



**PROPUESTA DE UNA ACTUALIZACIÓN
EN EL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN
DE TREFILADORA DE COBRE EN LA
EMPRESA INTERAMERICANA DE
CABLES VENEZUELA, S.A. (CABEL)**

AUTOR: BERNARD PERDOMO

C.I. 20.697.665

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE UNA ACTUALIZACIÓN EN EL SISTEMA DE
AUTOMATIZACIÓN DE TREFILADORA DE COBRE EN LA EMPRESA
INTERAMERICANA DE CABLES VENEZUELA, S.A (CABEL)
VALENCIA, ESTADO CARABOBO**

EMPRESA: INTERAMERICANA DE CABLES VENEZUELA, S.A. (CABEL)

AUTOR: BERNARD PERDOMO

C.I. 20.697.665

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE UNA ACTUALIZACIÓN EN EL SISTEMA DE
AUTOMATIZACIÓN DE TREFILADORA DE COBRE EN LA EMPRESA
INTERAMERICANA DE CABLES VENEZUELA, S.A (CABEL)
VALENCIA, ESTADO CARABOBO**

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Tutor académico, Ing. Raniere Alezones C.I.: 8.843.809

Tutor empresarial, Ing. Richard Ascanio C.I.: 13.875.537

AUTOR: BERNARD PERDOMO

C.I. 20.697.665

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 87123



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA


UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ


FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROPUESTA DE UNA ACTUALIZACIÓN EN EL SISTEMA DE
AUTOMATIZACIÓN DE TREFILADORA DE COBRE EN LA EMPRESA
INTERAMERICANA DE CABLES VENEZUELA, S.A (CABEL)
VALENCIA, ESTADO CARABOBO

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN


Tutor académico, Ing. Raniere Alezone C.I.: 8.843.809


Tutor empresarial, Ing. Richard Ascanio C.I.: 13.875.537

Interamericana de Cables Venezuela, S.A
RIF: J-30364009-9

AUTOR: BERNARD PERDOMO

C.I. 20.697.665

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 871239



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, hace constar que ha leído el informe de pasantías presentado por el ciudadano Bernard Isaias Perdomo Cuevas, portador de la cedula de identidad N° 20.697.665, titulado **PROPUESTA DE UNA ACTUALIZACION EN EL SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE TREFILADORA DE COBRE EN LA EMPRESA INTERAMERICANA DE CABLES VENEZUELA, S.A. (CABEL)**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, y acepta la tutoría del mencionado proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes reglamentos.

En San Diego, a los 22 días del mes de Marzo del año dos mil dieciocho.

Ing. Raniere Alezones

C.I.: 8.843.809

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen por acompañarme y protegerme en todos mis caminos. A mi mamá (Glaiza Cuevas) por su cariño incondicional que tantas veces fue la razón de consuelos en momentos de angustia, por enseñarme que los estudios siempre nos abren puertas y porque con su amor a la cultura y a las tradiciones inevitablemente me ha encaminado a enamorarme de mi país Venezuela. A mis tres hermanos mayores (Mariana, Roxana y Hubert H.) por su instinto protector hacia su hermano menor, para mí son un ejemplo de fortaleza y lucha en las adversidades, son personas de ideales firmes que me enseñan que es posible ser humilde sin dejar que nunca nadie pise mi corazón ni mis creencias, respeto inmensamente su carácter y agradezco el cariño que tantas veces me han obsequiado. Le doy gracias a Maritza Ortiz, porque además de curar siempre mis enfermedades con cautela y profesionalismo, no solo me abrió las puertas de su hogar, sino que me hizo parte de su familia. A mis sobrinos (Oriana y Hubert I.), que con la suspicacia de sus risas infantiles me han contagiado tantas veces de esa alegría inocente que solo un niño es capaz de transmitir. Gracias a mi novia (Yurianny Fernández) porque a pesar de lo difícil que se muestre la vida en ocasiones, siempre tiene fuerzas para regalarme una sonrisa de esperanza, con su calma me da paz y cada día a su lado descubro la bondad que guarda en su corazón, le agradezco por enseñarme con su ejemplo y con su cariño a ser mejor persona, y por hacerme entender que un buen hombre no debe temer a la oscuridad. Gracias a mi papá (Hubert Perdomo R.) porque con sus valiosos consejos busca enseñarme a estar preparado para enfrentar la vida, con sus valores me ha hecho comprender que para ser un profesional como él hace falta mucho más que obtener un título universitario, y con su incansable constancia me hizo entender desde temprana edad que podría contar no solo con un buen padre sino también con un gran amigo (en mi opinión, el mejor amigo).

Finalmente agradezco a mis profesores, a mis compañeros de clases y amigos, a Ranieri Alezones, Wilfredo Mendoza, Bañes, Richard Ascanio, a los trabajadores de CABEL, a CABEL y a la UJAP por sus aportes para mi crecimiento profesional.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PP
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
INTRODUCCION	1
 CAPITULO	
I. LA EMPRESA	
1.1. Descripción de la empresa.....	3
1.2. Reseña histórica.....	4
1.3. Misión de la empresa.....	5
1.4. Visión de la empresa.....	5
1.5. Políticas de calidad de la empresa.....	5
1.6. Valores de la empresa.....	6
1.7. Objetivos de la empresa.....	6
1.8. Estructura organizativa.....	7
 II. EL PROBLEMA	
2.1. Planteamiento de problema.....	8
2.2. Formulación del problema.....	10
2.3. Objetivos de la investigación.....	10
2.3.1. Objetivo general.....	10
2.3.2. Objetivos específicos.....	10
2.4. Justificación de la investigación.....	10
2.5. Alcance.....	11

III. MARCO TEORICO

3.1. Antecedentes de la investigación.....	13
3.2. Bases teóricas.....	14
3.2.1. trefilado	14
3.2.2. Motor Eléctrico Giratorio.....	15
3.2.3. Autómata Programable.....	16
3.2.4. Variador de frecuencia.....	17
3.2.5. Encoder.....	17
3.2.6. Profibus.....	18
3.3. Definición de términos.....	18

IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de la investigación.....	21
4.2. Diseño de la investigación.....	21
4.3. Nivel de la investigación.....	22
4.4. Fases de la investigación.....	22
4.4.1. Fase I. Diagnóstico de las condiciones actuales del sistema de Automatización de la trefiladora de cobre.....	22
4.4.2. Fase II. Determinación de los equipos y tecnologías idóneas Para actualización del sistema de automatización.....	23
4.4.3. Analizar la factibilidad técnica, operativa y económica de la Propuesta.....	23
4.4.4. Diseñar una actualización del sistema automatizado.....	23

V. RESULTADOS

5.1. Diagnostico las condiciones actuales del sistema de automatización de la trefiladora de cobre.....	24
--	----

5.2. Determinación de los equipos y tecnologías idóneas para actualización del sistema de automatización.....	43
5.3. Análisis de la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta.....	53
5.4. Diseño de actualización para el sistema automatizado de la trefiladora de cobre.....	61

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

Impresas.....	83
Electrónicas.....	84

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PP.
1	Especificaciones de Trefiladora de cobre.....	30
2	Especificaciones Encoders.....	30
3	Motores de Trefiladora de cobre.....	30
4	Especificaciones motores de trefiladora.....	31
5	Especificaciones motores de recocido, recogedor y Coiler.....	31
6	Dimensiones de PLC y módulos de expansión.....	36
7	Especificaciones PLC S5-95U.....	36
8	Capacidad de entradas y salidas I/O del PLC S5-95U.....	36
9	Módulos de expansión instalados en la trefiladora.....	36
10	Especificaciones de Inversores de máquina 7001.....	38
11	Especificaciones de variadores de máquina 7001.....	38
12	Dimensiones de PLC Siemens S7-300 y módulos SM.....	46
13	Características de CPU 313C-2DP.....	47
14	Equipos auxiliares del CPU 313C-2DP.....	47
15	Equipos de Accionamiento Sinamics.....	50
16	Especificaciones técnicas PLC Siemens S7-300.....	53
17	Especificaciones técnicas variadores Sinamics.....	55
18	Costos equipos de accionamiento.....	58
19	Costos equipos de control y monitoreo.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PP.
1	Organigrama general de la empresa.....	7
2	Máquina trefiladora de cobre.....	26
3	Motores AC de trefiladora.....	27
4	Motores defectuosos de trefiladora.....	27
5	Máquina de recocido.....	28
6	Maquina recogedora.....	28
7	Diagrama general del proceso de producción.....	29
8	Dimensiones del gabinete de control principal.....	33
9	Dimensiones del gabinete de control adicional.....	34
10	Autómata programable S5-95U – Módulos de expansión I/O.....	35
11	Autómata programable S5-95U.....	35
12	Módulos 6ES5 482-8MA13 / 422-8MA11 / 451-8MD11.....	35
13	Convertidor Alimentador / AC- DC.....	39
14	Inversores / DC- AC.....	39
15	Panel de Control.....	41
16	Esquema general.....	42
17	Imagen de PLC S7-300 CPU313C-2DP.....	46
18	Imagen de Panel de operador HMI MP 277 touch 10”.....	52
19	Croquis Acotado de Panel de operador HMI.....	52
20	HW_Config – Equipo Simatic 300 (Configuración).....	64
21	Diagrama de flujo del programa de puesta en marcha de la máquina...	65
22	Lista de variables utilizadas en la simulación.....	66
23	Carpeta de Bloques de programa.....	67
24	Variables de entrada Bloque de función FB1 – Puesta en marcha....	68

25	Variables de salida Bloque de función FB1 – Puesta en marcha.....	68
26	Programación Bloque de función FB1 – Puesta en marca – Parte 1....	69
27	Programación Bloque de función FB1 – Puesta en marca – Parte 2....	70
28	Programación Bloque de función FB1 – Puesta en marca – Parte 3....	71
29	Programación Bloque de función FB1 – Puesta en marca – Parte 4....	72
30	Programación Bloque de función FB1 – Puesta en marcha – Parte 5...	73
31	Programación Bloque de función FB2 – Cuenta metros – Parte 1.....	74
32	Programación Bloque de función FB2 – Cuenta metros – Parte 2.....	75
33	Variables de entrada Bloque de función FB2 – Cuenta Metros.....	76
34	Variables de entrada Bloque de función FB1- Cuenta Metros.....	76
35	Bloque de función FB2 llamado en el OB1.....	76
36	Bloque de función FB1 llamado en el OB1.....	77
37	Pantalla inicial WinCC.....	79

INTRODUCCIÓN

Para poder llevar a cabo la producción de cables, las empresas necesitan implementar procesos automatizados que acondicionen la materia prima adecuadamente a través de maquinarias y tecnologías capaces de elaborar el producto de forma eficiente y precisa. Por esta razón es indispensable que las organizaciones cuenten con personal capacitado que supervisen el funcionamiento de los equipos y se encarguen de corregir las fallas y defectos de procesos que puedan presentarse en las instalaciones de las mismas. De igual manera, es necesario para las fábricas en crecimiento mejorar su proceso de producción y actualizar las tecnologías implementadas en el mismo de manera continua, con el fin de cumplir con la demanda de productos que requiere el mercado. Así mismo, el trefilado es uno de los procesos que se lleva a cabo en la elaboración de cables, implementando procedimientos que solo maquinas robustas pueden realizar.

Cabe destacar que el trefilado es el proceso por el cual se reduce el diámetro de un alambre, el cual consiste en forzar el paso del material por una pieza metálica con orificios de diferentes dimensiones. En Interamericana de Cables Venezuela, S.A. (CABEL) se tiene una maquina trefiladora de cobre marca Eurodraw, identificada por la empresa como la unidad de producción 7001, cuyo cuerpo de funcionamiento está conformado por catorce motores que trabajan simultáneamente a la misma velocidad. Sin embargo, actualmente esta unidad de producción presenta fallas en el sistema de automatización, las cuales no permite aprovechar al máximo el potencial de la misma. A pesar del estado actual de esta máquina, esta permanece activa en el proceso de producción, lo cual evidencia la necesidad que tiene la empresa de utilizarla, por lo cual es recomendable realizar las acciones necesarias que permitan corregir dichas fallas, y así evitar el deterioro acelerado de los equipos por el sobreuso de los mismos.

El propósito de esta investigación se enfoca en determinar las fallas que presenta el sistema de automatización de la unidad de producción 7001, para poder identificar de forma precisa las causas del problema, y así diseñar una propuesta que establezca una solución del mismo.

La estructura de esta investigación se presenta de la siguiente manera:

El capítulo I. habla de la empresa Interamericana de Cables Venezuela, S.A., describe a la organización mediante su misión, visión, objetivos y valores. Además se muestra su estructura organizativa.

Seguidamente se presenta el capítulo II, en el cual se plantea el problema, se explica detalladamente cual es la situación problemática presente en la unidad de producción 7001, se establecen los objetivos de la investigación, se justifica la misma indicando como beneficia este estudio a la empresa, trabajadores, clientes e investigadores, y finalmente se muestra el alcance que este tiene.

El capítulo III está comprendido por las bases teóricas en las cuales se sustenta la investigación, y reúne los elementos conceptuales que define el objeto de estudio. Para este capítulo se hace uso de libros, manuales, fuentes electrónicas y proyectos de grado. Luego se organiza la información de modo tal que sirva de soporte para la investigación.

En el capítulo IV se describe la metodología necesaria para desarrollar la investigación. Describe las fases metodológicas características de la investigación efectuada, especificando el tipo y diseño de investigación.

Finalmente, el capítulo V muestra los resultados luego de realizar los objetivos de la investigación, y así se presenta una propuesta de actualización del sistema de automatización de la maquina trefiladora de cobre.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1. Descripción de la Empresa

Interamericana de Cables Venezuela, S.A. (CABEL) es una empresa de manufactura de cables eléctricos caracterizada por la excelencia que ofrece en sus servicios. Así mismo, ésta organización además de fabricar cables de energía y telecomunicaciones, busca satisfacer las exigencias del mercado a través de la calidad de sus productos. Para este fin, en esta empresa se practica y promueve la aplicación y cumplimiento de los estándares ISO de la serie 9000. Por otra parte, con el objetivo de ser la mejor empresa de manufactura de cables, esta organización se dedica a la producción de diversos productos, tales como: cables para construcción, cables de potencia, cables de instrumentación, cables submarinos, cables flexibles y cables para telecomunicaciones. Atendiendo de esta manera las necesidades de un extenso mercado, asociado a diferentes campos de la industria.

La variedad de productos que ofrece esta fábrica de cables le ha permitido a la misma encajar en distintos proyectos nacionales, involucrando a la empresa en planes de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, de igual manera se encuentra presente en la industria petroquímica y petrolera, en el desarrollo de plantas industriales, en la industria de construcción, en la industria automotriz y en la fabricación de equipos industriales y domésticos. Es por ello que las plantas de producción de esta empresa están equipadas con maquinarias robustas, capaces de procesar la materia prima para la elaboración del producto final de forma automatizada. Además, cuentan con una variedad de equipos de alta tecnología que permite garantizar una producción de alta calidad y detectar defectos de fabricación en los cables. Así

mismo, poseen amplios sistemas de automatización, cuya función es controlar los procesos y los parámetros de trabajo de las unidades de producción.

Por otra parte, en CABEL se encuentra implementado un sistema de gestión de seguridad y salud laboral, el cual se denomina con las siglas ICV, referentes al nombre de la empresa, cuya finalidad es mejorar las condiciones de seguridad dentro de los puestos de trabajo para así garantizar el cumplimiento de las normativas y requisitos relacionados con la seguridad y salud de los miembros de la empresa, y a su vez cumple con la función de implementar planes que promueven la prevención de accidentes. Actualmente Interamericana de Cables Venezuela, S.A. se encuentra ubicada en la Av. Lisandro Alvarado, Sector La Florida, Edificio CABEL, Valencia - Edo. Carabobo.

1.2. Reseña Histórica

Interamericana de Cables Venezuela, S.A nace cuando la empresa colombiana Cables de Energía y Telecomunicaciones, S.A (CENTELSA) adquiere las instalaciones, las maquinarias, así como la marca de productos CABEL de la empresa Industria Venezolana de Cables Eléctricos. Posteriormente comienza a formar parte de las industrias venezolanas el 11 de Diciembre del 2001. En ese momento los nuevos propietarios realizar una reestructuración de ésta con una visión emprendedora a futuro. Concretada la compra, se dio inicio al trabajo de restauración de la planta. Para ello, los nuevos dueños contrataron a un pequeño grupo de empleados de mantenimiento que había trabajado en CABEL y que poseía el conocimiento necesario para poner a punto tanto las instalaciones como las maquinarias que permitirían el inicio de las operaciones de producción.

Una vez recibida la propiedad, en Enero del 2002, se comenzó a gestionar la recuperación de la cartera de clientes de CABEL. Además se realizó los trámites necesarios para la obtención de certificaciones de marca y calidad de organismos nacionales e internacionales. Dentro de estas certificaciones se encuentran: Certificación ISO 9001:2000, Certificación de Fondonorma (Normas COVENIN) y Certificación de UL (Underwriter Laboratories, Inc.). Interamericana de Cables

Venezuela, S.A logro obtener exitosamente la Certificación ISO 9001:2000 el 14 de Marzo del 2003. Luego, en vista del crecimiento operativo que tuvo la organización, fue necesario un incremento paulatino en el volumen del personal y la importación de maquinarias y equipos de producción.

La empresa CABEL fue transferida por medio de negociaciones a inversionistas mexicanos, los cuales se han encargado de introducir maquinarias de tecnología avanzada en las instalaciones de la planta, Sin embargo, ésta mantiene el mismo nombre y se ha modificado algunos aspectos en las estructuras organizacionales. Por otra parte, con los nuevos propietarios se ha expandido la cartera de clientes de la empresa en el mercado internacional, y a pesar de la situación económica que se vive en el país, esta organización se ha mantenido operativa.

1.3. Misión de la Empresa

La misión de la empresa está dirigida “Fabricar cables para energía y telecomunicaciones satisfaciendo las necesidades de los clientes a través de la excelencia de productos y servicios, logrando el mejor rendimiento económico y contribuyendo al bienestar y desarrollo de la comunidad”.

1.4. Visión de la Empresa

Ser la mejor empresa manufacturera de cables en la región andina que atenderá las necesidades de los sectores relacionados con la energía eléctrica, las telecomunicaciones, electrónica y afines; a través de la más alta tecnología, calidad y competitividad.

1.5. Política de la Empresa

Interamericana de Cables Venezuela S.A. como fabricantes de cables eléctricos, están comprometidos en satisfacer las necesidades de los clientes, aportar valor a los accionistas y proporcionar un ambiente seguro y saludable a todos los trabajadores mediante su participación y consulta; estableciendo objetivos, metas y acciones

encaminadas al mejoramiento continuo; así mismo cumpliendo con los requisitos de las legislaciones aplicables a la organización; previniendo accidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales, actividades ilícitas y preservando el medio ambiente.

1.6. Valores de la Empresa

La empresa posee un código de ética basado fundamentalmente en los valores que distinguen a la misma. Dichos valores rigen y enmarcan el comportamiento diario y dan paso a este código, el cual forma parte del actuar de los trabajadores dentro de la organización, y así mantener una congruencia firmemente alineada a ellos.

- Respeto a las personas: Valora la dignidad de la persona, propicia su desarrollo personal y profesional, y aprecia sus ideas y aportes. Promueve un trabajo digno y fomenta la calidad de vida de los colaboradores y sus familias.
- Integridad: La honradez, la congruencia y la austeridad son compromiso de la compañía, habla con la verdad y actúa en consecuencia.
- Responsabilidad: Asume la responsabilidad de las decisiones y acciones tomadas, asegurando el cumplimiento los compromisos y la confiabilidad ante los clientes, personal, proveedores, accionistas, comunidad y medio ambiente.
- Espíritu de equipo: Considera que los mejores resultados son posibles a través del trabajo en equipo, caracterizado por espíritu de servicio y el respeto.
- Innovación: A través de la innovación se busca la sustentabilidad, crecimiento y liderazgo de la empresa, mediante el desarrollo de nuevos productos y servicios.

1.7. Objetivos de la Empresa

- Investigar y desarrollar nuevos productos.
- Ampliar capacidad de producción.
- Incrementar volúmenes de exportación.
- Mejorar los procesos y productos a través de asistencia técnica.
- Desarrollar y Generar bienestar al Recurso Humano.

1.8. Estructura Organizativa

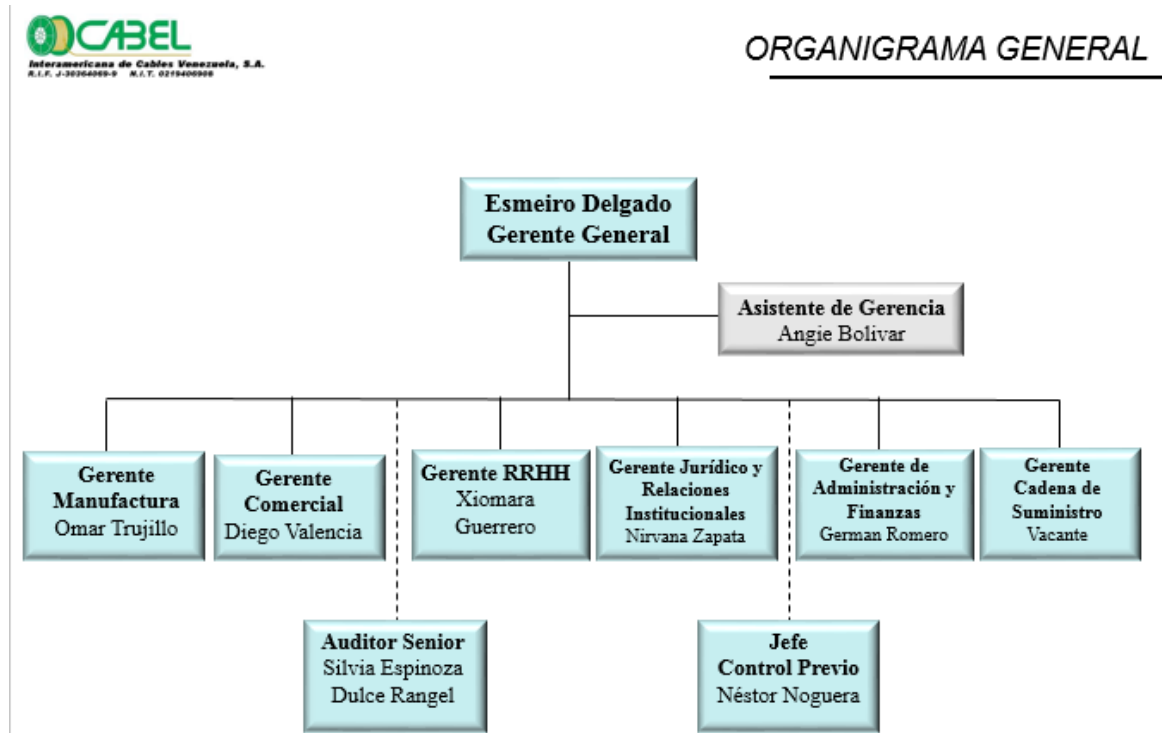


Figura 1: Organigrama General

Fuente: Cabel (2017)

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1. Planteamiento del Problema

La producción de cables es una actividad económica importante en el sistema productivo de cada región, debido al amplio mercado que esta abarca en diferentes campos de las actividades industriales, comerciales y tecnológicas. Asimismo, los procesos automatizados presentes en la fabricación de este producto, promueven e impulsan al estudio e implementación de tecnologías avanzadas, las cuales requieren de personas capacitadas y especializadas para el manejo de las mismas.

En Venezuela se tiene diversidad y abundancia de recursos naturales necesarios para la producción de cables, proporcionando a la región sudamericana el potencial suficiente para convertirse en una nación competitiva de esta actividad industrial. Además, el país cuenta con empresas manufactureras dedicadas a la explotación de este campo, capacitadas con experiencia y la infraestructura necesaria para proveer productos de calidad a los mercados nacionales e internacionales.

Interamericana de Cables Venezuela, S.A. es una empresa de manufactura de cables distinguida por la excelente calidad de sus productos, la cual se enfoca en satisfacer las necesidades del mercado, mediante procesos de producción automatizados, donde se cuenta con estrictos métodos de control de calidad. Igualmente, esta compañía constantemente establece metas y acciones encaminadas al mejoramiento continuo de sus funciones, para prestar un mejor servicio. Con el fin de cumplir los objetivos de producción, esta organización ha equipado sus plantas con maquinarias robustas y de alto alcance, capaces de soportar mejoras y modificaciones dependiendo de los cambios en las exigencias requeridas. Desde luego, los sistemas de automatización de las líneas de producción también pueden

requerir cambios y actualizaciones, que aseguren un buen funcionamiento de los equipos y garanticen el máximo rendimiento de los mismos.

Es incuestionable que esta fábrica es una pieza importante en el campo industrial de Venezuela, debido a su alta capacidad de producción. Sin embargo, algunas máquinas de la planta presentan fallas en sus sistemas de automatización, las cuales dificultan las dinámicas de trabajo, obstaculizan el desempeño de los equipos y por supuesto, el cumplimiento de las funciones de la empresa se ven afectadas. En referencia a lo anterior, se hace mención de la trefiladora de cobre ubicada en la unidad de producción 7001, la cual posee catorce motores encargados de mover las bobinas de tracción o capstan, que fuerzan el paso del alambón a través de las hileras o dados. Actualmente se encuentran operativos solo siete de dichos motores, debido a fallas en el sistema de automatización del mismo, lo cual entorpece el proceso de producción y la dinámica de trabajo de los operadores.

A pesar de la capacidad profesional de los técnicos e ingenieros encargados de la automatización, y de la disposición de inversión de la empresa, esta situación no se ha corregido ya que se necesitan repuestos discontinuados por el fabricante. Por otra parte, la falla presente en esta máquina obliga a los operadores repetir el ciclo de trefilado con el fin de reducir el alambre al diámetro deseado, lo cual representa pérdida de tiempo y de energía ya que se deben realizar un ciclo de más en el proceso. Cabe destacar que antes de realizar el segundo ciclo, se deben cambiar los dados dispuestos en la parte inferior de los capstan, por lo cual se debe interrumpir el proceso para realizar las adaptaciones necesarias en la máquina. De igual manera el operador debe colocar el alambre a través de los carriles por donde va a circular el mismo, con lo cual la productividad del equipo disminuye.

De este modo, se debe considerar que el deterioro y depreciación de los equipos presentes en esta unidad de producción se duplican cada día por el sobreuso que se le exige a los mismos. Así pues, la falla presente en la maquina 7001 representa pérdidas desde varios puntos de vista, por lo cual, es importante realizar acciones necesarias para corregir esta situación problemática

2.2. Formulación del Problema

¿De qué manera se puede mejorar el sistema de automatización de la trefiladora de cobre en la empresa Interamericana de Cables, S.A?

2.3. Objetivos de la Investigación

2.3.1. Objetivo general

Proponer una actualización en el sistema de automatización de trefiladora de cobre en la empresa Interamericana de Cables Venezuela, S.A.

2.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar las condiciones actuales del sistema de automatización de la trefiladora de cobre.
- Determinar los equipos y tecnologías idóneas para una actualización del sistema de automatización de la trefiladora de cobre.
- Analizar la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta
- Diseñar una actualización del sistema automatizado de la trefiladora de cobre.

2.2. Justificación de la Investigación

Esta investigación pretende diagnosticar las fallas en el sistema de automatización de la trefiladora de cobre de la unidad de producción 7001, ubicada en la planta de Interamericana de Cables Venezuela S.A., con el fin de realizar una propuesta de actualización adecuada al mismo para mejorar la productividad de la empresa, simplificar el proceso de fabricación y preservar el buen estado de los equipos que componen a esta unidad de producción.

Tomando en cuenta que la trefiladora de cobre de la maquina 7001 se encuentra trabajando con siete motores, se puede decir que, no se está aprovechando al máximo el potencial de producción de esta. Además, considerando el sobreuso de la maquinaria, es evidente que para la empresa sería beneficioso realizar las actualizaciones requeridas, para aumentar la producción y prevenir averías mecánicas y/o eléctricas en los equipos involucrados en este proceso.

Es indiscutible que actualizar el sistema de automatización en cuestión, significa también mejorar las condiciones de trabajo de los operadores que manejan la máquina. Así pues, se reduce el esfuerzo físico requerido en el proceso de producción y disminuye los riesgos siempre presentes de cometer errores y sufrir accidentes al realizar las adaptaciones necesarias para realizar el trabajo. De este modo, al mejorar las condiciones de trabajo de los operadores y al beneficiar económicamente a la empresa mediante el aumento de producción, es de esperar que la compañía elabore un producto de calidad, en cantidades necesarias para cubrir las necesidades demandadas por los consumidores del mercado. Aportando de esta manera, confianza y tranquilidad a los clientes de recibir productos de primera categoría en el momento que lo necesiten.

Es importante recalcar que actualizar este proceso de producción es vital no solo para aumentar la productividad de la empresa, sino también para promover el estudio de las ciencias, ya que relaciona a un conjunto de trabajadores con los avances tecnológicos. Por esta razón, se puede esperar que las personas se interesen en el estudio científico de las ciencias involucradas en el medio. Razón por la cual, este trabajo de investigación puede ser un aporte para los investigadores y los científicos. Habiendo dicho lo anterior, se puede relacionar fácilmente a la Universidad José Antonio Páez (UJAP) con el argumento planteado anteriormente, pues esta institución tiene como visión promover el estudio de las ciencias y tecnologías presentes en el mundo industrial, educativo, científico, entre otros, para formar profesionales competentes, capaces de ejercer sus funciones de forma adecuada, contribuyendo así con la construcción de un país próspero, y de un mundo mejor.

2.3. Alcance

La propuesta de este proyecto va dirigida a la empresa Interamericana de Cables Venezuela, S.A. ubicada en la Av. Lisandro Alvarado, Sector La Florida, planta CABEL, en el municipio Valencia del estado Carabobo.

Abarca la descripción del proceso de trefilado de alambro de cobre y el funcionamiento de la maquina K-0791 marca Eurodraw encargada de realizar dicho

proceso. Además se estudiara las capacidades y funcionamiento de los equipos Siemens, con la inclusión de PLC y sus módulos de extensión de entradas y salidas, variadores de frecuencia de dicha marca, cuya función consiste el accionamiento eléctrico de los motores involucrados en la automatización del proceso de trefilado. Así mismo, se desea corroborar que dicha propuesta es viable para la empresa.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la Investigación

En esta sección se hace mención de algunos proyectos de investigación que sirven de sustento para la ejecución de la propuesta de actualización del sistema de automatización de la trefiladora de cobre en cuestión. Además, se hace uso de los estudios previos en otros proyectos que sirven de guía para alcanzar los objetivos establecidos en esta investigación.

Según León J. (2013) en su proyecto de grado titulado **“Diseño e implementación de un sistema de control para la dosificación de material químico en una máquina de manufactura de alfombras”**. Presentado en la Escuela Politécnica del Ejército en Sangolquí, Ecuador, para la obtención del título de ingeniería electrónica, demuestra cómo mejorar el proceso de producción de la empresa ALFINSA, S.A., a través de la implementación de un sistema de control automatizado. El sistema se basa en el control de velocidad de motores AC, control de dosificación y control de temperatura de un horno industrial. Para lo cual se hizo uso de un sistema de comunicación Profinet, un PLC Siemens S7-1200 el cual tiene la capacidad de trabajar ya sea en Profibus o Profinet, tres variadores de frecuencia Siemens Sinamics G para el proceso transporte de la alfombra los cuales controlan la velocidad de tres motores AC, y un variador Siemens Micromaster para el control de velocidad del motor del proceso de dosificación del material químico. Así mismo, para este trabajo se utilizaron elementos de control y protección tales como contactores, guardamotores y fusibles. Con lo cual se logró la implementación de un proyecto funcional de forma satisfactoria.

Por otra parte Piñero J. (2015) con su trabajo titulado **“Control de un motor de inducción usando un variador de frecuencia”**. Presentado en la Universidad de

Sevilla, España, con el fin de obtener el título ingeniería de las tecnologías de telecomunicaciones. Donde se describe detalladamente el funcionamiento del variador de frecuencia y del autómatas programable (PLC), haciendo uso de recursos teóricos y prácticos. En este proyecto se describe como se puede controlar la velocidad de un motor asíncrono a través de un variador de frecuencia Micromaster 420 de Siemens. Adicional a esto, se presenta como automatizar el accionamiento del motor mencionado mediante un PLC Siemens S7-300. De igual manera, en este trabajo se definen elementos esenciales presentes en un sistema de automatización.

Finalmente, Sarango, E. (2017) con su trabajo titulado “**Modernización del sistema de control del caldero Vyncke utilizado para calentamiento de aceite térmico en la fábrica Aglomerados Cotopaxi S.A.**”. Presentado en la Escuela Politécnica Nacional de Quito, Ecuador, para obtener el título de ingeniero en electrónica y control, se enfoca en el proceso de migración de un PLC S5 a un autómatas S7-300, a causa de una falla en la planta de producción de la empresa debido a un problema puntual en el PLC S5, el cual se encarga de controlar un proceso de calentamiento de aceite. Con esta migración se requirió la incorporación de lógica de control electromecánicos y controladores electrónicos adicionales. Igualmente se diseñó un nuevo sistema de alimentación y se planteó la modernización del sistema de control de la maquinaria involucrada en el proceso de producción.

3.2. Bases Teóricas

3.2.1. Trefilado

Es un proceso que consiste en la reducción del diámetro de un alambre mediante el estirado del mismo. Para este fin se debe utilizar una máquina trefiladora, la cual prensa el alambre por medio de un capstan, el cual se encuentra sumergido en agua con trefilina, que permite el paso del mismo a través de los dados o hileras de la máquina. Cabe destacar que las máquinas trefiladoras son solo una parte de la maquinaria utilizada en el trefilado, así pues, posterior al proceso de reducción de diámetro, el alambre pasa por un sistema de poleas instaladas en una cámara, cuyo funcionamiento es similar al de un horno, donde se expone el material a altas temperaturas. A este

proceso de calentamiento se le denomina recocido y se lleva a cabo con el fin de obtener más flexibilidad en el producto final.

Por último, el alambre se enrolla en un carrete de forma uniforme mediante un repartidor que se desplaza horizontalmente, al mismo tiempo que gira un motor acoplado al carrete mencionado. Este conjunto de equipos encargados de la recolección se le llama devanador o recogedor. Habiendo dicho lo anterior, es importante aclarar que con el propósito de realizar todo el proceso se requiere del uso de varios motores que aporten la fuerza necesaria para hacer circular el material por los sistemas de trefilado, calentamiento y recolección, y así lograr los resultados deseados. Para ello, dichos motores deben ser controlados mediante sistemas electrónicos que permitan el arranque, parada y también regulen la velocidad de giro de los mismos de forma coordinada y automatizada. Además, haciendo uso de tecnologías electrónicas, se suele diseñar paradas de emergencias y detección de fallas que garanticen el buen funcionamiento de los equipos, por lo que los sistemas de automatización son de suma importancia en los procesos industriales.

Para cualquier proceso automatizado que se realice mediante equipos electrónicos, es preciso el uso de sensores y dispositivos de campo encargados de recolectar información que luego pueda ser interpretada por el sistema de control que coordina las acciones que se deben realizar. De este modo, el trefilado se puede automatizar mediante los principios establecidos anteriormente. Para ello, se pueden realizar diferentes métodos que impliquen una amplia diversidad de equipos electrónicos, los cuales puedan accionar motores, para luego recolectar información referente al giro del mismo, y enviarla mediante una red, a un dispositivo de control que regule la velocidad de giro a través de mecanismos capaces de ejecutar dicha acción.

3.2.2. Motor Eléctrico Giratorio

Son máquinas eléctricas que pueden funcionar al energizarla con corriente directa o alterna, las cuales constan de dos partes fundamentales, el rotor que es la parte móvil, y el estator, que se encuentra fijo durante el funcionamiento de la misma. En las

máquinas eléctricas de rotación, los voltajes se generan en los devanados, que giran de manera mecánica a través de un campo magnético, también puede girar mecánicamente un campo magnético por el devanado obteniendo así resultados similares. Con cualquiera de estos métodos, se genera un voltaje variante en el tiempo.

Según Fitzgerald A. (2004), en su libro titulado “**Máquinas eléctricas**”, existen varias técnicas para el control de los motores de corrientes alternas (AC), así mismo, expresa que la regulación precisa de la velocidad no es algo sencillo en estos motores, sin embargo ellos tienden a operar a una velocidad un tanto menor que la sincrónica. Por otra parte, al conjunto de bobinas conectadas entre sí, se le denomina inducido. El concepto de inducido se emplea para referirse a un devanado en motores de corriente alterna, como son los motores de inducción y motores sincrónicos, para los cuales los inducidos se alojan en el estator del motor.

En los motores de continua, el inducido se encuentra en el rotor de motor el cual se alimenta por medio de escobillas que alimentan al inducido para producir un campo magnético giratorio. Cabe destacar que todos estos motores funcionan con electricidad y necesitan una cantidad determinada de energía eléctrica para poder realizar su trabajo de proporcionar par y velocidad.

3.2.3. Autómata Programable

Son dispositivos electrónicos que pueden ser programados por el usuario y son utilizados en las industrias para realizar procesos secuenciales con las maquinarias. Estos comúnmente se denominan PLC y poseen una computadora llamada CPU, que cuenta con una memoria interna donde aloja información y datos de programa, estos son reciben señales de alterna y/o continua en su entrada, y generan un conjunto de salidas que permiten el control programado de los procesos.

Estos aparatos pueden contar con una serie de módulos auxiliares o expansión, los cuales sirven de extensión y le permite al PLC trabajar con más cantidad de entradas y salidas y en algunos casos estos amplían el alcance de las aplicaciones y funciones que estos equipos electrónicos son capaces de ejecutar. El PLC es considerado el cerebro de los sistemas de automatización en los procesos industriales.

3.2.4. Variador de frecuencia

El variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la que la aplicación necesita, reduciendo el consumo energético del motor. Un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que ésta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento. Es importante aclarar que los variadores reducen la potencia de salida de una aplicación, mediante el control de la velocidad del motor, garantizando que no funcione a una velocidad superior a la necesaria.

Según Hart D. (1997), en su libro titulado **“Electrónica de potencia”** indica que es posible convertir corriente alterna en corriente continua mediante técnicas generales de análisis de los circuitos electrónicos de potencia, dichos arreglos, en su libro fueron denominados rectificadores de ondas. De igual manera, explica los circuitos que convierten la corriente continua en corriente alterna, dicho arreglo es referido como inversores que transfieren potencia desde una fuente de continua a una carga de alterna.

El variador de frecuencia también es conocido como convertidor de frecuencia de corriente alterna, convertidor de velocidad variable, variador de velocidad o simplemente variador o convertidor. Frecuentemente se generan confusiones sobre la diferencia entre variador de velocidad y variador de frecuencia o convertidor de frecuencia. Si tomamos como referencia las siglas más ampliamente usadas a nivel internacional (“VFD” del inglés “Variable Frequency Drive”), y lo traducimos literalmente, nos conduciría a “Accionamiento de Frecuencia Variable”. Sin embargo, los términos más utilizados actualmente en nuestro país son convertidor de frecuencia y variador de frecuencia.

3.2.5. Encoder

También conocido como codificador, este es un sensor acoplado al eje de los motores giratorios, capaz de reconocer información del proceso del mismo, y

codificarla de modo tal que se pueda reconocer en el sistema de control de los procesos industriales. Mediante este elemento se puede indicar la velocidad de los motores giratorios, así mismo, hace posible la realimentación del lazo de control asociado al funcionamiento automatizado de los procesos que involucran motores giratorios.

3.2.6. Profibus

Para adaptarse a los diferentes requisitos de automatización, las empresas del sector ofrecen distintas redes de comunicación estandarizadas a nivel internacional. Una de las más utilizadas es la red Profibus, la cual tiene como objetivo desarrollar un sistema de bus de campo que hace posible unir una red de dispositivos de automatización del nivel más bajo de campo (nivel de sensores y actuadores) con el control de procesos. En este sistema se puede conectar a una red un máximo de 127 equipos. Cabe destacar que el protocolo PROFIBUS-DP es seguramente el más utilizado de todos los protocolos PROFIBUS, dado que cumple perfectamente con casi todos los requisitos de tiempo y necesidades que se requieren para el intercambio de datos en el sector de la periferia descentralizada y los dispositivos de campo.

3.3. Definición de Términos Básicos

Capstan: Sistema de discos o tambores giratorios que presan y hacen circular el alambre. Los capstan suele ubicarse antes de entregar el alambre o cable al carrete, con el fin de garantizar la recolección de cable ordenada.

Carrete: Pieza metálica o de madera de forma cilíndrica donde se enrolla el cable de forma uniforme. Los carretes dan vueltas al acoplarse a los devanadores y recolectan el cable por medio de un sistema controlado.

Coiler: Máquina bobinadora similar a una formadora de resortes encargada de entregar el conductor eléctrico proveniente de la trefiladora y el recocido, en una estructura metálica en forma cilíndrica de aproximadamente dos metros de altura.

Contactores: Es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos

posiciones de funcionamiento: una encendida y otra apagada, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Constructivamente son similares a los relés, y ambos permiten controlar en forma manual o automática, ya sea localmente o a distancia toda clase de circuitos. Pero se diferencian por la misión que cumple cada uno: los relés controlan corrientes de bajo valor como las de circuitos de alarmas visuales o sonoras, alimentación de contactores; los contactores se utilizan como interruptores electromagnéticos en la conexión y desconexión de circuitos de iluminación y fuerza motriz de elevada tensión y potencia.

Control PID: es un mecanismo de control por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial. Este calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado. Consiste de tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional depende del error actual. El Integral depende de los errores pasados y el Derivativo es una predicción de los errores futuros. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso por medio de un elemento de control como la posición de una válvula de control.

Fusible: Es un dispositivo, constituido por un soporte adecuado y un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda cuando la intensidad de corriente supere un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

Guardamotores: Es un interruptor magneto térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores.

Dados o Hileras: Estructura o pieza metálica de forma acanalada, con un orificio de entrada y otro de salida de menor medida. Esta pieza tiene como función la reducción del diámetro del cable, el cual pasa por su canal con la ayuda de un capstan.

HMI: Interfaz Humano-Máquina

Inducido: Bobinas de los motores por los que circula corriente y se genera un campo magnético.

Recocido: Proceso en el cual se le aplica potencial eléctrico a un conductor, haciendo que por el mismo circule corriente y así se logra calentar el material, el cual circular a través de un sistema de poleas que hacen que este sea estirado. Este proceso se realiza para brindarles flexibilidad a los conductores.

Recogedor: Equipo encargado de recolectar el cable o alambre, este proceso se conoce como bobinado. En ocasiones este cuenta con un sistema de giro que fuerza a que se realice el proceso de trefilado, y cuenta con un arreglo de sensores de posición que controlan el sentido de giro de un sistema de entrega, el cual hace posible la distribución del producto al carrete.

Trefilina: sustancia química utilizada en caliente para el proceso de estiramiento y ablandamiento del hilo de cobre en las trefiladoras.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de Investigación

El tipo de estudio utilizado en esta investigación corresponde al proyecto factible, según lo planteado por García y Mijares (2005), en las normas establecidas para la elaboración y presentación de anteproyectos, proyectos y trabajos de grado de la Universidad José Antonio Páez, donde dice lo siguiente:

“Los proyectos factibles consistirán en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades.”

4.2. Diseño de la Investigación

El proyecto se apoya en una investigación de campo, según Hernández (2016), en lo definido en el manual de trabajos de grado de especialización, maestrías y tesis doctorales de la UPEL de esta manera:

“Se entiende por investigación de campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de la investigación conocidos o en desarrollo.”

Por lo tanto esta será una investigación de campo, ya que se recolectará información extraída directamente de las maquinarias en cuestión, para determinar el funcionamiento del proceso a través de la observación directa del mismo.

4.3. Nivel de la Investigación

El nivel de la investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda la misma. Según el nivel de investigación, Arias (2006) establece lo siguiente: “La investigación descriptiva busca obtener información acerca del estado actual de los fenómenos, precisar la naturaleza de una situación tal como existe en el momento del estudio”. En consecuencia, este estudio se considera descriptivo, ya que se explicará el funcionamiento y los dispositivos de control involucrados en el proceso de trefilado, así mismo, se realizará una observación detallada de las condiciones operativas de la maquinaria con el fin de conseguir información de interés referente al estado actual de los equipos.

4.4. Fases de la Investigación

4.4.1. Fase I. Diagnóstico de las condiciones actuales del sistema de automatización de la trefiladora de cobre:

Se refiere a la fase exploratoria de la investigación, en la cual se recopilará información referente a la trefiladora de cobre. De igual manera se observará el proceso de producción de la maquinaria, determinando el funcionamiento del sistema y el estado actual de los equipos. Así pues, junto al personal del departamento de automatización de la empresa se debe recolectar información referente a; recursos disponibles, estado de los equipos, disponibilidad de planos y manuales, y conocimiento del problema. Además, se identificará la situación problemática originada por las fallas presentes en los equipos de control del sistema de automatización.

4.4.2. Fase II. Determinación de los equipos y tecnologías idóneas para una actualización del sistema de automatización de la trefiladora de cobre.

En esta fase se procesara la información obtenida en la fase anterior, referida al proceso de producción y la estructura del sistema de control de la máquina, esto se hará a través de la lectura e interpretación de planos y manuales de la misma, posteriormente se realizara un análisis del rendimiento de los equipos instalados en el sistema de control se investigará las diferentes tecnologías y el alcance de los equipos electrónicos que puedan ser incluidos para actualizar sistema de control y corregir las fallas actuales de la máquina.

4.4.3. Analizar la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta

En esta fase se realizara un análisis desde el punto de vista técnico, económico y operativo con el fin de determinar si el proyecto es viable. Para ello se debe utilizar información obtenida en las fases anteriores, con el fin de sustentar el análisis de factibilidad. Posteriormente se debe plantear un plan de trabajo que indique como realizar la instalación de los equipos propuestos, además se explicará de qué manera, dichas instalaciones van a mejorar el funcionamiento de la máquina y finalmente se debe realizar un presupuesto que cumplan con la selección de equipos que se desean implementar. Así pues se determinará si el proyecto es factible o no.

4.4.4. Diseñar una actualización del sistema automatizado de la trefiladora

Después de haber recopilado y procesado la información orientada a la aplicación de la propuesta, se definirán los métodos convenientes para la actualización del sistema de automatización de la trefiladora. Para ello se debe tomar en cuenta la lógica cableada de la estructura de control, las conexiones de comunicación y los puntos de operación de mayor importancia para el funcionamiento de la máquina. Además se establecerá la programación del PLC encargados del control.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Diagnostico las condiciones actuales del sistema de automatización de la trefiladora de cobre.

En esta etapa se llevó a cabo un diagnóstico del estado actual del sistema de automatización de la maquina trefiladora de cobre, se observó el funcionamiento de los equipos involucrados en el proceso de producción y finalmente se recolectó información y material instructivo referente al mismo, con el fin de determinar las causas del mal funcionamiento de la máquina y así realizar una propuesta enfocada en solventar las fallas que presenta la misma. Por esta razón, se define ésta, como la fase exploratoria de la investigación, donde se especifica la función de la máquina en cuestión y se explican los principios de funcionamiento de todo el sistema. En este orden de ideas, es necesario destacar que el objetivo de la trefiladora consiste en la reducción del diámetro del alambón de cobre, para la producción de conductores eléctricos, que posteriormente son destinados a diferentes máquinas encargadas de realizar diversos procesos, los cuales hacen posible la fabricación de cables eléctricos.

Para iniciar el proyecto se acudió a la línea de producción 7001 ubicada en la planta de la empresa, donde se encuentra la maquina trefiladora de origen italiano, marca Eurodraw, modelo K-0791, tipo SA450-15.1, donde se pudo observar que para realizar el proceso mencionado anteriormente, la materia prima (en este caso es el alambón de cobre) es sometida a tres procesos fundamentales los cuales se realizan de forma sucesiva. Dichos procesos son el trefilado, el recocido y el bobinado (Ver pág. 18), encargados de hacer que el alambón se estire, se caliente y se recolecte en un carrete. Para ello la línea de producción cuenta con la tecnología necesaria que permite

realizar estos procesos de forma automatizada mediante un sistema de control capaz de maniobrar la maquinaria y coordinar los procesos mencionados.

En esta primera visita se pudo observar que se encuentran inoperativos siete de los quince motores de corriente alterna, encargados de poner en funcionamiento los capstan que forjan el paso del alambro a través de los dados de la trefiladora, generando así una serie de inconvenientes detallados en el planteamiento del problema (Ver pág. 8). Por lo tanto, se realizaron pruebas aisladas a los motores y sus respectivos encoders y se determinó que estos se encontraban en buen estado, por consiguiente, se asumió que el problema provenía del sistema de automatización.

El sistema de control está instalado en un gabinete de doble acceso frontal, dividido en seis módulos iguales de 960 milímetros cada uno, es decir, la longitud total del armario eléctrico es de aproximadamente 6600 milímetros de largo por dos metros de alto, donde se encuentran todos los dispositivos y tecnologías de control, protección y alimentación eléctrica de dicho sistema. Se sigue que, el autómatas programable instalado es un PLC Siemens Simatic S5-95U en perfecto estado, que si bien no es la causa de las fallas presentes en la máquina, este es considerado en la industria como un equipo obsoleto, ya que el fabricante lo discontinuó y lo reemplazó por su nueva línea de productos Simatic S7. De igual manera, se realizó una revisión de los variadores de frecuencia destinados al control de los motores, los cuales fueron elaborados por el fabricante de la trefiladora, la empresa Eurodraw.

Por ello se pudo observar que los variadores, además de ser equipos anticuados, estos presentan fallas en los circuitos impresos de sus tarjetas de control, y dado que dichas tarjetas pueden ser removidas manualmente, se realizaron cambios de tarjetas entre variadores y se determinó que las fallas mencionadas anteriormente se originan en dichos equipos. Sin embargo, reparar los variadores defectuosos no es una tarea fácil, ya que estos son equipos discontinuados por el fabricante, por lo que se dificulta la obtención de repuestos del mismo. Por otra parte, también conviene destacar que en este diagnóstico se revisó el tablero de control utilizado por los operadores para manipular la máquina e intervenir en el proceso de producción, donde se pudo notar

que a pesar de encontrarse deteriorado por el tiempo de uso, este cumple con sus funciones básicas.

Habiendo realizado una inspección general de la maquinaria, se procedió a ubicar los planos de la línea de producción en cuestión, con el fin de contar con la representación gráfica de las instalaciones electrónicas presentes en la misma, que permitió visualizar el proceso de forma ordenada y simplificada. Así pues, al revisar, estudiar y analizar dichos planos se obtuvo una idea más clara del funcionamiento del sistema de automatización, con lo que se logró elaborar un diagrama general capaz de describir el proceso de producción antes mencionado.

A continuación se presentan las imágenes actualizadas de la máquina trefiladora de la línea de producción 7001. Seguidamente se coloca la maquina encargada de realizar el recocido, para finalmente mostrar el recogedor. De esta manera se puede visualizar los elementos encargados de llevar a cabo las funciones fundamentales requeridas en el proceso de producción. Además, cabe destacar que la situación problemática se origina en el proceso de trefilado, por ello el estudio realizado en la investigación se enfoca en dicho proceso. Sin embargo, es importante considerar que los demás equipos involucrados utilizan motores controlados con tecnologías de automatización anticuados similares a los empleados en la trefiladora.

En las figuras tres y cuatro (Ver figura 3, figura 4) se muestran los motores encargados de mover cada uno de los capstan de la trefiladora. Se puede observar que estos poseen un sistema de ventilación protegido por una carcasa que cuenta con un conducto de aire. Dentro del protector metálico se encuentra contenido tanto los ventiladores de dicho sistema como los encoders encargados de recolectar información de los parámetros de interés referentes a los motores mencionados anteriormente.

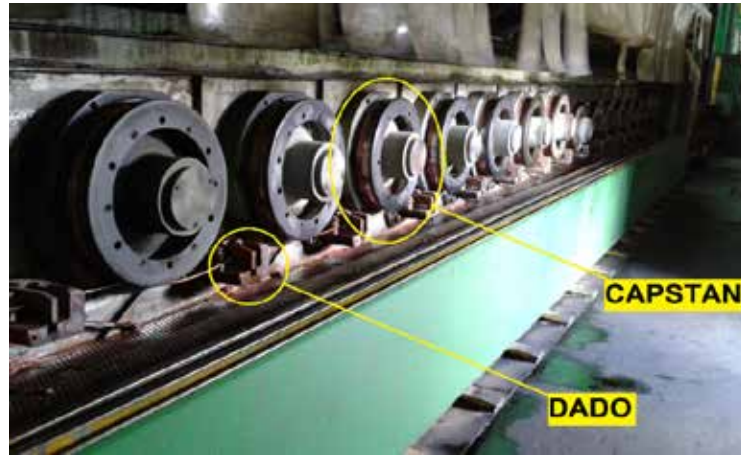


Figura 2: Máquina trefiladora de cobre
Fuente: Elaboración propia (2017)



Figura 3: Motores AC de trefiladora
Fuente: Elaboración propia (2017)



Figura 4: Motores defectuosos de trefiladora
Fuente: Elaboración propia (2017)



Figura 5: Máquina de recocido
Fuente: Elaboración propia (2017)



Figura 6: Máquina recogedora
Fuente: Elaboración propia (2017)

En el diagrama de la Figura 7 se puede observar la serie de motores que operan simultáneamente en forma de cascada, correspondientes a la trefiladora, los cuales deben trabajar a la velocidad de 1500 rpm, para ello se debe tomar un motor como referencia, el cual, mediante el uso de variadores de frecuencia puede indicarle al siguiente motor la velocidad a la que debe girar (a esto comúnmente es llamado motores maestros – esclavos), sin embargo no todos los motores son iguales ni consumen la misma potencia, la cual va a depender de los exigencias de fuerza que requiere el proceso en sus diferentes etapas. De igual manera, con este diagrama se enumeraron los motores con el fin de identificarlos y así poder mostrar las especificaciones de cada uno de ellos de forma ordenada.

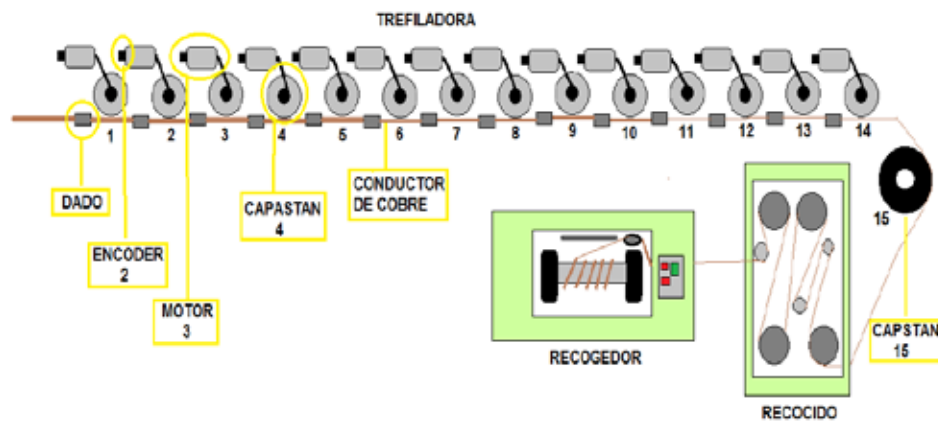


Figura 7: Diagrama general del proceso de producción
Fuente: Elaboración propia (2017)

En consecuencia, con el propósito de plasmar la información, se muestra en la Tabla 1 las especificaciones de la máquina trefiladora donde se incluye información básica de los motores mencionados. Seguidamente se puede observar en la Tabla 2 información de interés referente al modelo de los encoders instalados en cada uno de los motores. De igual manera en la Tabla 3 se encuentra descritos el número de motores que trabajan en la trefiladora de cobre, la potencia que consume cada uno de ellos y la velocidad nominal (en revoluciones por minutos) a la que estos deben trabajar. Finalmente, las especificaciones detalladas de los motores en cuestión pueden ser ubicadas en la Tabla 4.

Descripción	Características
Identificación de la máquina	7001
Marca	Eurodraw
Tipo de máquina	SA.450.15.01
Modelo	K-0791
Año de construcción	1998
Diagrama eléctrico	EEl-970607
Dirección	IZQ > DER
Nº de capstans	15
Máximo diámetro de entrada	8 mm
Máximo diámetro de salida	3,5 mm
Mínimo diámetro de salida	0,8 mm
Máxima velocidad del conductor	35 m/s
Motores AC	380 V – 60 Hz

Tabla 1: Especificaciones de Trefiladora de cobre
Fuente: Manual de especificaciones de la máquina 7001 - Cabel (2007)

Descripción	Características
Marca	Siemens
Modelo	1XP8001-1H 57
Pulso – Revolución	1024
Alimentación	11 - 30 V cc

Tabla 2: Especificaciones (Nominales) Encoders
Fuente: Manual de especificaciones de la máquina 7001 - Cabel (2007)

Cantidad	Potencia (KW)	Velocidad (rpm)
3	11	1500
3	22	1500
3	30	1500
5	37	1500
1	55	1500

Tabla 3: Motores de Trefiladora de cobre
Fuente: Manual de especificaciones de la máquina 7001 - Cabel (2007)

Motor	1-2-3-4-5	6-7-8	9-10-11	12-13-14	15
Marca	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens
Modelo	1LA5220	1LA5207	1LA6186	1LA7163	1LA6253
Voltaje	400V-I 67A	400V-I 55A	400V-I 41A	400V-I 22A	400V-I 97A
Frecuencia	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Velocidad	1500 rpm	1500 rpm	1500 rpm	1500 rpm	1500 rpm
Potencia	37 kW	30 kW	22 kW	11 kW	55 kW
Protección	IP55	IP55	IP55	IP55	IP55

Tabla 4: Especificaciones (Nominales) motores de trefiladora
Fuente: Manual de especificaciones de la máquina 7001 - Cabel (2007)

Es importante aclarar que esta máquina posee dos modalidades para realizar el proceso de recolección del conductor, el cual puede llevarse a cabo por medio del recogedor (como se mencionó anteriormente), o a través del Coiler (Ver Pág. 8). Por consiguiente, cabe destacar que, en el proceso de recolección se generan los parámetros de referencia de velocidad de los motores, ya sea a través del recogedor o del Coiler. Por consiguiente, más adelante se explica con más detalle de qué manera dicha referencia interactúa con todo el sistema. En este mismo orden de ideas, es necesario considerar los procesos que siguen el trefilado, ya que evidentemente este depende de ellos, por esta razón en la siguiente tabla se muestran las especificaciones de los motores del recocido, del recogedor y del Coiler.

Motor	Recocido	Recogedor	Coiler
Marca	Siemens	Siemens	Siemens
Modelo	1LA5223	71BB14F	1LA5223
Voltaje	400V-I 80A	400 V-I 134 A	400V-I 80A
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Velocidad	1470 rpm	1470 rpm	1500 rpm
Potencia	45 kW	75 kW	45 kW

Tabla 5: Especificaciones (Nominales) motores de recocido, recogedor y Coiler
Fuente: Planos de la máquina 7001 - Cabel (2000)

Cabe destacar que en el diagrama mostrado anteriormente en la Figura 7 (donde se muestra una idea general del proceso), no se tomó en cuenta el Coiler, ya que esta representación del sistema tiene como fin expresar una idea trivial del proceso, así pues, al mostrar el recogedor, no se consideró necesario recargar la figura con más imágenes, ya que ambos equipos cumplen con la misma función. Por otra parte, si bien es cierto que la función de ambos procesos es similar, es transcendental conocer que el Coiler forma parte importante del sistema. Por esta razón a partir de este punto, el Coiler será considerado en la investigación. Sin embargo, cuando se haga referencia al proceso que cumple el Coiler se indicará simplemente que es el proceso de recolección del conductor.

Luego de haber obtenido la información disponible de los motores de la trefiladora y de sus respectivos encoders, se recolecto información referente al sistema de control de los mismos, para ello fue necesario determinar el espacio físico destinado a la permanencia de los elementos y equipos que lo conforman, por ello se ubicó en los planos de la máquina, las dimensiones del gabinete o closet donde se encuentra instalado dicho sistema de control. Así pues, Se sabe que este sistema está situado en un gabinete de doble acceso frontal, dividido en seis módulos iguales de 960 milímetros cada uno, donde las longitudes del gabinete son exactamente iguales por ambos lados.

El gabinete mencionado se encuentra ocupado totalmente con dispositivos de alimentación, protección, ventilación y control, así mismo, contiene el autómata programable y los variadores de frecuencia encargados de coordinar las acciones que deben ejecutarse para hacer funcionar adecuadamente los motores de la máquina. Adicionalmente, estos elementos de control se encargan de otras tareas tales como; asegurarse que se cumplan ciertas medidas de seguridad, además, cabe destacar que a un lado del gabinete principal se encuentra disponible un gabinete adicional vacío, de 750 milímetros de largo y dos metros de alto, el cual fue reservado como un espacio adicional para alguna posible expansión del sistema.

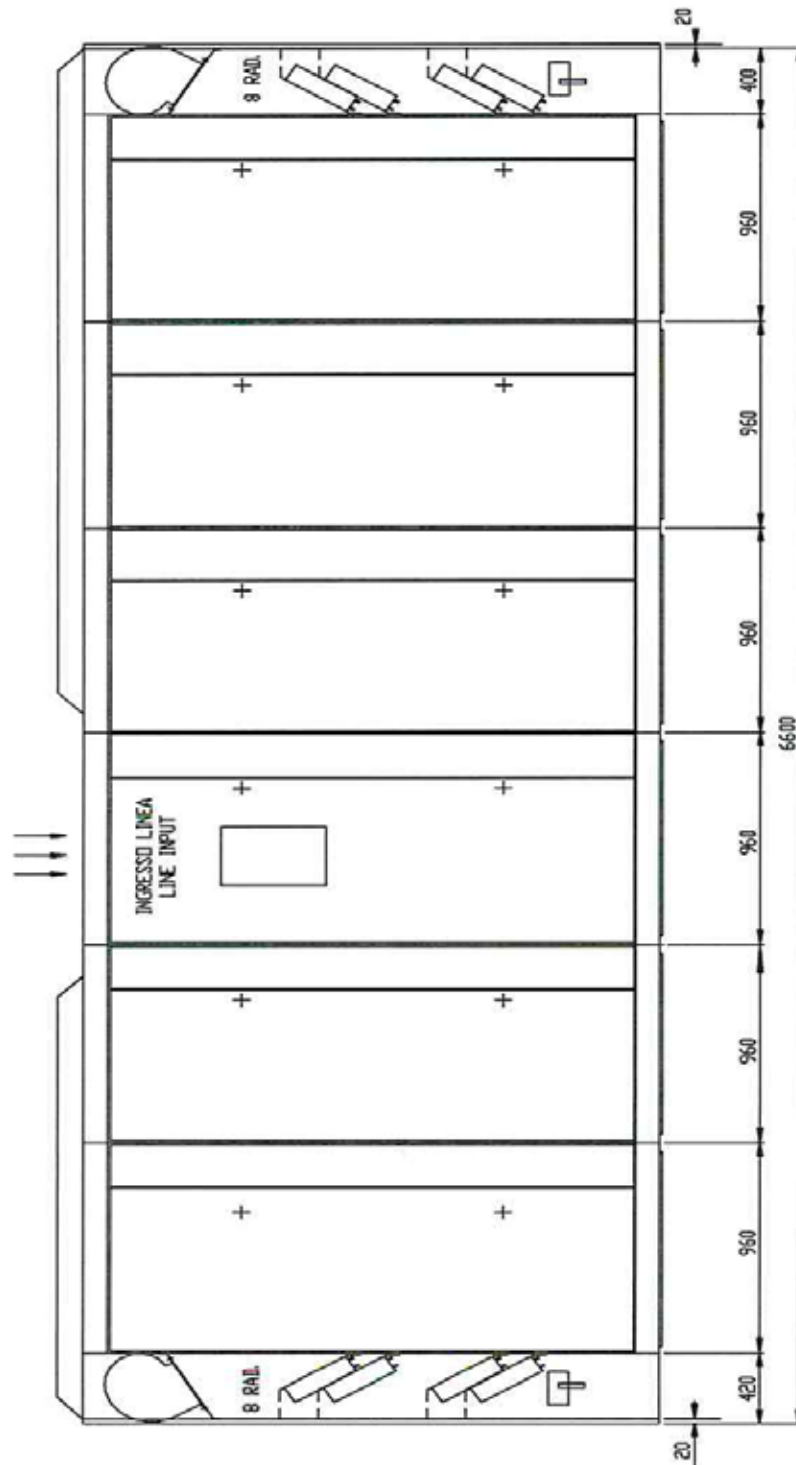


Figura 8: Dimensiones del gabinete de control principal
 Fuente: Planos de la máquina 7001. Cabel (2000)

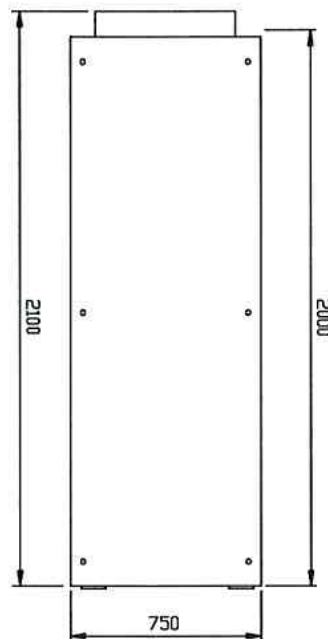


Figura 9: Dimensiones del gabinete de control adicional
 Fuente: Planos de la máquina 7001. Cabel (2000)

Seguidamente, con el fin de obtener información relacionada con el autómata programable instalado, fue necesario recurrir al manual del sistema de los PLC Siemens S5. En el cual se pudo obtener características referentes a los autómatas de esta línea de productos. Así mismo, además de asistir al sitio donde se encuentra instalado el PLC de la máquina, éste también fue ubicado en los planos de la misma, así pues, se pudo determinar las conexiones y los dispositivos que interactúan con el PLC. De este modo, se logró determinar que el PLC en cuestión se encuentra alimentado por una fuente de continua externa de 24 voltios, y el mismo posee 14 módulos de expansión de entradas y salidas con lo que se logra mayor alcance.

En la Figura 10 se puede observar el esquema del autómata programable Siemens S5-95U, conectado a diferentes tipos de módulos de expansión identificados en la figura, seguidamente se muestran tres tablas con información relevante de los dispositivos, tales como las dimensiones físicas del autómata y de sus módulos (Ver Tabla 6) y la capacidad de entradas y salidas de estos (en la Tabla 7 y la Tabla 8).

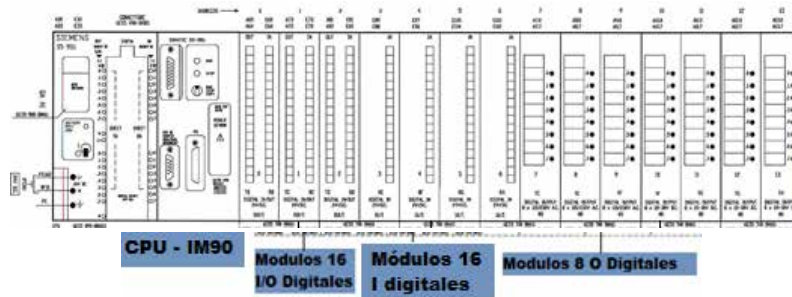


Figura 10: Autómata programable S5-95U – Módulos de expansión I/O
 Fuente: Planos de la máquina 7001. Cabel (2000)

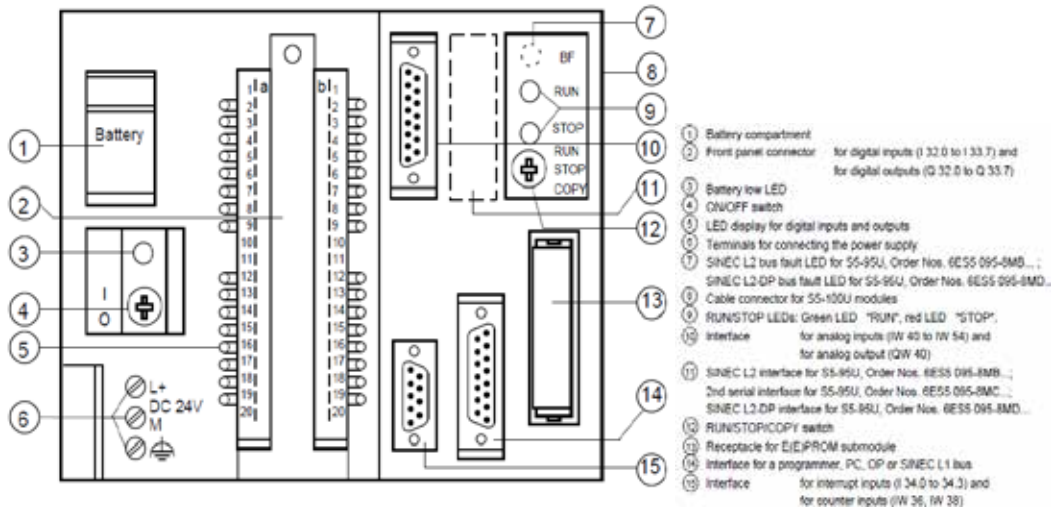


Figura 11: Autómata programable S5-95U
 Fuente: Manual del sistema PLC Siemens S5 (1994)

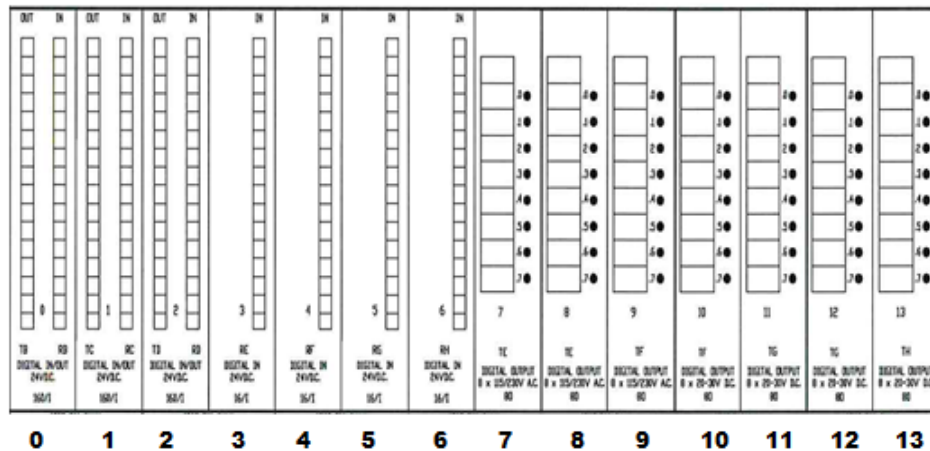


Figura 12: Módulos 6ES5 482-8MA13 / 422-8MA11 / 451-8MD11
 Fuente: Planos de la máquina 7001. Cabel (2000)

Equipo	Ancho	Altura	Profundidad
PLC S5-95U	145 mm	135 mm	146 mm
Módulos 6ES5	45,75 mm	135 mm	137,8 mm

Tabla 6: Dimensiones de PLC y módulos de expansión
Fuente: Manual del Sistema Simatic S5 - Siemens (1994)

Equipo	Descripción
CPU	6ES5 095-8MA23
Batería Auxiliar	6ES5 980-8MA11
Voltaje de Alimentación	24V CC - 115/230 V AC
Rango permitido	20 – 30 V CC
Voltaje de Salidas	V1: 9V DC / V2: 5,2 V DC
Corriente de salidas	V1: 1A / V2: 650mA

Tabla 7: Especificaciones PLC S5-95U – Catalogo Siemens Global (1999)
Fuente: Manual del Sistema Simatic S5 - Siemens (1994)

Entradas / Salidas	Internas	Máximo
Digitales	32	480
Analógicas	9	41
Contadores	2	66
Alarmas	4	4

Tabla 8: Capacidad de entradas y salidas I/O del PLC S5-95U
Fuente: Manual del Sistema Simatic S5 - Siemens (1994)

Nº	Descripción	Cant.	Tipo	Capacidad
0,1,2	6ES5 482-8MA13	3	Entrada/Salida-Digital	16 I/O
3,4,5,6	6ES5 422-8MA11	4	Entrada-Digital	16 I
Del 7 al 13	6ES5 451-8MD11	7	Salida-Digital	8 O

Tabla 9: Módulos de expansión instalados en la trefiladora
Fuente: Manual del Sistema Simatic S5 - Siemens (1994) / Planos de la máquina 7001. Cabel (2000)

Dado que los variadores no son equipos comerciales, se dificultó obtener documentación y manuales mediante otros medios que pudieran respaldar la investigación, sin embargo, la información básica necesaria de los mismos se pudo obtener por medio de los planos y manuales de especificaciones de la máquina 7001. Por esta razón, luego de haber observado las instalaciones del sistema de control, se halló la representación gráfica de los variadores en el plano de la máquina, donde pudo notarse que a pesar de la similitud que presentan las apariencias físicas de cada uno de ellos, lógicamente poseen valores nominales y de trabajo diferentes, ya que están destinados al control de distintos tipos de motores. Así mismo, se pudo obtener información de todos los equipos similares a dichos variadores, involucrados en el sistema de control, encargado de ejecutar funciones en los procesos de alimentación del sistema, recocido y recolección.

Se sigue que, el funcionamiento del sistema parte en la alimentación de un Convertidor Alimentador que recibe un voltaje de 380 V – 60 Hz, el cual cumple con el papel de suministrar energía a todos los variadores de la trefiladora y del recocido, en forma de corrientes y voltajes continuos, es decir, este elemento convierte la corriente alterna de línea en corriente continua. Luego se tiene que los motores de la trefiladora trabajan de forma simultánea, donde cada uno de ellos son regulados mediante su respectivo Inversor, los cuales se encuentran interconectados en serie empezando desde el motor 1 hasta el motor 15, así pues, los mismos cumplen con la tarea de convertir la corriente continua proveniente del Convertidor, a corriente alterna, con el fin de alimentar a los motores descritos en el inicio de este capítulo.

El último de esta serie de inversores (es decir, el inversor del motor 15), emite una señal de mando al sistema de poleas del proceso de recocido, de modo tal que se, comunican los motores de dichos procesos con el fin de hacerlos girar a la misma velocidad del motor maestro, es decir, así pues, el sistema completo de motores de todos los procesos se encuentran conectados entre sí, formando una red de comunicación entre motores. Por otra parte, el proceso de los acumuladores del conductor es independiente, el cual regula la velocidad de entrega del conductor al

recogedor mediante un sistema de control PID, a través de en un sistema de poleas móviles, con lo cual brinda el tiempo necesario al operador de la máquina para sustituir el carrito lleno por otro vacío sin necesidad de detener la máquina y con ello el proceso.

Habiendo dicho lo anterior, es importante mencionar que los motores monofásicos de los acumuladores, se encuentran comandados por un variador marca Siemens, modelo Micromaster.

Con la finalidad de plasmar la información obtenida de manera ordenada, los datos se colocaron en las tablas que se muestran a continuación, donde se puede observar la clase de equipos que posee el sistema, igualmente se añade datos de interés como valores nominales, rangos de trabajo e identificación de los motores vinculados a estos. Así pues, en las Tablas 10 y 11 se pueden observar las especificaciones mencionadas anteriormente, para luego visualizar en las figuras que le siguen, el esquema y apariencia de los equipos en cuestión.

Equipo	Vmin	Vmax	Vnom ac	Inom	Imax
Inversor motores del 1 al 5	500 V	650 V	380 V	66 A	107 A
Inversor motores del 6 al 8				55 A	107 A
Inversor motores del 9 al 11				41 A	54 A
Inversor motores del 12 a 14				22 A	36,2A
Inversor motor 15				97A	107 A
Inversor Recocado				80 A	143 A
Inversor Coiler				80 A	143 A
Inversor Recogedor				143 A	143 A

Tabla 10: Especificaciones de Inversores de máquina 7001

Fuente: Planos de la máquina 7001. Cabel (2000)

Equipo	Voltaje Entrada	Frecuencia
Convertidor Alimentador	380 V	60 Hz
Variador Acumuladores	220 V	60 Hz

Tabla 11: Especificaciones de variadores de máquina 7001

Fuente: Planos de la máquina 7001. Cabel (2000)



Figura 13: Convertidor Alimentador / AC- DC
Fuente: Elaboración propia (2017)



Figura 14: inversores / DC- AC
Fuente: Elaboración propia (2017)

Posteriormente, se consideró el panel de control de la máquina, el cual cuenta con una serie de pulsadores, selectores y paradas de emergencia, además de una pantalla HMI donde se puede visualizar diferentes mensajes y parámetros de trabajo de interés. Así pues, como se dijo anteriormente, el panel cumple con todas sus funciones, es decir, no presenta fallas que representen problemas para el proceso de producción.

Se sigue que, este panel de control se encuentra ubicado junto a la máquina, entre la trefiladora y el recocido, instalada en un cajón metálico de un metro de altura por 600 milímetros de ancho y el mismo es de fácil acceso para los operadores. Sin embargo, a pesar de que este panel cumple con sus funciones básicas, el mismo presenta un deterioro notable debido al uso y el tiempo, por esta razón, en pro de realizar una propuesta de actualización del sistema de control de la máquina, se debe considerar el panel de control como un equipo antiguo que requiere mejoras. En la Figura 15 que se muestra a continuación se puede observar el esquema del panel de control mencionado, el cual fue extraído de los planos de la máquina 7001, utilizado a lo largo de toda esta fase de la investigación.

Finalmente, para culminar la primera fase de esta investigación, la cual se basó en la observación del sistema y en la recolección de información, se muestra un esquema general del proceso, el cual fue extraído de los planos originales de la máquina 7001, donde se puede visualizar de forma un poco más detallada, las instalaciones y las maquinarias involucradas en el proceso de producción. En este esquema se pueden observar las máquinas de trefilado, recocido y recolección, en el mismo orden que estas se encuentran instaladas en la empresa, mostrando así la serie de motores en fila correspondientes a la trefiladora con sus respectivos encoders e inversores, además se puede visualizar que cada motor del proceso cuenta con su respectivo sistema de accionamiento controlado, el cual consiste en un proceso de control de lazo cerrado, donde los equipos involucrados son básicamente el motor con su dispositivo de medición o Encoder, el variador de frecuencia y la alimentación del mismo a través de un convertidor alimentador. Dicho esquema general se muestra a continuación en la Figura 16.

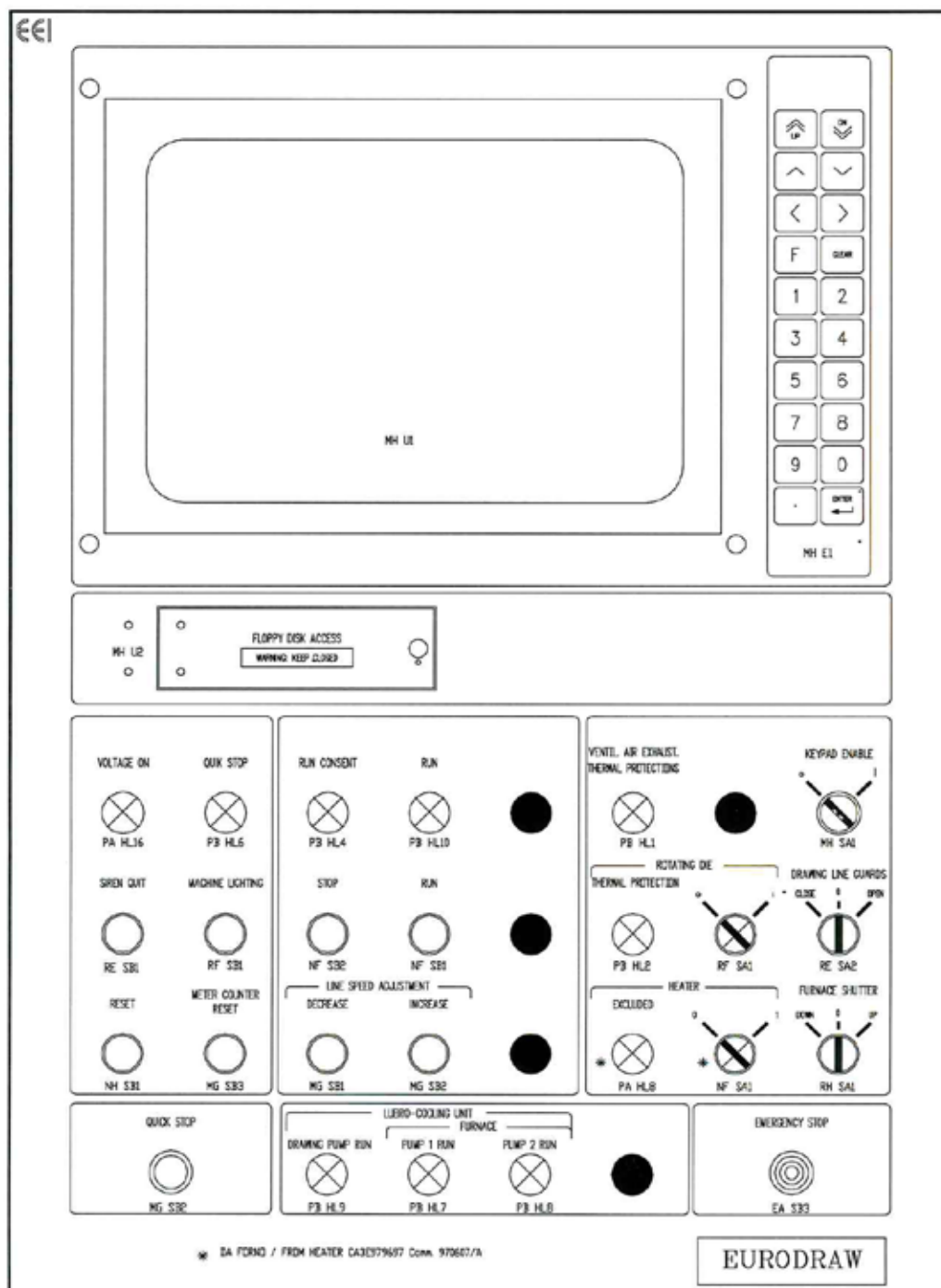


Figura 15: Panel de Control
 Fuente: Planos máquina 7001 (2000)

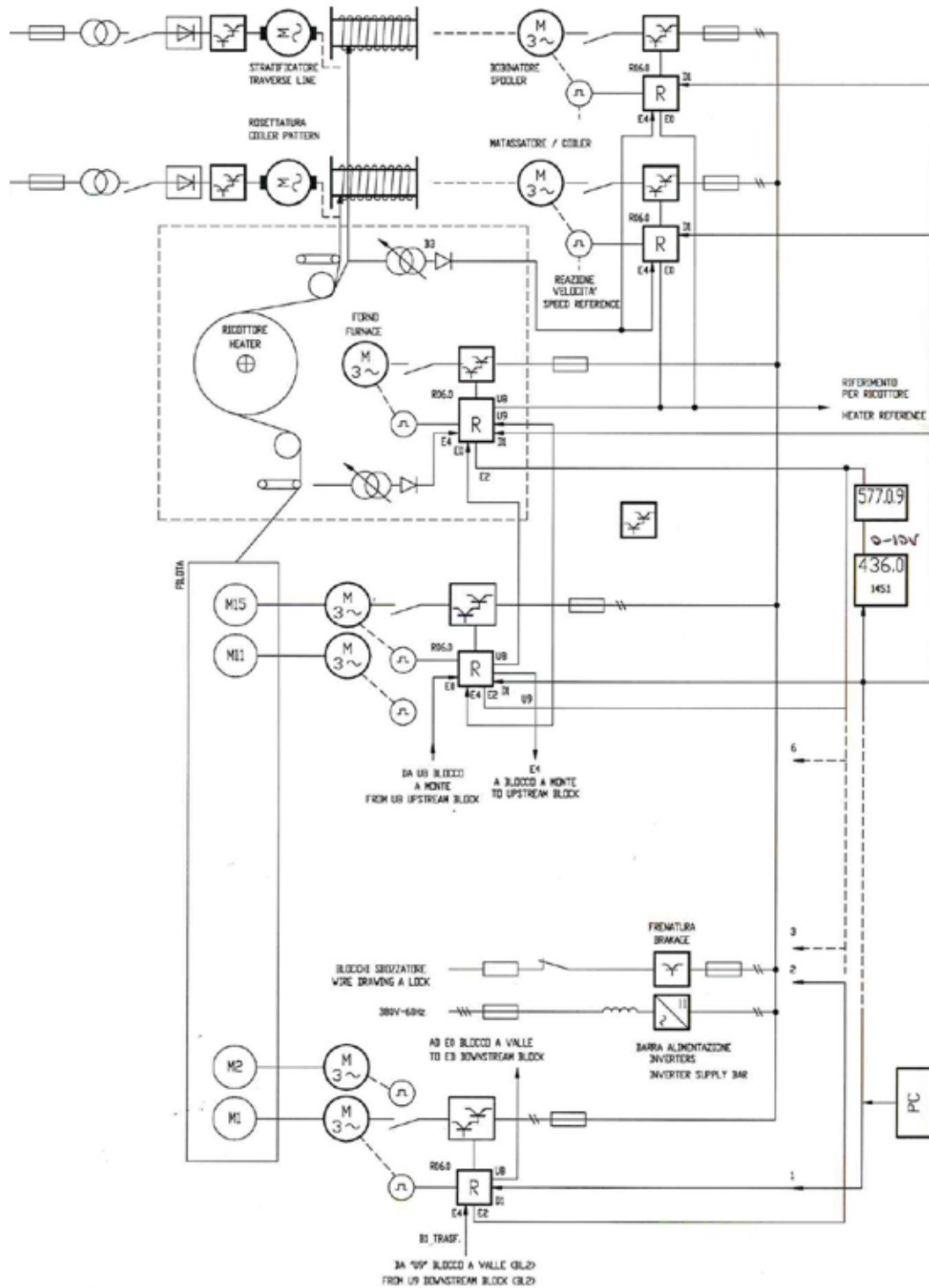


Figura 16: Esquema general
 Fuente: Planos máquina 7001 (2000)

5.2. Determinación de los equipos y tecnologías idóneas para una actualización del sistema de automatización de la trefiladora de cobre.

Después de haber estudiado las condiciones actuales de la trefiladora, se determinó que la máquina posee unidades y dispositivos de automatización desactualizados, considerados en algunos casos como equipos obsoletos por los mismos fabricantes (como lo es el PLC S5-95U). Se sigue que, muchos de los equipos mencionados anteriormente se conservan en buen estado a pesar del tiempo de uso que estos han sido utilizados, sin embargo estos representan un riesgo para el proceso de producción de la máquina, ya que al considerar el desgaste y antigüedad de la maquinaria, dichos equipos son vulnerables a fallas.

Así pues, es evidente que, en caso de presentarse dichas fallas en el sistema de control, surgiría la necesidad de reparar o sustituir los equipos dañados, lo cual se considera un problema, debido a las dificultades que se pueden presentar para la obtención de repuestos o equipos de remplazo de los mismos, y en consecuencia, esto puede llegar a significar una detención temporal del proceso de producción, o en su defecto un funcionamiento parcial del mismo, tal como se puede observar en la actualidad debido a las fallas presentes en los inversores de algunos motores de la trefiladora. Habiendo dicho lo anterior, surge la necesidad de realizar acciones encaminadas en solventar las fallas presentes en el sistema de automatización, y así prevenir posibles escenarios indeseados. Por esta razón nace la idea de elaborar una actualización del sistema de control.

Cabe destacar que el objetivo de la investigación se enfoca en realizar una propuesta de actualización en el sistema de automatización de la trefiladora en cuestión, por lo que en la fase anterior se realizó una revisión detallada del mismo y se determinó el origen de las fallas presentes en la máquina. Del mismo modo se describió el estado actual del sistema de control, resaltando los equipos de mayor importancia que este requiere para trabajar, considerando además, aspectos tales como el estado actual, tiempo de uso, antigüedad y características generales de los mismos. Así pues, las

observaciones descritas en el diagnóstico realizado al comienzo de este capítulo, son los argumentos que respaldan y justifican la sustitución de los equipos mencionados anteriormente. De ahí que, la siguiente tarea que se debe realizar es la selección de equipos y tecnologías actualizadas que cumplan con los requerimientos que este proceso exige.

Para iniciar la selección de equipos, se escogió el autómata programable adecuado al sistema de control actual. Por lo cual, se decidió estudiar la línea de productos Simatic S7 de Siemens, la cual es la sucesora de la línea de productos S5 de dicha marca, donde se pudo observar similitud y compatibilidad entre los software de programación de los autómatas S7-300 y S5-95U. En consecuencia, es importante tener en cuenta que el PLC S7-300 es comandado por el software de programación Step7 el cual contiene conceptos nuevos, y diferentes métodos de implementación de funciones con respecto al software Step5 (utilizado en el antiguo PLC). Así pues, Step7 posee características que benefician a los usuarios, ya que el mismo fue diseñado bajo un concepto de estandarización que integra todos los componentes de software y hardware en un único sistema.

De igual manera, este software, en lo que respecta al lenguaje de programación del mismo, cumple con la norma IEC 1131 (International Electrotechnical Commissioning), donde se busca generalizar el lenguaje de programación de los controladores programables de diferentes marcas a nivel mundial. Finalmente, conviene destacar que el Step7 es compatible en gran medida con el software de programación del PLC que se desea reemplazar en el sistema de control de la máquina, lo cual es una característica importante a considerar si se quiere realizar la migración del autómata.

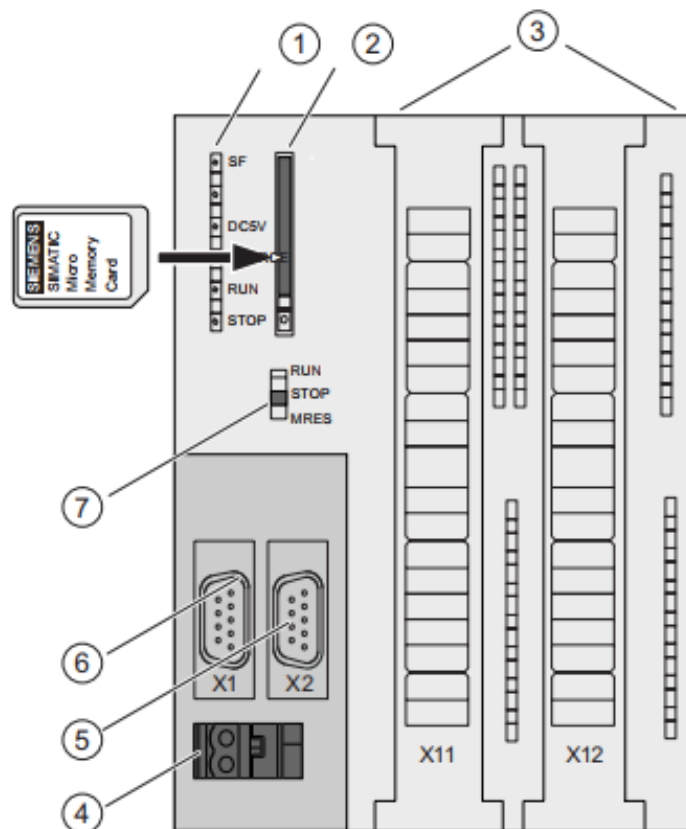
Adicional a las características descritas anteriormente acerca del Step7, se debe mencionar un atributo con el que cuenta este software de programación, el cual resulta de gran utilidad para los requerimientos de esta investigación. Pues bien, se ha hablado de similitud y compatibilidad entre ambos software (Step5 y Step7), y esto se debe a que el Step7 ofrece un procedimiento mediante el cual es posible convertir y adaptar

los programas diseñados en Step5, de modo tal, que dichos programas puedan destinarse al control de procesos industriales a través de autómatas programables de la línea S7 de Siemens, es decir, los programas diseñados en Step5 pueden convertirse y ser utilizados en Step7.

Por esta razón, resulta conveniente seleccionar el PLC S7-300 como equipo de remplazo para la actualización que se quiere proponer, ya que este es una versión actualizada y mejorada del PLC instalado en el sistema de control actual, siendo así compatible al proceso, y además permite hacer uso del programas ya elaborados destinados a el proceso de producción de la trefiladora, con lo cual se simplificaría el proceso de migración del PLC y se reduce el tiempo de trabajo que requiere el estudio y diseño del nuevo programa en un software diferente.

En definitiva, el autómata programable seleccionado para este proyecto es el PLC Siemens S7-300 (CPU 313C-2DP), el cual debe ser alimentado con 24 V de corriente continua, contiene dieciséis entradas y dieciséis salidas digitales, una micro memory card que sirve para guardar y almacenar datos del sistema (tales como configuración, enlaces y parámetros del módulo entre otros), y además ofrece la posibilidad de expansión de hasta treinta y dos módulos de ampliación, los cuales pueden ser instalados para realizar la conexión de las entradas y salidas del autómata que se desea sustituir. Además, el mismo cuenta con una periferia descentralizada en su CPU, es decir, este permite enlazar al PLC con los elementos de la maquina mediante un bus de datos, con lo cual se puede transmitir información de una forma rápida y eficaz.

A continuación, en la Figura 17 se puede observar una representación gráfica del aspecto físico del autómata S7-300 y se especifica además las partes integradas al mismo. Luego se realizó una serie de tablas con datos de interés de diferente manuales de uso e instalación de Siemens, tales características se organizan para reflejar información importante de los equipos, como lo son; las valores nominales de alimentación y la capacidad de entradas y salidas tanto del autómata programable.



- | Cífra | Denominación |
|-------|---|
| ① | Indicadores de estado y error |
| ② | Ranura de la Micro Memory Card SIMATIC con expulsor |
| ③ | Conexiones de las entradas y salidas integradas. |
| ④ | Conexión para la fuente de alimentación |
| ⑤ | 2. interfaz X2 (PtP o DP) |
| ⑥ | 1. interfaz X1 (MPI) |
| ⑦ | Selector de modo |

Figura 17: Imagen de PLC S7-300 CPU313C-2DP

Fuente: Manual de Datos Técnicos Productos Simatic – Siemens (2008)

Equipo	Ancho	Altura	Profundidad
PLC S7-300	160 mm	125 mm	130 mm
Módulos SM3	40 mm	125 mm	130 mm

Tabla 12: Dimensiones de PLC Siemens S7-300 y módulos SM3

Fuente: Manual de Configuración Simatic S7-300 (2006)

Descripción	Característica
CPU	CPU 313C-2DP
Voltaje de Alimentación	24 V DC
Rango Permitido	20,4 a 28,8 V
Entradas Digitales	16
Salidas Digitales	16

Tabla 13: Características de CPU 313C-2DP

Fuente: Material Curso de Programación de PLC Siemens S7-300 – Prodefain (2017)

Equipo	Cantidad	Descripción
Fuente de Alimentación	1	PS307; 5 A
Módulo de Interfaz	1	IM 365
Tarjeta de Memoria	1	MC x 8MB
Módulo de Ampliación	2	SM 321 DI32XDC24V
Módulo de Ampliación	2	SM 322 DO32XDC24V
Módulo de Ampliación	8	SM 323 DI8/DO8 X24V/0,5A
Módulo de Ampliación	2	SM 335 AI4/AO4X14/12Bit

Tabla 14: Equipos auxiliares del CPU 313C-2DP

Fuente: Manual de Configuración Simatic S7-300 (2006)

Luego de realizar la elección del autómatas programable, se deben seleccionar los equipos de accionamiento electrónico que formaran parte del sistema que se quiere actualizar, para lo cual debe tomarse en cuenta la información plasmada en la fase anterior (Ver Tabla 4 y Tabla 5), donde se mencionan las especificaciones de los motores que trabajan en el proceso de producción. En pro de realizar la selección apropiada de los variadores de velocidad que se encargan del accionamiento de los motores instalados en la maquina 7001, es conveniente destacar que la familia de variadores Sinamics, es la línea de productos de Siemens destinada a los equipos de control y accionamiento de motores, la cual posee la capacidad de manejar motores sincrónicos y de inducción bajo diferentes modos de operación.

Así mismo, esta línea de productos está diseñada de forma tal que la comunicación entre los variadores y el autómata programable S7-300 resulte una tarea fácil ya que, al igual que el PLC mencionado, estos variadores cuentan con la capacidad de uso del protocolo de comunicación Profibus, con lo que se reduce la cantidad de cables necesarios presentes en las instalaciones y se simplifica la interconexión entre equipos. De igual manera, los equipos de Sinamics cuentan con una interfaz de alto rendimiento (denominado DRIVE-CLIQ), que admite el intercambio de datos simples entre el variador de frecuencia y los componentes de medición como lo son los encoders, haciendo posible así el control efectivo de los motores a través de estos sofisticados elementos de control.

Es evidente que si se incorporan equipos Sinamics en el sistema de control de la máquina, los mismos serían compatibles en gran medida con el proceso, pues bien, se sabe que tanto los mecanismos de accionamiento como los equipos de control son de la marca Siemens, así mismo, los dispositivos de medición o encoders y los motores presentes en este proceso de trefilado, son de la misma marca, por lo que el funcionamiento de la programación que gobierna todos los elementos primordiales del proceso que se requiere para el control de los motores eléctricos puede relacionarse. Sin embargo, esto no quiere decir que los equipos de Siemens que se proponen instalar a través de esta investigación, sean incompatibles con productos de otros fabricantes, ya que los mismos cumplen con estándares y protocolos universales que le permiten a estas maquinarias interactuar correctamente con tecnologías que cumplan con dichas normas.

Cabe destacar que para la selección de equipos de accionamiento, los valores de potencia, frecuencia y corriente nominal de trabajo (tanto de los motores como de los variadores), son datos importantes e indispensables, sin embargo, para escoger un variador de frecuencia hay que considerar otros aspectos de los motores que se desean controlar, es por esta razón que se tiene que conocer el papel que desempeña cada uno de los motores en el proceso que establece la máquina, para posteriormente determinar las funciones que debe ejecutar los equipos de accionamiento y así realizar la selección

adecuada al proceso. Ahora bien, se conoce que los motores que operan en la maquina 7001, son básicamente los correspondientes a los procesos esenciales detallados en la fase anterior, los cuales son el bobinado, el recocido y el trefilado.

Así pues, es preciso hacer uso de un variador para cada uno de los motores, es decir, es necesario aplicar dos variadores de iguales características para los motores del recocido y el Coiler, los cuales operan a través de un proceso de control de resistencia variable que regula la velocidad del sistema a través de una referencia de velocidad establecida en el variador del Coiler. Así mismo, para controlar los motores del recogedor y del motor quince de la trefiladora, es conveniente utilizar dos variadores con diferentes características de trabajo que permitan cumplir las condiciones y tareas requeridas para ellos. De igual forma, en la serie de los catorce motores involucrados en el sistema de la trefiladora, es necesario implementar catorce variadores para el control de cada uno de los motores en cuestión, los cuales varían dependiendo de las especificaciones de los mismos y de los tipos de control que cada uno de ellos requiera.

Aunque los variadores mencionados hasta ahora tienen distintas características de placa y de operación, estos poseen un rasgo común entre ellos, ya que todos reciben energía de corriente continua y la transforman a energía alterna destinada a la alimentación de los motores. Por esta razón, es necesario aclarar que la energía entregada a los variadores en cuestión (Denominados inversores según lo establecido en el Marco Teórico), proviene de un convertidor alimentador que suministra corriente DC a la mayoría los variadores instalados en el sistema. Este convertidor recibe energía de línea alterna de 380 V a 60 Hz, la cual es transformada mediante un proceso de rectificación a través de dispositivos de potencia capaces de realizar una serie de conmutaciones que hacen posible dicha transformación de la energía alterna.

Por otra parte, el proceso de bobinado (ya sea a través del Coiler o del recogedor) es antecedido por un sistema de acumulación del conductor, a través de máquinas denominadas acumuladores, los cuales funcionan con motores monofásicos alimentados con un voltaje nominal de 220 V, y los mismos requieren del uso de variadores de velocidad para funcionar adecuadamente, mediante un proceso de control

PID. Habiendo dicho lo anterior acerca de los variadores que requiere el sistema de control, y considerando las ventajas que brindan los equipos de accionamiento Sinamics para esta investigación, se procedió a estudiar esta línea de productos y se realizó la selección deseada, en base al alcance que tienen estos dispositivos de la marca Siemens. De igual modo, se tomó en cuenta los componentes adicionales a los variadores de velocidad que tales como sistema de frenado, conectores de alimentación y módulos de comunicación DRIVE-CLIQ. A continuación se muestra la lista de equipos de accionamiento escogidos.

Descripción	Cant	Potencia	Corriente	Equipo	Referencia
Módulo de línea AC-DC	1	560 kW	1250 A	Convertidor Alimentador	6SL3330-1TE41-2AA3
Módulo Motor Sinamics	2	71 kW	130 A	Eje 15 y Recogedor	6SL3120-1TE31-3AA3
Módulo Motor Sinamics	7	46 kW	85 A	Ejes 1- 5, Coiler y Recocido	6SL3120-1TE31-3AA3
Módulo Motor Sinamics	3	32 kW	60 A	Ejes 6, 7, 8	6SL3120-1TE26-0AA3
Módulo Motor Sinamics	3	24 kW	45 A	Ejes 9, 10, 11	6SL3120-1TE24-5AA3
Módulo Motor Sinamics	3	16 kW	30 A	Ejes 12, 13, 14	6SL3120-1TE23-0AA3
Módulo de Control CU320-2DP	3			Recogedor, Coiler y Recocido	6SL3040-1MA0-0AA0
Módulo de Poder G120	2	1,5 kW		Acumuladores	6SL3224-0BE21-*****
Módulo de Control CU240-2DP	2			Acumuladores	6SL3244-0BB00-*****
Panel de Operador Básico	2			Recogedor y Coiler	6SL3055-1TE41-2AA3
Conector de Alimentación	16			Ejes 1- 15 y Recocido	6SL31622MA00-0AA0
Módulo de Sensor (DRIVE-CLIQ)	18			Encoders e Inversores	6SL3055-0AA00-0AA0
Módulo de Unidad de Frenado	1	1,5 kW		Módulo de frenado	6SL3100-1AE31-0AA0
Unidad de Resistencia	1	1,5 kW		Resistencia de frenado (Entrada)	6SL3100-1BE31-0AA0

Tabla 15: Equipos de Accionamiento Sinamics

Fuente: Manual de productos Sinamics S120 (2009) – Pág. Web Siemens (2018).

Considerando que tanto los motores como los encoders instalados en la máquina 7001 son equipos robustos a los cuales se les ha realizado un mantenimiento preventivo constante, se decidió que estos permanecerán en el sistema, es decir, no es necesario reemplazarlos por equipos nuevos. Así mismo, contando con el espacio suficiente en el gabinete de control para realizar las instalaciones propuestas en esta investigación, en dicho gabinete tampoco se deben realizar cambios. Por esta razón, se concluye esta fase, la cual va dirigida a la selección de equipos de reemplazo para el sistema de automatización, con la selección del panel de control, con el cual se realiza el interfaz humano-máquina en el proceso de producción.

La marca Siemens ha diseñado una serie de productos que incluye el panel de operador conocido como Multi Panel MP 277, el cual funciona con un sistema operativo estándar de Windows (Windows CE 5.0). Los paneles de operador brindan la amplia posibilidad de comunicación entre los equipos que trabajan dentro del lazo de control cerrado correspondiente al proceso de producción, y además permite visualizar dicho proceso con sus respectivos valores de interés, en una pantalla táctil capaz de enviar instrucciones al sistema de control de forma manual.

Una característica importante de esta tecnología es su capacidad de comunicación, ya que la misma tiene la posibilidad de conectarse al sistema mediante diferentes medios. Este panel de control contiene interfaces Profibus y Ethernet, además el operador cuenta con Internet Explorer instalado. Para la configuración y adecuación del proceso que se desea programar, es necesario hacer uso del sistema de supervisión WINCC, el cual es un programa ejecutable en el sistema operativo de Windows, que permite la visualización y manejo de diferentes procesos industriales. El uso de WINCC en el sistema de automatización referido a lo largo de la investigación, se acopla de manera positiva, ya que este programa ejecutable fue diseñado para trabajar en conjunto con la línea de productos Simatic, así pues, se dijo que la selección de autómatas programables es un S7-300, el cual pertenece a dicha línea de productos, y pueden interactuar entre ellos mediante la interfaz de comunicación Profibus.

Es por ello que el panel de operador seleccionado para esta propuesta será el Multi Panel MP 277 de la marca Siemens. A continuación en la Figura 18 se puede observar la representación gráfica del panel de control táctil MP 277 de Siemens, con todos sus puertos de conexión e indicando las partes más importantes del mismo. Este dispositivo debe alimentarse con 24 voltios de corriente continua. Del mismo modo, en la figura 19 se puede observar las dimensiones expresadas en milímetros del equipo en cuestión.

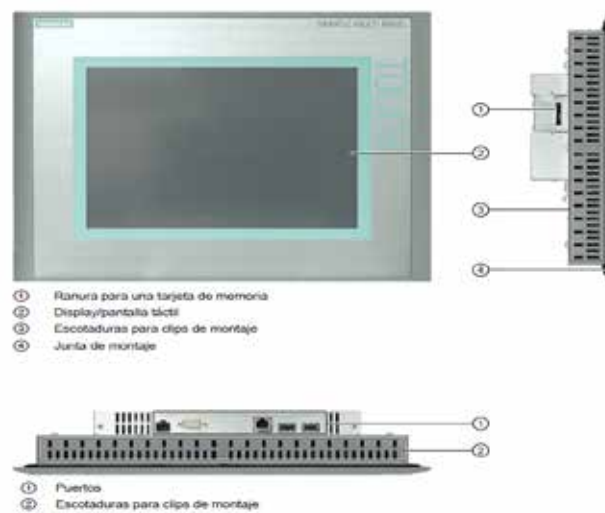


Figura 18: Imagen de Panel de operador HMI MP 277 touch 10"
 Fuente: Manual de instrucciones Panel MP 277 Simatic – Siemens (2014)

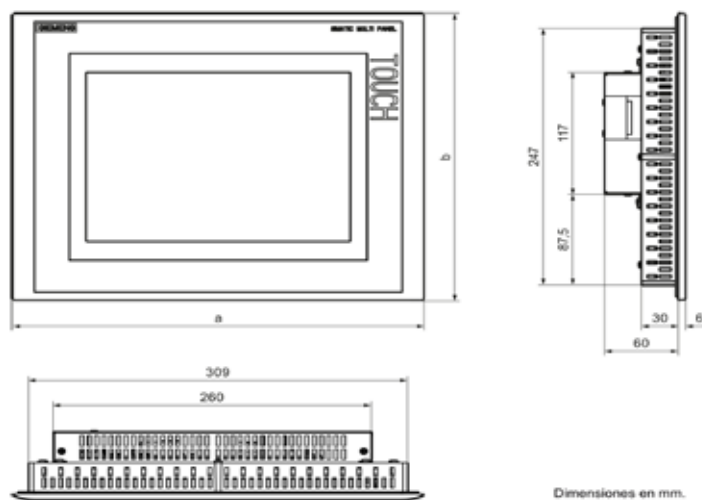


Figura 19: Croquis Acotado de Panel de operador HMI
 Fuente: Manual de instrucciones Panel MP 277 Simatic – Siemens (2014)

5.3. Análisis de la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta

En esta tercera fase de la investigación se realizó un análisis de factibilidad del proyecto que se desea proponer. Para dicho análisis se debe tomar en consideración los aspectos técnicos, operativos y económicos, los cuales pueden representar los argumentos necesarios que justifiquen la aplicación del proyecto. Así pues, en esta fase se determina si la propuesta de actualizar el sistema de control de la máquina es viable para la empresa. A continuación se presentan los análisis de cada uno de estos aspectos.

5.3.1. Factibilidad técnica

Con el fin de determinar la factibilidad técnica se muestran las especificaciones de cada uno de los dispositivos necesarios para la actualización propuesta. Como punto de partida se tomaron los datos técnicos del PLC Siemens S7-300 seleccionado, obtenidos del manual del fabricante. Esto se realiza con el fin de destacar que, los datos del nuevo autómatas cumplen con los requerimientos basados en las especificaciones técnicas del sistema del control previamente existente en el proceso. A continuación se muestra (en la Tabla 14) las especificaciones técnicas del PLC que se desea emplear.

Característica	Especificación
Fuente de alimentación	120V /230 V AC
Hardware de programación	Administrador Simatic - Step7
Puertos de comunicación	Conexión sub-miniatura 9 polos
E/S de expansión	Hasta 31 módulos, en cualquier combinación Entradas /Salidas Analógicas y Digitales
Entradas y salidas	16 entradas y 16 salidas digitales (a Relé), a 24 VDC
Temperatura de operación	+0°C a +55°C ambiente
Humedad	5% a 95% humedad relativa
Protección	IP20
Protocolo de comunicación	MPI – Profibus - Puerto maestro/esclavo
Lenguajes de programación	Lenguaje de contactos (LD) Lista de instrucciones (AWL) Diagrama de bloques funcionales (FUP) GRAPH - HiGraph

Tabla 16: Especificaciones técnicas PLC Siemens S7-300
Fuente: Guía para facilitar la transición de PLS Siemens S5 a S7 (2006)

Anteriormente se especificó las dimensiones de los autómatas programables involucrados en el proyecto, de igual forma se mencionó que, adicionalmente existe un espacio libre en el gabinete de control, en el cual se puede disponer del espacio necesario para la instalación del PLC S7-300. Además, dado que tanto el autómata S7-300 como los equipos de accionamiento trabajan con el protocolo de comunicación Profibus se podrá ahorrar espacio en cables y módulos de expansión, dado que el sistema instalado en la actualidad no cuenta con este tipo de comunicación. Por otra parte, se tiene instalado un armario eléctrico que fue fabricado y diseñado bajo la norma EN 602041, referida a la seguridad y protección de las máquinas, así pues, dicho gabinete cuenta con suministros auxiliares de 120 y 230 V de alterna, y 24 V dc. De igual modo, el armario eléctrico está equipado para una mantener la una temperatura de la sala a un máximo de 50°C.

Adicional a esto el sistema cuenta con el acceso a tres fases de alimentación de 380 V a 60 Hz. Por la parte de los variadores de frecuencia que se desean remplazar, es necesario partir por el convertidor encargado de transformar la energía de alterna a continua, y a su vez suministrar todos los variadores que requieren ser alimentados con energía dc, así pues, luego de pasar por el sistema de protección adecuado este equipo es conectado a la línea de 380 V a 60 Hz, y mediante un proceso de rectificación el mismo es capaz de suministrar energía a gran parte del sistema de accionamiento de la máquina. Para ello en la fase anterior se seleccionó el dispositivo de conmutación adecuado para realizar esta tarea, e igualmente se realizó una lista de equipos necesarios para comandar el proceso de producción, los cuales cumplen los requisitos necesarios para la incorporación de los mismos al sistema de automatización..

También es importante acotar que, a diferencia de los equipos mencionados previamente, los variadores que controlan los motores de los acumuladores requieren de una alimentación de 220 V a 60Hz, lo cual no representa dificultades ya que el gabinete de control instalado cuenta con este requerimiento. A continuación se puede observar datos de soporte técnico referente a los variadores de velocidad que se escogieron en la fase anterior.

Descripción	Voltaje (Entrada)	Voltaje y corriente (Salida)	Longitud / Altura / Profundidad	Ref.	Equipo
Módulo de línea AC-DC	3 fases 380-480 V 60 Hz	650 V dc	79 cm / 185 cm / 117 cm	1TE41 2AA3	Convertidor Alimentador
Módulo Motor Sinamics	600 V dc	3 fases 400 V-130 A	41 cm / 36 cm / 56 cm	1TE28 5AA3	Eje 15 y Recogedor
Módulo Motor Sinamics	600 V dc	3 fases 400 V-85 A	41 cm / 36 cm / 56 cm	1TE28 5AA3	Ejes 1- 5, Coiler y Recocido
Módulo Motor Sinamics	600 V dc	3 fases 400 V-60 A	15 cm / 48 cm / 28 cm	1TE26 0AA3	Ejes 6, 7, 8
Módulo Motor Sinamics	600 V dc	3 fases 400 V-45 A	28 cm / 41 cm / 58cm	1TE24 5AA3	Ejes 9, 10, 11
Módulo Motor Sinamics	600 V dc	3 fases 400 V-30 A	10 cm / 36 cm / 56cm	1TE23 0AA3	Ejes 12, 13, 14
Módulo de Control CU320-2DP	24 V dc		7,3 cm / 19,9 cm / 46 cm	1MA0 0AA0	Recogedor, Coiler y Recocido
Módulo de Poder G120	240 V 60 Hz	240 V 60Hz	65 cm / 34 cm / 46 cm	1TE41 2AA3	Acumuladores
Módulo de Control CU240-2DP	24 V dc		7,3 cm / 19,9 cm / 46 cm	3244 0BB0	Acumuladores

Tabla 17: Especificaciones técnicas variadores Sinamics

Fuente: Pág. Web soporte técnico Siemens (2018)

Conociendo los datos técnicos de los equipos de accionamiento escogidos, es de notar que los mismos se adecúan al sistema, ya que la selección de los mismos se basó en las especificaciones de los motores que se encuentran instalados en la máquina, así pues, también se puede observar que el gabinete de control posee los medios de alimentación eléctrica que requieren estos dispositivos para su funcionamiento. Por

otra parte, dado que los variadores de velocidad que se quieren remplazar, ocupan un espacio que puede ser aprovechado con la maquinaria nueva, el área dentro del gabinete de control disponible no es un inconveniente, ya que el mismo tiene espacio suficiente para que los nuevos equipos sean instalados. Otro equipo electrónico que resulta importante en esta actualización del sistema de control HMI de la máquina, es el nuevo panel de control de pantalla táctil de la marca Siemens, el cual será incorporado para permitir la interacción entre el humano y la máquina.

En consecuencia, se debió estudiar el escenario que implica la instalación de este equipo en el sistema. Por ello se debe tomar en cuenta, principalmente el área disponible para la instalación de este panel, así pues, ya se sabe que la máquina posee un panel de control que consta de una serie de pulsadores y luces pilotos, además de una pantalla donde se puede visualizar parámetro de interés. Este espacio se puede aprovechar para la incorporación de este equipo, en donde se debe habilitar los cables de comunicación del panel con el sistema. En este mismo orden de ideas, se debe saber que la configuración y la programación de la pantalla HMI se debe hacer mediante un software de programación llamado WinCC, y el mismo es compatible en gran medida con los equipos de Siemens que se proponen agregar al sistema.

Habiendo dicho lo anterior, se puede observar que la propuesta de actualización del sistema de automatización es viable desde el punto de vista técnico, ya que el sistema de control instalado cuenta con los requerimientos de espacio y de alimentación. Además tiene la capacidad de comunicación entre los equipos y dispositivos de control que se quieren instalar, por lo que, se tiene un proyecto factible desde el punto de vista técnico.

5.3.2. Factibilidad operativa

La implementación de este proyecto implica la instalación de un panel de control táctil que sirve de interfaz humano-máquina a través de una pantalla HMI, con el cual, los operadores podrán contar con una herramienta diseñada para el monitoreo y control de los procesos industriales. Así pues, con el uso de este equipo el operador

puede dirigir las tareas que se deben ejecutar, al mismo tiempo que se puede visualizar mensajes e instrucciones enfocadas en realizar un buen uso de los equipos involucrados en proceso de trefilado, igualmente se pueden detectar errores en el mismo, por medio de la activación de alarmas de emergencias las cuales pueden orientar a los técnicos e ingenieros en su labor de solventar las fallas de la máquina.

Por parte, al incorporar los variadores de velocidad propuestos en la fase anterior, se solucionarían los inconvenientes presentes en el proceso de trefilado, así pues, al sustituir los equipos de accionamientos expuestos anteriormente sería posible poner en funcionamiento los motores de la máquina que se encuentran inoperativos, mejorando así el plan de trabajo de los operadores y evitando todas las consecuencias negativas que desencadenan a causa de esta situación problemática. Por las razones mencionadas anteriormente, y considerando los inconvenientes generados en el proceso de producción en cuestión a causa del mal funcionamiento de algunos equipos instalados en el sistema de control, se puede decir que la propuesta de actualización del sistema de automatización estudiado en este proyecto, es factible desde el punto de vista operativo, ya que el mismo está enfocado en mejorar las condiciones de trabajo del personal.

5.3.2. Factibilidad económica

En este punto de la investigación se realizó un análisis económico del proyecto propuesto. En pro de ello, se solicitó un presupuesto de los equipos seleccionados para la actualización del sistema. Posteriormente se determinó el costo de una máquina trefiladora similar a la estudiada en dicho proyecto, con el fin de conocer la cantidad de dinero que se requiere para reemplazar la máquina por una nueva, para luego comparar ambas sumas y determinar si la propuesta de actualización del sistema de automatización es un proyecto factible para la empresa desde el punto de vista económico. Adicionalmente, se determinó la capacidad de producción de la máquina estudiada, y se ubicó el valor tanto de la materia prima como del conductor procesado,

para luego determinar tiempo requerido, en el que esta máquina puede reponer la inversión necesaria para implementar este proyecto.

La Tabla 15, se puede observar el costo de los equipos seleccionados para realizar la propuesta deseada. Cabe destacar que el presupuesto de los equipos en cuestión fue suministrado la empresa distribuidora de equipos y maquinarias industriales llamada Euroalpha Drawing Machines para la empresa Interamericana de Cables Venezuela, S.A. (CABEL). Todos los precios expuestos en la tabla están expresados en dólares norteamericanos.

Descripción	Cant	Equipo	Referencia	Unidad	Costo
Módulo de línea AC-DC	1	Convertidor Alimentador	6SL3330-1TE41-2AA3	9282,1	9.282,1
Módulo Motor Sinamics	2	Eje 15 y Recogedor	6SL3120-1TE31-3AA3	5228,4	10.458,8
Módulo Motor Sinamics	7	Ejes 1- 5, Coiler y Recocido	6SL3120-1TE31-3AA3	4034,7	28.242,9
Módulo Motor Sinamics	3	Ejes 6, 7, 8	6SL3120-1TE26-0AA3	3154,4	9.463,2
Módulo Motor Sinamics	3	Ejes 9, 10, 11	6SL3120-1TE24-5AA3	2483,7	7.451,1
Módulo Motor Sinamics	3	Ejes 12, 13, 14	6SL3120-1TE23-0AA3	1708,2	5.124,4
Módulo de Control CU320-2DP	3	Eje 15, Coiler y Recocido	6SL3040-1MA0-0AA0	469,5	1.408,5
Módulo de Poder G120	2	Acumuladores	6SL3224-0BE21-*****	261,9	523,8
Módulo de Control CU240-2DP	2	Acumuladores	6SL3244-0BB00-*****	170,6	341,2
Panel de Operador Básico	2	Recogedor y Coiler	6SL3055-1TE41-2AA3	25,1	50,2
Conector de Alimentación	16	Ejes 1- 15 y Recocido	6SL31622MA00-0AA0	30,5	488,0
Módulo de Sensor (DRIVE-CLIQ)	18	Encoders e Inversores	6SL3055-0AA00-0AA0	155,1	2.791,8
Módulo de Unidad de Frenado	1	Módulo de frenado	6SL3100-1AE31-0AA0	459,5	458,5
Unidad de Resistencia	1	Resistencia de frenado (Entrada)	6SL3100-1BE31-0AA0	381,5	381,5
TOTAL					76.466,0

Tabla 18: Costos equipos de accionamiento
Fuente: Euroalpha Drawing Machines (2017)

Por otra parte, el precio del PLC Siemens S7-300 y los módulos requeridos para el control del proceso de trefilado, fue solicitado a la misma empresa mencionada anteriormente. De igual forma se pidió el costo del panel de control táctil Siemens MP227 de 10 pulgadas. Dichos precios se muestran a continuación en la Tabla 16.

Descripción	Equipo	Cant	Unidad	Costo
PLC Siemens S7-300	CPU 313-2DP	1	1200,0	1200,0
	Micro Memory Card	1	387,8	387,8
	Módulo SM 321 DI32XDC24V	3	699,0	2097,0
	Módulo SM 322 DO32XDC24V	3	678,5	2035,5
	Riel	0	0	0
	Cable Profibus / metro	5 m	7	35
	Conectores Profibus	1	10	10
Panel Touch Siemens MP 277 10		1	1640,0	1640,0
TOTAL				7405,3

Tabla 19: Costos equipos de control y monitoreo
Fuente: Euroalpha Drawing Machines (2017)

Así pues, se determinó que la adquisición de equipos requeridos para la implementación de la propuesta estudiada en esta investigación tiene un costo total de 83.871,3 dólares norteamericanos. Por otra parte, se debe considerar que el gabinete de control instalado actualmente en la maquina cuenta con carretes, cableado y accesorios que pueden ser reutilizados en el proyecto de actualización planteado. Sin embargo es recomendable cablear el sistema con cables nuevos, para lo cual habría que desconectar y reorganizar todos los elementos que conforman a este.

Es importante considerar que la empresa cuenta con un equipo de trabajo integrado por ingenieros y técnicos que cuentan con la capacitación académica y la experiencia laboral necesaria para la ejecución de los procesos de desconexión, montaje y puesta en marcha requeridos para este proyecto, por lo tanto el costo demandado para la instalación e implementación de esta propuesta no se sumará a los costos de inversión en el presente estudio económico, pues bien la empresa posee el

capital humano requerido para cumplir con los requerimientos de este proyecto. De ahí que el costo de inversión que se necesita para este proyecto viene dado por los costos de los equipos nuevos que se desean implementar, más un monto extra de aproximadamente 600 dólares (Monto estimado por la empresa) para cubrir los costos de cableado para la alimentación y comunicación entre equipos, dando así la cantidad de 84.471,3 dólares, como monto de inversión necesario para implementar la propuesta de actualización del sistema.

Ya establecido el monto de la inversión necesaria, se solicitó a la empresa CANDID C.O. la cotización de una máquina trefiladora de cobre nueva, con características similares a la máquina de la empresa. Así pues se determinó que remplazar la máquina en cuestión por una nueva costaría 384.200,00 dólares, sin contar gastos adicionales de traslado, seguros e impuestos. De este modo, el la inversión necesaria para implementar esta propuesta representa el 21,99% del costo de la máquina nueva. Así pues, es factible económicamente la propuesta planteada si se toma en cuenta la opción de remplazo. Por otra parte, es sabido que de solventar las fallas ya conocidas, podrían funcionar todos los motores de la trefiladora al mismo tiempo, y así la máquina tendría la capacidad de procesar 18 toneladas de alambión de cobre en un día.

Tomando en cuenta que la tonelada de alambión de cobre de 8 mm de diámetro se encuentra en el mercado a un precio de 4.000 dólares, por otra parte el conductor de cobre de 2,05 mm (el cual es el producto final que procesa la máquina trefiladora en cuestión), está valorado en el mercado en 4.025,7 dólares por tonelada, así pues al procesar una tonelada de materia prima la empresa obtendría una utilidad bruta de 25,7 dólares por tonelada de alambión de cobre procesado. Considerando que la máquina tiene la capacidad de procesar 18 toneladas al día, da un total de 462,6 dólares diarios, en tres turnos de ocho horas cada uno representa un monto de 19,27 dólares por hora de trabajo, lo cual llevaría a la máquina por si sola 186 días cubrir el costo requerido por la propuesta planteada en esta investigación. Por ello se dice que este es un proyecto factible desde el punto de vista económico.

5.4. Diseño de actualización para el sistema automatizado de la trefiladora de cobre.

Después de haber estudiado el funcionamiento de la máquina y determinar el origen de las fallas presentes en la misma, se realizó la selección de tecnologías adecuadas al sistema de automatización. Así pues, cabe destacar que dicha selección siempre estuvo orientada a la elaboración de una propuesta que proporcione una solución a la situación problemática existente, y además brinde una mejora a nivel técnico y operativo en el proceso de trefilado que se ejecuta en esta línea de producción. De esta manera, se obtuvo la información necesaria para diseñar una propuesta que se adapte a las necesidades de la empresa, al mismo tiempo que se aproveche el potencial de la máquina y de los operadores de la misma, cumpliendo con las políticas de la empresa las cuales se enfocan en generar un ambiente de trabajo apto para sus empleados y establecer metas que encaminen a la empresa a realizar mejoras continuamente en los procesos de producción.

De este modo, la propuesta de actualización del sistema se inicia proyectando un nuevo diseño eléctrico para reemplazar tanto los equipos de accionamiento obsoletos, como el PLC discontinuado que posee la máquina. El control del sistema será comandado con un PLC de Siemens, tipo S7-300 el cual intervendrá en todas las funciones de la máquina, reemplazando tarjetas de control obsoletas con entradas y salidas digitales. Es importante saber que los equipos instalados en la máquina funcionan parcialmente, y en algunos casos estos no presentan fallas (como es el caso del PLC S5-95U instalado), sin embargo es recomendable reemplazar los dispositivos de control instalados por equipos nuevos. Dichos reemplazos fueron detallados en fases anteriores, ya que además de ofrecer los beneficios plasmados en el estudio de factibilidad operativa, esta sustitución ofrece la ventaja de eliminar referencias analógicas y controlar las acciones a ejecutar a través de la comunicación digital (Profibus) entre PLC y los equipos de accionamiento. Adicionalmente, la desconexión e implementación de un nuevo cableado es una tarea importante que se puede

considerar para esta propuesta, sin embargo se plantea solo como sugerencia adicional para la actualización del sistema.

Con el fin de incorporar el autómatas programable S7-300 es necesario hacer uso del manual o guía de Siemens para facilitar la transición de S5 a S7 de los equipos Simatic, con el propósito de configurar el PLC a través del software de programación Step7, utilizando programas del antiguo PLC, es decir, se transcriben los programas S5 a programas S7 mediante un convertidor, con la posibilidad de modificar los mismos a mano si es necesario. Para realizar este proceso es conveniente estudiar todas las consideraciones establecidas en la guía mencionada anteriormente, en donde se explica que para realizar la migración del PLC en cuestión es necesario analizar el sistema S5 y así determinar si este cumple con las condiciones necesarias para realizar la conversión.

Luego de asegurar la compatibilidad del sistema se puede hacer la transformación del programa. Para ejecutar esta tarea, el software de programación Step7 cuenta con una función denominada “Convertir archivos S5”, en el cual se puede ubicar los archivos de programas de Step5 y acondicionar los mismos para que sean utilizados en el nuevo PLC. Para visualizar de una manera ordenada el procedimiento que se debe llevar a cabo, se presentan a continuación una serie de pasos a ejecutar que permiten realizar la conversión requerida:

- Ejecutar programa “Convertir archivos S5”.
- Ubicar y seleccionar archivo del programa de Step5 que se desea convertir.
- Presionar el botón de “Start” con el cual se inicia el proceso de conversión.
- Ejecutar el programa “Administrador Simatic”, donde se realizará el programa en Step7 para el control del proceso de producción.
- Abrir la carpeta “Source” del paquete “S7 Program” y hacer clic derecho.
- Seleccionar la opción “Insert New Object” y luego “External Source”.
- Ubicar y seleccionar el archivo de programa generado por el convertidor.

- Abrir el ícono que aparece en el espacio de trabajo de la ventana (Source) seleccionada.
- Hacer el llamado de recursos mediante el ícono “Call All” ubicado en la pestaña superior de la ventana.

Luego de realizar esta serie de acciones, se puede disponer de diferentes tipos de bloques del programa Step5, tales como, bloques de datos (DB), bloques de función del sistema (SFCs), bloques de funciones (FB), funciones (FC) y bloques de organización (OB), para ser utilizados en Step7. Los bloques mencionados contienen instrucciones de trabajo para el proceso y los mismos pueden ser utilizados en el programa del nuevo autómeta.

Asimismo, se propone que el sistema de control sea digital, con un CPU 313-2Dp que controle toda la línea y establezca una comunicación Profibus con todos los variadores. Además, se añadirá a la propuesta la incorporación equipos de accionamiento de la línea Sinamics, los cuales ofrecen la posibilidad de uso de un protocolo de comunicación digital llamado Drive-Cliq, con lo que es posible realizar el lazo de comunicación cerrado entre el variador de velocidad, el motor y el dispositivo de medición o Encoder, así pues, con este sistema se puede eliminar las señales analógicas en el PLC provenientes del motor. Es importante aclarar que para la instalación de este protocolo es necesario hacer uso de módulos de sensor (Drive-Cliq) entre los encoders y los variadores. Para realizar la programación del autómeta, se debe incluir los elementos de accionamiento eléctrico y el hardware a utilizar en el software de programación Step7.

Para ello se utiliza la herramienta de trabajo del Step7, llamada “HW Config”, donde se pueden ubicar y configurar la red de comunicación Profibus, los variadores de velocidad Sinamics y los módulos de expansión requeridos para la ejecución del proyecto. En la Figura 20 se encuentran los variadores de velocidad que se quieren agregar al protocolo Profibus que comanda el PLC, donde se genera una red de comunicación asociada al sistema de automatización de la máquina trefiladora. Por lo

que se ha explicado a lo largo de la investigación, se sabe que el proceso de producción se divide en tres fases fundamentales, el trefilado, el recocido y la recolección, además de la tarea realizada por los acumuladores que permite regular la velocidad de los motores cuando se presentan diferencias en los parámetros de velocidad entre el proceso de recocido y el de recolección.

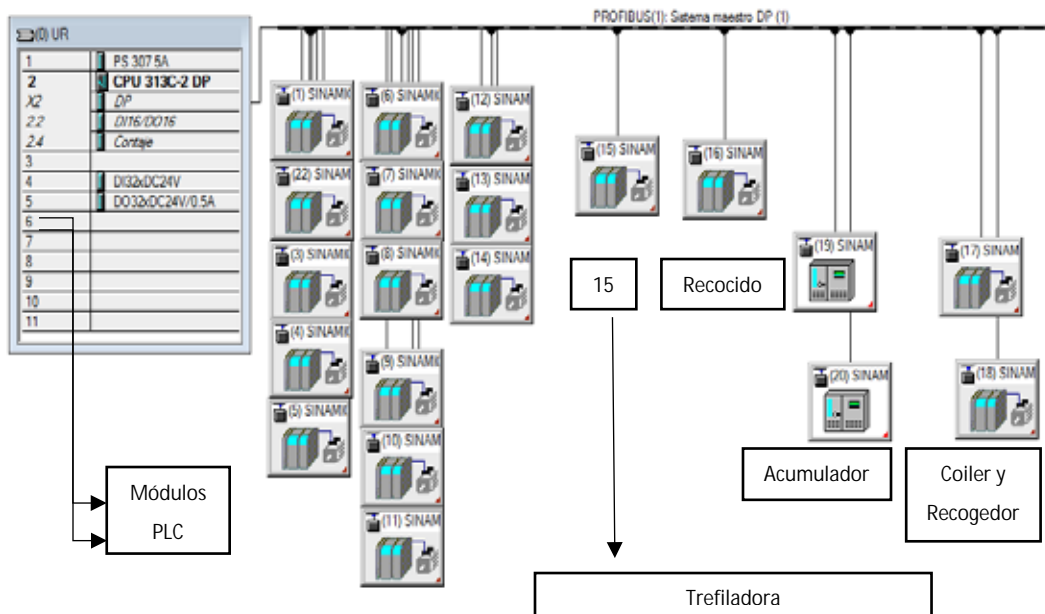


Figura 20: HW_Config – Equipo Simatic 300 (Configuración)

Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Igualmente, se ubican los elementos de hardware adicionales planteados en fases anteriores, y los mismos se ubican en el carril o bastidor correspondiente al PLC utilizado. Todas estas acciones se hacen sobre un objeto específico (en este caso el equipo Simatic 300), el cual se debe agregar al proyecto de Step7. Así pues se seleccionaron los módulos de expansión, el CPU, la fuente de alimentación y la red de comunicación a utilizar tal como se puede observar en la Figura 20.

Por otra parte, con el fin de programar el tablero de control del sistema se hace uso la programación de bloques del Step7, utilizando el lenguaje de programación KOP, comúnmente llamado el lenguaje escalera. Es importante aclarar que al utilizar la función de conversión del programa del antiguo PLC, se puede disponer de los bloques del programa del software de programación utilizados en el PLC que se propone remplazar. Por esta razón se elaboró un diagrama de flujo general del sistema, donde se fija la secuencia que sigue el proceso de la máquina, así pues, haciendo uso de esta técnica se plasma una guía cómoda que facilita la programación del sistema y promueve el entendimiento del mismo. En la Figura 21 se observa el diagrama de flujo general mencionado anteriormente.

A continuación se muestra una simulación de la puesta en marcha del proceso de producción estudiado con el software de programación Step7, para lo cual se presenta la lista de variables y el espacio de memoria que ocupa cada una de ellas en el sistema, para luego ser ejecutadas con el fin de operar y maniobrar las funciones de la maquinaria en cuestión. Dicha lista de variables se introducen en el sistema a través de la lista de símbolos ubicada en la carpeta de programa del software utilizado. En la Figura 22 se muestra la lista de variables mencionada anteriormente.

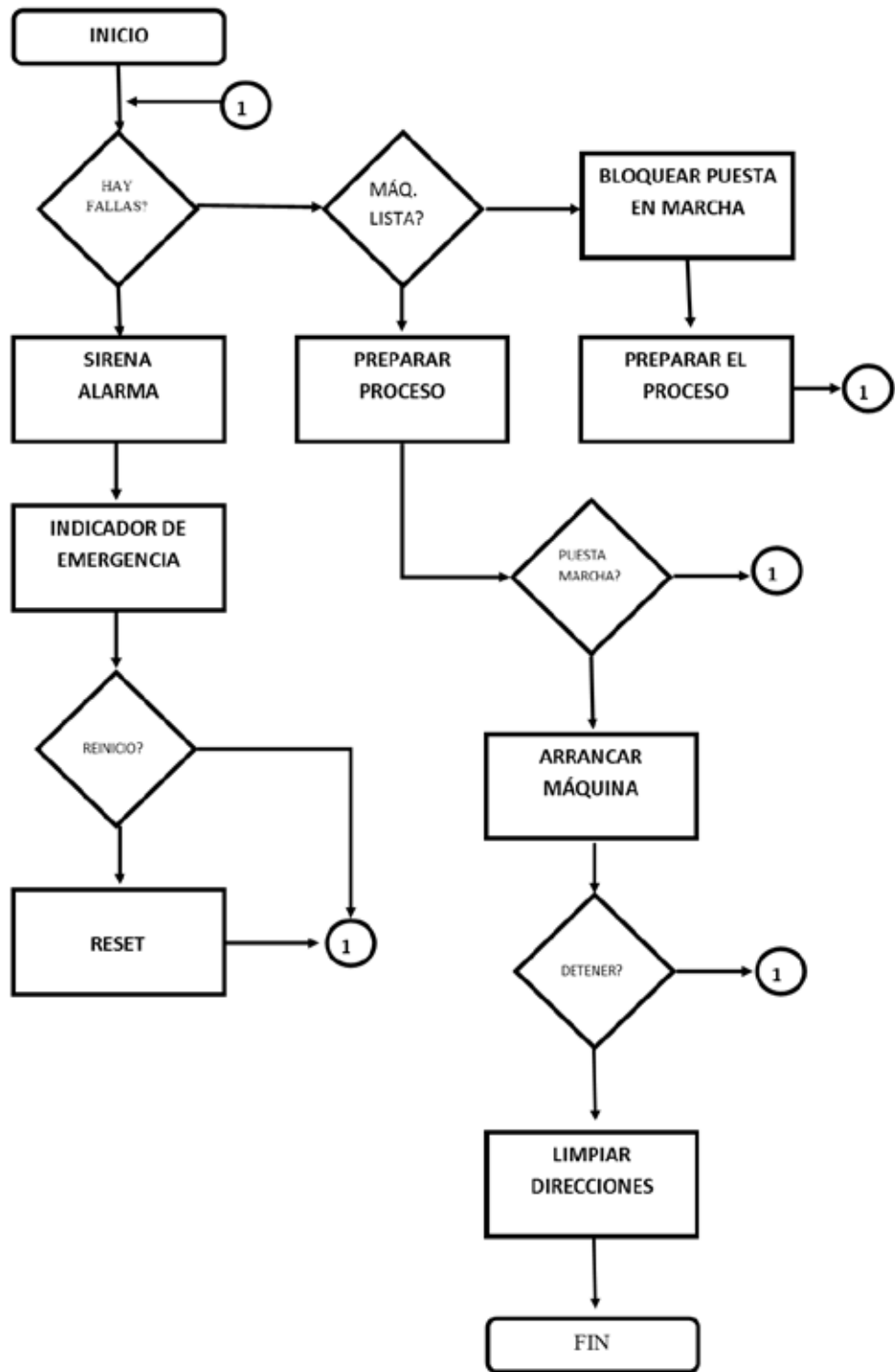


Figura 21: Diagrama de flujo del programa de puesta en marcha de la máquina
 Fuente: Elaboración Propia (2018)

	Estado	Símbolo	Direcció /	Tipo de dato	Comentario
1		APAGADO	A 0.0	BOOL	apagar el sistema
2		EMERGENC	A 0.1	BOOL	parada de emergencia
3		ENCENDID	A 0.2	BOOL	encender el sistema
4		NO_RUN	A 0.3	BOOL	maquina no preparada
5		ACT_TERM	A 0.4	BOOL	proteccion termica
6		ACT_AIRE	A 0.5	BOOL	sistema de ventilacion
7		SIST_BOM	A 0.6	BOOL	sistema de bombas
8		BOMBA1	A 0.7	BOOL	primera fase bombas
9		BOMBA2	A 1.0	BOOL	segunda fase bombas
10		ACT_RUN	A 1.1	BOOL	maquina en marcha
11		SIRENA	A 1.2	BOOL	sirena emergencia
12		ACT_ILUM	A 1.3	BOOL	sistema iluminacion
13		ACT_BUNC1	A 1.4	BOOL	buncher adelante
14		ACT_BUNC2	A 1.5	BOOL	buncher atras
15		CAMBIO	A 1.6	BOOL	cambiar carrete
16		APAGAR	E 0.0	BOOL	pulsador off
17		PARE_EM	E 0.1	BOOL	pulsador emergencia
18		ENCENDER	E 0.2	BOOL	pulsador on
19		TAP_TRE	E 0.3	BOOL	sensor treflia close
20		TAP_REC	E 0.4	BOOL	sensor recocado close
21		HORNO	E 0.5	BOOL	selector horno on
22		P_MARCHA	E 0.6	BOOL	selector puesta march
23		ENC_LUZ	E 0.7	BOOL	interruptor luz
24		BUNCH_AD	E 1.0	BOOL	pedal buncher 1
25		BUNCH_AT	E 1.1	BOOL	pedal buncher 2
26		NO_SIREN	E 1.2	BOOL	boton sirena off
27		PB_SAVE	E 1.3	BOOL	registrar cuentametro
28		RESET	E 1.6	BOOL	resetear cuentametro
29		puesta_marcha	FB 1	FB 1	bloque de funcion
30		control_contador	FB 2	FB 2	bloque de funcion
31		CONTA	MW 4	INT	cuentametros
32		CONT_SAVE	MW 6	INT	registro cuentam
33					

Figura 22: Lista de variables utilizadas en la simulación.

Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

En la figura anterior se ordenaron las variables a utilizar en la simulación del proceso, y se especifica de cada variable, el tipo de dato que le corresponde y la ubicación que ocupa en la memoria del programa. Es importante destacar que para la elaboración del programa se realizaron dos bloques de función, las cuales utilizan el lenguaje escalera para coordinar las acciones que se deben ejecutar. Dichos bloques de función dividen el proceso de puesta en marcha de la máquina en dos partes. El primero de ellos se denominó FB1, el mismo se encarga de ejecutar las acciones especificadas en el diagrama de flujo expuesto en la Figura 21, mientras el segundo bloque denominado FB2 ejecuta los pasos necesarios para maniobrar el sistema de conteo en el metraje del alambre que se ha procesado.

De igual manera en la sección donde se ubican los bloques se pueden observar los bloques DB10 y DB20, los cuales son bloques de instancia, y los mismos son necesarios para la comunicación entre los bloques de función mencionados anteriormente con el bloque principal llamado OB1. Por otra parte, es conveniente destacar que la velocidad es un parámetro importante en el sistema, la cual es una variable de proceso analógica, sin embargo, el autómata recibe una señal digital de dicho parámetro. Esto es posible debido al sistema de comunicación utilizado por los variadores de velocidad permiten establecer y controlar la velocidad de los motores de forma interna, al mismo tiempo que emiten y reciben señales digitales con el PLC con el fin de establecer el control del sistema a través del mismo.

Ahora se puede visualizar en las siguientes figuras el aspecto del programa diseñado para la simulación del proceso del sistema estudiado en el presente proyecto de investigación.

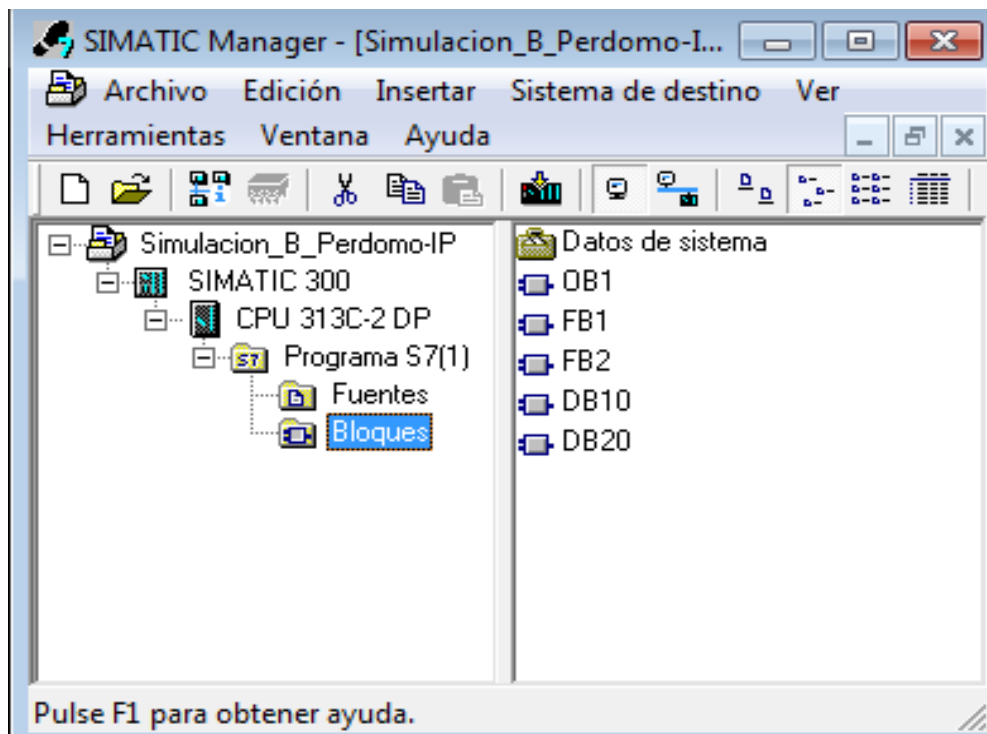


Figura 23: Carpeta de Bloques de programa.

Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Contenido de: 'Entorno\Interface\IN'				
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Valor inicial
<input type="checkbox"/>	STOP	Bool	0.0	FALSE
<input type="checkbox"/>	EMERGENCY	Bool	0.1	FALSE
<input type="checkbox"/>	START	Bool	0.2	FALSE
<input type="checkbox"/>	TREF_DOOR	Bool	0.3	FALSE
<input type="checkbox"/>	REC_DOOR	Bool	0.4	FALSE
<input type="checkbox"/>	HEAT_ON	Bool	0.5	FALSE
<input type="checkbox"/>	RUN	Bool	0.6	FALSE
<input type="checkbox"/>	LIGHT	Bool	0.7	FALSE
<input type="checkbox"/>	INCREASE	Bool	1.0	FALSE
<input type="checkbox"/>	DECREASE	Bool	1.1	FALSE
<input type="checkbox"/>	SIREN_QCK	Bool	1.2	FALSE

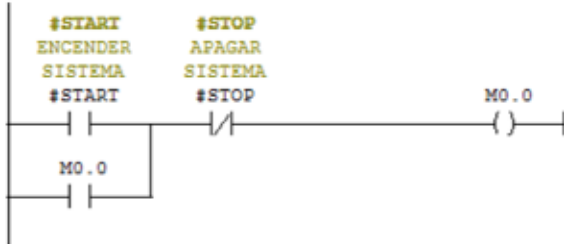
Figura 24: Variables de entrada Bloque de función FB1
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Contenido de: 'Entorno\Interface\OUT'				
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Valor inicial
<input type="checkbox"/>	L_OFF	Bool	2.0	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_EMERG	Bool	2.1	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_ON	Bool	2.2	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_EXCLUD	Bool	2.3	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_TERM	Bool	2.4	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_AIR	Bool	2.5	FALSE
<input type="checkbox"/>	DRAW_PUMP	Bool	2.6	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_PUMP1	Bool	2.7	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_PUMP2	Bool	3.0	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_RUN	Bool	3.1	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_ILUMINA	Bool	3.2	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_GO	Bool	3.3	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_BACK	Bool	3.4	FALSE
<input type="checkbox"/>	L_SOUND	Bool	3.5	FALSE

Figura 25: Variables de salida Bloque de función FB1
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

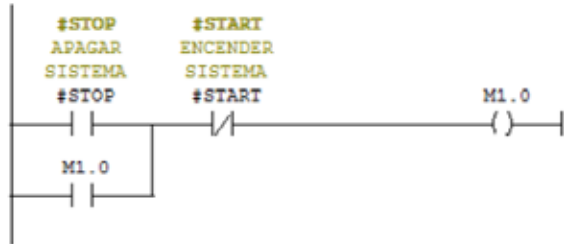
Segm. 1 : Titulo:

PULSADORES START PARA ENCENDER Y STOP PARA APAGAR



Segm. 2 : Titulo:

PULSADOR STOP PARA APAGAR



Segm. 3 : Titulo:

INDICADOR APAGADO



Segm. 4 : Titulo:

INDICADOR QUE LA MAQUINA ESTA ENCENDIDA
PULSADOR E INDICADOR DE ILUMINACION DEL SISTEMA

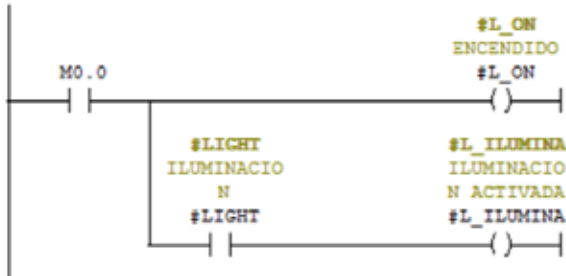
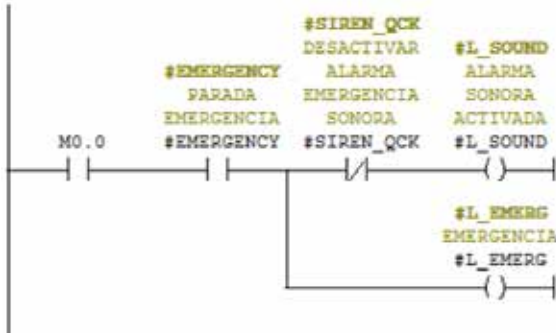


Figura 26: Programación Bloque de función FB1 – Puesta en marca – Parte 1
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Segm. 5 : Titulo:

PULSADORES E INDICADOR DE ALARMA SONORA DE EMERGENCIA
PULSADOR E INDICADOR DE ALARMA VISUAL DE EMERGENCIA



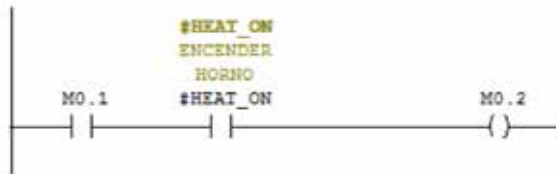
Segm. 6 : Titulo:

REQUERIMIENTOS PARA PUESTA EN MARCHA



Segm. 7 : Titulo:

PULSADOR PARA ENCENDER EL HORNO DEL SISTEMA DE RECOCIDO



Segm. 8 : Titulo:

INDICADOR VISUAL DE: NO CUMPLE REQUERIMIENTOS PARA PUESTA EN MARCHA

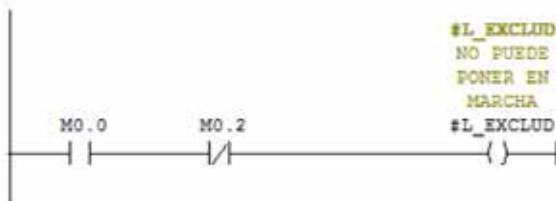


Figura 27: Programación Bloque de función FB1 – Puesta en marcha – Parte 2
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Segm. 9 : Titulo:

ACTIVACION PROTECCION TERMICA Y AIRES DE VENTILACION DEL SISTEMA



Segm. 10 : Titulo:

ACTIVACION DE PUESTA EN MARCHA



Segm. 11 : Titulo:

INDICADOR PUESTA EN MARCHA
INDICADOR SISTEMA DE BOMBAS ACTIVO



Segm. 12 : PROCESO MANUAL

PULSADORES DE PUESTA EN MARCHA MANUAL
(DEBE ESTAR APAGADO EL HORNO DE RECOCIDO)

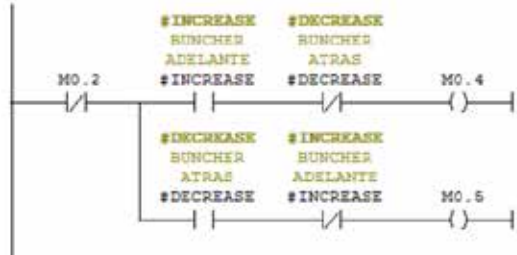


Figura 28: Programación Bloque de función FB1 – Puesta en marca – Parte 3
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Segm. 13 : Titulo:

INDICADORES DE DIRECCION "ADELANTE" DE PUESTA EN MARCHA MANUAL



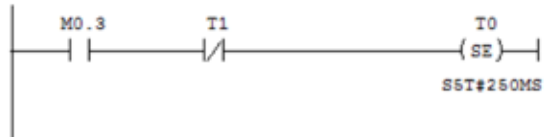
Segm. 14 : Titulo:

INDICADORES DE DIRECCION "ATRAS" DE PUESTA EN MARCHA MANUAL



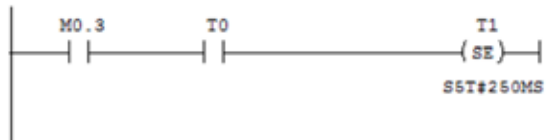
Segm. 15 : SISTEMA DE BOMBAS CUANDO LA MAQUINA ESTA EN MARCHA

TEMPORIZADOR 0



Segm. 16 : Titulo:

Comentario:



Segm. 17 : Titulo:

Comentario:

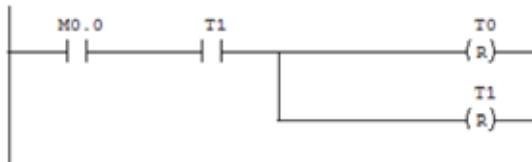


Figura 29: Programación Bloque de función FB1 – Puesta en marcha – Parte 4
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Segm. 18 : Título:

ACTIVACION BOMBA 1 Y 2

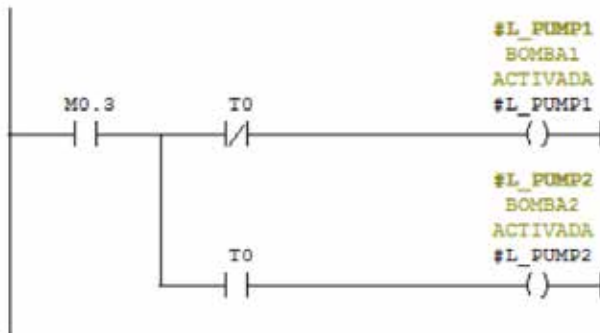


Figura 30: Programación Bloque de función FB1 – Puesta en marcha – Parte 5

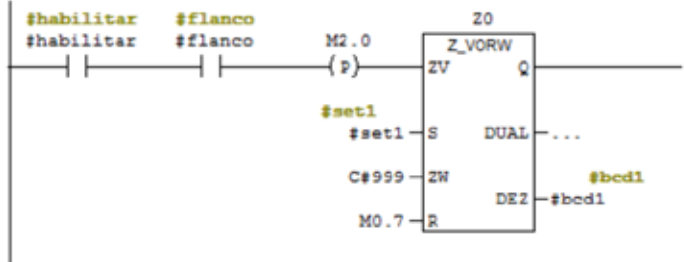
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

En las figuras expuestas anteriormente se puede observar el primer bloque de función FB1 utilizado en el programa, donde se encuentra la programación del proceso de puesta en marcha de la máquina. Este bloque de función se puede llamar en el bloque principal OB1, así pues este debe asociarse correctamente a las variables del sistema definidas en la tabla de símbolos con lo cual se puede obtener los resultados deseados.

A continuación se mostrará la programación del sistema de medición de distancia de material procesado, para lo cual se realizó un bloque de función aparte, el cual se denominó FB2, cuyo funcionamiento se basa en el uso de variables de marca (tipo MW) en conjunto con temporizadores. Posteriormente este bloque de función será llamado en el programa principal, se creará su respectivo bloque de instancia DB20 para luego cargar en el sistema de simulación S7-PLCSIM. Con referencia a lo anterior, cabe destacar que S7-PLCSIM es un programa que trabaja de forma paralela con el software Step7, donde se pueden manipular las variables y estudiar el comportamiento de las salidas del mismo a medida que estas cambian, además, con esta función del Step7 se puede visualizar el avance del programa en tiempo real, con lo cual se facilita la detección de errores del diseño de control. En la secuencia de figuras que se muestran a continuación se puede visualizar el diseño del bloque de función FB2.

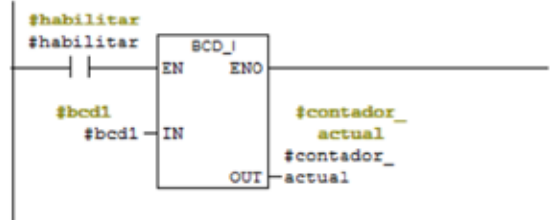
Segm. 1 : Título:

Comentario:



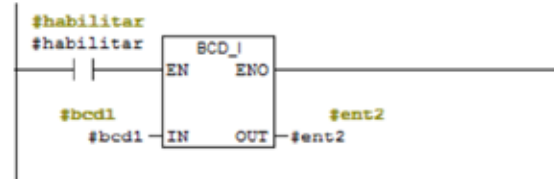
Segm. 2 : Título:

Comentario:



Segm. 3 : Título:

Comentario:



Segm. 4 : Título:

Comentario:

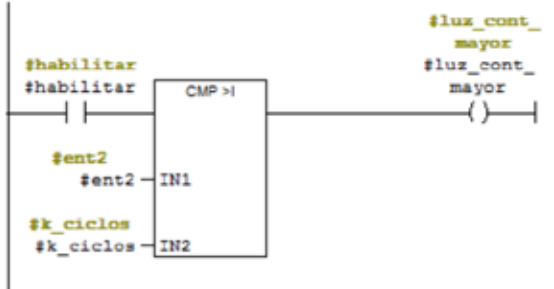
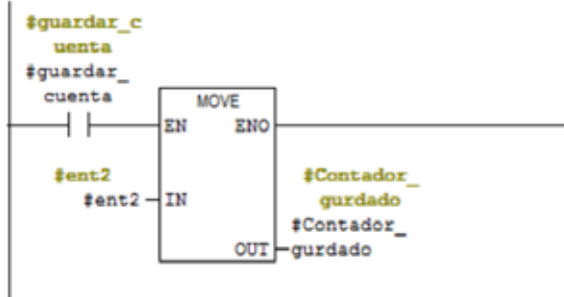


Figura 31: Programación Bloque de función FB2 – Cuenta metros – Parte 1
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Segm. 5 : Título:

Comentario:



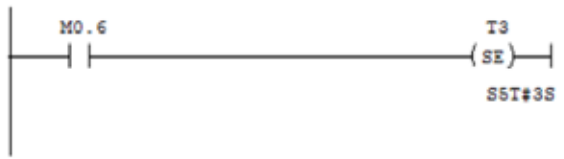
Segm. 6 : Título:

Comentario:



Segm. 7 : Título:

Comentario:



Segm. 8 : Título:

Comentario:

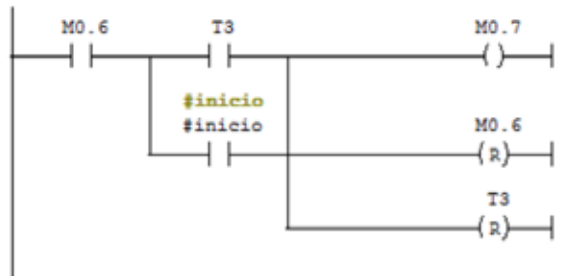


Figura 32: Programación Bloque de función FB2 – Cuenta metros – Parte 2
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Contenido de: 'Entorno\Interface\IN'				
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Valor inicial
☒	flanco	Bool	0.0	FALSE
☒	guardar_...	Bool	0.1	FALSE
☒	inicio	Bool	0.2	FALSE
☒	habilitar	Bool	0.3	FALSE
☒	set1	Bool	0.4	FALSE
☒	k_ciclos	Int	2.0	0

Figura 33: Variables de entrada Bloque de función FB2
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Contenido de: 'Entorno\Interface\OUT'				
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Valor inicial
☒	contador_ac...	Int	4.0	0
☒	Contador_gu...	Int	6.0	0
☒	luz cont mayor	Bool	8.0	FALSE

Figura 34: Variables de entrada Bloque de función FB2
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Posteriormente se abre el bloque principal OB1, donde se hará el llamado de los bloques de función que se mostraron anteriormente. En la Figura 33 se muestra el bloque principal luego de hacer el llamado de FB1 Y FB2, de igual manera, en este punto se deben asociar las variables declaradas en la tabla de símbolos, a las variables de los bloques llamados al OB1.

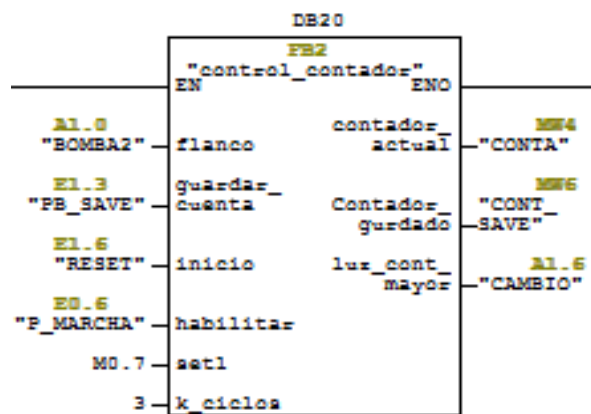


Figura 35: Bloque de función FB2 llamado en el OB1
Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

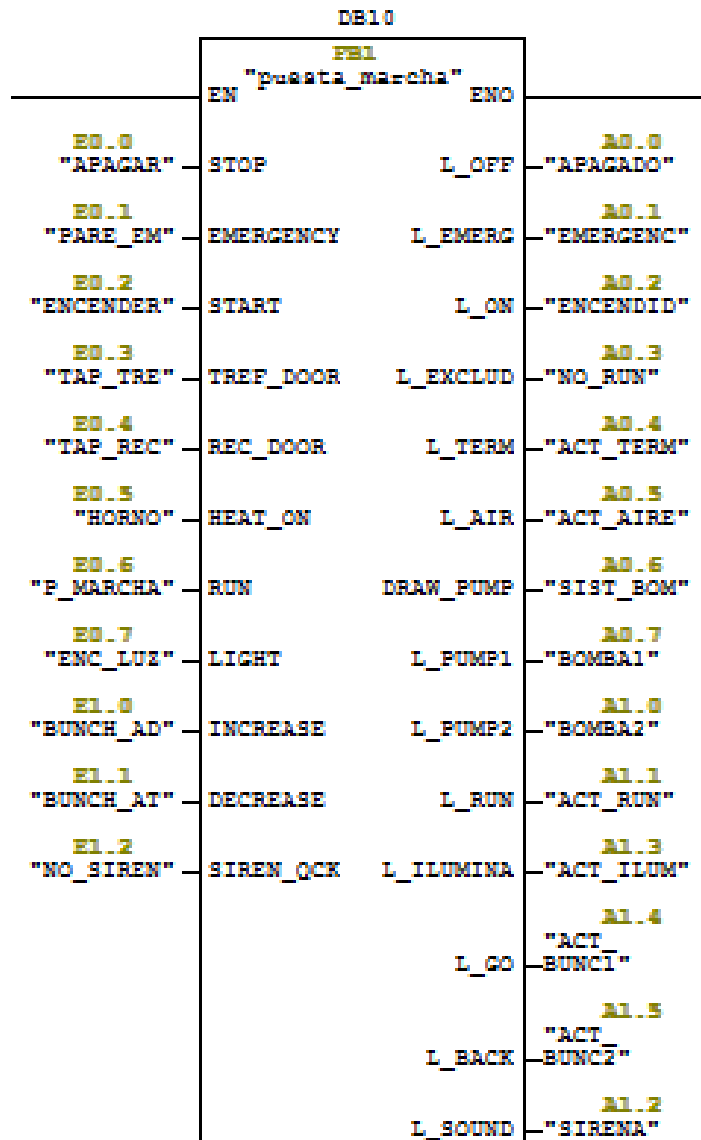


Figura 36: Bloque de función FB1 llamado en el OB1

Fuente: Step7 - Elaboración Propia (2018)

Finalmente, la propuesta de actualización en curso sugiere la incorporación de una interfaz humano-máquina haciendo uso de una pantalla táctil HMI de marca Siemens, modelo MP 277-10. Con este equipo innovador es posible comunicar la información proveniente del PLC con el panel de control, así pues, permite a los operadores visualizar datos de interés del proceso en la pantalla del HMI. De igual

manera, la implementación de este tipo de interfaz sirve para el control y monitoreo del proceso de producción de la máquina.

Para la programación del panel de control es necesario realizar el diseño de manejo y monitoreo en el programa WinCC, el cual brinda las herramientas necesarias para la elaboración de programas adaptados al usuario. El proyecto realizado para los operadores se puede agregar o transferir al panel desde un PC de programación. El modo de operación requerido por la máquina debe ser el modo "On Line", lo cual se refiere a que debe existir un enlace de comunicación entre el autómata programable y la pantalla de control HMI. Para ello se hará uso del protocolo de comunicación Profibus, ya que ambos equipos electrónicos tienen la capacidad de trabajar de este modo. Posteriormente, luego de realizar el diseño del programa de control es necesario transferir el mismo al panel, por lo que es necesario realizar un procedimiento de transferencia que se mostrará en las siguientes líneas.

- Abrir proyecto en WinCC en el PC de configuración. Conectar el PC de configuración con el panel de operador. Ajustar en el panel de operador el modo de operación al "modo de transferencia"
- En el menú contextual del panel de operador, seleccionar el comando "Cargar en dispositivo > Software".
- Cuando se abre el cuadro de diálogo "Carga avanzada" configure los "ajustes de carga".
- Seleccionar el protocolo que se vaya a utilizar, para la transferencia del programa se puede usar Ethernet o USB. Si se utiliza Ethernet, también es posible configurar la dirección de red en el editor "Dispositivos y redes" de WinCC.
- Configure los parámetros de interfaz correspondientes en el PC de configuración.
- En caso necesario ajuste las opciones específicas de la interfaz o del protocolo en el panel de operador.

- Haga clic en "Cargar".

Luego de realizar el procedimiento anterior el proyecto se transfiere al panel de operador seleccionado, Si se producen errores o advertencias durante la transferencia, los avisos correspondientes se emiten en la ventana de inspección, en “Información” y “Cargar”. Una vez realizada la transferencia correctamente, el proyecto puede ejecutarse en el panel de operador. Por otra parte, si se quiere realizar un proyecto con el software WinCC es preciso que la persona encargada de diseñar el panel de control se familiarice con el programa. En pro de ello, se presentan las tareas básicas que se deben llevar a cabo para crear un proyecto en WinCC, que se ajuste a los requerimientos de la propuesta de actualización del sistema estudiado en esta investigación.

Después de abrir el programa se debe crear un nuevo proyecto, así pues se abre una ventana donde se debe indicar el equipo que se desea utilizar. En este caso se seleccionó el panel de pantalla táctil MP 277 de 10 pulgadas.

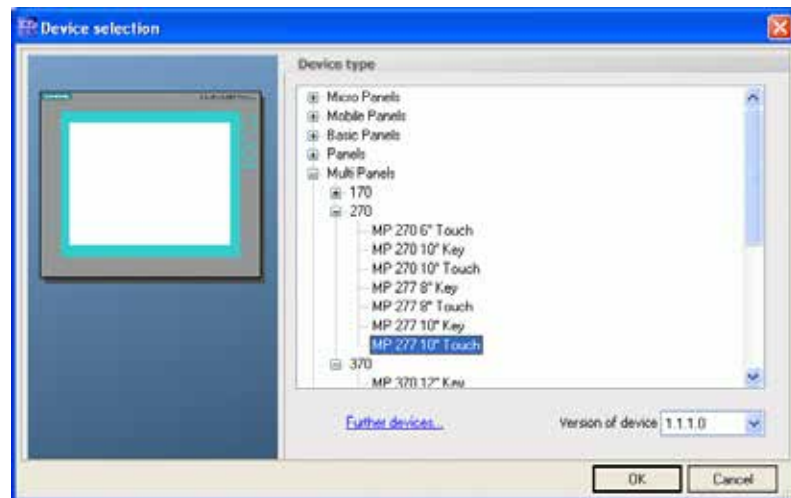


Figura 37: Pantalla inicial WinCC

Fuente: Pág. Web soporte técnico Siemens (2018)

Luego de elegir el equipo que se quiere implementar, aparece en la pantalla una imagen de un panel de control vacío, la cual simula una pantalla HMI real. En este punto aparece una pestaña del lado izquierdo con herramientas y aplicaciones que se

pueden agregar en este simulador. Cabe destacar que WinC9C se debe trabajar en conjunto con el software de programación del PLC Step7, así pues, las instrucciones y salidas correspondientes al autómata programable se pueden visualizar en la pantalla de operador en cuestión.

CONCLUSIONES

En este trabajo se planteó la propuesta de actualizar el sistema de automatización de la máquina trefiladora de cobre correspondiente a la línea de producción. Para lo cual fue necesario plantear objetivos al comienzo de la investigación para luego establecer las fases que se realizaron a lo largo de la misma con el fin de alcanzar las metas fijadas en este proyecto. Luego de ejecutar las fases de la investigación se pudo llegar a las siguientes conclusiones.

- Detallar el funcionamiento de la maquinaria involucrada en el proceso de producción fue el primer paso fundamental que se llevó a cabo en la investigación, porque para lograr entender dicho proceso fue necesario obtener información de interés de la máquina, documentando así especificaciones técnicas y operativas de la misma. Al mismo tiempo se estudió el funcionamiento del sistema de control, para luego realizar un diagnóstico general del sistema y así determinar que las fallas presentes en éste provienen de los variadores de velocidad encargados de controlar el funcionamiento de algunos motores de la trefiladora. De ahí pues, al conocer las causas del mal funcionamiento de la máquina y las razones por las que se presentaron los problemas se llegó a la conclusión de realizar una actualización del sistema de automatización es una acción acertada para la empresa.
- La selección de equipos fue el segundo paso que se realizó, en esta fase se estudió la línea de productos Siemens (Simatic y Sinamics), y todos los beneficios que ofrecen las líneas de productos de esta reconocida marca. Se concluye que al incorporar un PLC S7-300 programado con Step7 se puede utilizar el programa del autómatas programable que se desea sustituir, además, con la incorporación de los equipos de accionamiento Sinamics en conjunto

con el PLC Simatic, se puede optimizar y simplificar el sistema de automatización del proceso en cuestión, ya que tanto los variadores de velocidad como el PLC a instalar pueden trabajar con el protocolo de comunicación Profibus con lo que se reduce en gran medida la cantidad de conexiones de cables en todo el sistema. En esta fase también se estudia el interfaz de comunicación humano-máquina de la marca Siemens, el cual se configura mediante el software de programación WinCC y también es capaz de comunicarse con el PLC mediante Profibus.

- Se investigó el costo de los equipos seleccionados en la fase anterior, y se estudió la capacidad de producción de la maquina con lo que se llegó a la conclusión que el proyecto es factible desde el punto de vista económico. De igual manera, utilizando la información técnica recolectada en la primera fase, y considerando que los inconvenientes presentes en el sistema actual se pueden resolver con la solución planteada en esta propuesta, se dice que la investigación también es factible desde los puntos de vista técnico y operativo.
- Se diseñó una propuesta que implica lo siguiente:
 - Sustituir el PLC Siemens S5-95U por un Siemens S7-300 programado con Step7.
 - Reemplazar los equipos de accionamiento discontinuados y obsoletos, por equipos marca Siemens de la línea Sinamics.
 - Trabajar el lazo cerrado formado por variadores, motores y encoders haciendo uso de módulos de sensores Drive-Cliq.
 - Incorporar interfaz de comunicación HMI a través de la pantalla táctil de Siemens Multi Panel MP 277, programada con el software de programación WinCC.
 - Comunicar al PLC con los variadores de velocidad y la pantalla HMI mediante el protocolo de comunicación Profibus.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable re-cablear el sistema con cables nuevos y mantener la referencia establecida en el cableado.
- De implementarse la propuesta planteada se debe capacitar al personal técnico y operativo con los equipos nuevos y el mantenimiento de los mismos.
- Al efectuarse cambios en el sistema de automatización dichos cambios debe reflejarse en los planos eléctricos de la máquina.
- Es conveniente verificar el buen funcionamiento de los equipos de protección de la máquina tales como fusibles, Guardamotores, contactores, entre otros.

REFERENCIAS

Impresas:

Hart D. (2001), Introducción a la electrónica de potencia. Madrid, España. Editorial Pearson Hall.

FitzGerald, A. (2004). Máquinas eléctricas (6ta edición). México DF, México. Editorial McGraw-Hill.

Arias, Fidas (2006). El Proyecto de Investigación, introducción a la metodología científica (6ta edición). Caracas, Venezuela. Editorial Episteme.

Liporaci, K. y Torrealba Y. (2009). “Desarrollo de un sistema didáctico para prácticas de redes utilizando plantas piloto del Laboratorio de Automatización Industrial II”. Trabajo de grado. Universidad de Carabobo.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006), Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Caracas, 4ta edición. Editorial FEDUPEL.

De Pizzella, A. (2016). “Presentación y transcripción del trabajo especial de grado” Publicado en la universidad José Antonio Páez.

Pérez Aida (2017). “Programación con PLC S7-300 – Nivel Básico”
Material de apoyo – Cursos PRODEFAIN

Euro Draw Machine (1999). Planos máquina 7001
Interamericana de Cables (Cabel)

Electrónicas:

Información referente a los tipos de investigación, blog disponible en:
<http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/05/tipos-de-investigacion.html>.
Consulta: Septiembre, 2017.

Información referente a marco metodológico disponible en:
<http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/09/marco-metodologico.html>.
Consulta: Septiembre, 2017.

Información referente al proceso de trefilado disponible en:
<http://antaac.org.mx/assets/04-proceso-de-trefilado>.
Consulta: Octubre 2017.

Información referente a las redes Profibus disponible en:
http://infoplcn.net/files/siemens/infoPLC_net_tutorial-redes-profibus.
Consulta: Octubre, 2017.

Información referente a la definición del variador de frecuencia disponible en:

<http://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>.

Consulta: Septiembre, 2017.

Información referente a la definición de un Encoder disponible en:

http://encoder.com/core/files/encoder/uploads/files/guia_de_referencia_rapida

Consulta: Septiembre, 2017.

Información referente a dispositivos de protección y control disponible en:

<http://old.weg.net/gd/productos-y-servicios/control-y-proteccion>

Consulta: Octubre, 2017.

Información referente a costos de equipos disponible en:

<http://www.euroalpha.it/>

Consulta: Enero 2018.

Información referente a especificaciones técnicas de variadores Siemens:

<https://support.industry.siemens.com/>

Consulta: Enero 2018.

Información referente a productos Sinamics S120 disponible en:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/26505242/sinamics>

Consulta: Enero 2018.

Guía para facilitar migración de PLC S5 a S7 disponible en:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/413/1118413/att_24463/v1/S5S7_s.pdf

Consulta: Enero 2018.

Manual de Configuración Simatic S7-300 disponible en:

<http://siemens.com/spain/web/es/industry/.../simatic/.../S7300-CONFIGURACION.PDF>

Consulta: Enero 2018.

Información referente a precios de alambres de cobre disponible en:

<https://spanish.alibaba.com/g/copper-wire-rod-8mm.html>

Consulta: Febrero 2018.

Información referente a PLC S5-95U Disponible en:

<https://support.industry.siemens.com/cs/.../s5-135u-155u-manua>

Consulta: Diciembre 2017.

ANEXO A
Maquina trefiladora de Cobre



Trefiladora de Cobre



Dados o Hileras



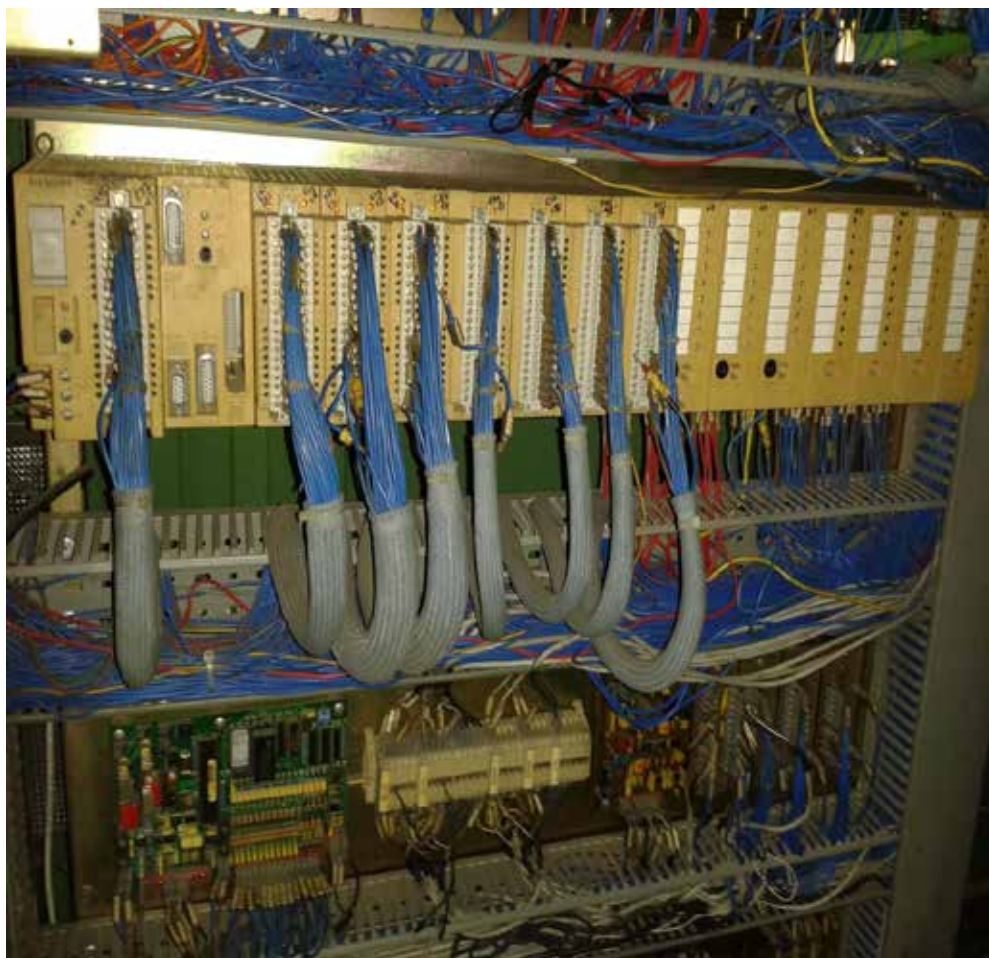
Capstan motor 15 de trefiladora



Acumulador



Coiler



PLC S5-95U



Variador de frecuencia