | Q | 6.6 | |
| RESET CUENTAMETROS | Q | 6.7 | |
| PAY1:OUT_OPEN_LEFT_TOWER | Q | 8.0 | SALIDA MOTOR ABRIR TORRE IZQUIERDA DEV1 |
| PAY1:OUT_CLOSE_LEFT_TOWE | Q | 8.1 | SALIDA MOTOR CERRARTORRE IZQUIERDA DEV1 |
| PAY1:OUT_UP_LEFT_TOWER | Q | 8.2 | SALIDA MOTOR SUBIR TORRE IZQUIERDA DEV1 |
| PAY1:OUT_DOWN_LEFT_TOW | Q | 8.3 | SALIDA MOTOR BAJAR TORRE IZQUIERDA DEV1 |
| PAY1:OUT_OPEN_RIGHT_TOWE | Q | 9.0 | SALIDA MOTOR ABRIR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY1:OUT_CLOSE_RIGHT_TOW | Q | 9.1 | SALIDA MOTOR CERRAR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY1:OUT_UP_RIGHT_TOWER | Q | 9.2 | SALIDA MOTOR SUBIR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY1:OUT_DOWN_RIGHT_TOWE | Q | 9.3 | SALIDA MOTOR BAJAR TORRE DERECHA DEV1 |
| PAY2:OUT_OPEN_LEFT_TOWER | Q | 13.0 | SALIDA MOTOR ABRIR TORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:OUT_CLOSE_LEFT_TOWE | Q | 13.1 | SALIDA MOTOR CERRARTORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:OUT_UP_LEFT_TOWER | Q | 13.2 | SALIDA MOTOR SUBIR TORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:OUT_DOWN_LEFT_TOW | Q | 13.3 | SALIDA MOTOR BAJAR TORRE IZQUIERDA DEV2 |
| PAY2:OUT_OPEN_RIGHT_TOWE | Q | 14.0 | SALIDA MOTOR ABRIR TORRE DERECHA DEV2 |
| PAY2:OUT_CLOSE_RIGHT_TOW | Q | 14.1 | SALIDA MOTOR CERRAR TORRE DERECHA DEV2 |
| PAY2:OUT_UP_RIGHT_TOWER | Q | 14.2 | SALIDA MOTOR SUBIR TORRE DERECHA DEV2 |
| PAY2:OUT_DOWN_RIGHT_TOWE | Q | 14.3 | SALIDA MOTOR BAJAR TORRE DERECHA DEV2 |

Fuente: Autor

5.2 EJECUCIÓN

Etapa que comprende el desarrollo de la lógica de funcionamiento por programa y las acciones integradas que conllevan el control total de la línea, para esto se realizaron controles PID y directos, mediante activación de sensores y finales de carrera, la función realizada durante el proceso como practicante consistió en apoyar las actividades requeridas en la programación, trabajar en conjunto con operarios, técnicos, electricistas supervisores de áreas e ingenieros asociados, así como el seguimiento online, pruebas de operación y respectivas correcciones que por cuestiones de confidencialidad no podrán ser expuestas al lector, pero que finalmente dieron cumplimiento a los requerimientos solicitados por la empresa.

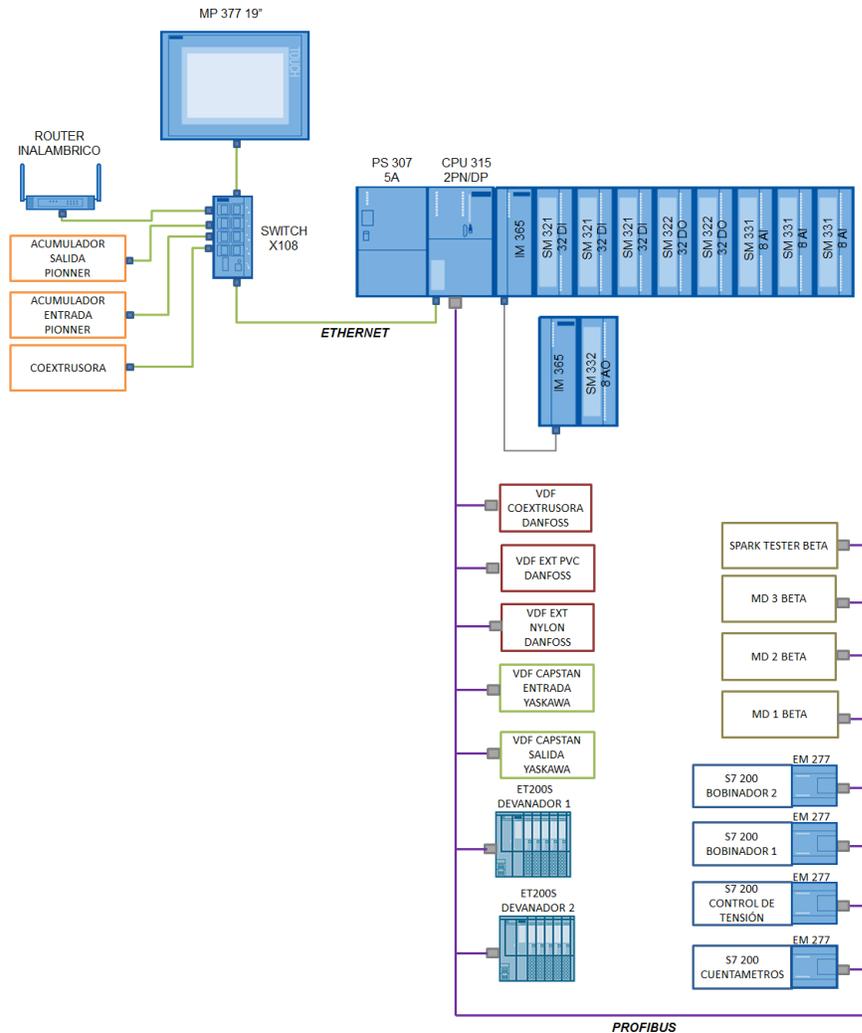


Figura 15. Arquitectura
Fuente: Autor

5.3 ESTRATEGIA DE CONTROL

Se describe brevemente la estrategia de control a implementar para garantizar el cumplimiento de las necesidades requeridas y la operación de las máquinas.

5.3.1 CONTROL DE ESPESOR

Se ejerce control de espesor de acuerdo a los valores de medición que registran los medidores de diámetro, tanto para el PVC como el Nylon, en este caso se toman los valores registrados por los medidores, se hace una resta entre ellos y se compara con el valor deseado, seguido se introduce el valor de la diferencia en PID el cuál será el que finalmente aumentará o disminuirá la velocidad de las extrusoras.

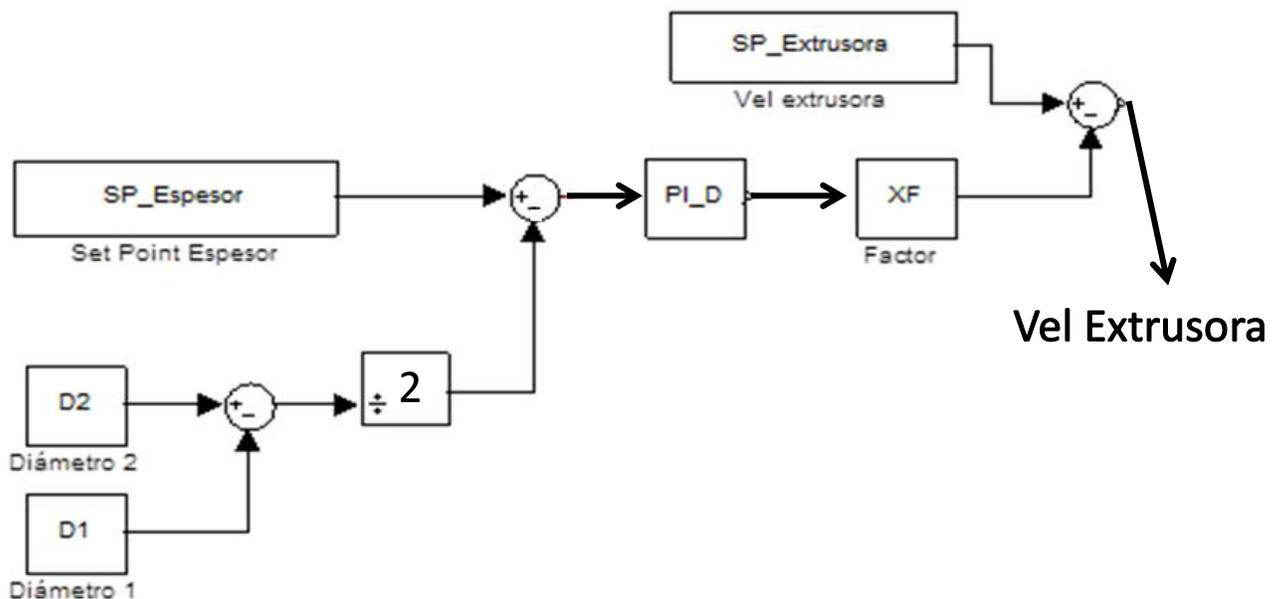


Figura 16. Diagrama en Bloques Control de Espesor
Fuente: Autor

5.3.2 CONTROL DE VELOCIDAD

El control de velocidad automático requiere de preestablecer valores de proporción para cada una de las extrusoras definidas por el operario, cuando se selecciona el modo de operación automático, se bloquea la rata de cambio, y se incrementa en igual proporción (antes establecida) de acuerdo a la velocidad de la línea. Dicha acción se describe en el diagrama de flujo a continuación.

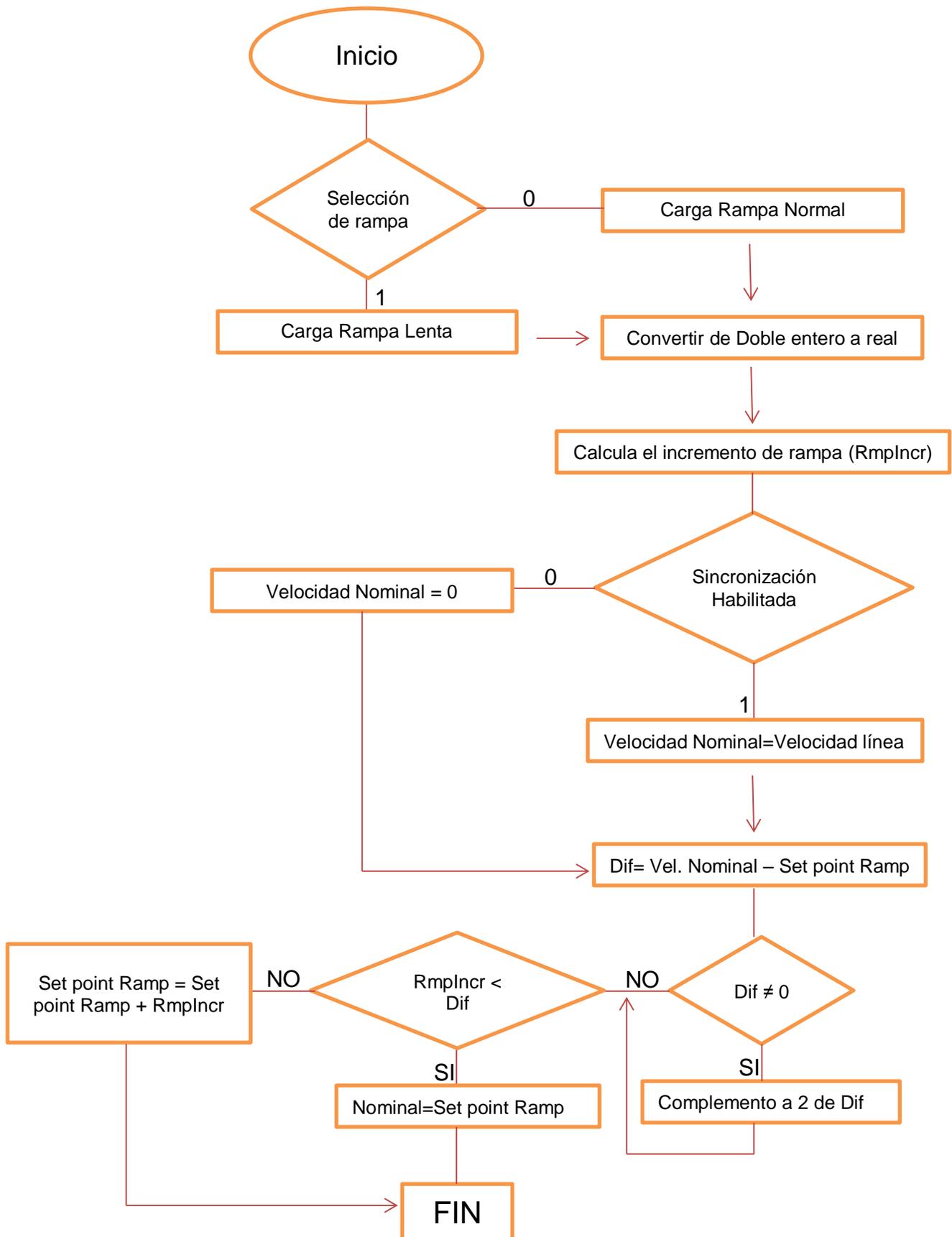


Figura 17. Diagrama de flujo control Velocidad
Fuente: Autor

5.4 RESULTADO FINAL

Etapa final en la que se efectúa la puesta en marcha y seguimiento al proyecto realizado, además de correcciones en la operación, instructivos de manejo para los operarios, y aporte de mejoras. Estas actividades se derivan de la observación del proceso operativo y por programa.

5.4.1 PANEL PRINCIPAL



Figura 18. Panel principal de operación
Fuente: Autor

5.4.2 DEVANADORES

Pantalla en la que se ingresa el porcentaje de freno deseado en Bares, tanto para el devanador 1 como para el 2. Se ejerce control del freno de disco mediante una válvula proporcional que limita el paso de aire en un rango de 0 a 6 bares.



Figura 19. Panel de operación para devanadores
Fuente: Autor

5.4.4 EQUIPOS AUXILIARES

En el siguiente segmento se define y realiza seguimiento a los valores establecidos para los diámetros y espesores en los diferentes tipos de productos. En la imagen se observa la medida real registrada, el set point y se define los límites de advertencia y rechazo tanto superiores, como inferiores.

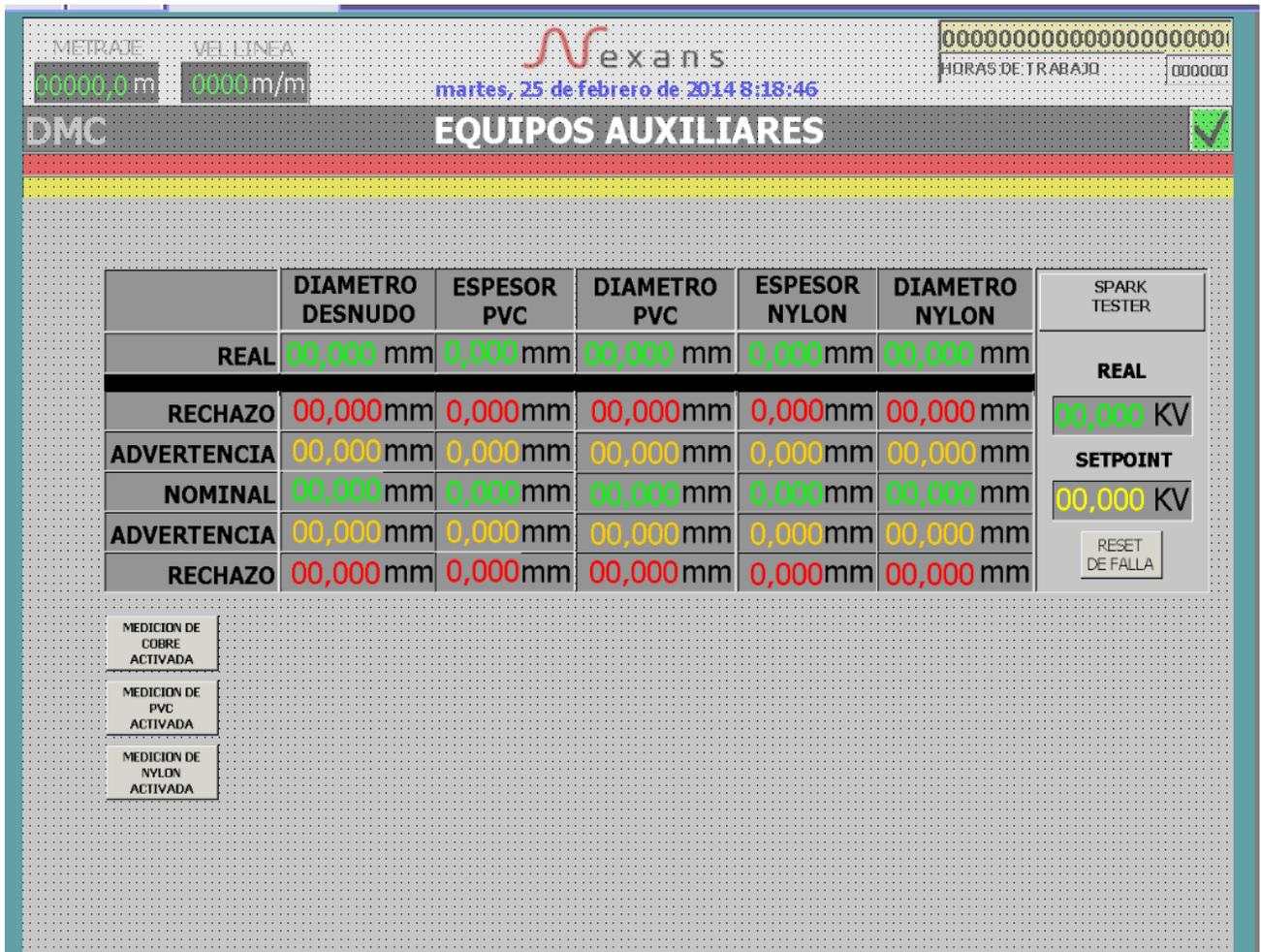


Figura 21. Panel equipos auxiliares (mediciones)

Fuente: Autor

5.4.5 EXTRUSORA PVC

El panel correspondiente a la extrusora de PVC, permite activar/desactivar y modificar la velocidad de la extrusora, también registra los valores de temperatura de las diferentes zonas y a su vez indica el nivel de tolva bajo. De forma similar se estructura la extrusora de Nylon y Coextrusora.

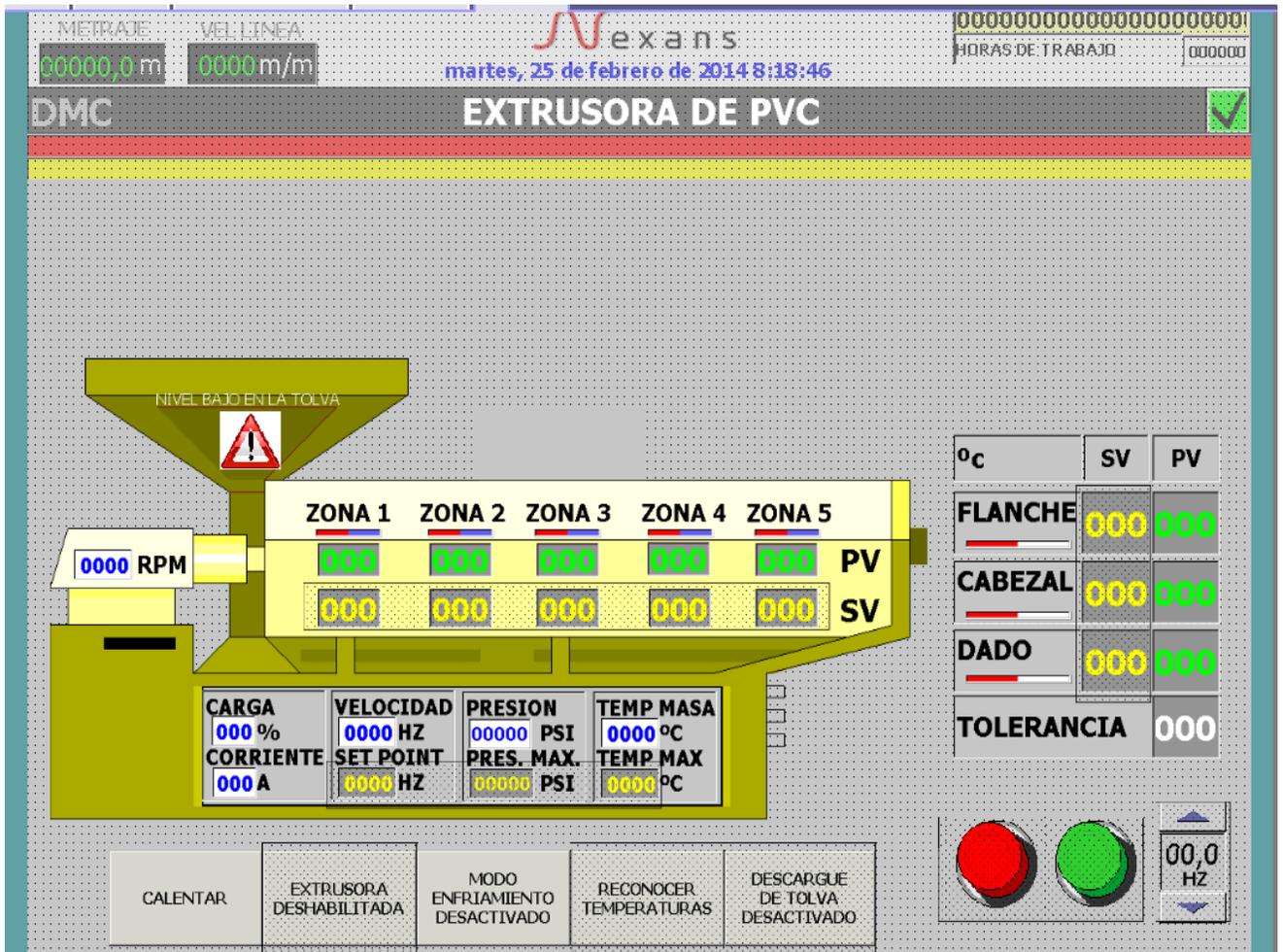


Figura 22. Panel de operación extrusora PVC

Fuente: Autor

5.4.6 ACUMULADORES

En este panel de operación se puede observar el estado de trabajo en el que se encuentran los acumuladores de entrada y salida, así como la referencia de velocidad que estos manejan.



Figura 23. Panel de operación y estados de acumuladores
Fuente: Autor

5.4.8 REGISTRO DE FALLAS

En este panel se registra las detecciones del spark tester y diámetros de cobre bajos debidos a cable defectuoso, así como el metraje al cuál se genera. Siendo este una de los determinantes que garantizan la calidad de cable producido.

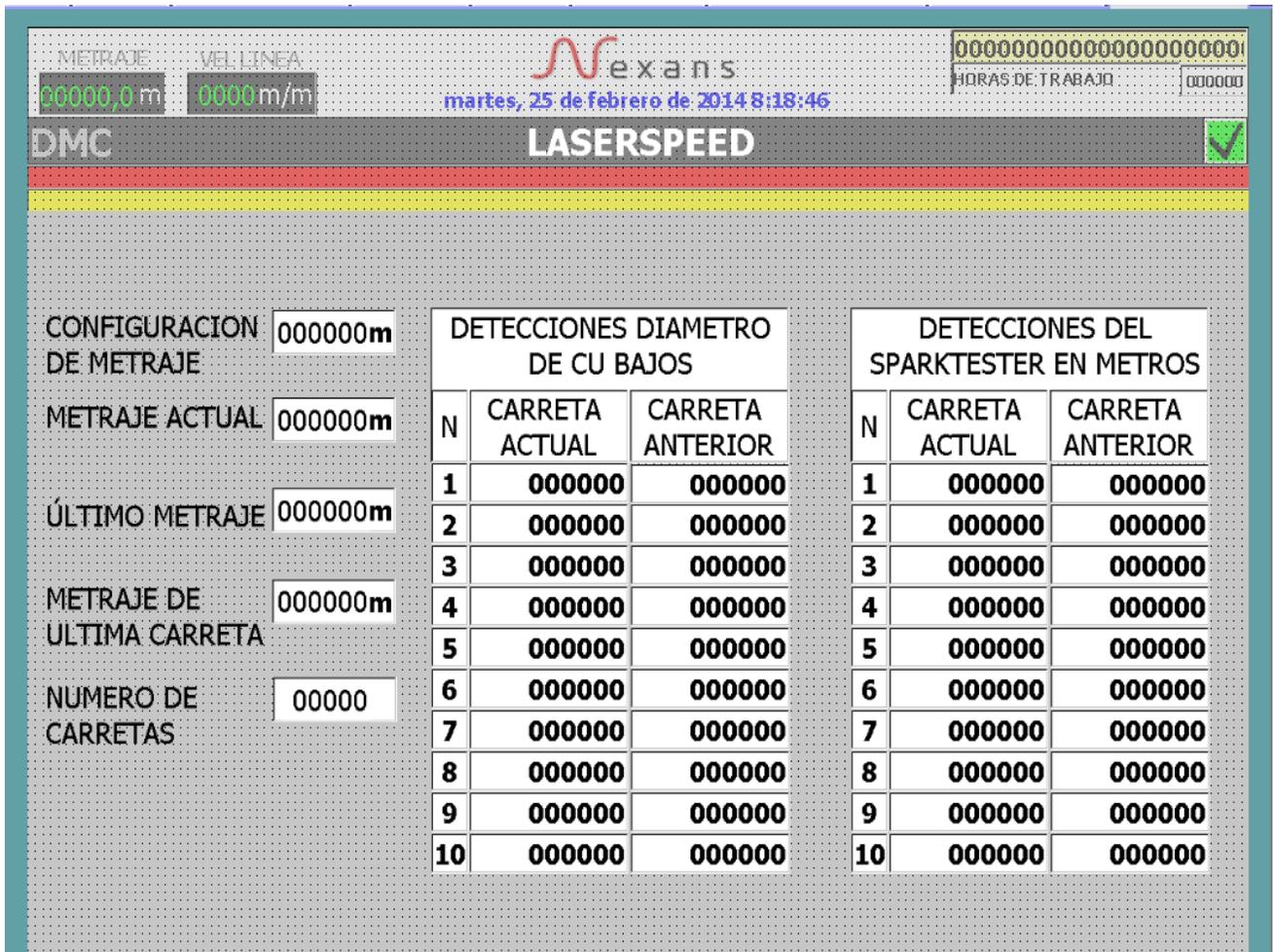


Figura 25. Detecciones y registro de fallas en el cable producido
Fuente: Autor

APORTES AL CONOCIMIENTO

El proceso como practicante desempeñado en NEXANS COLOMBIA S.A sirvió como fuente enriquecedora tanto a nivel personal como profesional. En el plano personal la posibilidad de interactuar con un equipo de trabajo siempre dispuesto a cooperar y afrontar cada tarea con disposición y entrega para ejecutarlas con la mayor precisión posible, así como también la calidez humana, hicieron de esta una de las experiencias más satisfactorias, comprender que para actividad realizada era necesario seguir protocolos en donde prevaleciera la seguridad, el orden y la limpieza lo que finalmente conllevó sentido de pertenencia por cada instrumento de la empresa.

Por otra parte es importante resaltar el aprendizaje obtenido como profesional, poder aplicar los conceptos adquiridos a lo largo del proceso educativo y tener la posibilidad de recopilar información no solo de automatización de líneas de extrusión, sino de protocolos de comunicación, manejo de variadores y demás equipos que interactuaron e hicieron posible dar cumplimiento a los objetivos planteados. Además del gran aporte ofrecido por la empresa al realizar capacitaciones con personal externo que afianzaron y reforzaron aún más los conocimientos. Todos estos aspectos abrieron la posibilidad de cuantificar la necesidad e importancia que tiene la automatización de procesos, así como el uso de PLC's para crear sistemas de control centralizados.

Para finalizar, la experiencia ejecutada durante los seis (6) meses como practicante permitió crear una visión del gran campo de aplicación que como ingeniero electrónico se puede encontrar en la industria tanto a nivel local como global.

CONCLUSIONES

- La utilización de PLC's permitió una fácil programación y simulación gracias a su versatilidad e interconexión de señales tanto digitales como analógicas, también mejora y reduce tiempos de operación lo que garantiza mayor fiabilidad en el desarrollo de no solo procesos de extrusión, sino para cualquier propósito.
- Se observó que para los procesos de extrusión de cables, las variables fundamentales a controlar son la temperatura y la velocidad, pero que la primera depende del tipo de materia prima y las condiciones ambiente a las que esté expuesta, por lo tanto es importante ejecutar un control más preciso.
- Se implementó un sistema de control centralizado en el cual se logra la integración humano-máquina de forma agradable, sencilla y de fácil manejo, y a su vez permite acceder a parámetros y monitoreo de los diferentes componentes que intervienen en el proceso de extrusión.
- Se verificó que los procesos de automatización dan mayor confiabilidad en la operación puesto que optimiza recursos e integra en su totalidad los componentes y a su vez permite detectar fallas y dar soluciones de una forma más rápida y segura.
- Fue necesario e importante realizar la revisión y utilización de manuales de funcionamiento dados por los fabricantes, puesto que contiene la información adecuada sobre conexiones y parámetros de operación bajo los cuales se logra un mayor rendimiento de los equipos.
- Se determinó que el uso de protocolos de comunicación industriales como *Profibus* o *Ethernet* son ideales para crear redes de acceso distribuido de manera que asegura la rapidez de respuesta y velocidad de transferencia de información para los diferentes dispositivos conectados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] NEXANS. Descripción – Colombia [En línea]
http://www.nexans.co/eservice/Colombia-es_CO/navigate_240205/Descripci_n.html
[Citado el 5 de Octubre de 2013]
- [2] NEXANS. Certificaciones – Colombia [En línea]
http://www.nexans.co/eservice/Colombia-es_CO/navigate_262861/Certificados.html
[Citado el 26 de Noviembre de 2013]
- [3] MANUAL SIMATIC S7-300. Datos técnicos [En línea]
https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/DY/DYzMjA2NwAA_36305149_HB/s7300_cpu_31xc_and_cpu_31x_manual_es-ES_es-ES.pdf [citado el 29 de noviembre de 2013]
- [4] Ramón Anguita. Extrusión de plásticos. HBlume Ediciones. Madrid 1977.
- [5] Arthur N. Wilkinson and Anthony J. Ryan. Polymer Processing and Structure Development. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht 1998.
- [6] EXTRUSIÓN. Proceso de extrusión [En línea] <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf> [Citado el 26 de Noviembre de 2013]
- [7] ORUGAS O JALADORES. ¿Qué es una oruga? [En línea]
http://www.eindustria.com/principal/resultados_busqueda.php?N=Jalador [Citado el 26 de noviembre de 2013]
- [8] CUENTA METROS. Medidor Laser [En línea]
<http://www.laserspeedgauge.com/index.php/en/> [Citado el 26 de noviembre de 2013]
- [9] PROBADOR DE CHISPAS. Detector de fallos [En línea]
<http://www.betalasermike.com/index.php/es/beta-lasermike-products-es/fault-detection-systems-es/spark-testers-es> [Citado el 26 de noviembre de 2013]
- [10] VARIADORES DE VELOCIDAD. ¿Qué es un variador? [En línea]
http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo04_1907.pdf
[Citado el 29 de Noviembre de 2013]
- [11] HMI. El ABC de la automatización [En línea]
<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf> [Citado el 29 de Noviembre de 2013]

[12] ARCHIVO GSD. Configuración [En línea] <http://www.infoplcn.net/documentacion/7-comunicaciones-industriales/1775-profibus-que-son-los-archivos-gsd> [citado el 29 de noviembre de 2013]

[13] NEXANS. Clientes – Colombia [En línea] http://www.nexans.co/eservice/Colombia-es_CO/navigate_262859/Clientes.html [Citado el 26 de noviembre de 2013]

[14] VARIADOR DANFOSS. Manual de funcionamiento FC300 [En línea] <http://www.comserltda.cl/pdf/DANFOSS/Variadores%20de%20frecuencia/VLT%20AutomationDrive%20FC%20300/Manual%20de%20Funcionamiento%20del%20VLT%C2%AE%20AutomationDrive%20FC-300.pdf> [citado el 6 de Diciembre de 2013]

[15] VARIADOR YASKAWA. Varispeed F7 Instruction Manual General [En línea] [http://www.yaskawa.com/site/dmdrive.nsf/link2/MNEN-5JLRPN/\\$file/toe-s616-55_1d_11_0.pdf](http://www.yaskawa.com/site/dmdrive.nsf/link2/MNEN-5JLRPN/$file/toe-s616-55_1d_11_0.pdf) [citado el 6 de Diciembre de 2013]

[16] SENSORES DE TEMPERATURA. Termocuplas tipo J [En línea] http://www.vignola.cl/pdf_secciones/04/4-15-47.pdf [citado el 29 de noviembre de 2013]

[17] [NEXANS. Nexans en Colombia- Colombia [En línea] http://www.nexans.co/eservice/Colombia-es_CO/navigatepub_0_-26734_-26714_2_8568/Nuestra_historia.html [Citado el 26 de noviembre de 2013]

[18] AUTOMATIZACIÓN. ¿Qué es un sistema automatizado? [En línea] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm> [Citado el 26 de noviembre de 2013]

[19] ET200M. Periferia descentralizada [En línea] http://www.etradeasia.com/products_detail/602451/602451/0/SIEMENS_A_&D_products_ET200S_ET200M_LOGO_PLC's.html [Citado el 26 de noviembre de 2013]