

**Diseño e implementación de scarfing automático en la línea de procesos de tubería de acero
en Acesco S.A.S**

Presentado por:

Javier Barraza Vásquez

Asesor

Ing. Estefany María Lancheros Sepúlveda

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías E Ingenierías ECBTI

Ingeniería Electrónica

2022

Nota de aceptación:

Firma Director

Firma de Jurado

Firma de Jurado

Dedicatoria

Dedicado primeramente a mi esposa Erika Amaranto la cual ha estado apoyándome en todo mi proceso de aprendizaje, mi familia que siempre se encontraba pendiente de mi proceso, y a la tutora Estefany Lancheros encargada de realizar el seguimiento para el proyecto, la cual me brindo sus conocimientos para hacer esto posible.

Resumen

El siguiente trabajo de grado pretende dar respuesta a la propuesta de proyecto de grado que se articula al semillero de investigación de Electrónica y Telecomunicaciones (SIETE), perteneciente al Grupo de Investigación en Desarrollo Tecnológico (GIDESTES), titulado “Diseño e Implementación de Scarfing Automático en la Línea de Procesos de Tubería de Acero en ACESCO S.A.S”. En este trabajo está orientado a fortalecer y optimizar el proceso de la línea de producción de tubería en acero, mediante el diseño e implementación de scarfing automático, para mejorar y facilitar el funcionamiento óptimo, de manejo de residuos de soldadura, seguridad en los operarios y producción. Para tal fin, se selecciona el PLC S7-1500 de Siemens, que brinda robustez, necesario para la adquisición de datos provenientes de varios sensores que permitirán el correcto funcionamiento del proceso para retirar el exceso de soldadura. El sistema de scarfing automático basado en el PLC S7-1500 se programó y sistematizó mediante el uso del programa TIA Portal, con un protocolo de comunicación basado en Ethernet que posibilita la visualización y monitorización del sistema en tiempo real, a través de la pantalla HMI TP1500.

Con las pruebas realizadas a cada una de las funciones diseñadas, se comprobó el correcto diseño e implementación del sistema automático de scarfing para la línea de procesos de tuberías en acero, el cual mejora la seguridad de los operarios y en los equipos. Permitiendo optimizar y mejorar la eficiencia en la línea de producción, debido a la automatización implementada, no requerirá de detener la línea en caso de accidentes, para el retiro de los desechos de soldadura.

Con el nuevo sistema se genera mayor tiempo de operación de la línea reduciendo el producto no conforme y tiempos de parada.

Palabra clave: Scarfing es el proceso por el cual se eliminan cordones de soldadura.

Abstract

The following work of degree aims to respond to the proposal of the degree project that is articulated to the Electronics and Telecommunications research group (SIETE), belonging to the Research Group in Technological Development (GIDESTES), entitled "Design and Implementation of Automatic Scarfing in the Steel Pipe Process Line in ACESCO S.A.S.". This work is oriented to strengthen and optimize the process of the steel pipe production line, through the design and implementation of automatic scarfing, to improve and facilitate the optimal operation, welding waste management, operator safety and production. For this purpose, the Siemens PLC S7-1500 is selected, which provides robustness, necessary for the acquisition of data from various sensors that will allow the correct operation of the process to remove excess weld. The automatic scarfing system based on the PLC S7-1500 was programmed and systematized through the use of the TIA Portal program, with a communication protocol based on Ethernet that allows the visualization and monitoring of the system in real time, through the HMI TP1500 screen.

With the tests performed to each of the designed functions, the correct design and implementation of the automatic scarfing system for the steel piping process line was verified, which improves the safety of the operators and the equipment. It allows optimizing and improving efficiency in the production line, due to the implemented automation, it will not require stopping the line in case of accidents, for the removal of the welding waste. With the new system, more time of operation of the line is generated, reducing non-conforming product and downtime.

Keyword: Scarfing is the process by which weld beads are removed.

Tabla de contenido

Lista de figuras.....	8
Lista de tablas	12
Lista de apéndice.....	13
Introducción	14
Pregunta de Investigación	15
Objetivos	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco teórico	17
Automatización Industrial.....	17
Sistemas de Control	18
Sistema de Control Centralizado.....	20
Sistema de Control Distribuido.....	21
Controlador Lógico Programable.....	22
Simatic S7 – 1500	29
Lenguajes de Programación	30
Tipos de PLC	35
Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal)	37
Bloques OB, FB, FC y DB de un programa en TIA Portal.....	38
Crear bloques FB, y DB de un programa en TIA Portal.....	39
Aspectos metodológicos	49
Selección de sistema scarfing comercial.....	50
Diseño	53

Establecer las adecuaciones	93
Implementación.....	101
Especificaciones Técnicas del Sistema.....	101
Resultados	111
Conclusiones.....	122
Referencias.....	124
Apéndice	127

Lista de figuras

Figura 1 <i>Diagrama de bloques de un sistema de control</i>	19
Figura 2 <i>Diagrama de bloques de un sistema realimentado</i>	20
Figura 3 <i>Diagrama Sistema Distribuido</i>	22
Figura 4 <i>Composición de un PLC</i>	24
Figura 5 <i>PLC Simatic S7-200</i>	25
Figura 6 <i>PLC Simatic S7-300</i>	26
Figura 7 <i>PLC S7-400</i>	27
Figura 8 <i>PLC S7-1200</i>	28
Figura 9 <i>PLC S7-1500</i>	30
Figura 10 <i>Estructura Lenguaje SFC</i>	31
Figura 11 <i>Lenguaje de Programación FBD</i>	32
Figura 12 <i>Lenguaje de programación Ladder</i>	33
Figura 13 <i>Lenguaje de programación ST</i>	34
Figura 14 <i>Lenguaje de programación IL</i>	35
Figura 15 <i>Pantalla TIA Portal</i>	37
Figura 16 <i>Bloques de programación PLC</i>	39
Figura 17 <i>Árbol de proyecto</i>	40
Figura 18 <i>Creación de nuevo bloque</i>	41
Figura 19 <i>Nuevo bloque FB en el árbol de proyecto</i>	42
Figura 20 <i>Ventana de nuevo bloque</i>	43
Figura 21 <i>Nuevo bloque DB en el árbol de proyecto</i>	44
Figura 22 <i>Creación de variables en DB</i>	45
Figura 23 <i>Programación en el bloque FB</i>	46

Figura 24 <i>Cargar programa en PLC</i>	47
Figura 25 <i>Ventana de confirmación de carga de programa</i>	48
Figura 26 <i>Diagrama de Bloques de metodología a emplear</i>	50
Figura 27 <i>Diagrama scarfing automático</i>	54
Figura 28 <i>Alarma guardamotor unidad hidráulica</i>	57
Figura 29 <i>Alarma guardamotor intercambiador de calor</i>	58
Figura 30 <i>Alarma contactor intercambiador de calor</i>	59
Figura 31 <i>Alarma unidad hidráulica máxima temperatura aceite</i>	60
Figura 32 <i>Alarma unidad hidráulica mínimo nivel de aceite</i>	61
Figura 33 <i>Alarma Arrancador suave Unidad Hidráulica</i>	62
Figura 34 <i>Alarma filtro atascado unidad hidráulica</i>	63
Figura 35 <i>Alarma Guardamotor bomba recirculación</i>	64
Figura 36 <i>Alarma contactor bomba de recirculación</i>	65
Figura 37 <i>Alarma filtro atascado bomba recirculación</i>	66
Figura 38 <i>Permisivos marcha motores unidad hidráulica</i>	67
Figura 39 <i>Marcha motor unidad hidráulica</i>	69
Figura 40 <i>Time out marcha unidad hidráulica</i>	70
Figura 41 <i>Marcha motor recirculación de unidad hidráulica</i>	71
Figura 42 <i>Marcha intercambiador de calor de la unidad hidráulica</i>	72
Figura 43 <i>Habilitación presión general unidad hidráulica</i>	73
Figura 44 <i>Velocidad mínima de línea para rebarbador</i>	74
Figura 45 <i>Bajar el rebarbador</i>	75
Figura 46 <i>Subir el rebarbador</i>	76
Figura 47 <i>Bloquea/desbloquea correderas del escarfig</i>	77

Figura 48 <i>Alarma sensor rebarbador insertado</i>	78
Figura 49 <i>Entra rebarbador</i>	79
Figura 50 <i>Sale rebarbador</i>	80
Figura 51 <i>Cálculo de tiempo del corta cordón</i>	81
Figura 52 <i>Cálculo de tiempo corta cordón por longitud</i>	83
Figura 53 <i>Subir - Bajar el corta cordón</i>	86
Figura 54 <i>Habilitación presión corta cordón</i>	87
Figura 55 <i>Alarma guardamotor transportador de viruta</i>	88
Figura 56 <i>Alarma contactor banda transportadora de viruta</i>	89
Figura 57 <i>Alarma motor trasportador de viruta bloqueado</i>	90
Figura 58 <i>Motor bloqueado transportador de viruta</i>	91
Figura 59 <i>Marcha adelante transportador de viruta</i>	92
Figura 60 <i>Scarfig antes del proyecto</i>	93
Figura 61 <i>Adecuaciones Civiles</i>	94
Figura 62 <i>Instalación de soportes</i>	95
Figura 63 <i>Instalación Scarfig</i>	96
Figura 64 <i>Instalación unidad hidráulica</i>	97
Figura 65 <i>Instalación tablero de control</i>	98
Figura 66 <i>Instalación completada</i>	99
Figura 67 <i>Vista frontal</i>	100
Figura 68 <i>Diagrama de piezas scarfig</i>	105
Figura 69 <i>Diagrama de piezas unidad hidráulica</i>	108
Figura 70 <i>Tablero de control Scarfig Automático</i>	110
Figura 71 <i>Pantalla HMI Fallas Scarfig</i>	111

Figura 72 <i>Pantalla de alarmas actuales scarfing, prueba de detección de alarmas.</i>	112
Figura 73 <i>Guardamotores des energizados</i>	113
Figura 74 <i>Alarmas por guardamotores</i>	114
Figura 75 <i>Reset de fallas scarfing</i>	115
Figura 76 <i>Pantalla HMI Cuadre de tiempos Scarfing</i>	116
Figura 77 <i>Longitud de cortes de viruta</i>	117
Figura 78 <i>Medición de los cortes de la viruta</i>	118
Figura 79 <i>Acumulación de viruta en tanque</i>	119
Figura 80 <i>Simatic ET 200SP</i>	120

Lista de tablas

Tabla 1 *Tipo de PLC, Características, ejemplos y softwares para programarles.* 36

Tabla 2 *Propuestas de scarfing automático, ventajas y desventajas.* 51

Lista de Apéndice

Apéndice A Simatic S7 - 150.....	127
Apéndice B Ficha técnica TP1500 Comfort.....	128
Apéndice C Ficha técnica scarfing.....	129
Apéndice D Ficha técnica centralita oleodinámica	130

Introducción

La industria de acero constantemente se concentra en mejorar la calidad en las terminaciones de las superficies de sus productos. ACESCO S.A.S es una empresa multinacional de manufactura de acero con una trayectoria de 50 años. Esta genera productos tales como el acero galvanizado, pre-pintado, teja de zinc ondulada, entrepisos, cubiertas y tuberías. Esta empresa está posicionándose en el mercado como líder en la producción y comercialización del acero en Colombia, gracias a sus altos estándares de calidad en sus productos y servicios, además siendo amigables con el medio ambiente. Cuenta con certificaciones para sus materiales en norma ISO lo cual ofrece mejor calidad en los productos ofrecidos. Teniendo importantes aliados en otros países como Panamá, Costa Rica, Puerto Rico, República Dominicana y Ecuador, los cuales ofrecen diferentes alternativas de productos y servicios para los productos del acero. (Acesco, 2021).

“Históricamente, los objetivos de la automatización han sido el procurar la reducción de costos de fabricación, mejorar los procesos de calidad en los medios de producción, y liberar al ser humano de las tareas tediosas, peligrosas e insalubres.” (Moreno, 1999). Los sistemas industriales empleados en el proceso de fabricación de tuberías de acero en ACESCO S.A.S, no disponen de un sistema automático de scarfing que garantice seguridad en los operarios, equipos, y eficiencia de producción.

En el proceso de formación de tubería de acero, se inicia con desplegar un rollo de lámina de este material, el cual pasa por un proceso de formación para cerrarlo hasta hacer una tubería circular. Luego, se procede a realizar una soldadura para unir completamente los extremos y formar la tubería. Esta soldadura, deja una rebaba o desecho en forma de tira, con temperaturas

cercanas a los 700 ° C la cual genera un riesgo al operador que debe realizar el proceso de retiro de desechos de soldadura sin detener la línea de producción. (Sweed Machinery, 2019)

El proceso de retirar el exceso de acero creado por la soldadura causa un peligro para los operadores y para los equipos alrededor. De acuerdo con las necesidades planteadas, el problema principal radica en diseñar un sistema de control automático de scarfing, en el cual se pueda establecer seguridad a sus operarios y en la línea de producción. En este problema lo ideal sería realizar una automatización del proceso en el área del scarfing ya que actualmente es un proceso manual por parte de los operadores. Mediante la aplicación de conocimientos en automatización, se puede mejorar la seguridad y productividad en la línea de tubería, permitiendo reducir los accidentes presentados en la línea, con el fin de proteger a los operadores que se encargan del proceso.

Pregunta de Investigación

¿Cómo diseñar e implementar un sistema automático de scarfing en la línea de procesos de tuberías en acero?

Objetivos

Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de scarfing automático en la línea de procesos de tubería en acero de ACESCO S.A.S.

Objetivos Específicos

Determinar los requerimientos eléctricos, adecuaciones, y procesamiento para la instalación del sistema.

Diseñar un sistema robusto y automatizado de scarfing automático.

Programar la secuencia del sistema en el software TIA Portal conforme a los requerimientos de la línea de tubería.

Validar el diseño e implementación del sistema de scarfing automático mediante pruebas que demuestren su adecuado funcionamiento.

Marco teórico

La automatización de sistemas industriales aumenta la productividad, reduce costos de producción, mejoran la seguridad de los operarios y brindan un producto de excelente calidad (Suzuki, 2017). Los controladores lógicos programables (PLC) nacen a raíz de la necesidad de dar solución al control de circuitos complejos de automatización industrial (Cortés, 2001). En la actualidad, la industria utiliza estos sistemas los cuales son diseñados y ajustados para funciones específicas de automatización, control, monitoreo, comunicación, entre otros.

En este capítulo se presenta la base teórica necesaria para el desarrollo de este proyecto aplicado de grado. Primero revisaremos los conceptos asociados a la automatización industrial, sistemas de control distribuidos y centralizados, topologías de sistemas de control (lazo abierto, lazo cerrado), luego se presentan el concepto de los controladores lógicos programable (PLC), así como lo asociado a sus lenguajes de programación y software TIA Portal, empleado para la programación del PLC, donde se estudiará la interacción de software y hardware, el administrador SIMATIC, programación simbólica, crear un programa con FBs, y DBs, configuración de módulos centrales, cargar y probar un programa, programar un bloque de datos globales.

Automatización Industrial

Automatizar un proceso es conseguir que un sistema funcione y se controle de manera autónoma mediante el uso de dispositivos electrónicos y/o mecánicos que se programan para cumplir funciones específicas. Las ventajas que presenta la automatización de sistemas industriales son:

- Optimizar la producción y la adapta a demanda
- Disminuir el costo de producción
- Mejorar la calidad de los productos

- Aumentar la seguridad en los operarios
- Disminuir la mano de obra

En general los Controladores Lógicos Programables PLC's tienen muchas ventajas con respecto a la lógica cableada que se manejaba anteriormente para este tipo de control, ya que ocupa menos espacio en los tableros, la facilidad para realizar cambios en el programa o cableado, permiten una comunicación con otro software que realizar una visualización e histórico en tiempo real de todas las señales que se estén utilizando (Aula21, 2021).

Actualmente se encuentran las empresas en una revolución industrial a la cual se ha denominado Industria 4.0, la cual busca la digitalización de entornos industriales por medio de comunicación entre sistemas de una empresa. Muchas empresas han adoptado esta digitalización y han llevado sus procesos hasta el punto en que pueden monitorizar puntos claves del proceso desde un celular, estando en cualquier parte del mundo, con solo tener acceso a una red con conexión a Internet. Estos cambios que se están implementando en la industria, permiten tener un mejor control en los procesos de una empresa, los cuales benefician no solo a mantenimiento para hacer seguimiento a las señales, sino también a producción ya que pueden calcular de manera más eficiente cuanto material se ha procesado y que tiempo de disponibilidad ha tenido la máquina.

Sistemas de Control

Un sistema de control está provisto de un terminal de entrada de información de datos, los cuales son procesados para dar una respuesta al sistema. Esta definición se encuentra representada gráficamente en la Figura 1.

Figura 1

Diagrama de bloques de un sistema de control



Nota: Elaboración propia

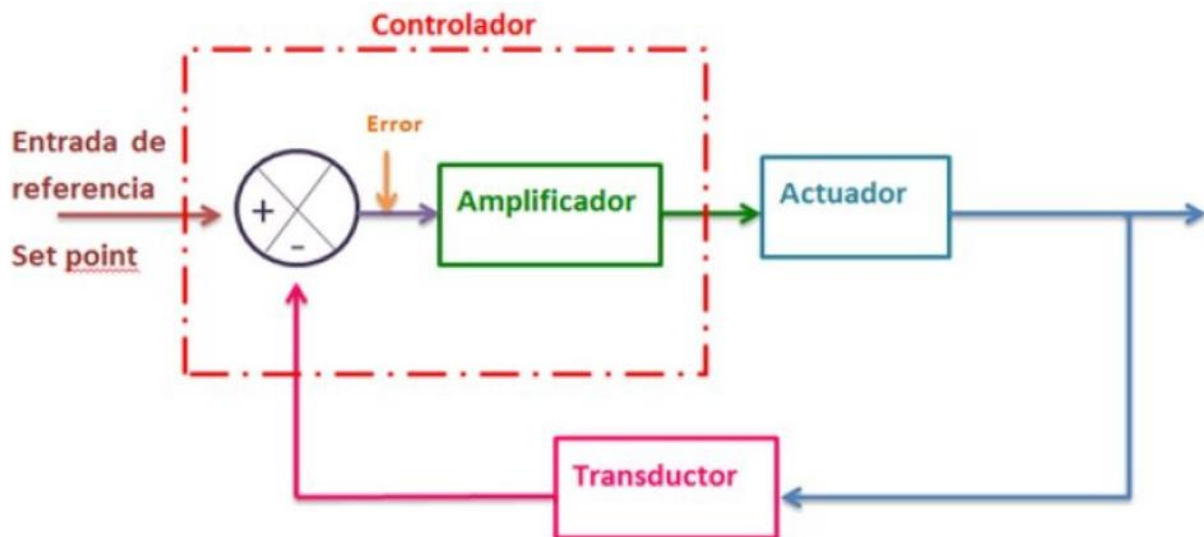
Existen dos sistemas de control, los de lazo de control abierto y cerrado. Los lazos de control abiertos están determinados en que no tienen retroalimentación al sistema, es decir, no depende de la salida del sistema. En cambio, los lazos de control cerrado tienen una retroalimentación en el sistema para compensar una acción que se está realizando, por ejemplo, cuando se activa una bomba, y se necesita mantener una presión, la cual se mide con un sensor de presión, por tanto, el sistema permite ajustar la velocidad de la bomba para compensar la presión requerida. (Castaño, 2021).

En los sistemas de control es fundamental contar con 3 elementos básicos como se muestra en la Figura 2:

- Sensor / Transductor, permite la medición de variables físicas.
- Controlador, toma la decisión de qué hacer con la señal que envían los sensores para mantenerla en lo que requiera.
- Actuador, dispositivo que realiza una acción con base en la decisión del controlador (Moya, 2021).

Figura 2

Diagrama de bloques de un sistema realimentado



Nota: Adaptado del diagrama de bloques de un sistema realimentado y sus elementos básicos.

(<https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2018/12/24/conceptos-basicos-sistemas-de-control/>)

Sistema de Control Centralizado

Este tipo de sistemas se basa en tener un controlador el cual es el encargado de recibir y enviar las señales a todos los elementos en campo (Sensores, válvulas, actuadores), para tomar las acciones necesarias según se requiera en el proceso. Todo el sistema es manejado desde un único punto, esto puede generar inconvenientes debido a que, si llegase a fallar la comunicación o el mismo controlador, todo el sistema se detendría.

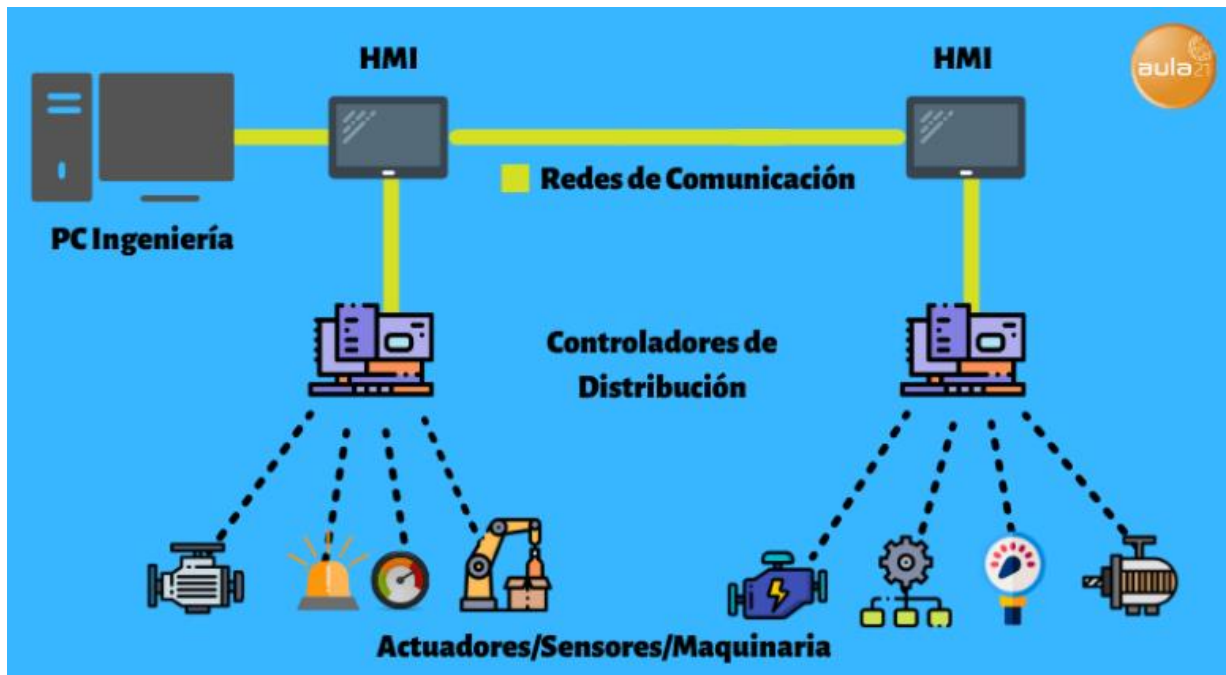
Actualmente este tipo de sistemas se ha dejado de utilizar por lo que conlleva mayor cableado, por lo que hay más puntos de fallas, además se necesita mayor ancho de banda en la red para el control de todos los equipos, y si llegara a fallar un punto puede afectar a todo el sistema. (Secoin, 2019)

Sistema de Control Distribuido

A diferencia del anterior sistema, este se basa en tener varios elementos de control distribuidos en la planta los cuales son los encargados de controlar una parte del proceso como se muestra en la Figura 3, ya su vez se encuentran conectados entre todos por una red de comunicación de alta velocidad.

Al encontrarse localmente en el sector de proceso a controlar se utiliza menos cableado para los elementos que se necesitan en el proceso (sensores, válvulas, motores) permitiendo aumentar la seguridad, rentabilidad y fiabilidad.

Teniendo este tipo de configuración en el sistema es posible realizar modificaciones o reparaciones en ese sector del proceso sin interrumpir el resto del proceso, estos controladores separados permiten realizar expansiones en el proceso o mejoras según se requiera y permita el proceso. (Aula21, 2022)

Figura 3*Diagrama Sistema Distribuido*

Nota: Adaptado de diagrama básico de un sistema distribuido (<https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-de-control-distribuido/>)

Controlador Lógico Programable

Un controlador lógico programable es también conocido por sus siglas en inglés como PLC (Programmable Logic Controller), se usa principalmente en la industria, siendo un mini computador capaz de procesar datos de una máquina, realizando un monitoreo en tiempo real de todas las señales presentes en un proceso, para la automatización de respuestas en sistemas electrónicos, eléctricos o mecánicos. Este dispositivo reemplaza el sistema que se utilizaba antes del 1968, año que se inventaron los PLC's. El sistema anteriormente utilizado, consistía en un control en base de cables y relés, que permitía controlar las condiciones de la maquina con una lógica cableada. Esto solía presentar un problema, que radica, en que mientras más compleja la

máquina, más complicado podía ser esa lógica cableada y al momento de encontrar una falla se volvía una tarea difícil (Electronic Board, 2021).

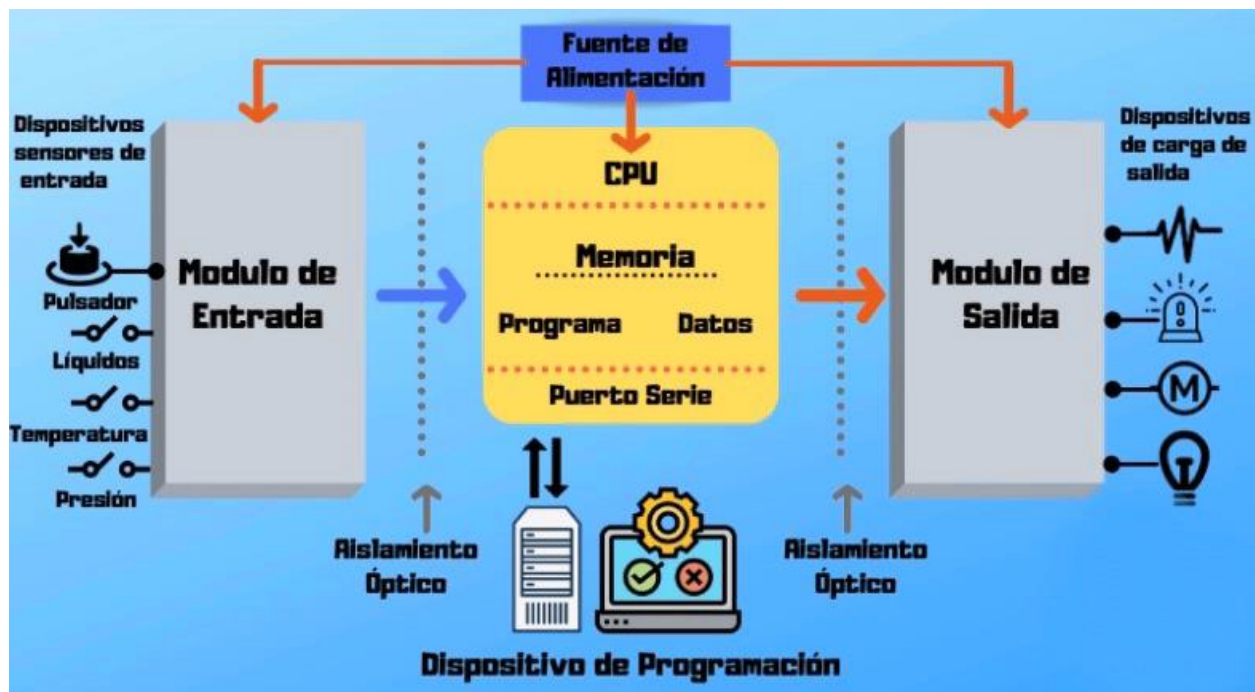
Como se presenta en la Figura 4, los controladores programables están compuestos por:

- Una Unidad Central de Procesamiento (CPU)
- Fuente de alimentación
- Módulos de entrada/salida
- Unidad de programación.

Los datos que recibe el PLC son tomados por los módulos de entradas, los cuales contienen sensores (ej. sensor de presión, temperatura, caudal, inductivos, capacitivos, entre otros) o pulsadores (interfaz de usuario). Estas señales son procesadas dentro del PLC por la Unidad Central de Procesamiento (CPU), donde contiene una memoria externa (RAM) y otra interna (ROM), para almacenar los datos y realizar el control. Mediante el cual se realizan operaciones lógicas y dependiendo de su programación, se envían las señales a los módulos de salidas, para realizar ciertas acciones a dispositivos actuadores, tales como, las válvulas, motores, balizas (Electronic Board, 2021).

Figura 4

Composición de un PLC



Nota: Adaptado de Diagrama de los componentes de un PLC, de Centro de Formación Técnica para la Industria, 2020, Aula21 (<https://www.cursosaula21.com/que-es-un-automata-programable-o-plc-y-como-funciona/>)

Una de las principales compañías que se encuentran actualmente precursora del PLC fue Siemens, introdujo en el mercado el S5 el cual estuvo en el mercado en la década de los 80 siendo un PLC robusto el cual al día de hoy quizás todavía se maneje. Luego vino la familia de los Simatic S7, entre ellos el S7-200 Figura 5 el cual contaba con diferentes referencias las cuales variaban en lo que permitían hacer, este principalmente era un PLC pensado para tareas sencillas, ya que tenía incorporadas entradas y salida y comunicación, sin la posibilidad de instalarle módulos de ampliación, donde también habían de estas CPU que contaban con la posibilidad de agregar módulos de señales y de comunicaciones. (AUTYCOM, 2019)

Figura 5

PLC Simatic S7-200



Nota: Figura de un PLC Simatic S7-200 (<https://excind.com/control/31-plc-siemenes-simatic-s7-200-refcpu224dcdcdc.html>)

También se contaba con otro tipo de PLC que tiene mayor rendimiento el cual es S7-300 Figura 6 que el día de hoy sigue siendo un PLC usado en muchas empresas gracias a su versatilidad, rendimiento, economía y prestaciones. Maneja muchos tipos de CPU en los cuales varía el tipo de comunicación que se requiera (RS485, Profinet, Profibus, Ethernet), la cual se ha ido actualizando y ya permite comunicación en fibra óptica, esto permite realizar topologías múltiples.

Anteriormente los PLC funcionaban con una memoria de carga donde se almacenaba la configuración y programa de la CPU, para luego pasarlo a la memoria de trabajo las cuales eran memorias volátiles y requerían una batería para su correcto funcionamiento. Este PLC cambio ese sistema y se le implementaron memorias no volátiles EEPROM las cuales se realizaba el

cargue y no era necesaria la batería, para la lectura de estas memorias es necesario un software (STEP 7 o Tia Portal). (AUTYCOM, 2019)

Figura 6

PLC Simatic S7-300



Nota: Figura de un PLC S7-300 (<https://www.autycom.com/plc-siemens-s7-300-caracteristicas/>)

Para aplicaciones más especializadas se utiliza el S7-400 Figura 7 el cual posee una ventaja a la anterior CPU, la cual permite extraer y retirar tarjetas mientras está funcionando. Este tipo de configuración también le permite tener conectadas dos CPU S7-400 las cuales permite tener una redundancia en el sistema para evitar fallos, ya que al momento que una falla la otra se encuentra en stand-by y comenzara a ejecutar el programa desde donde quedo la que falló. En la parte de memorias cuenta con dos memorias volátiles por lo que es necesario contar

con batería, pero cuenta con dos baterías para tener redundancia en el sistema. En tema de comunicaciones es similar al S7-300 ya que cuenta con CPU's con los mismos protocolos de comunicación. (AUTYCOM, 2019)

Figura 7

PLC S7-400



Nota: Figura de un PLC S7-400

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-400.html>

Una actualización que tuvo el S7-200 fue un PLC que lanzó al mercado Siemens que es el S7-1200 Figura 8, ya con esta CPU se podía realizar la programación con TIA Portal en su momento fue el primero de la familia que se podía programar en este software. Además, todos los diferentes modelos de CPU traen incorporadas un puerto de Ethernet en el cual variaba si tenía 1 o 2 puertos y se pueden agregar otras tarjetas de comunicación si así se requiere.

Este es un PLC compacto por lo que tiene incorporado las entradas y salida como también algunas analógicas (dependiendo de la CPU), ofreciendo también la posibilidad de realizar ampliación por medio de otras tarjetas según sea necesario. (AUTYCOM, 2019)

Figura 8

PLC S7-1200



Nota: Figura de un PLC S7-1200

<https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/s7-1200.html>

Simatic S7 – 1500

Es un controlador lógico programable muy versátil por su sistema modular y escalable Figura 9, posee un sistema de procesamiento más rápido que sus predecesores. Es ideal para aplicaciones grandes como pequeñas en la industria, gracias a su velocidad permite realizar una serie de procesos obteniendo resultados óptimos en su respuesta. Está completamente integrado al software de Siemens Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal), permitiendo realizar un sin número de operaciones y utilizar diferentes tipos de lenguaje de programación para los diferentes procesos que se necesite.

Teniendo un sistema modular y exento de ventilador, ofrece facilidades de montaje y creación de topologías eficientes, esto permite la reducción de costos en los proyectos. Posee un fácil manejo en su programación, teniendo a su disposición diferentes opciones de CPU dependiendo de lo que se requiera, y numerosos tipos de módulos entradas digitales, salidas, analógicas, redes, esto permite realizar un sin número de tareas y lo vuelve apropiado para cualquier situación que se requiera. (AUTYCOM, 2019)

Figura 9*PLC S7-1500*

Nota: SIMATIC S7 – 1500: aliado perfecto para mejorar la productividad. AUTYCOM.

[\(https://www.autycom.com/simatic-s7-1500-aliado-para-mayor-productividad/\)](https://www.autycom.com/simatic-s7-1500-aliado-para-mayor-productividad/)

Lenguajes de Programación

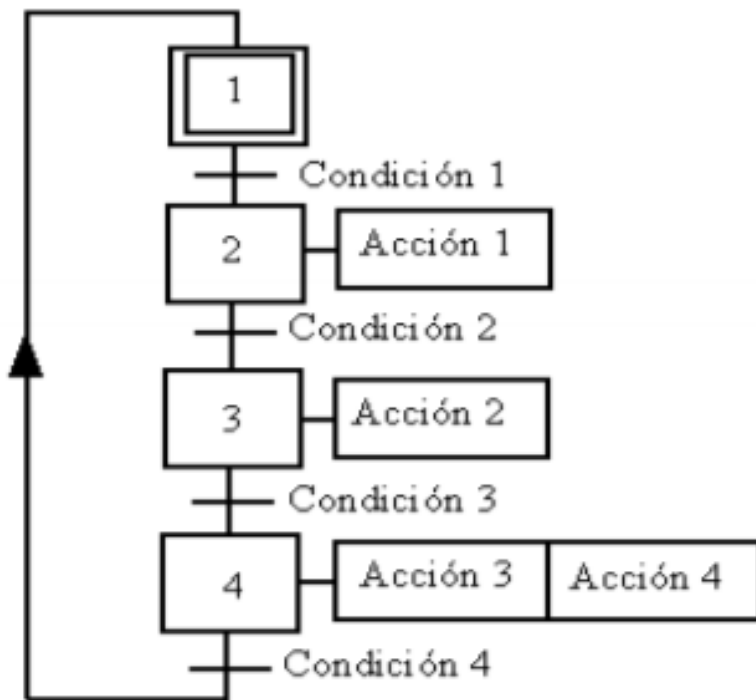
La programación de los PLC's viene dada en diferentes lenguajes de programación que se realiza en un computador, según el estándar IEC 61131-3, se definieron 5 lenguajes:

Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC): También conocido como lenguaje de bloques con funciones secuenciales. Este lenguaje es gráfico orientado a objetos, mediante este, se describe el orden de acciones que desarrollará un programa. La Figura 10 muestra un ejemplo de este tipo de programación, donde se definen los pasos, acciones y condiciones de transición. Las aplicaciones

se realizan en base a diagramas de flujo, por lo cual se pueden desarrollar las etapas y transiciones que se ejecutan. Cada una de estos pasos establece una acción asociada, y a su vez solo estará activa una etapa en el ciclo del proceso. Cada transición está dada por condiciones que deben cumplirse, para que el proceso siga avanzando a la etapa siguiente. Cabe aclarar, que cada acción es libre como objeto de programación y puede estar escrita en cualquier lenguaje de programación (Ricci, 2020).

Figura 10

Estructura Lenguaje SFC



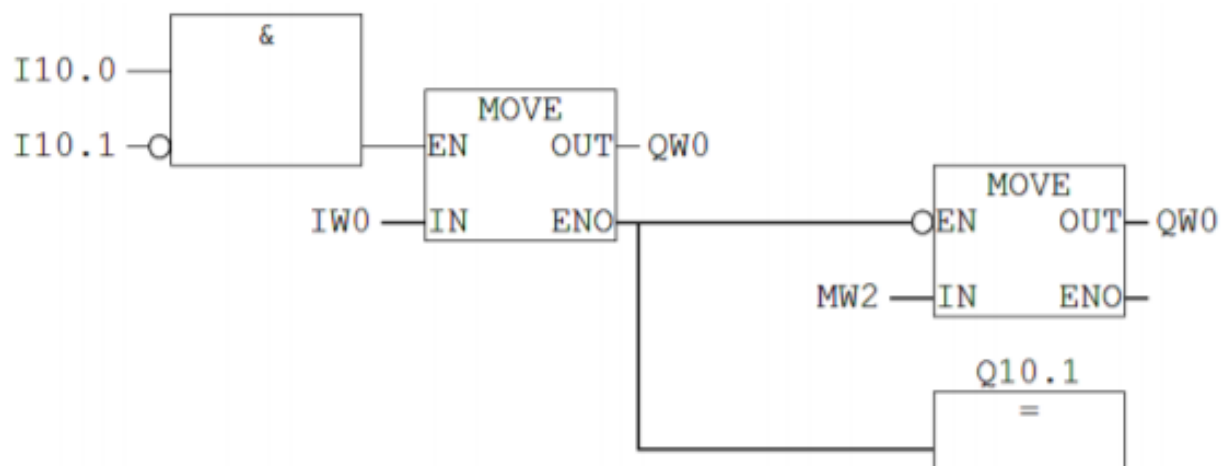
Nota: Diagrama de funciones secuenciales (SFC) o Grafcet. 2020, Ricci D.

(http://eet485.com.ar/Archivos/Introducci%C3%B3n%20al%20Control%20Autom%C3%A1tico%20-%20502_zk9.pdf)

Diagrama de bloques de funciones (FBD): Es un lenguaje grafico de alto nivel, el cual se basa en bloques de funciones, muy similar a un diagrama de circuito lógico digital. Permite ejecutar operaciones en el programa con la ayuda de bloques que simplifican operaciones complejas o funcionalidades. En la Figura 11 se presenta un ejemplo de este tipo de lenguaje gráfico. La norma IEC 61131-3 establece una gran cantidad de bloques y funciones estándares, y también permite al usuario construir sus propios bloques de funciones, de acuerdo con los requerimientos y necesidades de su sistema de control a diseñar (UNED).

Figura 11

Lenguaje de Programación FBD



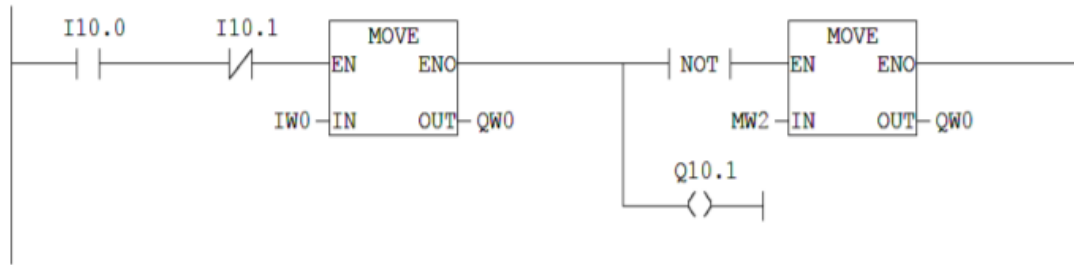
Nota: Controladores lógicos programables.

(http://www.ieec.uned.es/investigacion/dipseil/pac/archivos/informacion_de_referencia_ise6_1_2.pdf)

Diagrama de tipo escalera o diagrama de contactos (LD o Ladder): Este lenguaje es el más común y utilizado por casi todos los tipos de PLC, es de tipo gráfico y tiene un parecido a la lógica cableada que está basada en relés Figura 12. Aquí se pueden observar los contactos, bobinas y bloques de funciones, todo esto es manejado en señales booleanas. Haciendo uso de las barras de alimentación y elementos de enlace se puede observar como a medida que cambian estados llega la alimentación a lo que se quiere activar generalmente una bobina. (UNED)

Figura 12

Lenguaje de programación Ladder



Nota: Controladores lógicos programables.

(http://www.ieec.uned.es/investigacion/dipseil/pac/archivos/informacion_de_referencia_ise6_1_2.pdf)

Texto estructurado (ST): Este lenguaje está basado programación en texto parecido a C y Basic

Figura 13. La principal ventaja con respecto de otros lenguajes es que permite de forma clara programar secuencias y ciclo para obtener un mejor control en el sistema. (UNED)

Figura 13

Lenguaje de programación ST

```
Q 4.0 := I 0.0 AND I 1.1 OR NOT I 0.1
IF Q 4.0 == 1 THEN GOTO M001
ELSE Q 1.0 = NOT Q 4.0;
END_IF;
M001 MW 2= 1+MW 2;
```

Nota: Controladores lógicos programables.

http://www.ieec.uned.es/investigacion/dipseil/pac/archivos/informacion_de_referencia_ise6_1_2.pdf

Lista de Instrucciones (IL): Se basa en instrucciones de diferentes tipos, en cada fila de programación hay un número de identificación, un código de instrucción y un operando tipo bit o palabra Figura 14. Este lenguaje consta de instrucciones booleanas las cuales actúan en dos operandos. El implícito es el acumulador booleano de diferentes instrucciones anteriores.

(Descripción de lenguajes)

Figura 14

Lenguaje de programación IL

Ejemplo:	001	LD	%i0,1
	002	AND	%I1.2
	003	ST	%Q1,0

Ejemplo de instrucción:	003	LD	%I0.1
	Número	Código de instrucción	Operando

Nota: Descripción de lenguajes.

(<https://users.exa.unicen.edu.ar/catedras/tldcaut/Software%20Lenguajes%20LD%20y%20IL.pdf>)

Esta programación que se realiza en el computador viene dada en un software que ya depende de la marca del PLC que se esté utilizando ya que cada fabricante maneja su software, pero los lenguajes son estándar.

Tipos de PLC

Existen varios tipos de PLC dependiendo de su tamaño los cuales se destacan: Nano, Compacto y Modular. Los nano como se indica son muy pequeños y ahí mismo están integrados la fuente de alimentación, la CPU y las entradas y salidas, generalmente se utilizan para tareas sencillas. Los compactos son parecidos a los anteriores, pero de un tamaño mayor teniendo incluidas más entradas y salidas, a los cuales se les agregan módulos especiales para expandirlo. Y por último

los modulares se configuran dependiendo de las necesidades que se tengan en el proceso ya que vienen por separado, la fuente de alimentación, CPU, módulos de entradas, salidas, analógicos. (R., 2020). En la Tabla 1 se presenta ejemplos de PLC según al tipo que pertenece, se explican las características, así como el software que se emplea para su programación.

Tabla 1

Tipo de PLC, Características, ejemplos y softwares para programarles.

Tipo de PLC	Características	Ejemplo	Software
Compacto	Construcción monolítica	LOGO	LogoSoft Comfort
	Monoprocesador	S7-200	Microwin
	Conexión de bus de campo	S7-1200	Step 7 TIA Portal
		Micro800	Workbench
		Micrologix	RS Logix 5
Modular	Construcción modular (plano posterior)	S7-1500	Step 7 TIA Portal
		S7-300	LogoSoft Comfort
	Sistema de uno o multiprocesador	S7-400	Microwin
		ControlLogix	Workbench
		Bus de campo y conexión LAN	SLC 500

Nota: Tabla de tipos de PLC y ejemplos de marcas. (<https://masterplc.com/programacion/principales-marcas-de-plc/>)

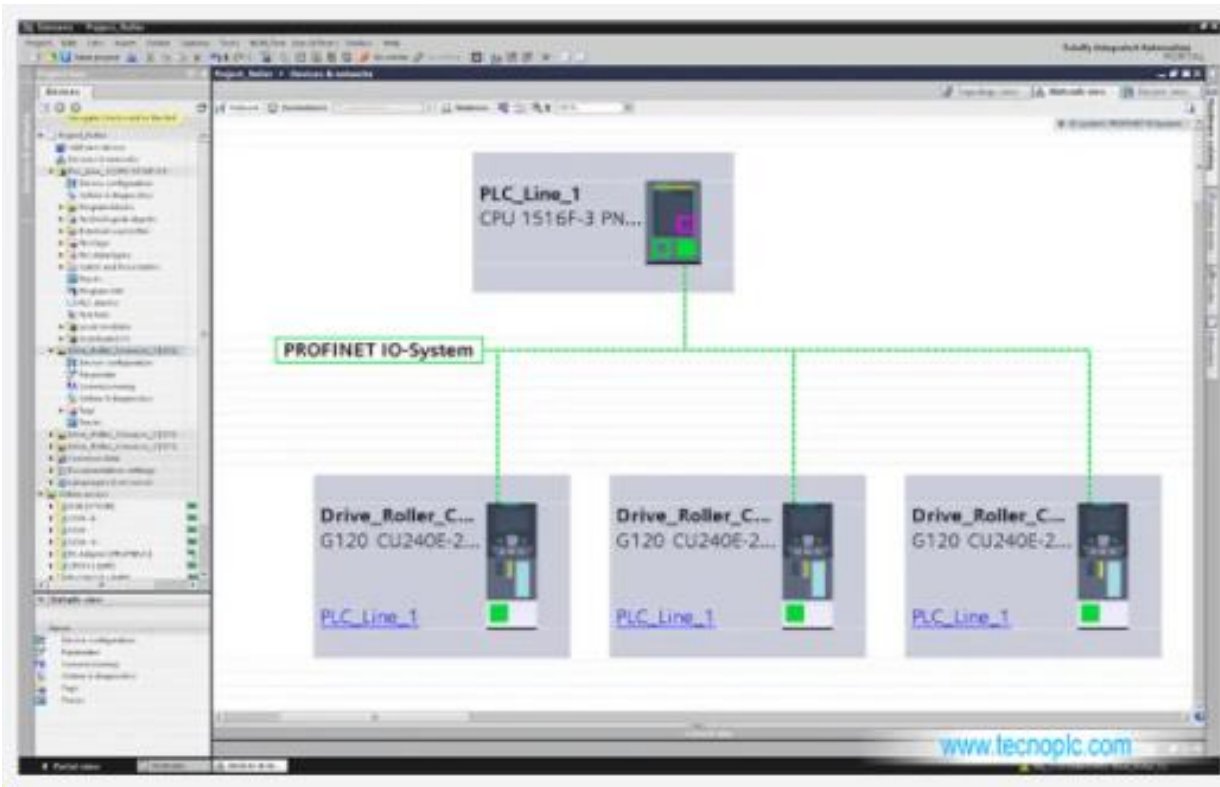
Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal)

Es un software avanzado de ingeniería que permite la configuración, parametrización, y diagnóstico de controladores Simatic, pantallas de visualización (HMI) y accionamientos, ya que integra las funciones de Simatic Step 7, WinCC y StarDrive. Esto permite tener en una misma interfaz de varias funciones trabajando de manera intuitiva y efectiva (Tecnopl, 2015).

En la Figura 15 se puede observar la ventana del software TIA Portal en la cual se realiza una programación de redes de un PLC, observando también los elementos que son utilizados para la realización de programas de procesos.

Figura 15

Pantalla TIA Portal



Nota: TIA Portal: utilidades del software. Tecnopl. (<https://www.tecnopl.com/tia-portal-utilidades-del-software/>)

Bloques OB, FB, FC y DB de un programa en TIA Portal

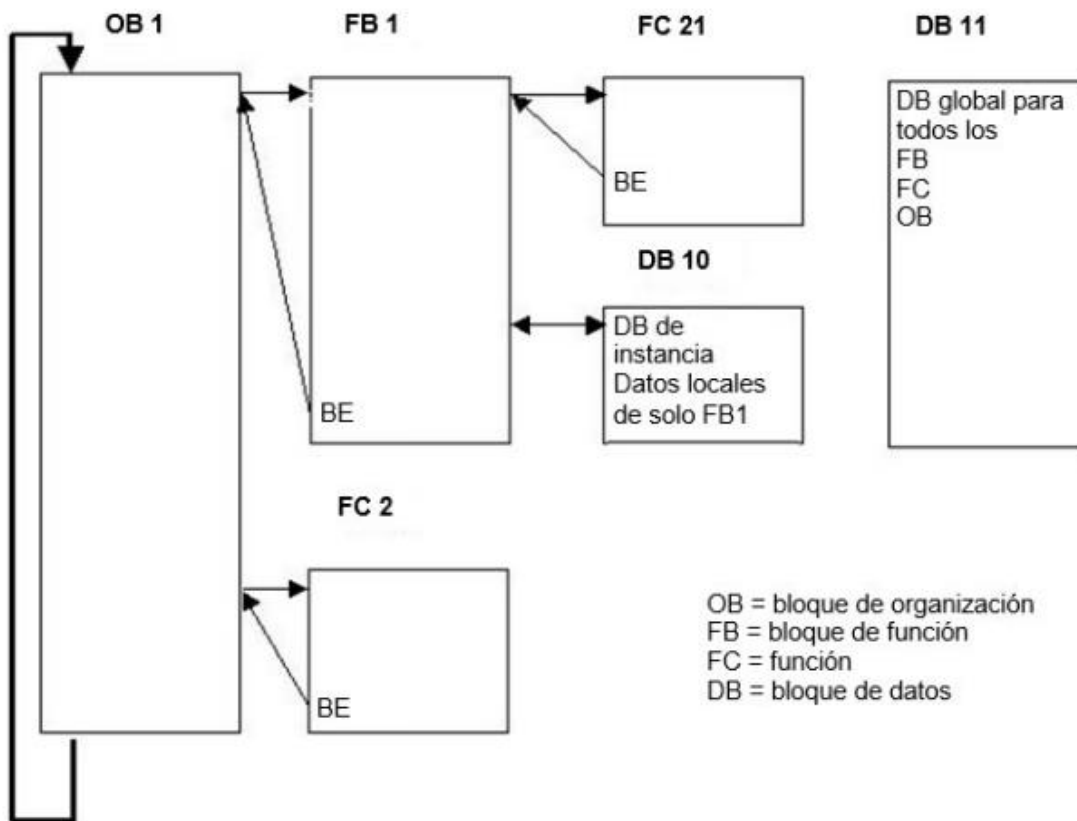
El bloque OB (Por sus siglas en inglés significa Bloque de Organización) es un bloque de organización que es ejecutado por el sistema de forma constante o cíclica, aunque dependiendo de su número, pueden ser específicas para ejecutar después de ocurrido algo en el programa. El bloque OB es constituido como la interfaz entre el usuario y el sistema operativo. Se utilizan para llamar a ejecutar otros bloques como el FC (Función).

El bloque FC es un bloque de función el cual al no tener área de memoria asignada sus datos se pierden luego de que se ejecuta la función programada.

A un bloque FB se le asigna un bloque de datos DB, del cual las variables tomaran información, además este tipo de bloque también puede llamar a otros FB o FC dependiendo de lo que se necesite ejecutar.

El bloque DB es un bloque de datos los cuales se utilizan para establecer espacios de memoria para las variables de datos. Entre estos bloques DB se utilizan dos tipos, los globales en los que los demás bloques pueden leer y escribir sus datos y los de instancia que se encuentran asignados a una FB específica. (Studylib.es, 2017)

En la Figura 16 se puede observar una representación gráfica de cómo es la interacción de los módulos OB, FB, FC y DB dentro de la programación de TIA Portal. Se puede observar que el OB1 funciona de manera cíclica y además dentro de este se pueden llamar a los bloques FB y FC, en los bloques FB se pueden llamar bloques FC y además pueden tener asignadas DB de donde toman datos. También puede haber bloques DB con datos globales para todos los bloques FB, FC y OB.

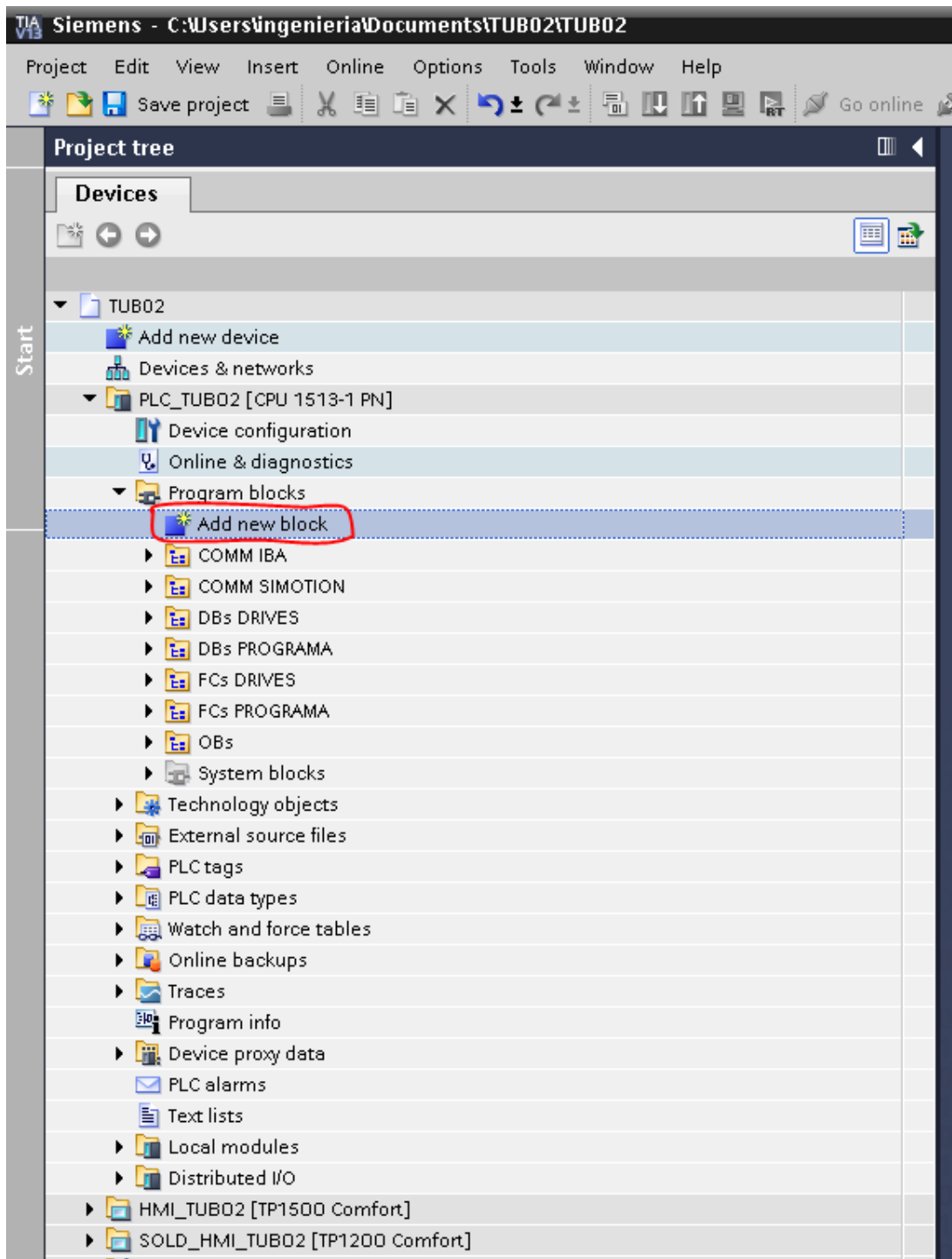
Figura 16*Bloques de programación PLC*

Nota: Bloques para la programación de un PLC. (<https://studylib.es/doc/8320456/tema--tipos-de-bloques-en-s7-1200>)

Crear bloques FB, y DB de un programa en TIA Portal

Para agregar un bloque FB a un programa existente como es el caso de este proyecto se hará lo siguiente:

Ubicar en el "Árbol de proyecto" sobre la carpeta del PLC TUB02 y luego en bloques de programa la opción que dice "Add new block". Figura 17

Figura 17*Árbol de proyecto*

Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

Se mostrará una ventana Figura 18, en ella se debe seleccionar la opción “Función Block”, colocar el nombre “Control Scarfing”, seleccionar el lenguaje KOP y el número automático, luego aceptar y el bloque aparecerá en el árbol del proyecto Figura 19.

Figura 18

Creación de nuevo bloque

Add new block

Name: CONTROL SCARFING

Language: LAD

Number: 1

Manual

Automatic

Description:
Function blocks are code blocks that store their values permanently in instance data blocks, so that they remain available after the block has been executed.

OB
Organization block

FB
Function block

FC
Function

DB
Data block

More...

Additional information

Title: _____

Comment: _____

Version: 0.1

Family: _____

Author: _____

User-defined ID: _____

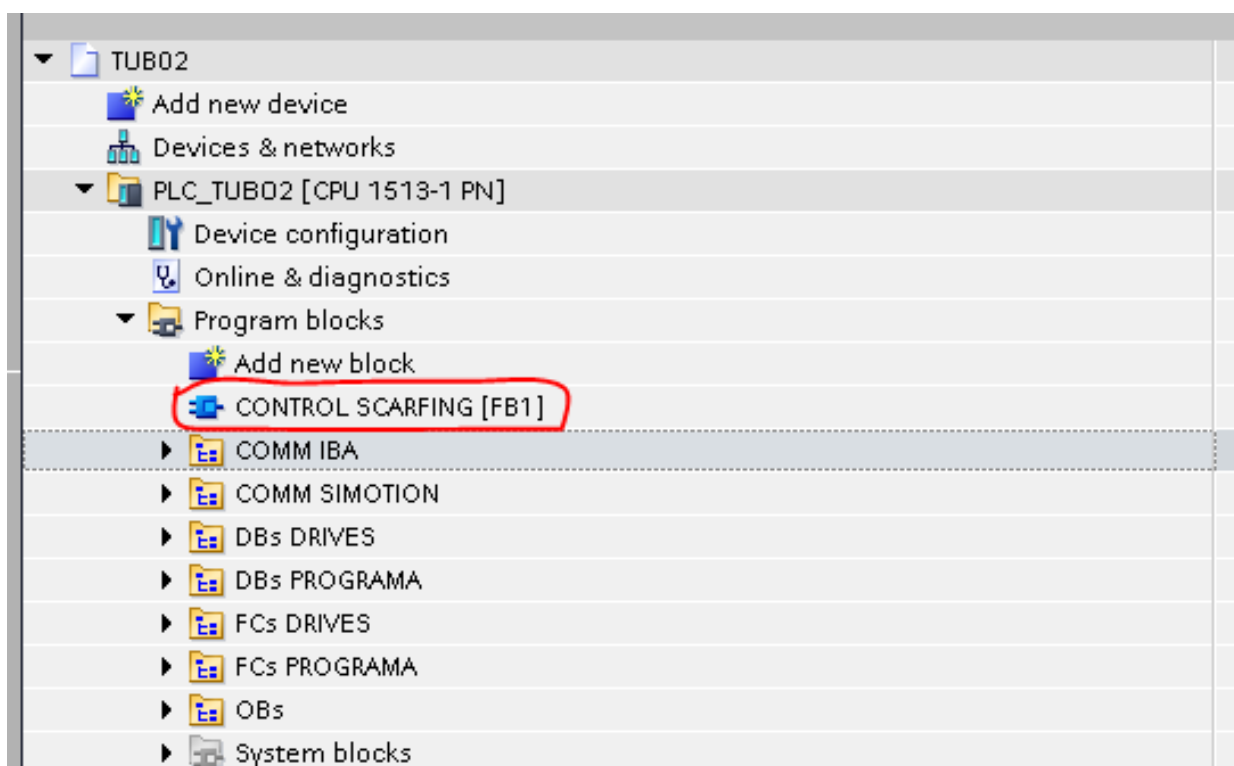
Add new and open

OK Cancel

Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

Figura 19

Nuevo bloque FB en el árbol de proyecto



Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

Ubicar nuevamente en el árbol de proyecto la opción de agregar un nuevo bloque Figura 20, pero ahora se agregará un bloque de datos llamado “DB Scarfing” el cual aparecerá en el árbol del proyecto. Figura 21

Figura 20

Ventana de nuevo bloque

Add new block

Name: DB SCARFING

Organization block (OB)

Function block (FB)

Function (FC)

Data block (DB)

Type: Global DB

Language: DB

Number: 230

Manual (selected)

Automatic

Description: Data blocks (DBs) save program data.

More...

Additional information

Title:

Comment:

Version: 0.1

Author:

Family:

User-defined ID:

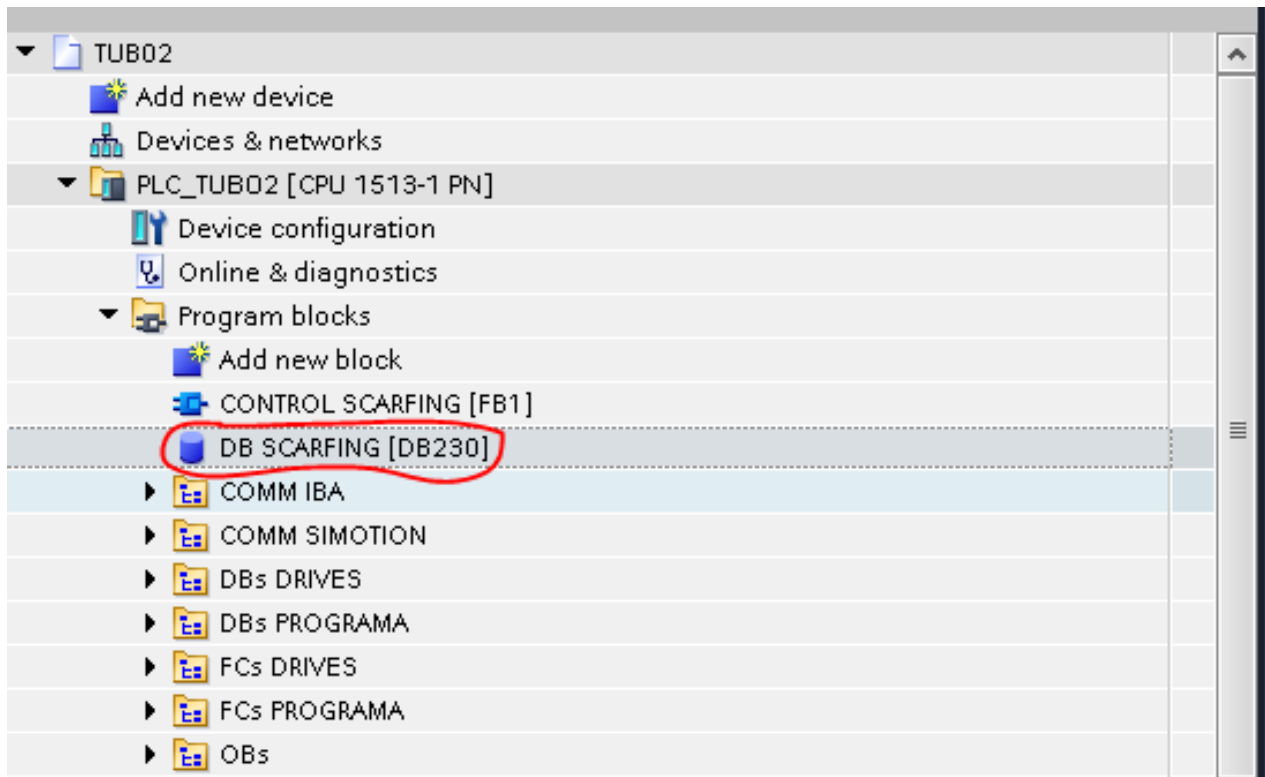
Add new and open

OK Cancel

Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

Figura 21

Nuevo bloque DB en el árbol de proyecto

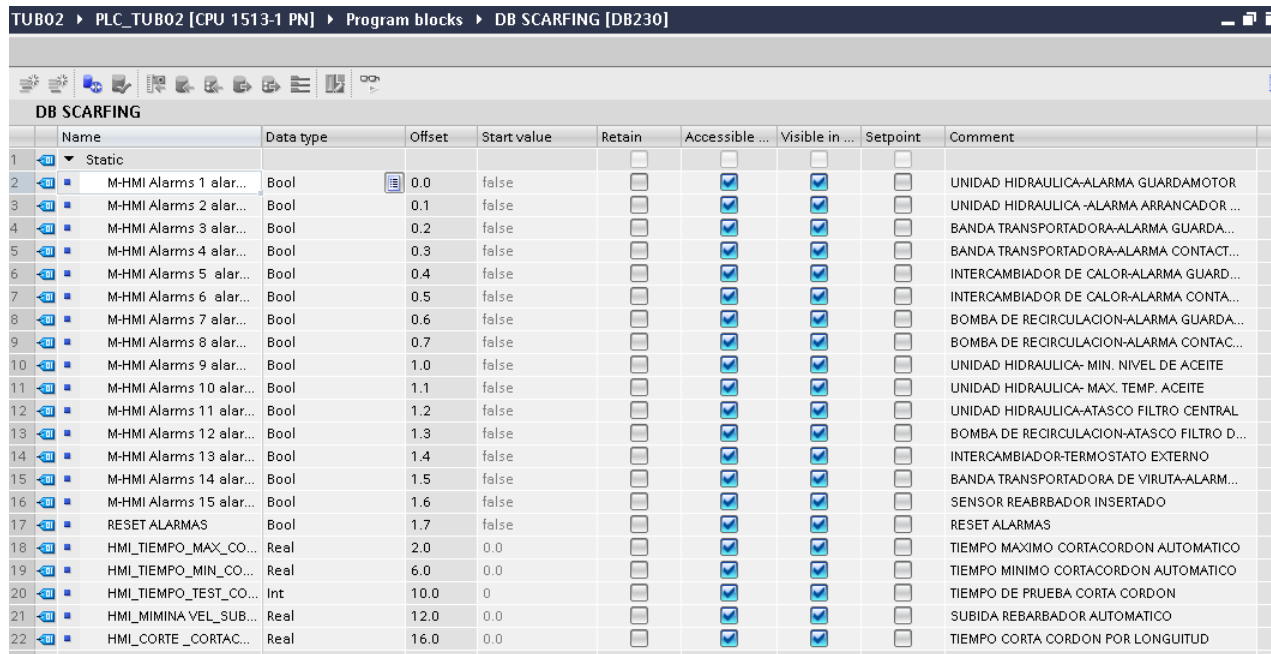


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 22 se definen las variables que se van a utilizar, para ello se agregan en la DB y el FB tomara esta base de datos para realizar las acciones necesarias en el programa.

Figura 22

Creación de variables en DB



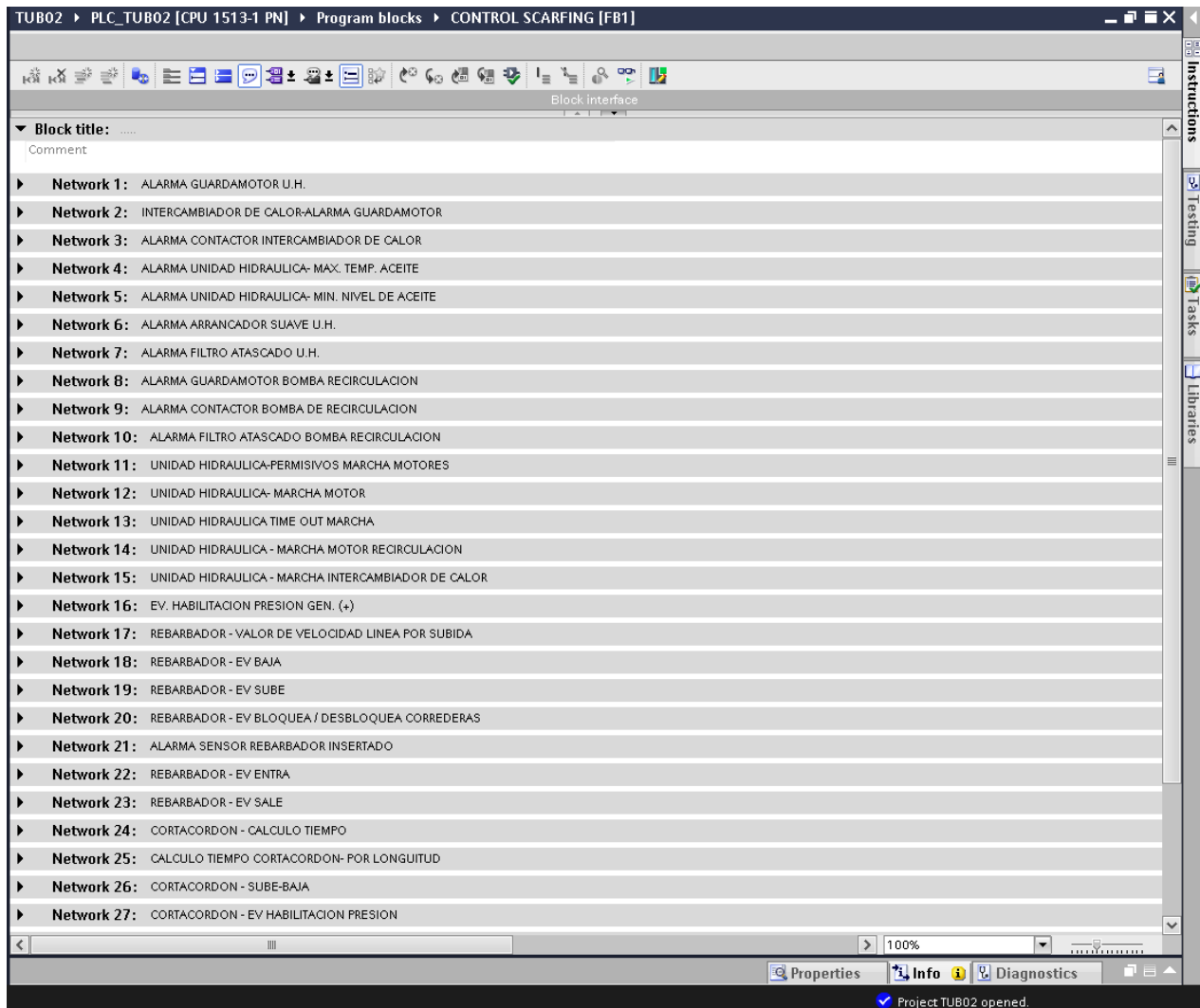
DB SCARFING									
	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible ...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Static								
2	M-HMI Alarms 1 alar...	Bool	0.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	UNIDAD HIDRAULICA-ALARMA GUARDAMOTOR
3	M-HMI Alarms 2 alar...	Bool	0.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	UNIDAD HIDRAULICA -ALARMA ARRANCADOR ...
4	M-HMI Alarms 3 alar...	Bool	0.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	BANDA TRANSPORTADORA-ALARMA GUARDA...
5	M-HMI Alarms 4 alar...	Bool	0.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	BANDA TRANSPORTADORA-ALARMA CONTACT...
6	M-HMI Alarms 5 alar...	Bool	0.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INTERCAMBIADOR DE CALOR-ALARMA GUARD...
7	M-HMI Alarms 6 alar...	Bool	0.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INTERCAMBIADOR DE CALOR-ALARMA CONTRA...
8	M-HMI Alarms 7 alar...	Bool	0.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	BOMBA DE RECIRCULACION-ALARMA GUARDA...
9	M-HMI Alarms 8 alar...	Bool	0.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	BOMBA DE RECIRCULACION-ALARMA CONTRA...
10	M-HMI Alarms 9 alar...	Bool	1.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	UNIDAD HIDRAULICA- MIN. NIVEL DE ACEITE
11	M-HMI Alarms 10 alar...	Bool	1.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	UNIDAD HIDRAULICA- MAX. TEMP. ACEITE
12	M-HMI Alarms 11 alar...	Bool	1.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	UNIDAD HIDRAULICA-ATASCO FILTRO CENTRAL
13	M-HMI Alarms 12 alar...	Bool	1.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	BOMBA DE RECIRCULACION-ATASCO FILTRO D...
14	M-HMI Alarms 13 alar...	Bool	1.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INTERCAMBIADOR-TERMOSTATO EXTERNO
15	M-HMI Alarms 14 alar...	Bool	1.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	BANDA TRANSPORTADORA DE VIRUTA-ALARM...
16	M-HMI Alarms 15 alar...	Bool	1.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SENSOR REABRBADOR INSERTADO
17	RESET ALARMAS	Bool	1.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RESET ALARMAS
18	HMI_TIEMPO_MAX_CO...	Real	2.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TIEMPO MAXIMO CORTACORDON AUTOMATICO
19	HMI_TIEMPO_MIN_CO...	Real	6.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TIEMPO MINIMO CORTACORDON AUTOMATICO
20	HMI_TIEMPO_TEST_CO...	Int	10.0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TIEMPO DE PRUEBA CORTA CORDON
21	HMI_MIMINA VEL_SUB...	Real	12.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SUBIDA REBARBADOR AUTOMATICO
22	HMI_CORTE_CORTAC...	Real	16.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TIEMPO CORTA CORDON POR LONGUITUD

Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 23 se realiza la programación de todo el sistema Scarfing la cual se encuentra detallada en el siguiente capítulo, haciendo una explicación de los elementos en cada segmento del programa.

Figura 23

Programación en el bloque FB

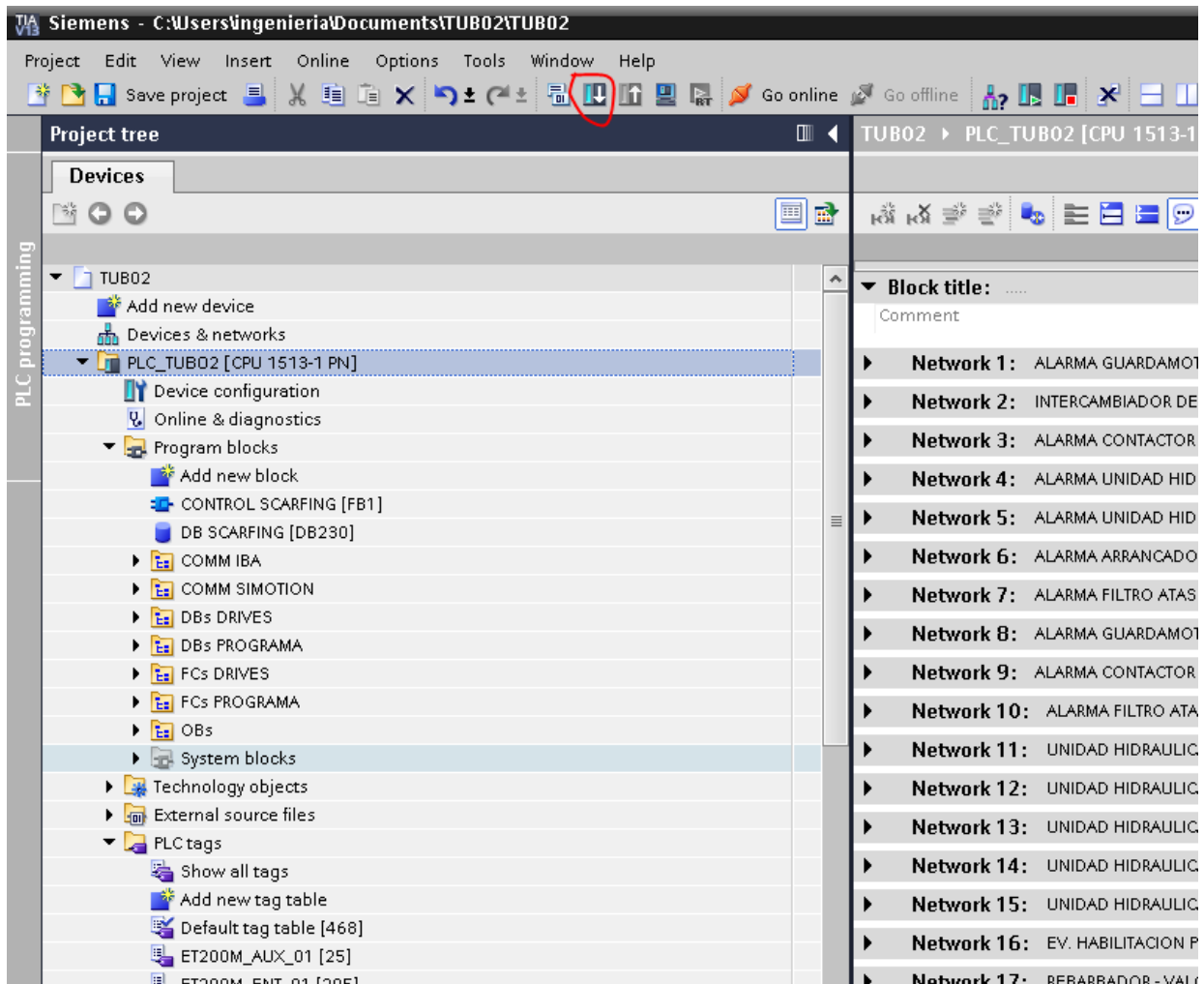


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

Luego de realizar el programa necesario se procede a cargar los cambios al PLC, para ello se debe tener seleccionado la carpeta del PLC y presionar el botón “Download to device” Figura 24.

Figura 24

Cargar programa en PLC

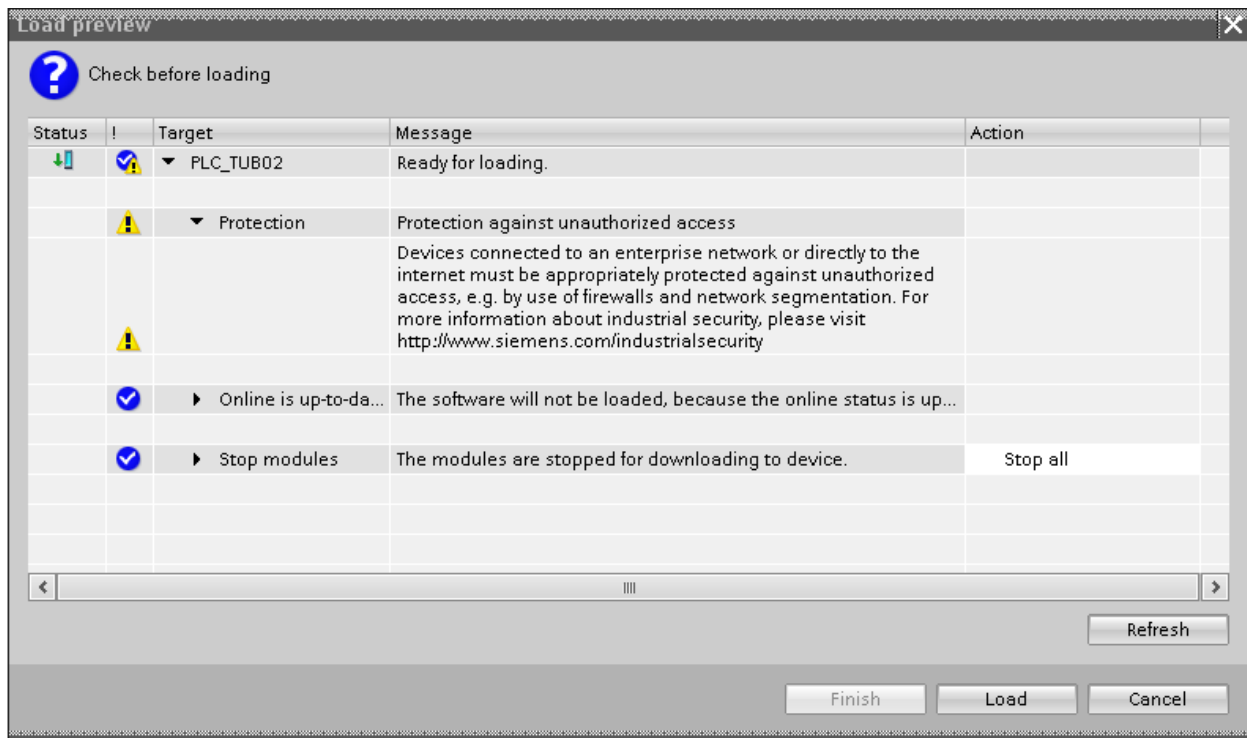


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

Luego se visualizará una pantalla Figura 25 la cual te permite confirmar para proceder a cargar, se le da “Load” y empieza la compilación para el cargue del programa en el PLC.

Figura 25

Ventana de confirmación de carga de programa



Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

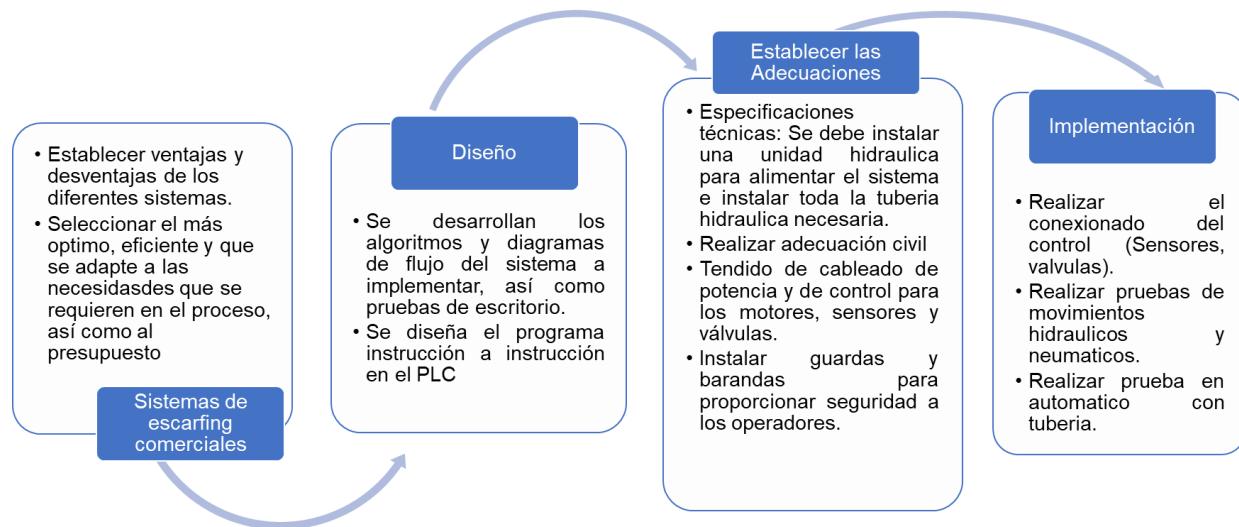
Aspectos metodológicos

La metodología que se implementará en este trabajo consiste en cuatros pasos principales descritos en la Figura 26. El primer paso consiste en realizar una revisión de los sistemas industriales disponibles en el mercado de scarfing automático, y seleccionar la mejor opción para adaptarla en el sistema de retiro de desecho de la soldadura. A través de un análisis de ventajas y desventajas, se evalúa cada una de las propuestas que se consigán de scarfing comerciales, aquí se debe establecer cual cumple con las condiciones requeridas, funcionalidad, seguridad, optimización, y presupuesto. El segundo paso radica en diseñar el programa en el software TIA Portal para el control del sistema scarfing cumpla con los requerimientos necesarios para el scarfing automático, en este sentido se realiza en primer lugar un algoritmo a través de un diagrama de flujo que explica el paso a paso de cada una de las instrucciones que se programarán, se realizan las pruebas de escritorio y se procede a la programación del PLC. El tercer paso consiste en establecer las adecuaciones pertinentes a la línea de tubería en acero de Acesco. Se establece y verifica que tipo de modificaciones locativas se deben realizar, ya sea de tipo civil, reubicación de máquinas y elementos, así como sus complementos que requiera, ya sea unidad hidráulica, tableros eléctricos, estaciones de mando. El último paso es la implementación del sistema y pruebas de funcionamiento. Se realizan las conexiones pertinentes de su parte hidráulica (mangueras, tuberías), neumáticas (tuberías), eléctricas (motores, sensores, válvulas y conexiones en el tablero del PLC), así como instalación de guardas y barandas para la seguridad de los operadores. Se implementa el programa en el software TIA Portal para el control del sistema scarfing con todos los requerimientos necesarios para el scarfing seleccionado. Adicionalmente se realizan las pruebas de movimientos del sistema, comprobando que todo funciona como debería y realizar las modificaciones que requiera, para su correcto

funcionamiento. Esto permite hacerles entrega a los operadores del equipo y explicándoles la manera correcta de operación del sistema automático de scarfing diseñado.

Figura 26

Diagrama de Bloques de metodología a emplear



Nota: Elaboración propia

Selección de sistema scarfing comercial

En la Tabla 2, se presenta el análisis de las diferentes propuestas de scarfing automático, para lo cual se busca de esas cual es la que más se adapta a lo que se necesita en el proceso. La propuesta seleccionada cumple con los requerimientos que se tienen y se encuentra dentro del presupuesto.

Tabla 2

Propuestas de scarfing automático, ventajas y desventajas.

Nombre propuesta	Descripción de la propuesta	Ventajas	Desventajas
Addafer	En la propuesta se presenta un scarfing manual con una herramienta y una picadora de chatarra	Permite las medidas solicitadas para las tuberías que se realizan en la línea de tubería.	El scarfing sigue siendo manual para cuadrar la herramienta, hay que llevar el cordón de soldadura a la picadora que es una maquina aparte, siendo de esta manera ocupa más espacio del disponible.
Fives-Otto	Se presenta en la propuesta una maquina compacta entre la herramienta de rebarbado y la picadora del cordón de soldadura.	Ocupa poco espacio al tener la picadora en la parte superior de la herramienta.	Solo cuenta con una herramienta para realizar el rebarbado a la tubería.

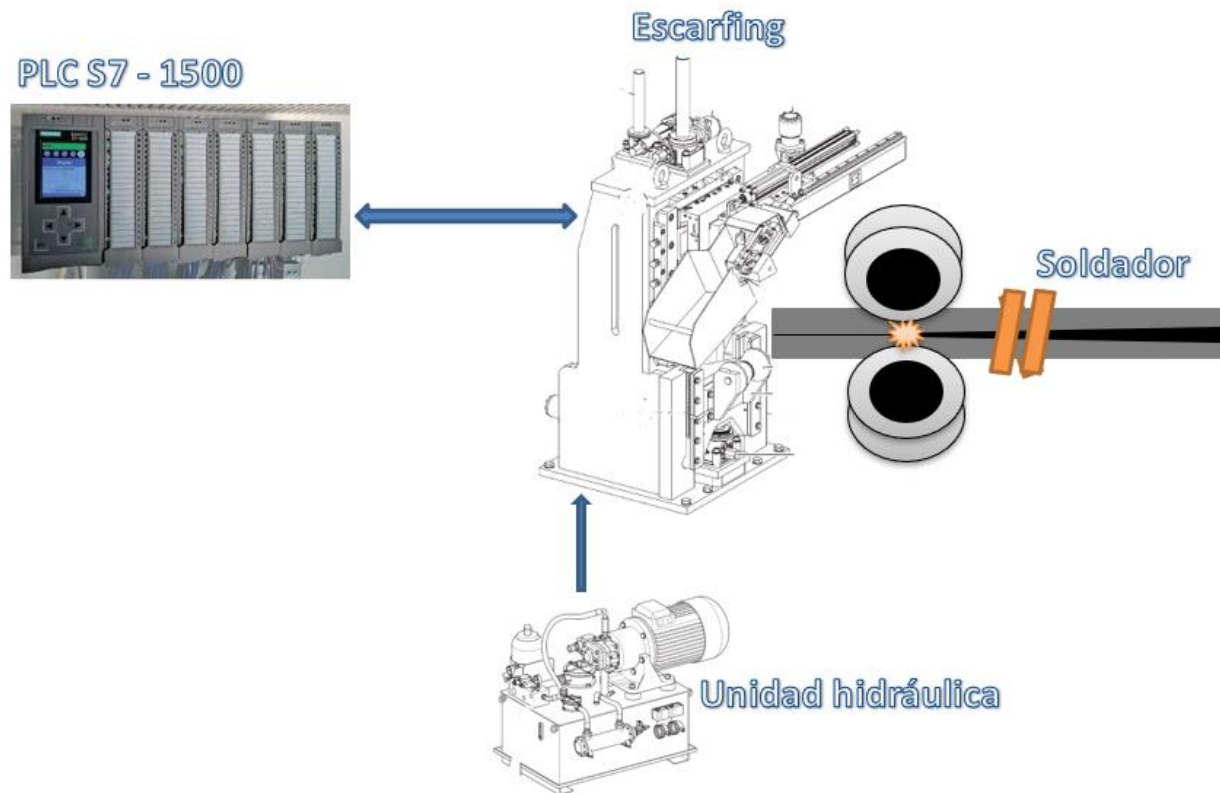
Rafter	En la propuesta se observa la herramienta de rebarbado, pero no cuenta con la herramienta para realizar el picado del cordón de soldadura.	Cumple con las características de la tubería.	No cuenta con el corta cordón, por lo que no permite el buen manejo del cordón de soldadura.
Saar-Hartmetall	Se presenta un diseño diferente ya que utiliza una rueda de corte y luego la pieza de rebarbado.		Necesita mayor espacio el equipo para su instalación.
Similcut	En la propuesta se muestra que tiene dos herramientas de rebarbado pero el cordón de soldadura se enrolla en un carrito que tiene encima la máquina.	Al tener dos herramientas no se debe detener la línea al requerir cambiar la herramienta por deterioro.	Al enrollar el cordón no se tiene buen manejo de este desperdicio para retirarlo de la línea.

Nota: Elaboración propia

De todas las propuestas presentadas se ha seleccionado la de Fives-Otto ya que cumple con los requerimientos de espacio y funcionalidad de la máquina, permite a futuro realizar mejoras en el sistema.

Diseño

En la Figura 27 se presenta el diagrama de bloque del funcionamiento del sistema de scarfing en el cual se observa la tubería que sale del soldador e inmediatamente ingresa al scarfing para ser retirado el exceso de soldadura, es controlado este sistema por un PLC S7 – 1500 de Siemens en el cual se realiza la programación para el funcionamiento del sistema scarfing automático, además el sistema hidráulico esta alimentado por una unidad hidráulica solamente para este sistema el cual está separado del sistema hidráulico de la línea de proceso de tubería.

Figura 27*Diagrama scarfing automático*

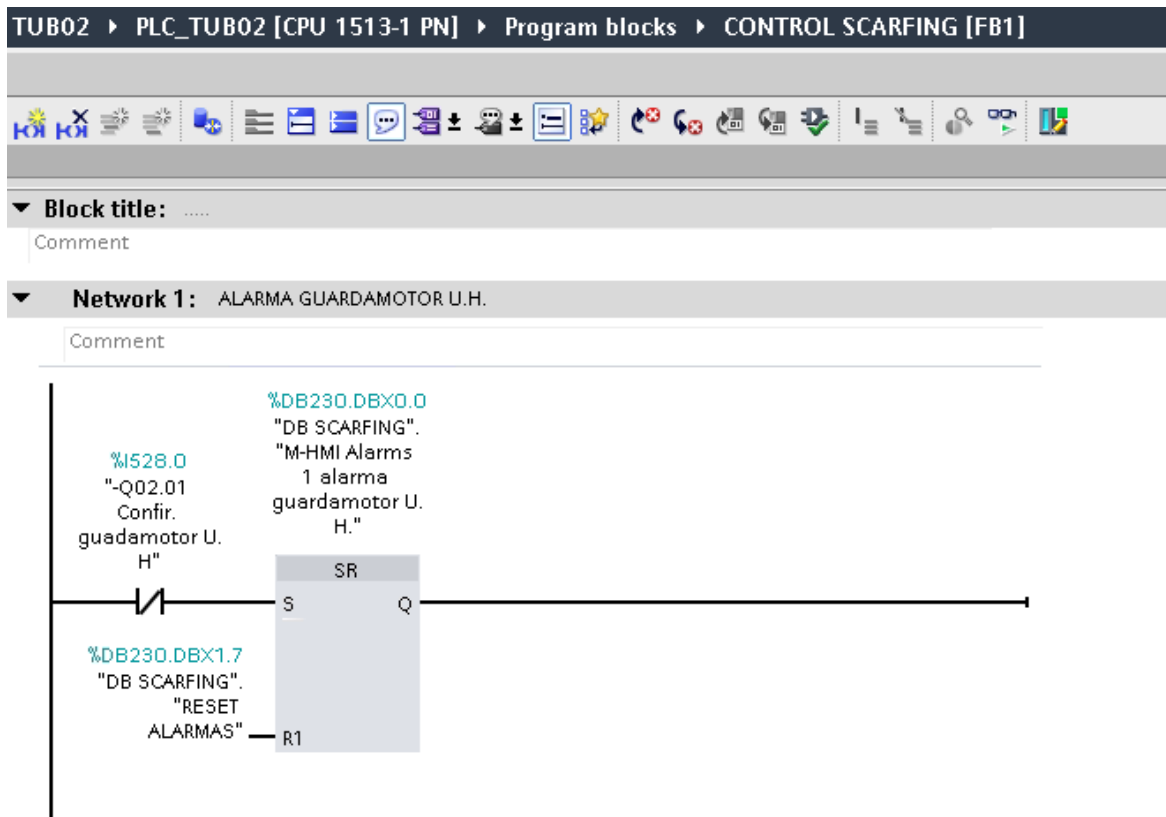
Nota: Elaboración propia

Para la programación del PLC Siemens S7-1500 se utilizó el TIA portal 13, con el objetivo de asegurar el funcionamiento correcto y seguro del proceso de scarfing dentro de la línea de proceso de tubería se desarrollaron 32 líneas de control:

- Alarma de guardamotor Unidad Hidráulica
- Alarma guardamotor intercambiador de calor
- Alarma contactor intercambiador de calor
- Alarma unidad hidráulica máxima temperatura de aceite
- Alarma unidad hidráulica mínimo nivel de aceite
- Alarma falla arrancador suave unidad hidráulica
- Alarma filtro atascado unidad hidráulica
- Alarma guardamotor bomba recirculación
- Alarma contactor bomba de recirculación
- Alarma filtro atascado bomba recirculación
- Permisivos marcha motores unidad hidráulica
- Marcha motor unidad hidráulica
- Time out marcha unidad hidráulica
- Marcha motor recirculación unidad hidráulica
- Marcha intercambiador de calor unidad hidráulica
- EV. Habilitación presión general
- Valor de velocidad línea por subida rebarbador
- EV baja rebarbador
- EV sube rebarbador
- EV bloquea / desbloquea correderas rebarbador

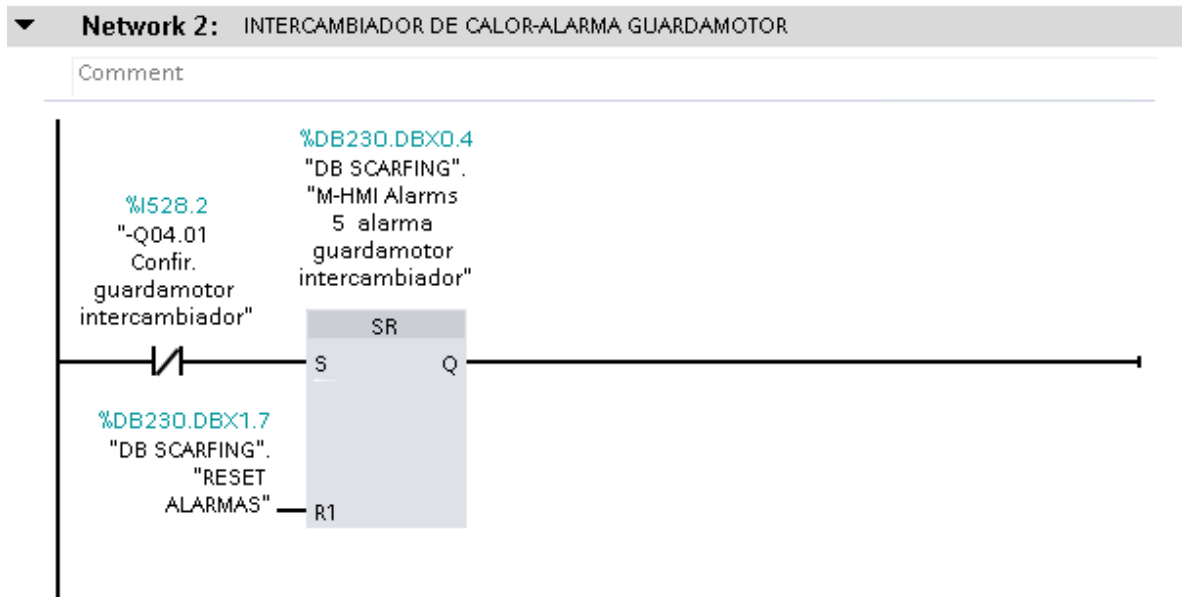
- Alarma sensor rebarbador insertado
- EV entra rebarbador
- EV sale rebarbador
- Cálculo de tiempo del corta cordón
- Cálculo de tiempo del corta cordón por longitud
- Sube – Baja corta cordón
- EV habilitación presión corta cordón
- Alarma guardamotor transportador de viruta
- Alarma contactor banda transportadora de viruta
- Alarma motor transportador de viruta bloqueado
- Motor bloqueado transportador de viruta
- Marcha adelante transportador de viruta

En la Figura 28 se presenta la programación implementada en la alarma guardamotor de la unidad hidráulica, que se encarga de detectar alguna falla en el motor de la unidad hidráulica y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma, se utiliza un bloque set/reset y un contacto cerrado (representa al guardamotor). Al momento que el guardamotor detecte una sobre corriente, se desactiva la unidad hidráulica, y se visualiza la falla del guardamotor, este sistema se reestablecerá solo cuando sea revisado por mantenimiento y se de reset a las fallas.

Figura 28*Alarma guardamotor unidad hidráulica*

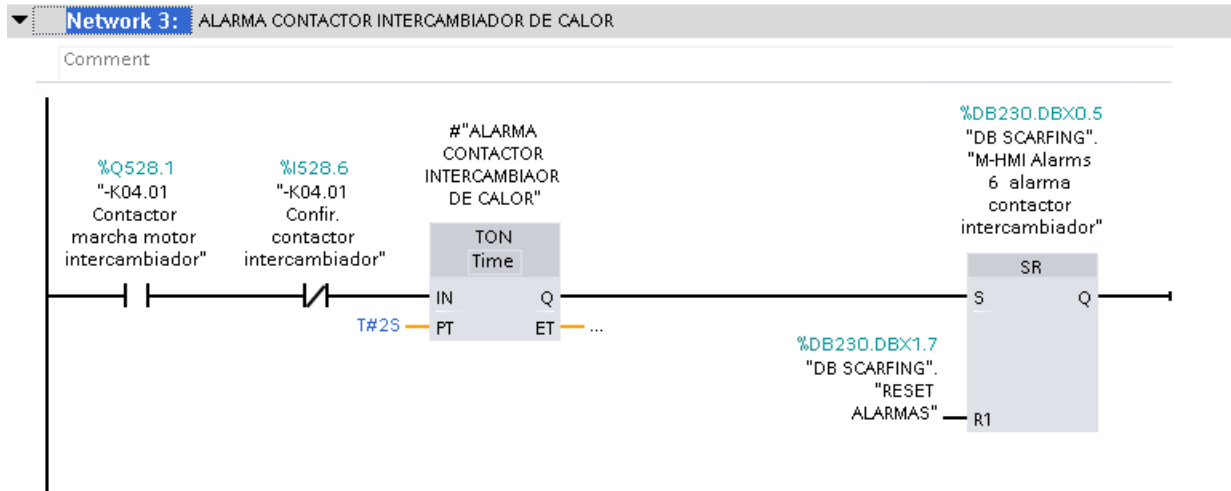
Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 29 se realiza la programación de la alarma del intercambiador de calor de la unidad hidráulica, que se encarga de detectar alguna falla en el motor del intercambiador de calor y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma, se utiliza un bloque set/reset y un contacto cerrado (representa al guardamotor). Al momento que el guardamotor detecte una sobre corriente, se desactiva el intercambiador de calor, y se visualiza la falla del guardamotor, este sistema se reestablecerá solo cuando sea revisado por mantenimiento y se de reset a las fallas.

Figura 29*Alarma guardamotor intercambiador de calor*

Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 30 se presenta la programación realizada de la alarma del contactor intercambiador de calor, el cual se encarga de detectar si hay alguna falla con el contactor del intercambiador de calor y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma se utiliza un contacto abierto de la señal de salida del PLC que da marcha al intercambiador de calor, un contacto cerrado de la confirmación de activación del contactor, un temporizador de 2 segundos y luego de ese tiempo activa un bloque set/reset indicado que hay un problema con el contactor ya que indica que después de esos 2 segundos no se ha activado el contactor, este sistema se reestablecerá solo cuando sea revisado por mantenimiento y se de reset a las fallas.

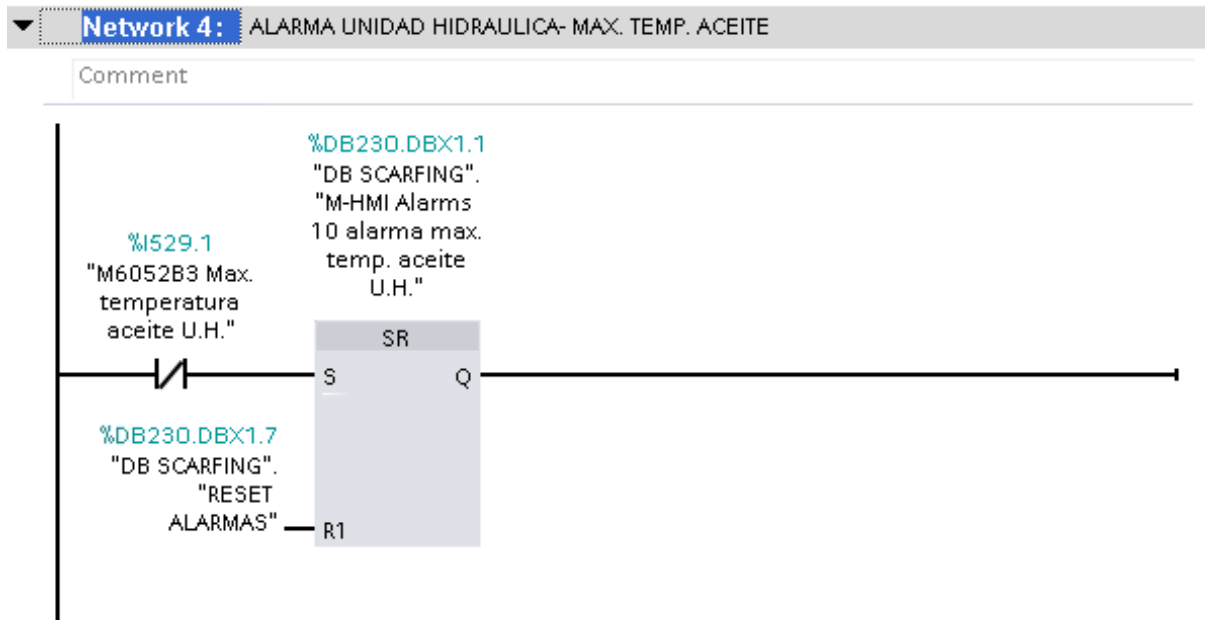
Figura 30*Alarma contactor intercambiador de calor*

Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 31 se presenta la programación de la alarma de temperatura máxima en el aceite de la unidad hidráulica, la cual se encarga de detectar si la temperatura en la unidad hidráulica subió más del límite establecido y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma se utiliza un contacto cerrado (representa sensor de temperatura) y un bloque set/reset. Al momento que el sistema detecte que se eleva mucho la temperatura en el aceite hace que se active el bloque set/reset visualizando la alarma en la pantalla principal, al momento de ser revisado por mantenimiento y presionar el botón de reset de fallas se normaliza el sistema.

Figura 31

Alarma unidad hidráulica máxima temperatura aceite

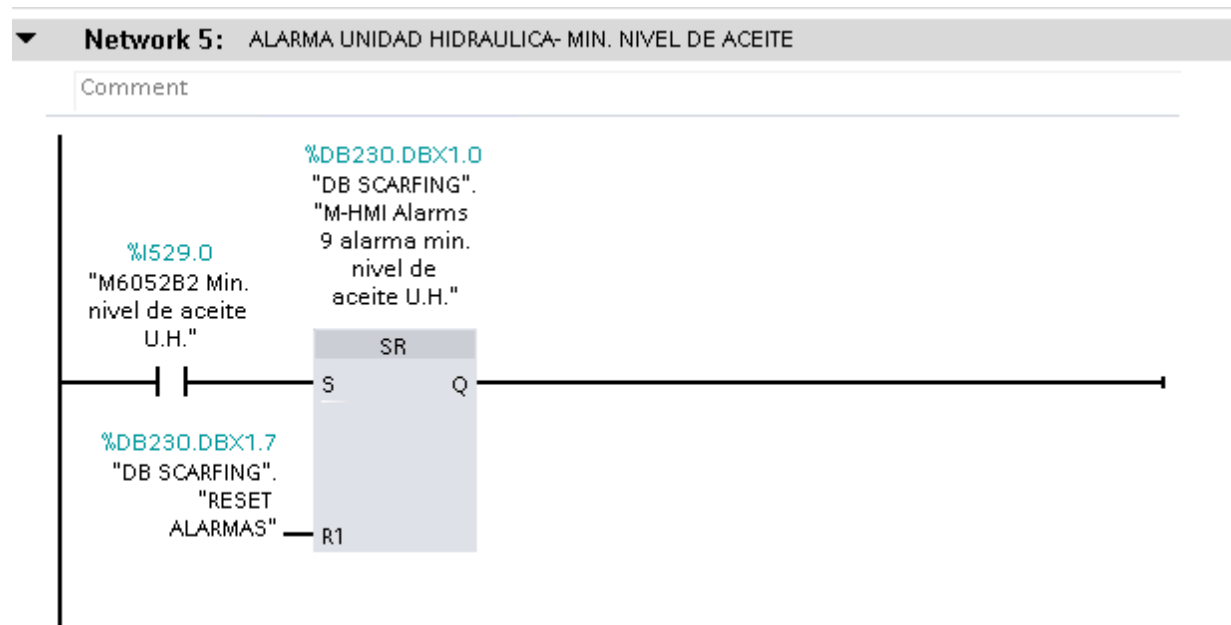


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 32 se realiza la programación de la alarma de nivel mínimo de aceite en la unidad hidráulica, la cual se encarga de detectar si el nivel de aceite en la unidad hidráulica bajó por debajo del límite establecido y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma se utiliza un contacto abierto (representa sensor de nivel) y un bloque set/reset. Al momento que el sistema detecte que se baja mucho el nivel del aceite hace que se active el bloque set/reset visualizando la alarma en la pantalla principal, al momento de ser adicionado más aceite al tanque de la unidad hidráulica y presionar el botón de reset de fallas se normaliza el sistema.

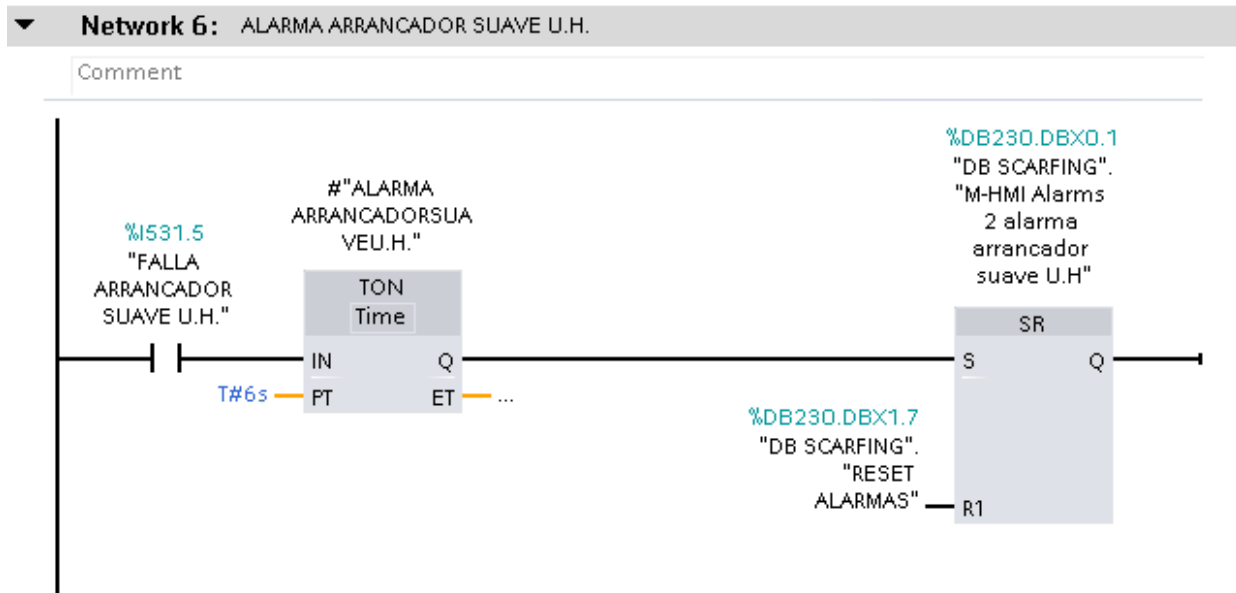
Figura 32

Alarma unidad hidráulica mínimo nivel de aceite



Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 33 se presenta la programación de la alarma del arrancador suave de la unidad hidráulica, la cual está encargada de detectar si se presenta una falla en el arrancador suave del motor de la unidad hidráulica y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma se utiliza un contacto abierto (representa al arrancador suave), un temporizador y un bloque set/reset. Al momento en que el arrancador suave detecte una sobre corriente o falta de alimentación arroja una falla que activa el contacto abierto y pasados los 6 segundos con esa falla activa el bloque set/reset visualizando la falla, al momento de revisar por mantenimiento y presionar el botón de reset de fallas se reestablece el sistema.

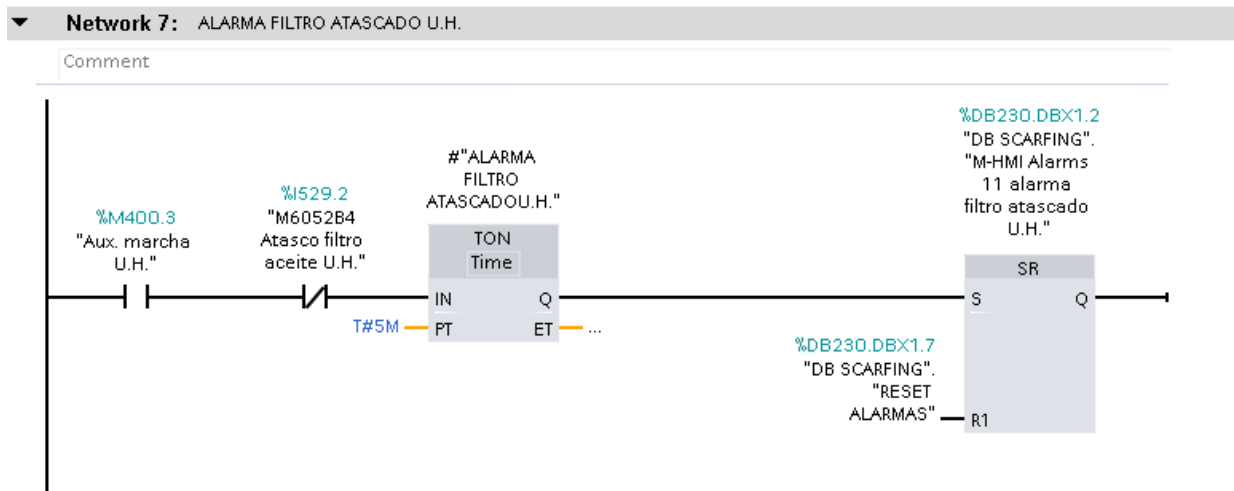
Figura 33*Alarma Arrancador suave Unidad Hidráulica*

Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 34 se realiza la programación de la alarma del filtro de aceite atascado de la unidad hidráulica, la cual se encarga de avisar cuando este filtro se encuentre saturado de suciedad y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma se utiliza un contacto abierto el cual representa cuando el motor de la unidad hidráulica se encuentra encendido, un contacto cerrado que representa al filtro de aceite, pasa por un temporizador de 5 minutos al cumplir ese tiempo activa el bloque set/reset visualizando la alarma del filtro, al momento de realizar el cambio de filtro y de presionar reset de fallas se normaliza el sistema.

Figura 34

Alarma filtro atascado unidad hidráulica

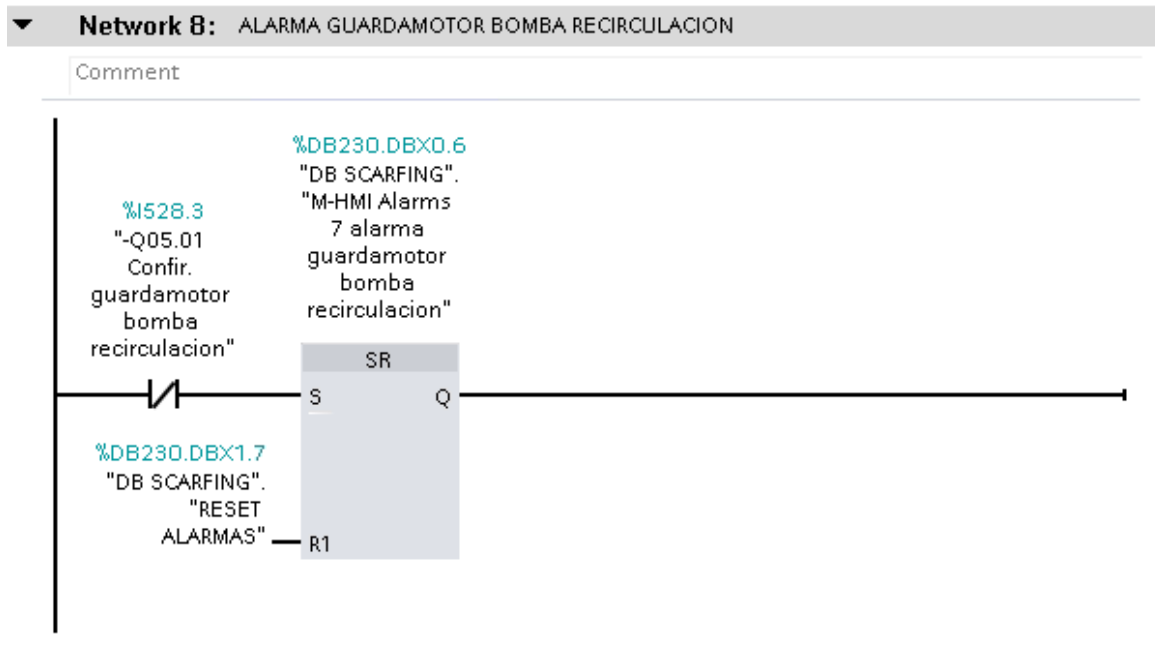


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 35 se presenta la programación implementada en la alarma guardamotor de la bomba de recirculación de la unidad hidráulica, que se encarga de detectar alguna falla en el motor de la bomba de recirculación y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma, se utiliza un bloque set/reset y un contacto cerrado (representa al guardamotor). Al momento que el guardamotor detecte una sobre corriente, se desactiva la bomba de recirculación, y se visualiza la falla del guardamotor, este sistema se reestablecerá solo cuando sea revisado por mantenimiento y se de reset a las fallas.

Figura 35

Alarma Guardamotor bomba recirculación

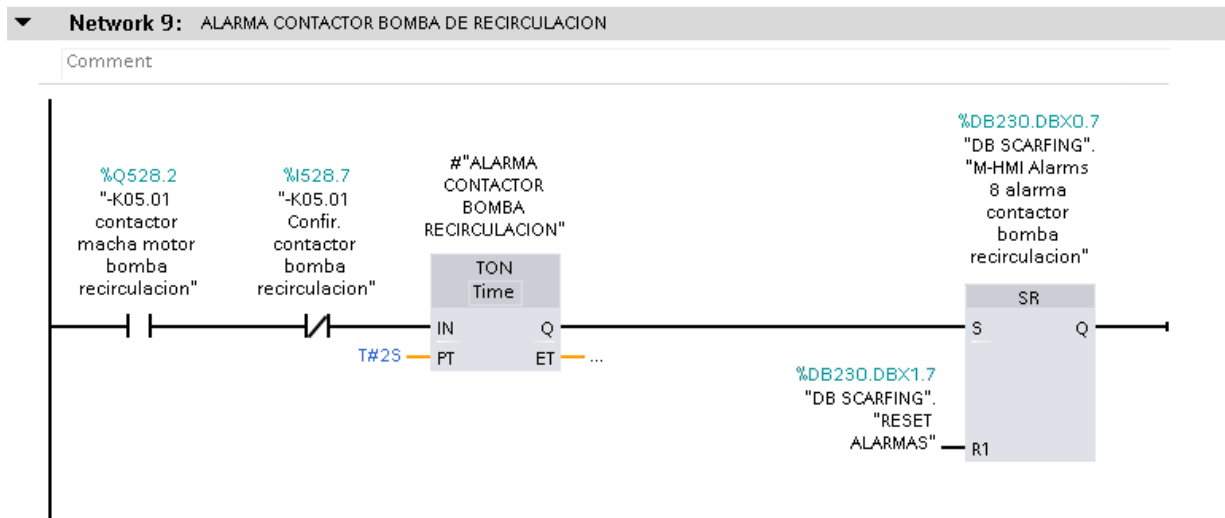


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 36 se presenta la programación realizada de la alarma del contactor del motor de la bomba de recirculación de la unidad hidráulica, el cual se encarga de detectar si hay alguna falla con el contactor del motor de la bomba de recirculación y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma se utiliza un contacto abierto de la señal de salida del PLC que da marcha al motor de la bomba de recirculación, un contacto cerrado de la confirmación de activación del contactor, un temporizador de 2 segundos y luego de ese tiempo activa un bloque set/reset indicado que hay un problema con el contactor ya que indica que después de esos 2 segundos no se ha activado el contactor, este sistema se reestablecerá solo cuando sea revisado por mantenimiento y se de reset a las fallas.

Figura 36

Alarma contactor bomba de recirculación

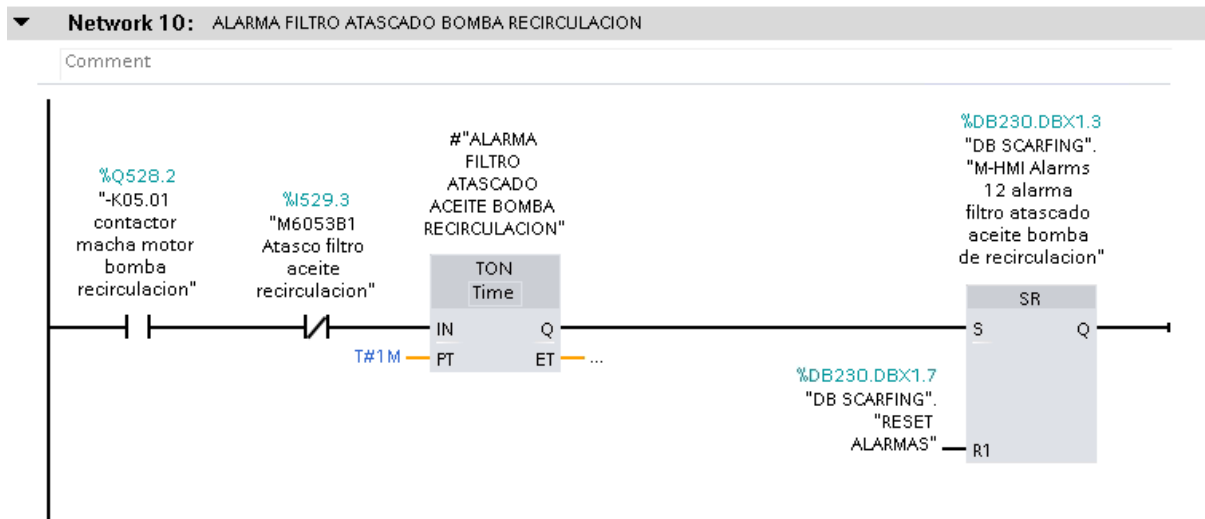


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 37 se realiza la programación de la alarma del filtro de aceite atascado de la bomba de recirculación de la unidad hidráulica, la cual se encarga de avisar cuando este filtro se encuentre saturado de suciedad y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma se utiliza un contacto abierto el cual representa cuando el motor de la bomba de recirculación se encuentra encendido, un contacto cerrado que representa al filtro de aceite, pasa por un temporizador de 1 minuto al cumplir ese tiempo activa el bloque set/reset visualizando la alarma del filtro, al momento de realizar el cambio de filtro y de presionar reset de fallas se normaliza el sistema.

Figura 37

Alarma filtro atascado bomba recirculación

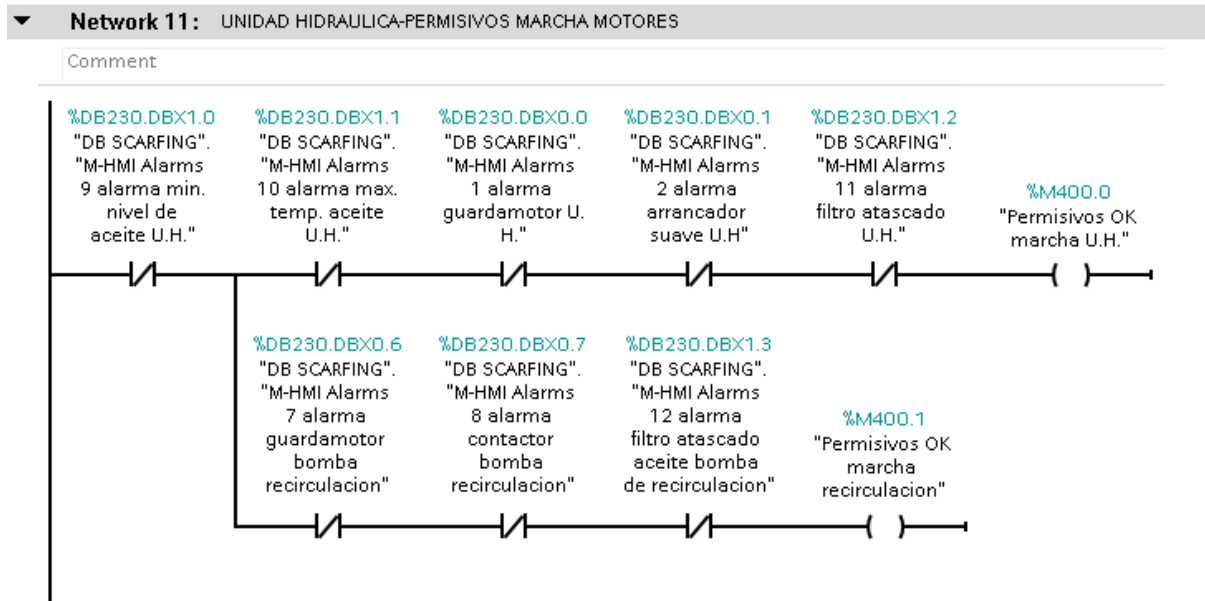


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 38 se presenta la programación de los permisivos para la marcha de motores de la unidad hidráulica, el cual se encarga de verificar que todas las condiciones de seguridad se cumplan para dar marcha a los motores de la unidad hidráulica. Para la programación se utilizan contactos cerrados de las alarmas antes mencionadas, se colocan dos salidas en paralelo que son los permisos para la marcha del motor de la unidad hidráulica y los permisos para la marcha del motor de la bomba de recirculación, mientras estas condiciones se encuentren bien permite encender estos motores.

Figura 38

Permisivos marcha motores unidad hidráulica



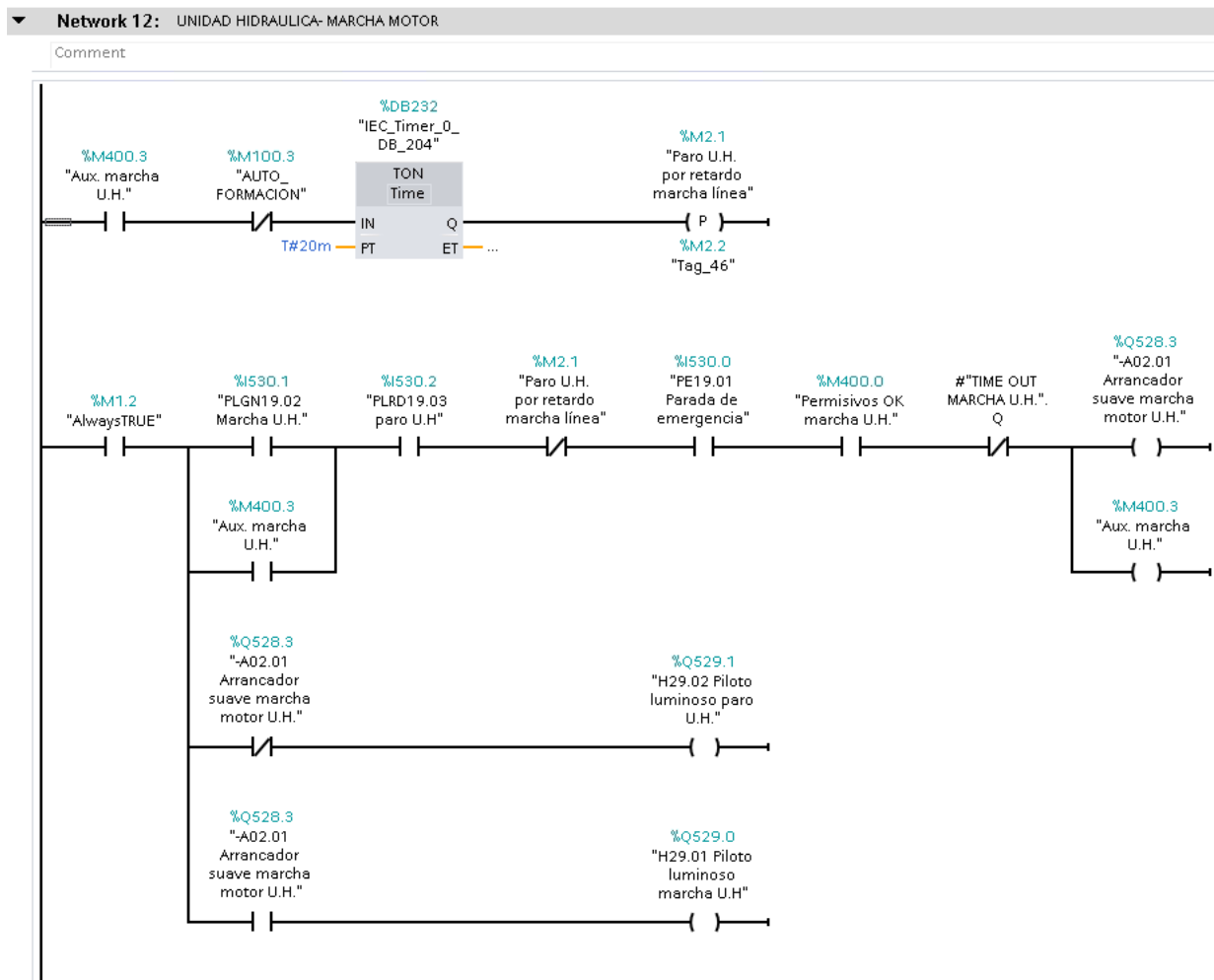
Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 39 se realiza la programación para dar marcha al motor de la unidad hidráulica, para esta programación se utiliza un contacto abierto que representa la unidad hidráulica encendida, un contacto cerrado que representa cuando la línea no se encuentra en automático, un temporizador de 20 minutos y al cumplir esas condiciones se activa una señal que hace apagar la unidad hidráulica por retardo en la marcha de la línea. Para la programación de encendido se empieza con un contacto abierto que siempre se encuentra activado, un contacto abierto que representa el botón de marcha de la unidad hidráulica, un contacto abierto que representa el pulsador del paro de la unidad hidráulica, un contacto cerrado que representa el paro por retardo en la marcha de la línea, un contacto abierto representa si hay alguna parada de emergencia activada, un contacto abierto que representa que se cumplen las condiciones de marcha de la unidad hidráulica, un contacto cerrado del temporizador Time out marcha, al estar

estas condiciones activadas permite activar la salida y dar marcha al motor de la unidad hidráulica, a su vez cuando se suelta el pulsador para encender la unidad hidráulica la señal queda retenida por el contacto abierto Aux. Marcha U.H. Al momento que el arrancador suave del motor de la unidad hidráulica confirme que se encuentra encendido activa un contacto abierto y eso activa la salida para el piloto verde que indica que la unidad hidráulica está encendida, a su vez un contacto cerrado del arrancador activa la salida a un piloto rojo cuando la unidad hidráulica se encuentra apagada.

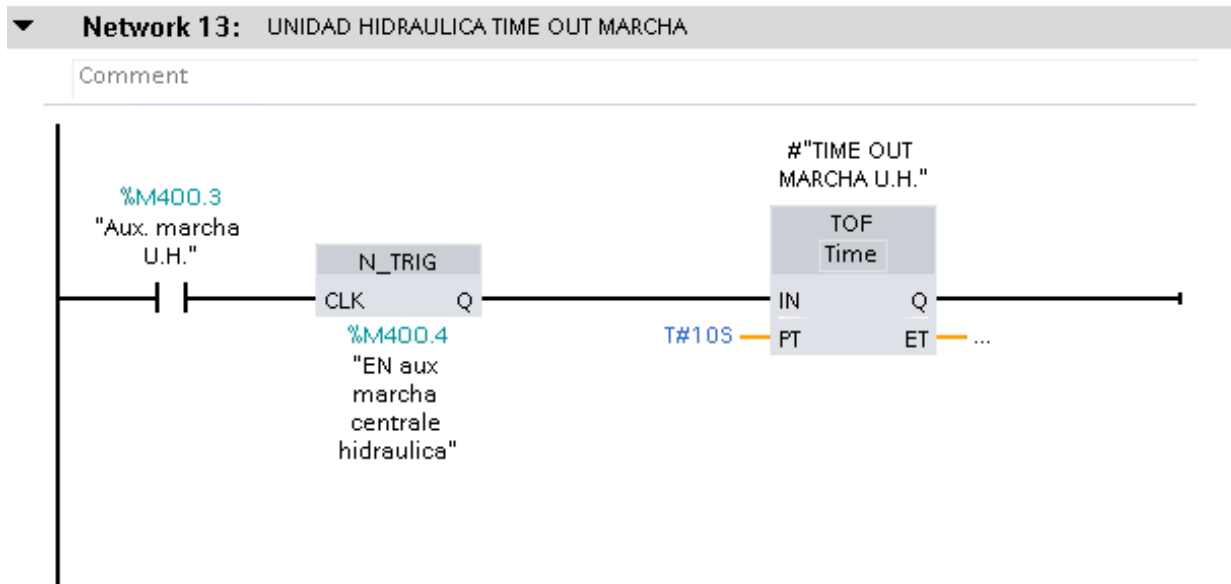
Figura 39

Marcha motor unidad hidráulica



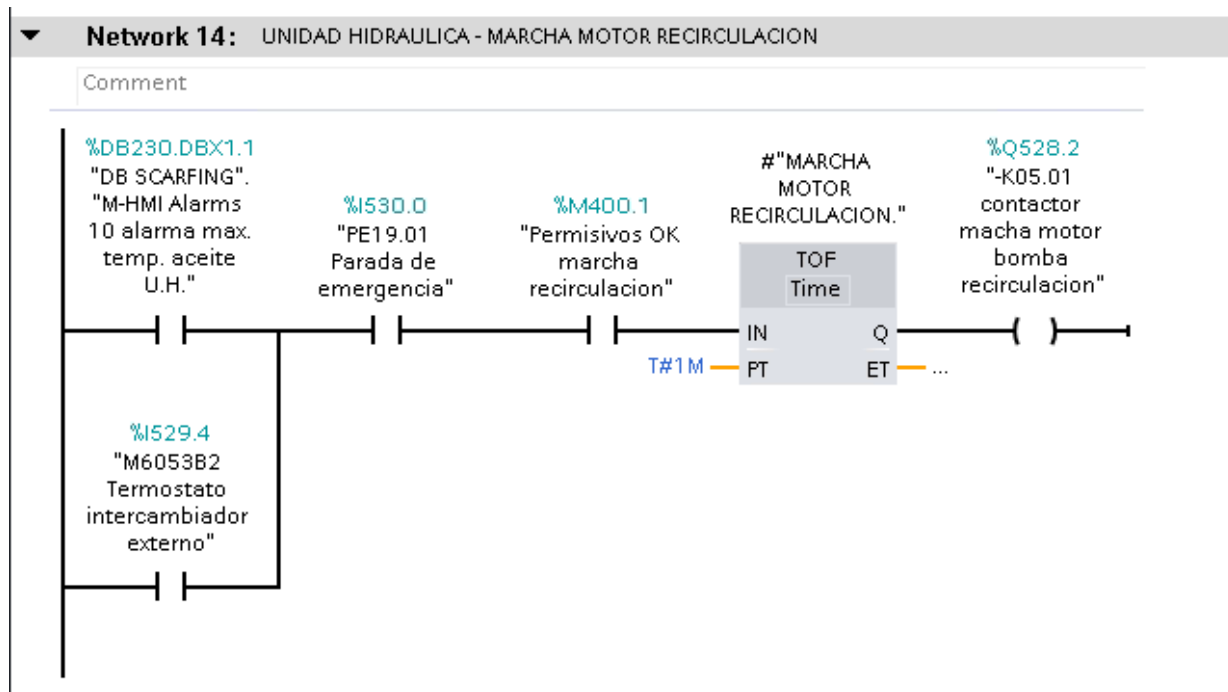
Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 40 se presenta la programación para no permitir que se vuelva a encender el motor de la unidad hidráulica en los 10 segundos después de apagar, para esta programación se utiliza un contacto abierto que representa cuando está encendida la unidad hidráulica, un bloque que se activa cuando el contacto abierto se desactiva, eso permite que el temporizador cuente los 10 segundos y abre el contacto Time out marcha U.H lo cual no permite encender el motor de la unidad hidráulica.

Figura 40*Time out marcha unidad hidráulica*

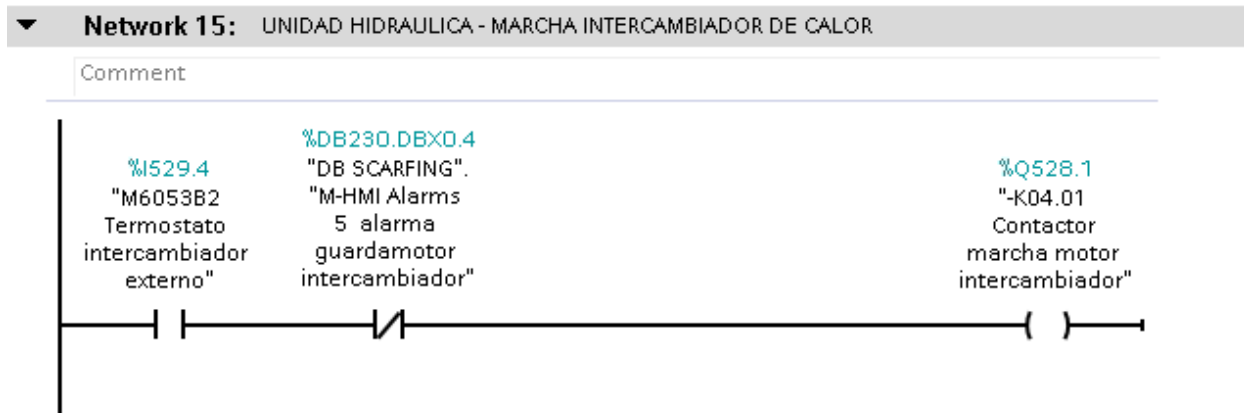
Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 41 se realiza la programación para la marcha del motor de la bomba de recirculación, para esta programación se utilizan dos contactos abiertos en paralelo un contacto de la temperatura máxima del aceite de la unidad hidráulica y otro del termostato del intercambiador externo, un contacto abierto que indica cuando no hay paradas de emergencia en la línea, un contacto abierto que representa los permisos de marcha de la bomba de recirculación, un temporizador de 1 minuto y esto llega a la salida hacia el contactor que energiza el motor de la bomba de recirculación.

Figura 41*Marcha motor recirculación de unidad hidráulica*

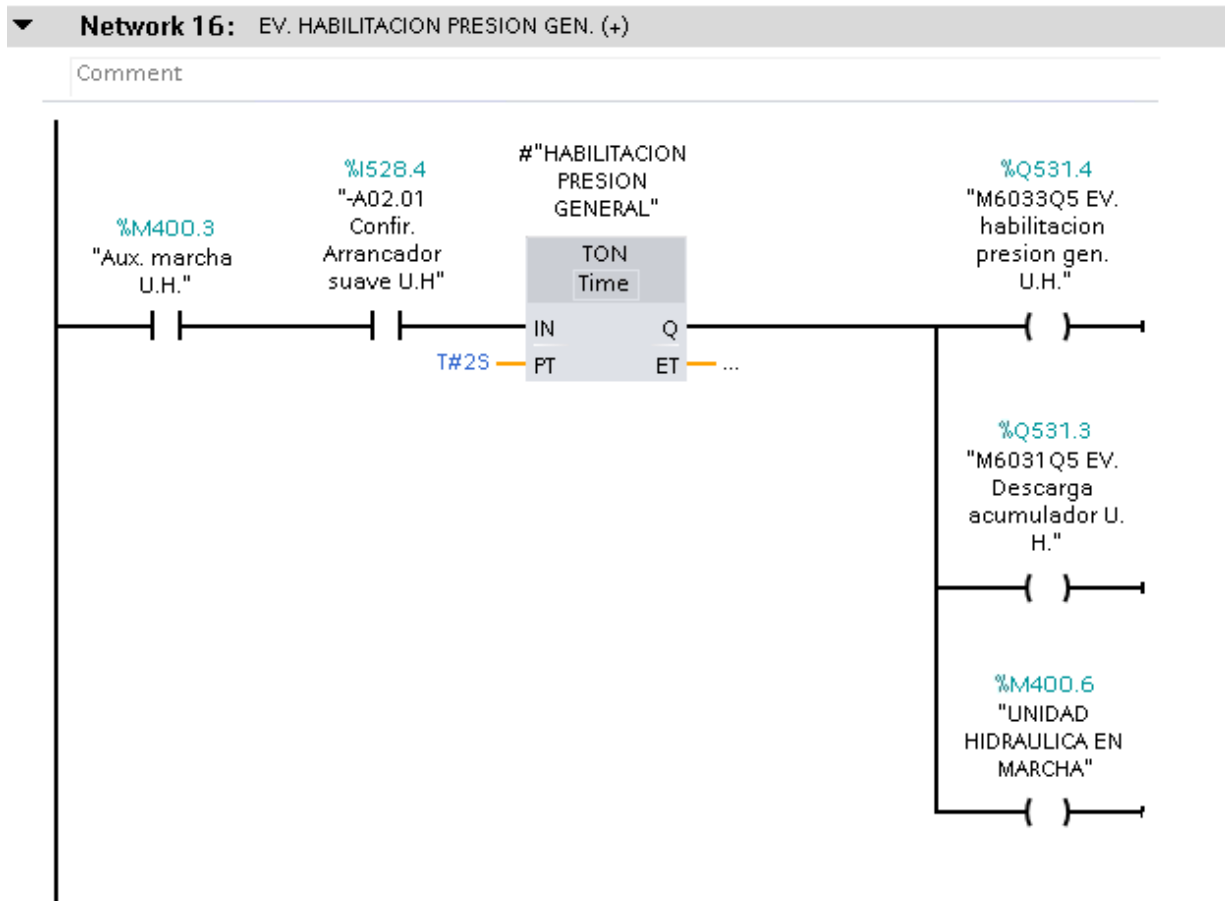
Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 42 se presenta la programación de la marcha del intercambiador de calor de la unidad hidráulica, para esta programación se utiliza un contacto abierto que representa el termostato del intercambiador externo, un contacto cerrado que representa el guardamotor del intercambiador y la salida hacia el contactor del motor del intercambiador de calor. Al momento en que se active el termostato y mientras no se haya desactivado el guardamotor hacen que se active el intercambiador de calor para bajar la temperatura de la unidad hidráulica.

Figura 42*Marcha intercambiador de calor de la unidad hidráulica*

Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 43 se realiza la programación para la habilitación de la presión en el sistema hidráulico, para esta programación se utiliza un contacto abierto que representa cuando está encendida la unidad hidráulica, un contacto abierto que representa la confirmación del arrancador suave de la unidad hidráulica se encuentra en marcha, cuando se cumplen esas dos condiciones pasa por un temporizador de 2 segundos y luego activa las salidas que van a las válvulas de habilitación presión general de la unidad hidráulica, descarga acumulador unidad hidráulica y una señal que confirma que la unidad hidráulica está completamente habilitada.

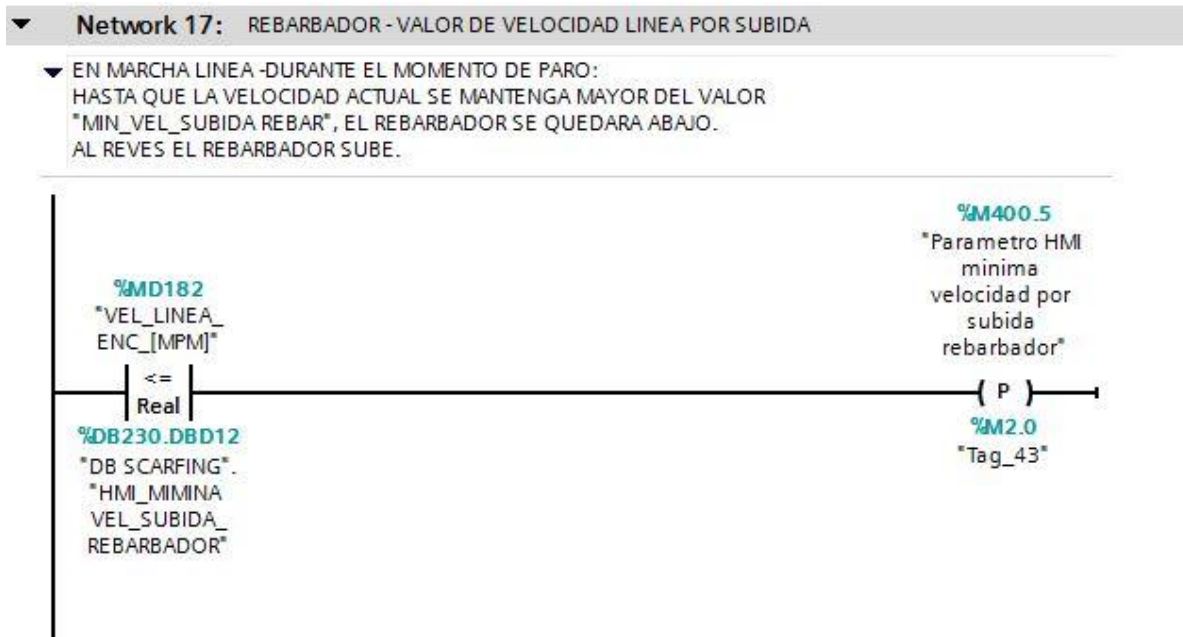
Figura 43*Habilitación presión general unidad hidráulica*

Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 44 se realiza la programación para retirar la herramienta de rebarbado en la tubería, para esta programación se utiliza un comparador entre la velocidad de la línea y un valor establecido para la velocidad mínima de trabajo, cuando la velocidad de la línea es mayor o igual a ese valor la herramienta de rebarbado se mantiene abajo, pero si llega a bajar ese mínimo se subirá enseguida dejando de trabajar el scarfing.

Figura 44

Velocidad mínima de línea para rebarbador



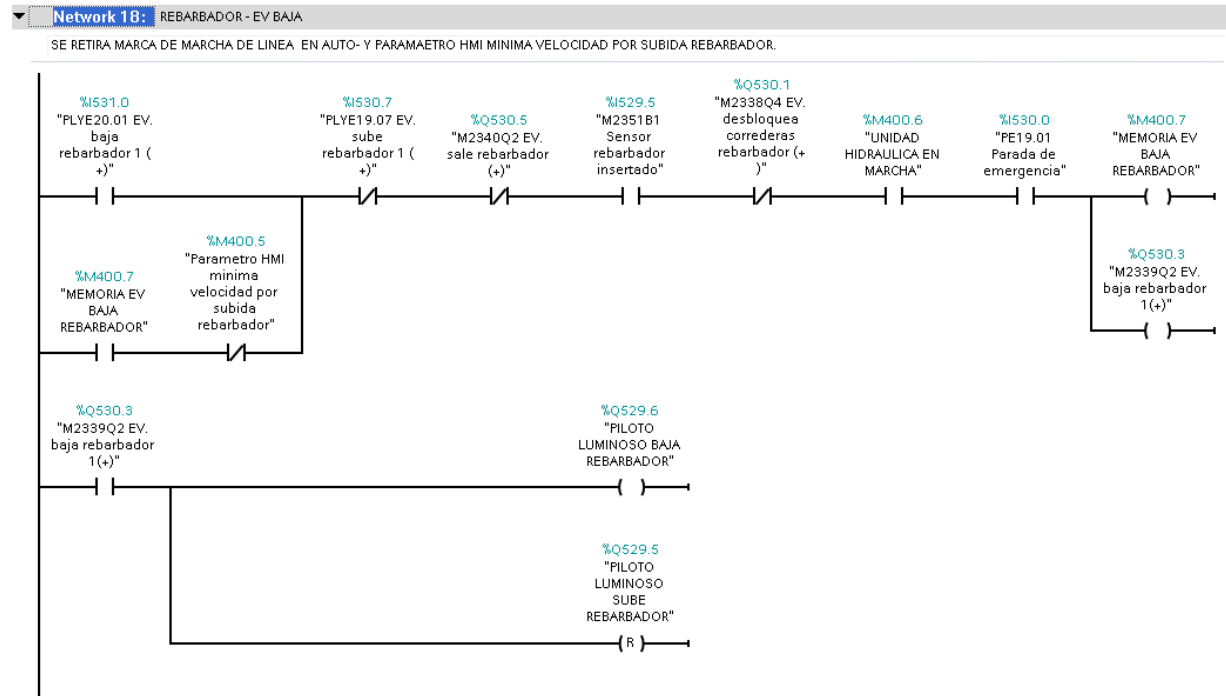
Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 45 se presenta la programación realizada para bajar la herramienta rebarbador a que toque la tubería, para esta programación se utiliza un contacto abierto que representa el pulsador para bajar el rebarbador, un contacto cerrado que representa el pulsador de subir el rebarbador, un contacto cerrado que representa la señal de sale rebarbador, un contacto abierto que representa el sensor de rebarbador insertado, un contacto cerrado que representa la señal de correderas del rebarbador desbloqueadas, un contacto abierto que representa que la unidad hidráulica está encendida y habilitada, un contacto abierto que indica que no hay paradas de emergencia activas, un contacto abierto que representa la retención cuando el pulsador de bajar no este presionado, un contacto cerrado que representa la señal para subir el rebarbador por velocidad mínima, al final de esto se presentan dos señales, una que se utiliza para realizar la

retención del rebarbador abajo y la otra es la señal a la válvula para que baje la herramienta rebarbador. También se utiliza un contacto abierto que representa la señal del rebarbador abajo que activa un piloto luminoso indicando que la herramienta de rebarbado se encuentra abajo.

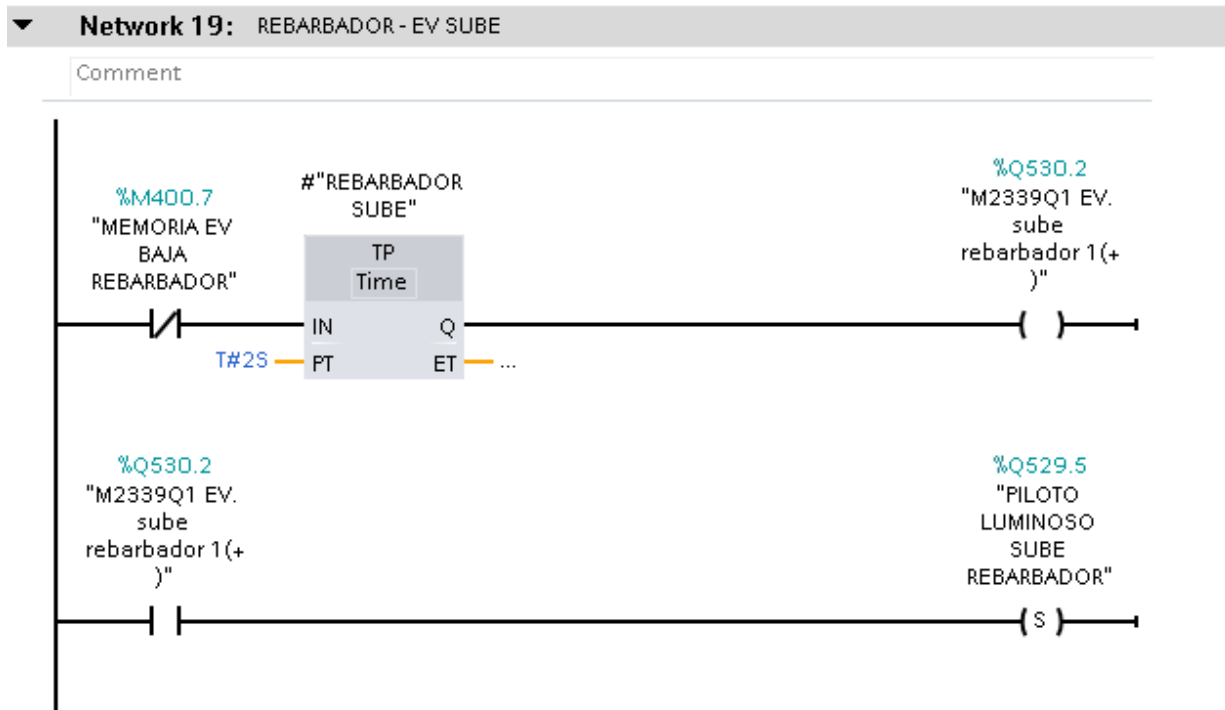
Figura 45

Bajar el rebarbador



Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 46 se realiza la programación para subir la herramienta de rebarbado, para esta programación se utiliza un contacto cerrado que representa cuando el rebarbador esta abajo, un temporizador de 2 segundos, al momento que se desactive la señal de bajar la herramienta de rebarbado y el temporizador cuente los 2 segundos hace que suba la herramienta de rebarbado. También se utiliza un contacto abierto para activar un piloto luminoso que indica que está arriba la herramienta de rebarbado.

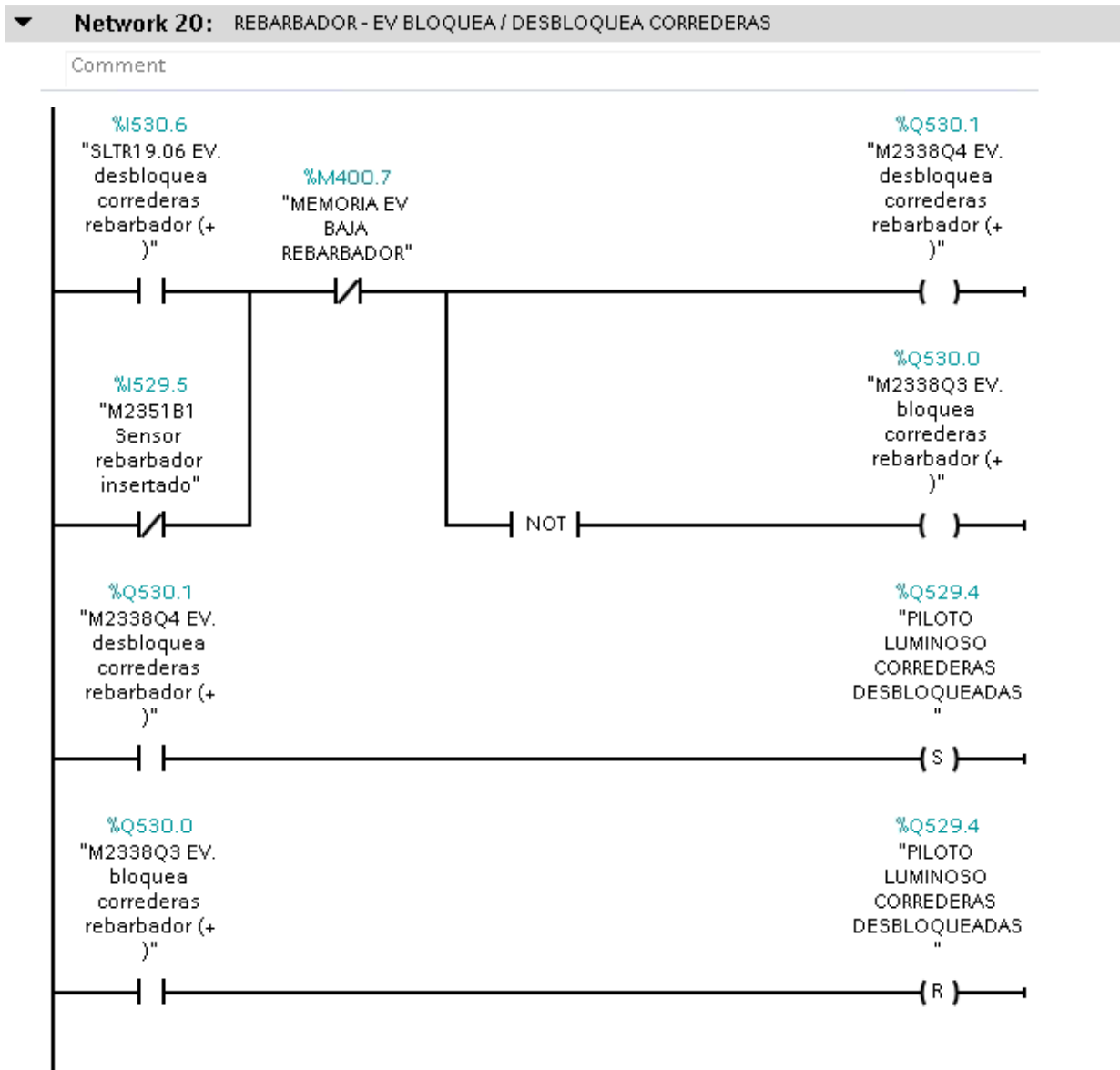
Figura 46*Subir el rebarbador*

Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 47 se realiza la programación para el bloqueo o desbloqueo de las correderas que permite el movimiento de la herramienta y los rodillos de ajuste, para esta programación se utiliza un contacto abierto que representa un selector que desbloquea correderas, un contacto cerrado que representa a la herramienta de rebarbado abajo, un contacto cerrado que representa el sensor de rebarbador insertado, activando la señal de desbloquear las correderas y a la vez invierte la señal de bloquear las correderas. También se tiene un contacto abierto para activar el piloto luminoso que indica que las correderas están desbloqueadas.

Figura 47

Bloquea/desbloquea correderas del escarfig

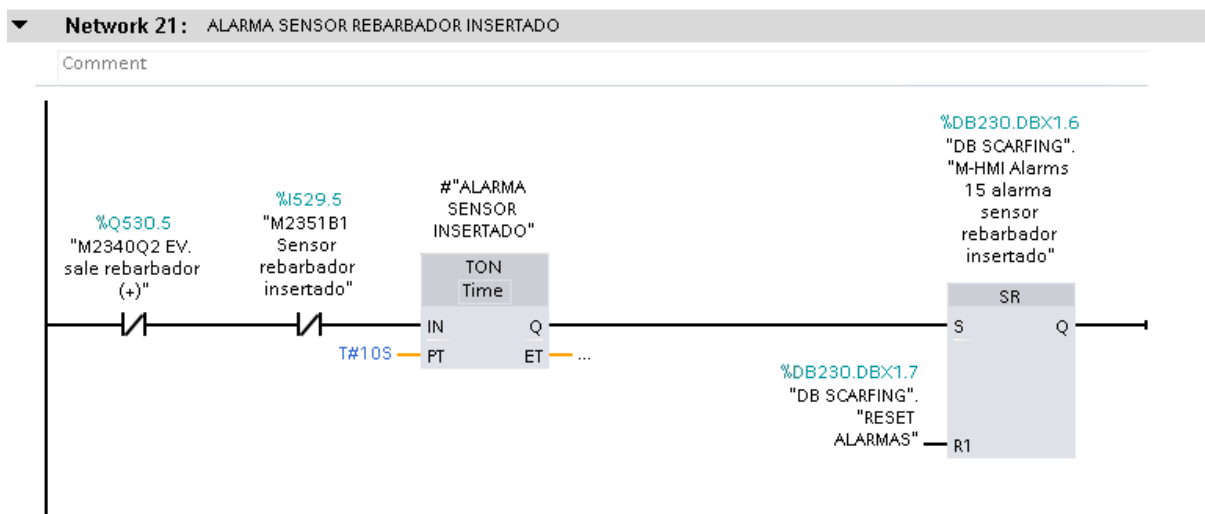


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 48 se realiza la programación de una falla en el sensor de rebarbador insertado, la cual se encarga de detectar si el sensor de la herramienta de rebarbado indica que esta insertado pero las señales para ello no están activas y visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para esta programación se utiliza un contacto cerrado que representa a la señal de salir el rebarbador, un contacto cerrado que representa la señal del sensor de rebarbado insertado, pasa por un temporizador de 10 segundos, cumpliendo estas condiciones activas el bloque set/reset.

Figura 48

Alarma sensor rebarbador insertado

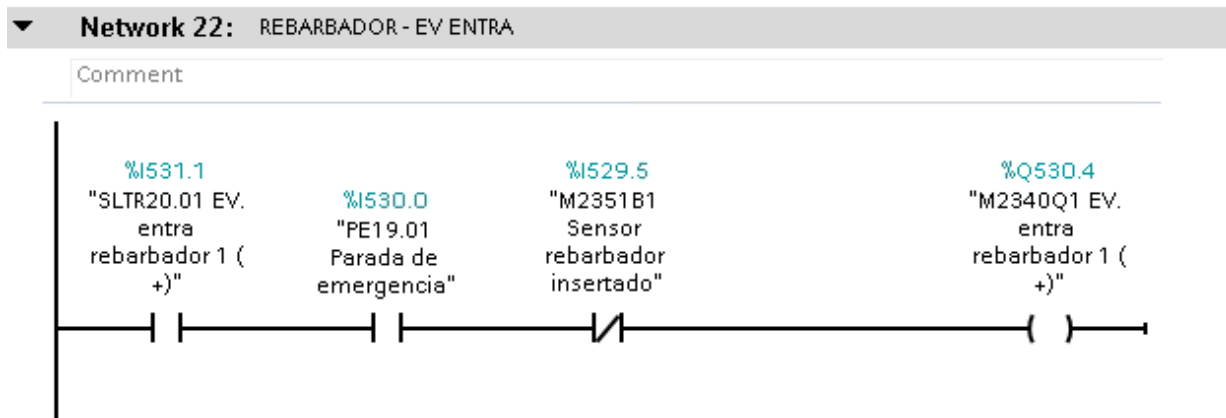


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 49 se presenta la programación para hacer entrar la herramienta rebarbador, para esta programación se utiliza un contacto abierto que representa al selector que da la señal de entrar el rebarbador, un contacto abierto que representa que no hay paradas de emergencia activas, un contacto cerrado del sensor de rebarbador insertado y cumpliendo estas condiciones se activa la válvula que hace entrar la herramienta rebarbador.

Figura 49

Entra rebarbador

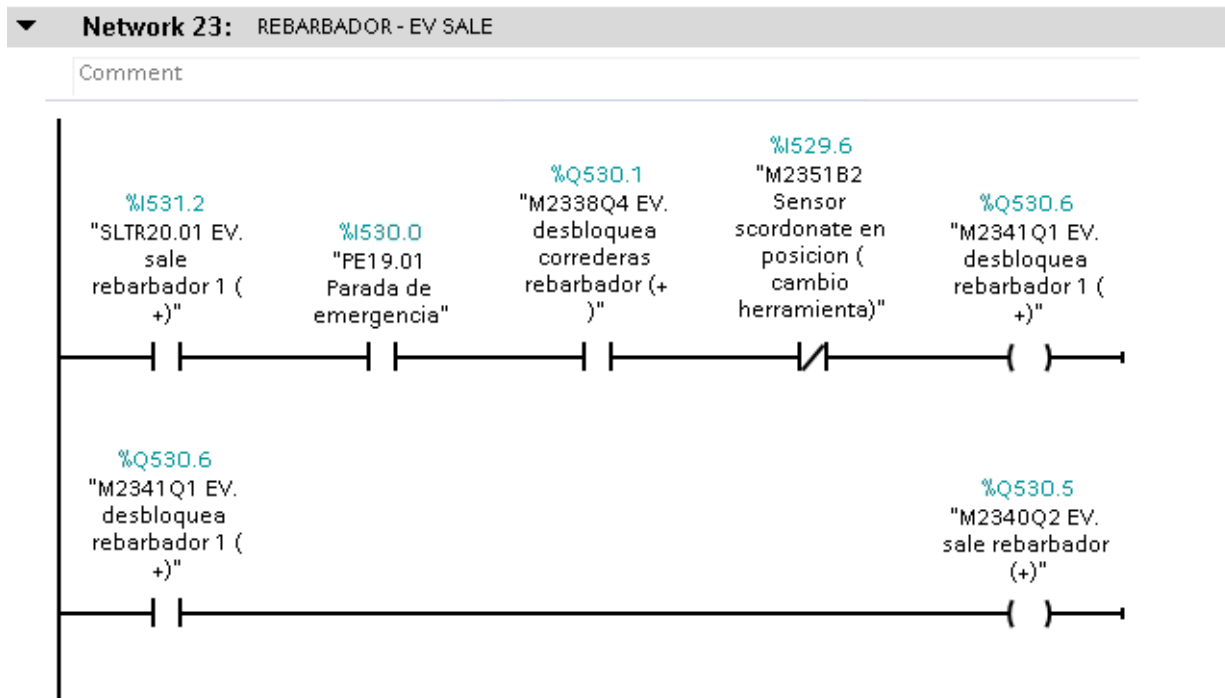


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 50 se presenta la programación para salir la herramienta de rebarbado, para esta programación se utiliza un contacto abierto del selector que da la señal de salir el rebarbador, un contacto abierto que representa que no hay paradas de emergencias activas, un contacto abierto que representa las correderas desbloqueadas, un contacto cerrado que representa el sensor de cambio de herramienta, esto activa el desbloqueo del rebarbador, a su vez hay un contacto abierto del desbloqueo del rebarbador y luego de eso se activa la señal a la válvula que hace salir la herramienta de rebarbado.

Figura 50

Sale rebarbador



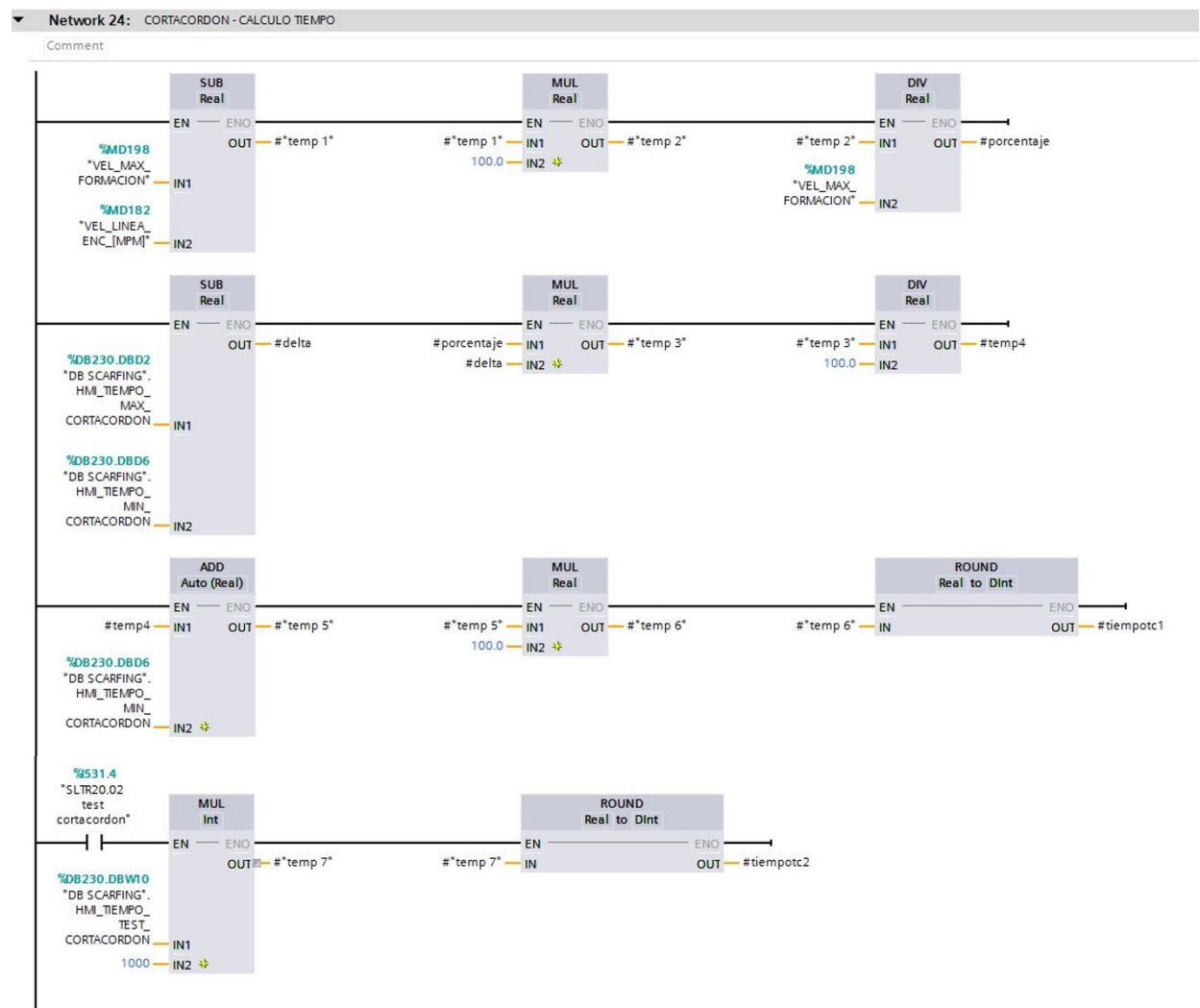
Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 51 se realiza la programación para el cálculo de tiempo para el corta cordón del exceso de soldadura, para esta programación se utiliza un bloque de substraer con la variable de velocidad máxima de formación y la velocidad de la línea que es proporcionada por el Encoder de la línea almacenando este resultado en la variable #temp 1, luego esta variable resultante se multiplica con 100 almacenando el resultado en la variable #temp 2, esta variable se divide entre la velocidad máxima de formación y se almacena en la variable #porcentaje. Con la variable tiempo máximo de corta cordón y tiempo mínimo de corta cordón se substranen y el resultado se almacena en la variable #delta, se multiplica la variable #porcentaje y #delta almacenando el resultado en #temp 3, esta variable se divide entre 100 y se almacena en la

variable #temp 4. Esta última variable se suma con la variable del tiempo mínimo de corta cordón y se almacena en #temp 5, este resultado se multiplica con 100 y se almacena en #temp 6, esta variable se pasa a una variable doble entero #tiempotc1. Cuando esta se activa el selector del test corta cordón se toma la variable tiempo test corta cordón y se multiplica por 1000 almacenando ese resultado en la variable #temp 7, esta variable se pasa a una variable doble entero #tiempotc2.

Figura 51

Cálculo de tiempo de corta cordón

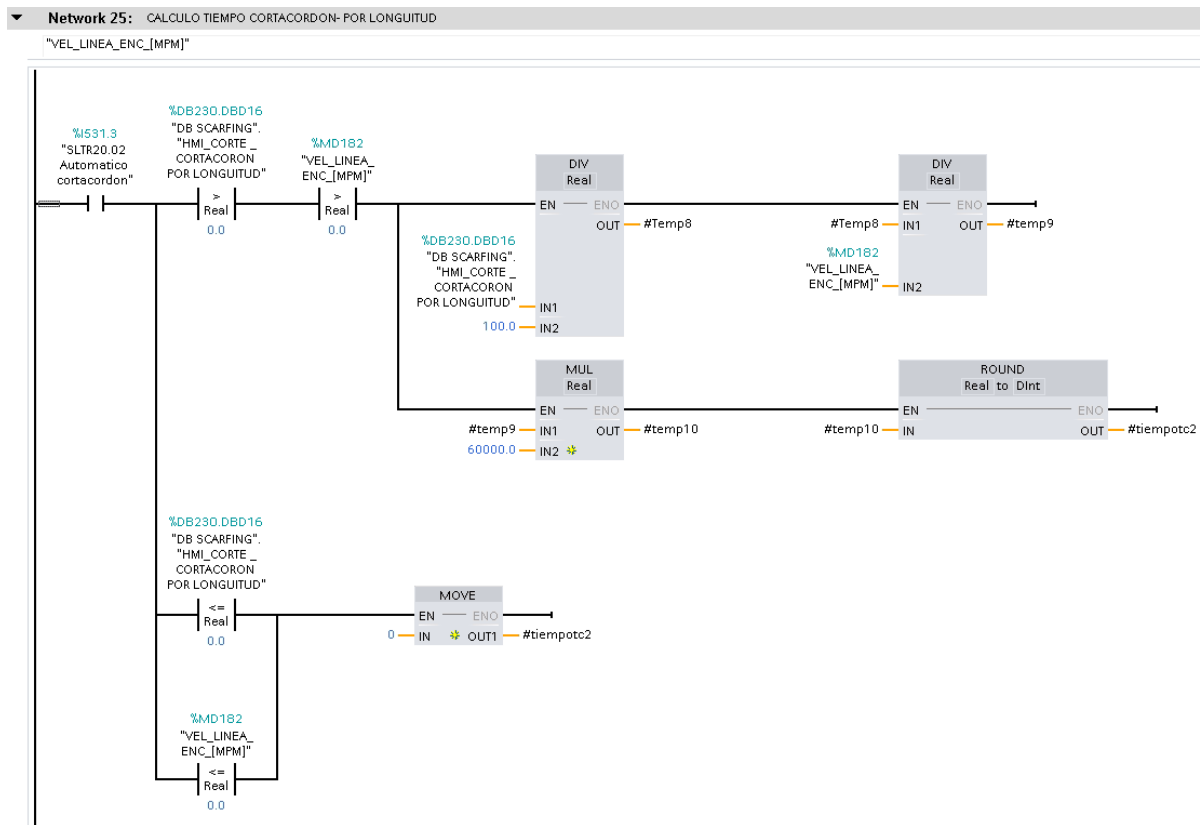


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 52 se presenta la programación para el cálculo de tiempo del corta cordón por longitud, para esta programación se utiliza un contacto abierto que representa al selector que da la señal de automático corta cordón, se utiliza un comparador entre la variable corta cordón por longitud ingresada por el operador y 0 mientras la variable sea mayor a 0 se activa el comparador, un comparador entre la velocidad de la línea suministrada por el encoder de línea y 0 mientras la velocidad sea mayor a 0 se activa el comparador, un bloque de división de la variable corta cordón por longitud entre 100 almacenando este resultado en la variable #temp8, un bloque de división de la variable #temp8 entre la velocidad de la línea suministrada por el encoder de línea almacenando el resultado en #temp9, luego esta variable se multiplica con 60000 y se almacena en la variable #temp10, para luego convertirla en una variable doble entero #tiempotc2. Se tienen dos comparadores en los cuales las variables corta cordón por longitud y velocidad de línea son iguales a 0 entonces en la variable #tiempotc2 se almacena un 0.

Figura 52

Cálculo de tiempo corta cordón por longitud



Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 53 se realiza la programación para subir y bajar el corta cordón, para esta programación se utiliza dos contactos abiertos que representan al selector que da la señal de automático corta cordón, un contacto abierto que representa la salida de marcha de línea, un contacto abierto que representa el sensor del rebarbador insertado, un contacto abierto que representa la herramienta rebarbador abajo, un contacto abierto que representa que la unidad hidráulica se encuentra encendida y habilitada, un contacto abierto que representa que no hay paradas de emergencia activas, un temporizador que su tiempo está determinado por la variable `#tiempotc2`, un contacto cerrado que representa el corta cordón abajo, un comparador entre 0 y la

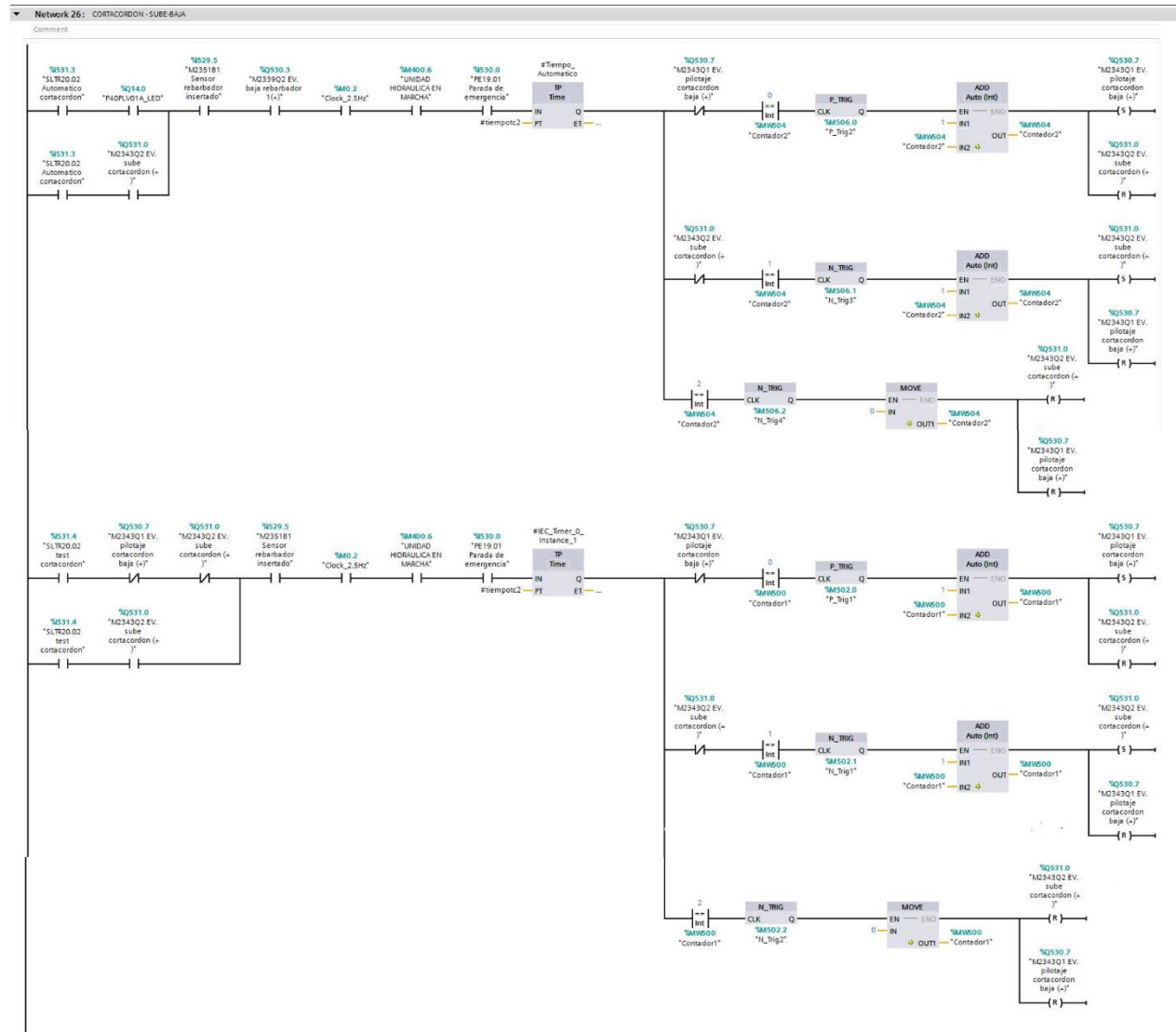
variable comparador2 sean iguales, un bloque que permite pasar un pulso positivo de esta señal, un bloque de suma que le adiciona 1 a la variable contador2 almacenando este resultado en la misma variable, para activar la salida a la válvula de bajar el corta cordón y desactiva el de subir corta cordón. Ahora se utiliza un contacto cerrado de la salida sube corta cordón, un comparador entre 1 y la variable contador2 sean iguales, un bloque que permite pasar un pulso negativo de esta señal, un bloque de suma que le adiciona 1 a la variable contador2 almacenando este resultado en la misma variable, para activar la salida que sube el corta cordón y desactiva la de bajar corta cordón. Se utiliza un comparador entre 2 y la variable contador2 sean iguales, un bloque que permite pasar un pulso negativo de esta señal, un bloque que coloca en 0 la variable contador2, y desactiva las salidas subir corta cordón y bajar corta cordón, esto con el fin de comenzar de nuevo el ciclo de subir y bajar que con este movimiento está cortando el cordón de exceso de soldadura que se está retirando de la tubería.

También se realiza una programación que utiliza dos contactos abiertos que representan al selector que da la señal de test corta cordón, un contacto cerrado que representa la salida de corta cordón abajo, un contacto cerrado de la señal de subir el corta cordón, un contacto abierto que representa el sensor del rebarbador insertado, un contacto abierto que representa la herramienta rebarbador abajo, un contacto abierto que representa que la unidad hidráulica se encuentra encendida y habilitada, un contacto abierto que representa que no hay paradas de emergencia activas, un temporizador que su tiempo está determinado por la variable #tiempotc2, un contacto cerrado que representa el corta cordón abajo, un comparador entre 0 y la variable contador1 sean iguales, un bloque que permite pasar un pulso positivo de esta señal, un bloque de suma que le adiciona 1 a la variable contador1 almacenando este resultado en la misma variable, para activar la salida a la válvula de bajar el corta cordón y desactiva el de subir corta

cordón. Ahora se utiliza un contacto cerrado de la salida sube corta cordón, un comparador entre 1 y la variable contador1 sean iguales, un bloque que permite pasar un pulso negativo de esta señal, un bloque de suma que le adiciona 1 a la variable contador1 almacenando este resultado en la misma variable, para activar la salida que sube el corta cordón y desactiva la de bajar corta cordón. Se utiliza un comparador entre 2 y la variable comparador sean iguales, un bloque que permite pasar un pulso negativo de esta señal, un bloque que coloca en 0 la variable contador1, y desactiva las salidas subir corta cordón y bajar corta cordón, esto se realiza con el fin de revisar el funcionamiento sin estar en marcha la línea de tubería.

Figura 53

Subir - Bajar el corta cordón

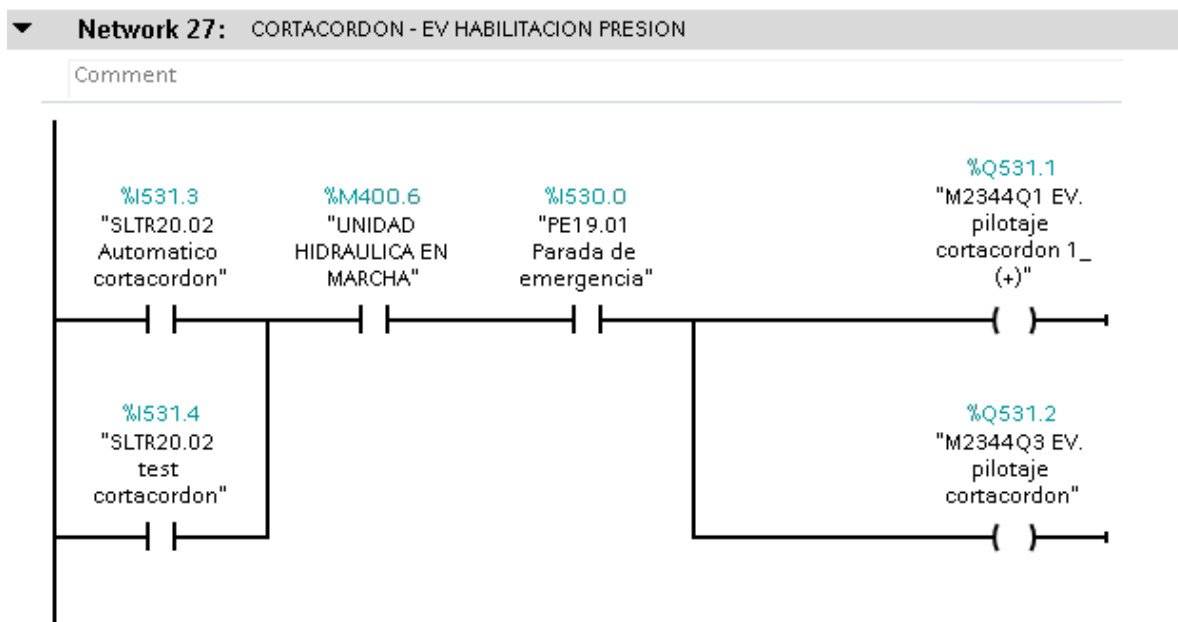


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 54 se presenta la programación para la habilitación de la presión del corta cordón, para esta programación se utiliza un contacto abierto que representa el selector que da la señal del automático del corta cordón, un contacto abierto que representa al selector que da la señal del test corta cordón, un contacto abierto que representa a la unidad hidráulica en marcha y habilitada, un contacto abierto que representa que no hay paradas de emergencia activas, activando las salidas a las válvulas que son las encargadas de habilitar la presión en el sistema del corta cordón.

Figura 54

Habilitación presión corta cordón



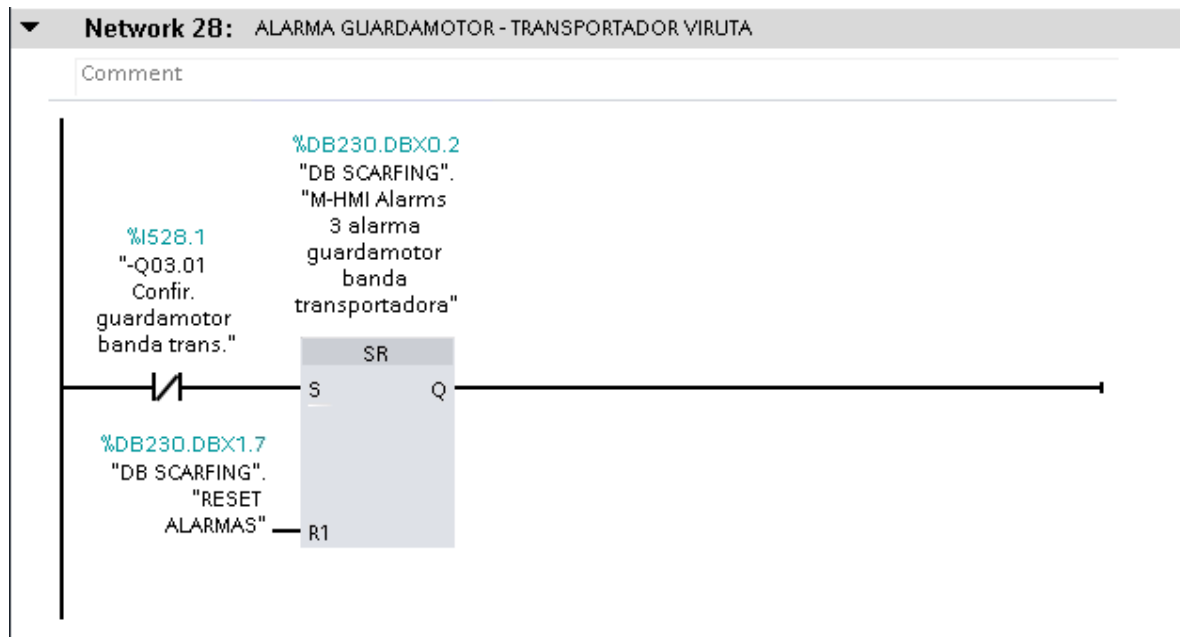
Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 55 se realiza la programación de la alarma en el guardamotor del motor de la banda transportadora de viruta, que se encarga de detectar alguna falla en el motor de la banda transportadora de viruta y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando

del soldador. Para la programación de esta alarma, se utiliza un bloque set/reset y un contacto cerrado (representa al guardamotor). Al momento que el guardamotor detecte una sobre corriente, se desactiva el transportador de viruta, y se visualiza la falla del guardamotor, este sistema se reestablecerá solo cuando sea revisado por mantenimiento y se de reset a las fallas.

Figura 55

Alarma guardamotor transportador de viruta



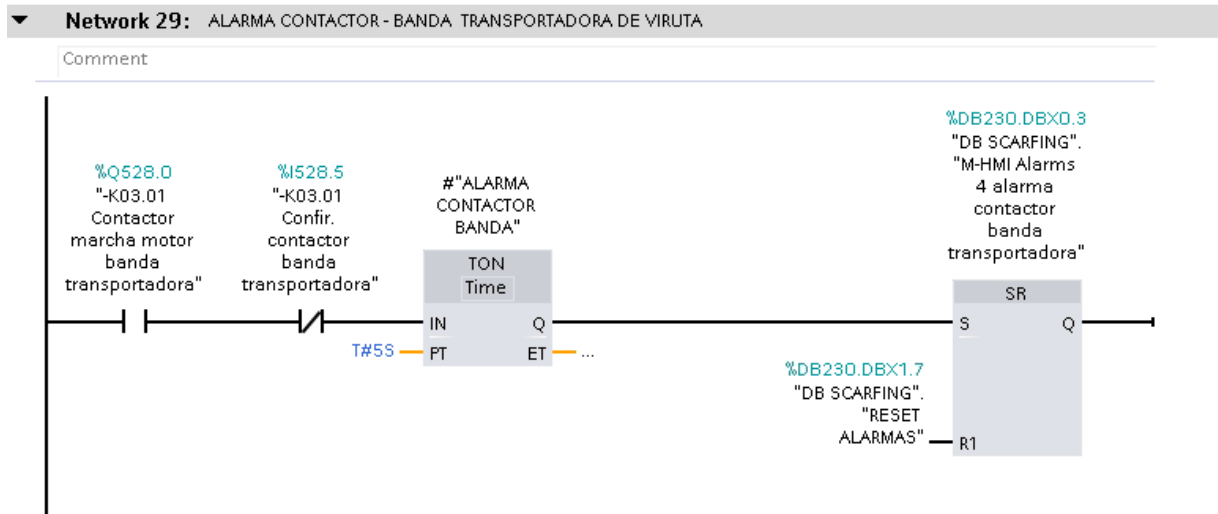
Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 56 se realiza la programación de la alarma del contactor del motor de la banda transportadora de viruta, que se encarga de detectar alguna falla en el contactor del motor de la banda transportadora de viruta y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma se utiliza un contacto abierto de la señal de salida del PLC que da marcha al motor de la banda transportadora de viruta, un contacto cerrado de la confirmación de activación del contactor, un temporizador de 5

segundos y luego de ese tiempo activa un bloque set/reset indicado que hay un problema con el contactor ya que indica que después de esos 5 segundos no se ha activado el contactor, este sistema se reestablecerá solo cuando sea revisado por mantenimiento y se de reset a las fallas.

Figura 56

Alarma contactor banda transportadora de viruta

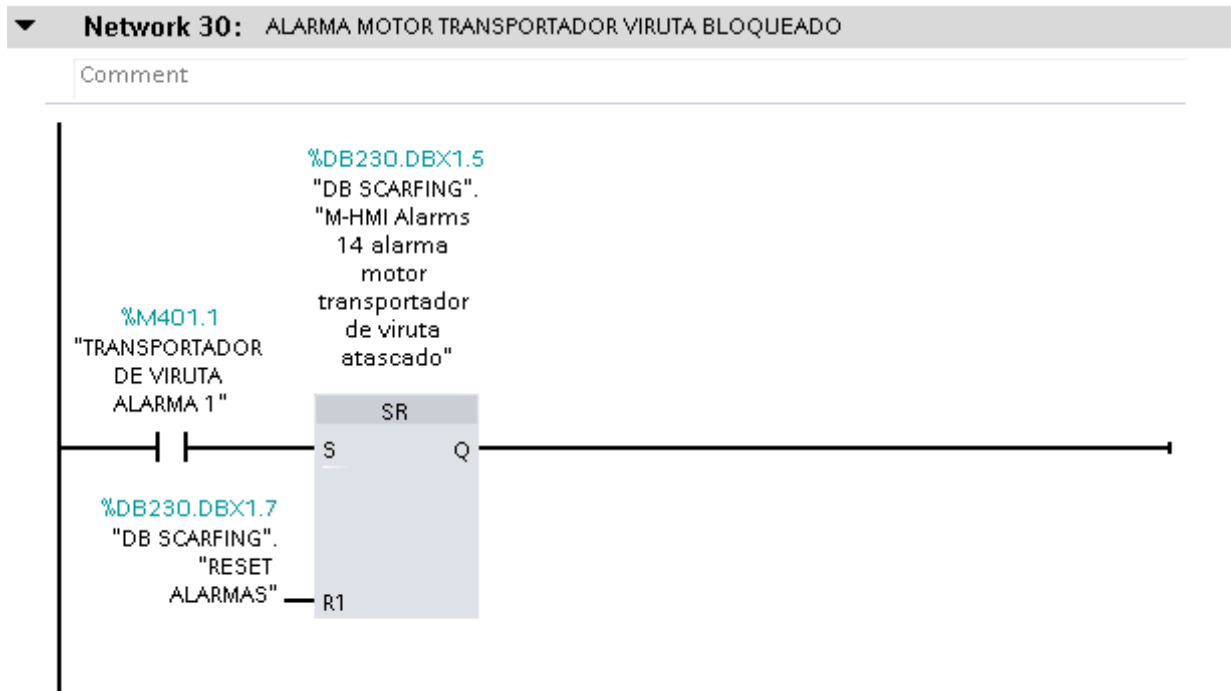


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 57 se presenta la programación de la alarma en el motor de la banda transportadora de viruta atascado, que se encarga de detectar alguna falla en el motor de la banda transportadora de viruta y de visualizarla a través de la pantalla principal de la estación de mando del soldador. Para la programación de esta alarma, se utiliza un bloque set/reset y un contacto abierto que representa la alarma de motor bloqueado. Este sistema se reestablecerá solo cuando sea revisado por mantenimiento y se de reset a las fallas.

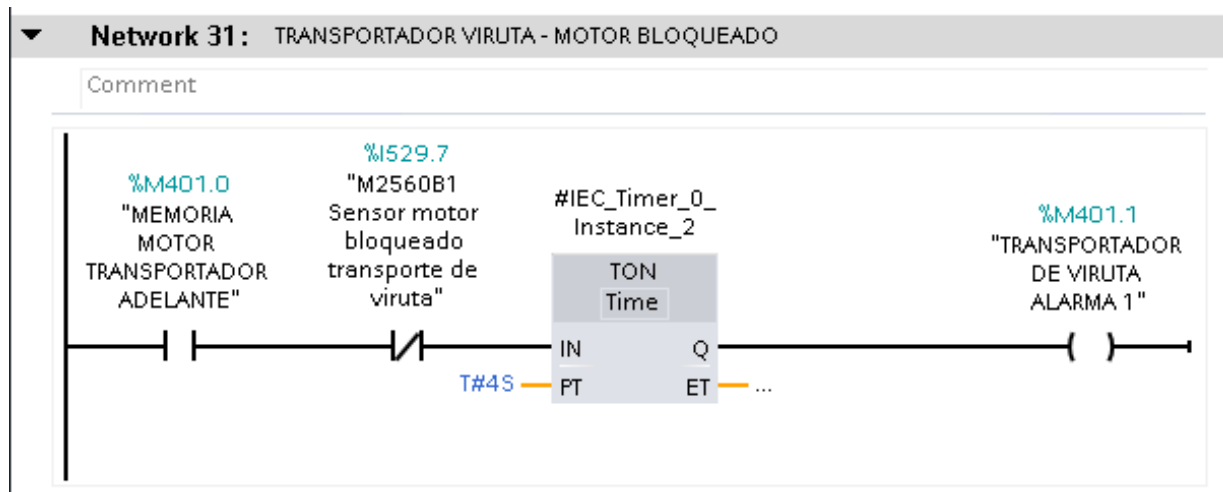
Figura 57

Alarma motor transportador de viruta bloqueado



Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 58 se realiza la programación para indicar que se encuentra bloqueado el motor de la banda transportadora de viruta, para esta programación se utiliza un contacto abierto que representa la señal adelante banda transportadora, un contacto cerrado que representa el sensor que detecta el bloqueo del motor, un temporizador de 4 segundos, para activar una alarma que representa al bloqueo de la banda transportadora de viruta.

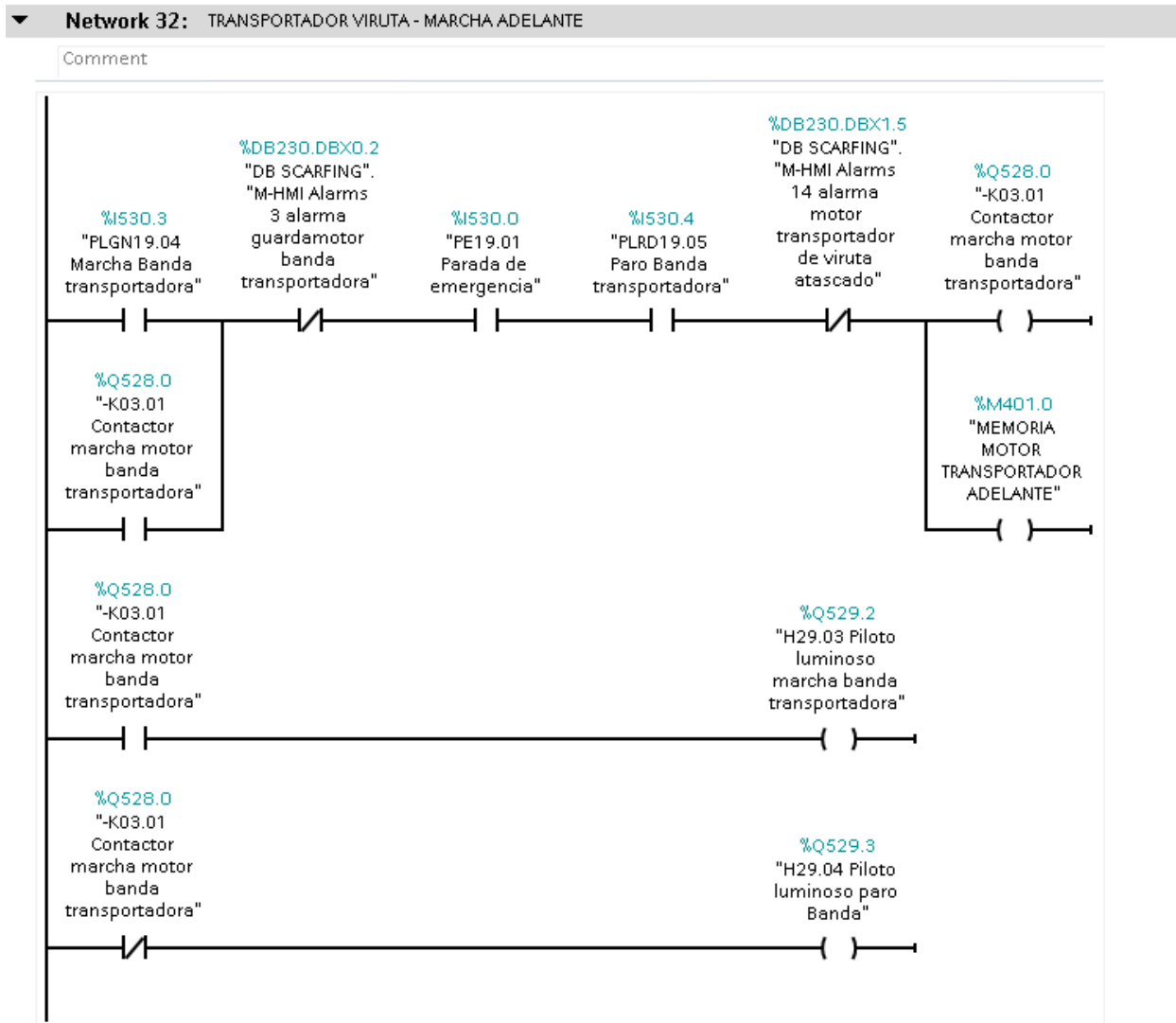
Figura 58*Motor bloqueado transportador de viruta*

Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

En la Figura 59 se realiza la programación de la marcha adelante del motor de la banda transportadora de viruta, para esta programación se utiliza un contacto abierto que representa al pulsador de marcha, un contacto abierto que representa cuando el contactor está activo y sirve de retención, un contacto cerrador que representa que no hay alarmas en el guardamotor de la banda, un contacto abierto que representa que no hay paradas de emergencia activas, un contacto abierto que representa un pulsador para paro de la banda transportadora, un contacto cerrado que representa que no hay alarma de motor de la banda atascado, activando las salidas al contactor de da marcha al motor de la banda y la señal que se utiliza para indicar que el motor se encuentra en marcha hacia adelante. También se utiliza un contacto abierto de la salida al contactor del motor para indicar por un piloto luminoso que el motor se encuentra en marcha, y un contacto cerrado cuando el motor se encuentre detenido.

Figura 59

Marcha adelante transportador de viruta



Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

Establecer las adecuaciones

Para este paso se evidencian las adecuaciones realizadas en la línea para poner en funcionamiento la propuesta de scarfing automático seleccionado, implementando obras civiles, locativas, hidráulicas y eléctricas.

En la Figura 60 se observa la línea antes de realizar las adecuaciones para el scarfing nuevo.

Figura 60

Scarfig antes del proyecto



Nota: Fotografía línea de tubería

En la Figura 61 se puede observar cuando se retira la herramienta que se encontraba antes para adecuar el espacio para el nuevo scarfing.

Figura 61

Adecuaciones Civiles



Nota: Fotografía línea de tubería

En la Figura 62 se realiza la instalación de soportes para el nuevo sistema scarfing, dejándolo fijo en la línea.

Figura 62

Instalación de soportes



Nota: Fotografía línea de tubería

En la Figura 63 se realiza la instalación del nuevo sistema scarfing en la línea de tubería realizando las fijaciones necesarias en terreno.

Figura 63

Instalación Scarfing



Nota: Fotografía línea de tubería

En la Figura 64 se realiza la instalación de la unidad hidráulica del sistema scarfing y se realizan las nuevas conexiones hidráulicas del sistema.

Figura 64

Instalación unidad hidráulica

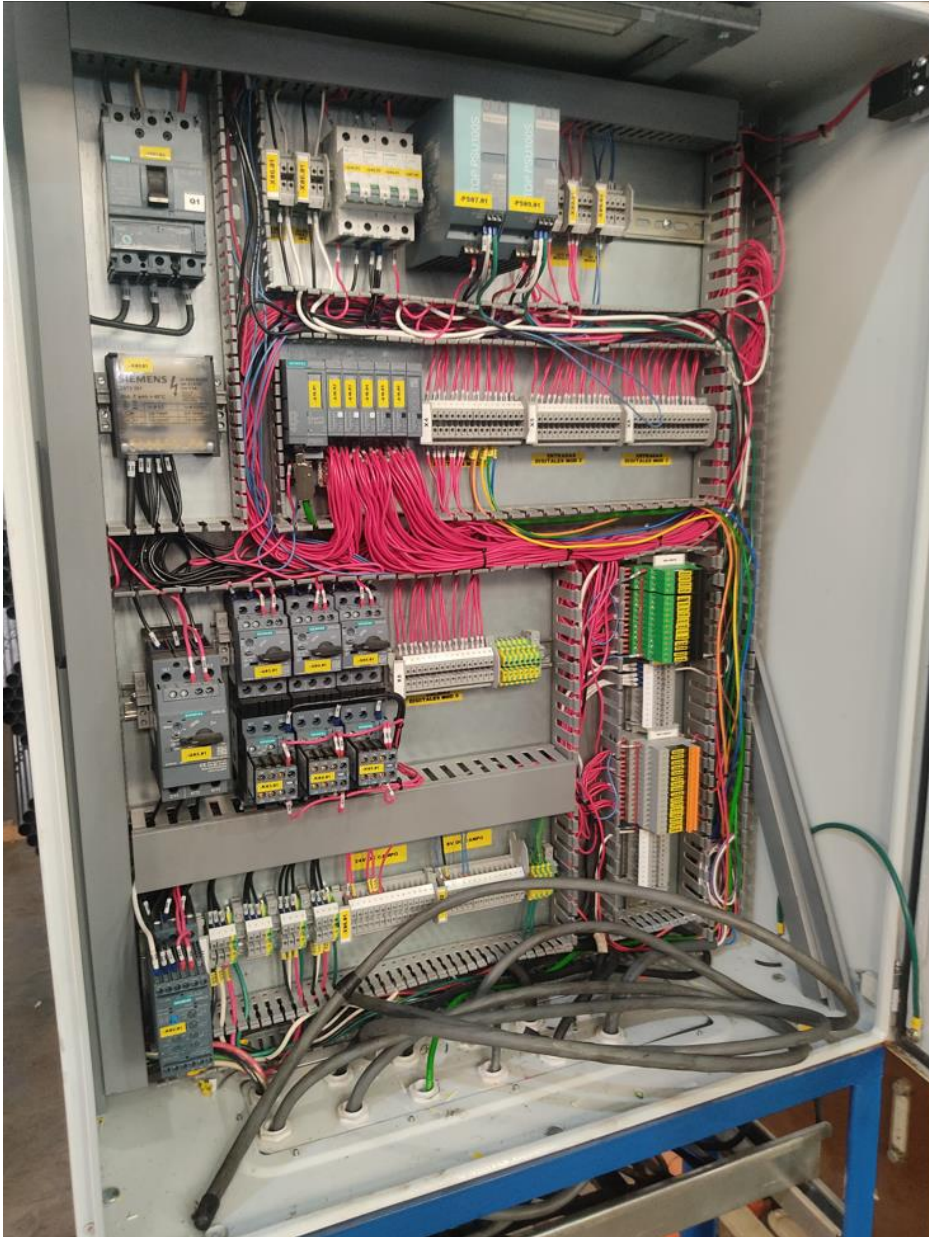


Nota: Fotografía unidad hidráulica scarfing

En la Figura 65 se realiza la conexión del tablero de control para el scarfing automático, donde se recogen las señales de sensores, salidas a válvulas y motores, conectándose por profinet al PLC de la línea.

Figura 65

Instalación tablero de control



Nota: Fotografía tablero de control scarfing

En la Figura 66 se puede observar la instalación completada del sistema scarfing automático en la línea de tubería para el retiro de desechos de soldadura en la tubería.

Figura 66

Instalación completada



Nota: Fotografía línea de tubería

En la Figura 67 se observa una vista lateral del scarfing automático en la línea de tubería.

Figura 67

Vista frontal



Nota: Fotografía línea de tubería

Implementación

En esta sección se presenta la evidencia de la implementación del sistema de scarfing automático para lo cual se muestran las partes que componen el sistema, así como su unidad hidráulica y su tablero de control.

Especificaciones Técnicas del Sistema

En la Figura 68 se presenta enumerado cada uno de los componentes del sistema scarfing implementado:

- 1) Caja
- 2) Rodillo de apoyo: Rodillo en el cual se apoya la tubería al ingresar al scarfing.
- 3) Corredera: Guías para ajustar altura del rodillo de apoyo de la tubería.
- 4) Hexágono de regulación rodillo de apoyo: Permite realizar el ajuste de altura del rodillo de apoyo.
- 5) Motor hidráulico de regulación vertical utensilio: Se encarga de convertir la energía hidráulica en energía mecánica, usando el aceite enviado por la bomba de la unidad hidráulica convirtiéndolo en movimiento rotatorio para realizar el ajuste vertical del porta herramientas.
- 6) Porta herramienta recta 25 x 25: Pieza donde se coloca la herramienta del scarfing que realiza el retiro de exceso de soldadura.
- 7) Portaherramientas inclinado 25 x 25: Pieza ajustada en un Angulo diferente a 90° donde se coloca la herramienta del scarfing que realiza el retiro de exceso de soldadura.
- 8) Corredera lateral: Guías donde se desplaza el Carter de transporte de virutas.
- 9) Gato: Por medio del motor hidráulico de regulación vertical utensilio es el encargado de mover el rodillo de ajuste de la tubería.

- 10) Motor hidráulico de regulación vertical rodillo de contraste: Se encarga de convertir la energía hidráulica en energía mecánica, usando el aceite enviado por la bomba de la unidad hidráulica convirtiéndolo en movimiento rotatorio para ajustar el rodillo de contraste.
- 11) Conexiones cilindro hidráulico: Conexiones donde llegan las mangueras de aceite de la unidad hidráulica.
- 12) Sub-base: Bloque hidráulico donde van colocadas las válvulas para realizar sus conexiones.
- 13) Cárter de colección virutas (válido para utensilio recto): Bandeja donde se recolectan virutas si caer fuera del proceso.
- 14) Rodillo de contraste: Rodillo encargado de sujetar la tubería en la salida del scarfing automático.
- 15) Hexágono de ajuste vertical rodillo de contraste: Permite realizar el ajuste manual del rodillo que sujeta la tubería en la salida del scarfing.
- 16) Corredera rodillo de contraste: Guías en las cuales se desliza el rodillo de contraste.
- 17) Hexágono de ajuste lateral utensilio: Permite realizar el ajuste manual del porta herramientas.
- 18) Gato: Por medio del motor hidráulico de regulación vertical rodillo de contraste es el encargado de mover el rodillo de contraste.
- 19) Motor hidráulico de ajuste lateral utensilio: Se encarga de convertir la energía hidráulica en energía mecánica, usando el aceite enviado por la bomba de la unidad hidráulica convirtiéndolo en movimiento rotatorio para mover el porta herramientas.
- 20) Gato: Encargado de realizar el movimiento al rodillo de apoyo.
- 21) Hexágono de ajuste vertical utensilio: Permite realizar el ajuste manual del porta herramientas.

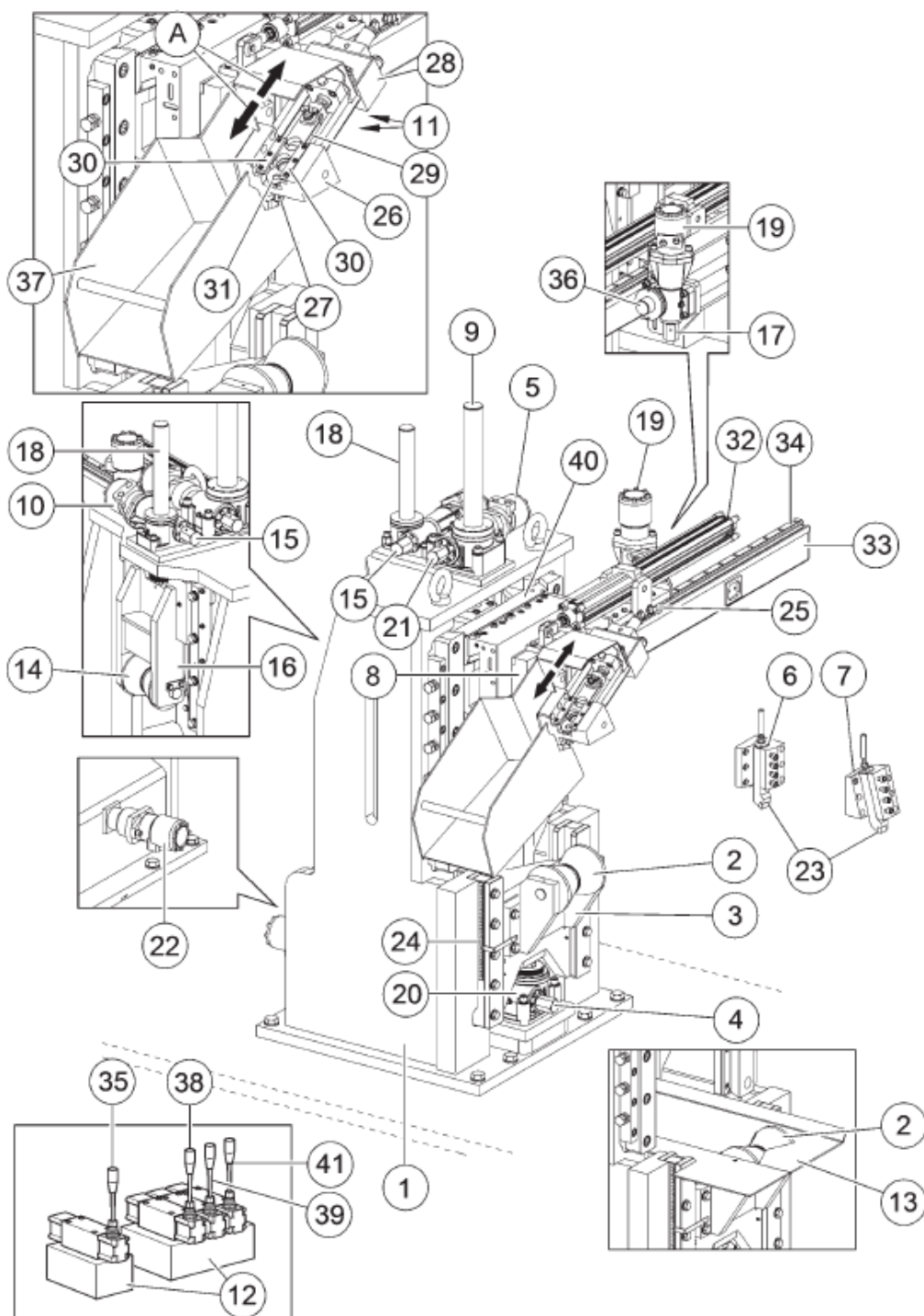
- 22) Motor hidráulico de ajuste rodillo de apoyo: Se encarga de convertir la energía hidráulica en energía mecánica, usando el aceite enviado por la bomba de la unidad hidráulica convirtiéndolo en movimiento rotatorio para realizar el ajuste del rodillo de apoyo.
- 23) Herramienta: Pieza utilizada para realizar la remoción de exceso de soldadura en la tubería.
- 24) Escala graduada:
- 25) Patines de deslizamiento: Ruedas que le permiten el movimiento al Carter de transporte de virutas.
- 26) Portaherramientas con corta-virutas: Pieza en la cual se coloca la cizalla encargada de cortar el cordón de soldadura.
- 27) Placa de rebarbado corta-virutas
- 28) Cilindros mando corta-virutas
- 29) Cuchillo móvil corta-virutas
- 30) Largueros de guía cuchillo
- 31) Cuchillo fijo corta-virutas
- 32) Cilindro neumático de traslación herramienta fuera línea
- 33) Corredera deslizamiento portaherramientas
- 34) Guías de deslizamiento portaherramientas
- 35) Distribuidor hidráulico manual de ajuste rodillo de contraste: La válvula permite el movimiento de un actuador mediante el paso de aceite a través de ella por medio del movimiento de una palanca puede cambiar hacia qué dirección se realiza este movimiento.
- 36) Gato
- 37) Cáster de transporte virutas

38) Distribuidor hidráulico manual de ajuste vertical rebarbador: La válvula permite el movimiento de un actuador mediante el paso de aceite a través de ella por medio del movimiento de una palanca puede cambiar hacia qué dirección se realiza este movimiento.

39) Distribuidor hidráulico manual de ajuste transversal rebarbador: La válvula permite el movimiento de un actuador mediante el paso de aceite a través de ella por medio del movimiento de una palanca puede cambiar hacia qué dirección se realiza este movimiento.

40) Corredera vertical superior

41) Distribuidor hidráulico manual de ajuste rodillo de apoyo inferior: La válvula permite el movimiento de un actuador mediante el paso de aceite a través de ella por medio del movimiento de una palanca puede cambiar hacia qué dirección se realiza este movimiento.

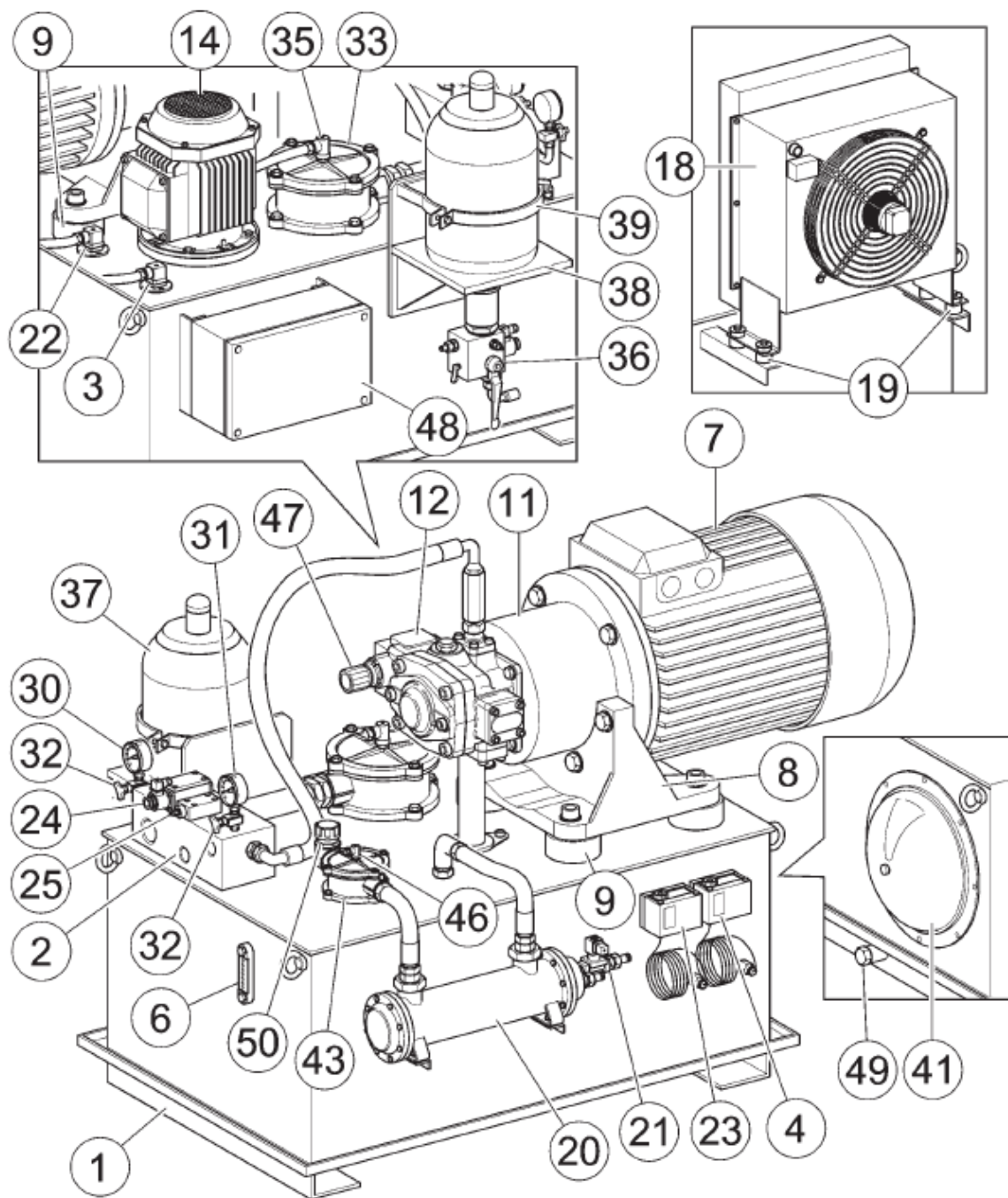
Figura 68*Diagrama de piezas scarfing*

Nota: Manual scarfing automático Fives-Otto

En la Figura 69 se presenta enumerado cada uno de los componentes de la unidad hidráulica del sistema scarfing implementado:

- 1) Depósito de aceite
- 2) Bloque de base
- 3) Nivel eléctrico de mínimo nivel aceite
- 4) Termostato máxima temperatura aceite
- 6) Nivel aceite visual con termómetro
- 7) Motor eléctrico
- 8) Soporte motor de pie
- 9) Dispositivos antivibración
- 11) Junta elástica
- 12) Bomba de émbolo de capacidad variable
- 14) Motobomba eléctrica
- 18) Intercambiador de calor aire-aceite
- 19) Dispositivos antivibración para intercambiador de aire
- 20) Intercambiador de calor H₂O-aceite
- 21) Electroválvula para agua
- 22) Nivel eléctrico de máximo aceite
- 23) Termostato intercambiador exterior
- 24) Electroválvula
- 25) Válvula de máxima presión
- 30) Manómetro
- 31) Manómetro

- 32) Grifo de exclusión
- 33) Filtro sobre línea de retorno
- 35) Sensor de obstrucción filtro
- 36) Bloque puesta en descarga acumulador
- 37) Acumulador de presión
- 38) Estante para acumulador de presión
- 39) Collar de fijación acumulador
- 41) Portilla de inspección
- 43) Filtro sobre línea de retorno intercambiador
- 46) Sensor de obstrucción filtro intercambiador
- 47) Regulador de presión
- 48) Caja eléctrica
- 49) Tapón de descarga
- 50) Tapón de carga con filtro aire

Figura 69*Diagrama de piezas unidad hidráulica*

Nota: Manual scarfing automático Fives-Otto

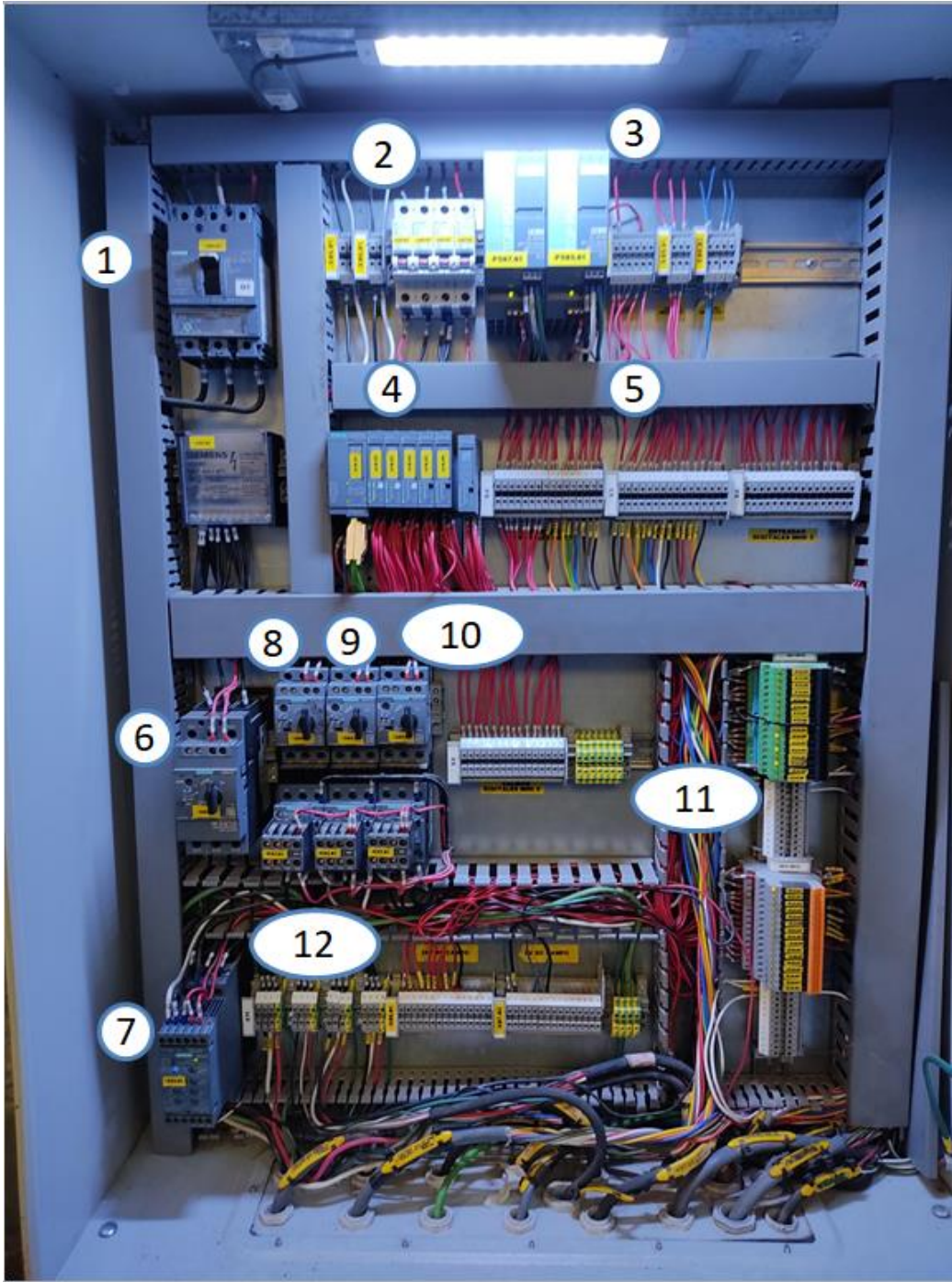
En la Figura 70 se presenta enumerado cada uno de los componentes del tablero de control del sistema scarfing implementado:

- 1) Alimentación externa 440 V AC
- 2) Alimentación externa 110 V AC
- 3) Alimentación interna Fuente 24 V DC
- 4) Simatic ET 200 SP: es una unidad de periferia descentralizada compacta, la cual con su unidad básica se puede ampliar hasta con 64 módulos pudiendo procesar 64x16 señales en su máxima capacidad. Esto permite concentrar todas las señales de campo cercanas y solo llevar un cable de comunicación al PLC de la línea. (Garcia, 2013)
- 5) Bornes de entradas digitales
- 6) Guardamotor unidad hidráulica: El guardamotor es un interruptor termomagnético especial para motores, protegiéndolos de sobrecargas, corto circuitos y algunos casos frente a la ausencia de una de las fases del motor. Ante cualquier falla desconecta la alimentación proporcionada al motor hasta poder corregir el fallo. (NIVIHE, 2021)
- 7) Arrancador suave unidad hidráulica: La función del arrancador suave es administrar el voltaje, mientras se acelera o desacelera el motor, permitiendo realizar una rampa para que sea de manera controlada el movimiento del motor. (Gandhi, 2020)
- 8) Guardamotor y contactor bomba de recirculación: El contactor es un dispositivo con capacidad de energizar o cortar la corriente eléctrica mediante sea necesario. (Electricasas, 2021)
- 9) Guardamotor y contactor intercambiador de calor
- 10) Guardamotor y contactor banda transportadora de viruta
- 11) Bornes salidas digitales

12) Bornes salidas a motores

Figura 70

Tablero de control Scarfing Automático



Nota: Manual scarfing automático Fives-Otto

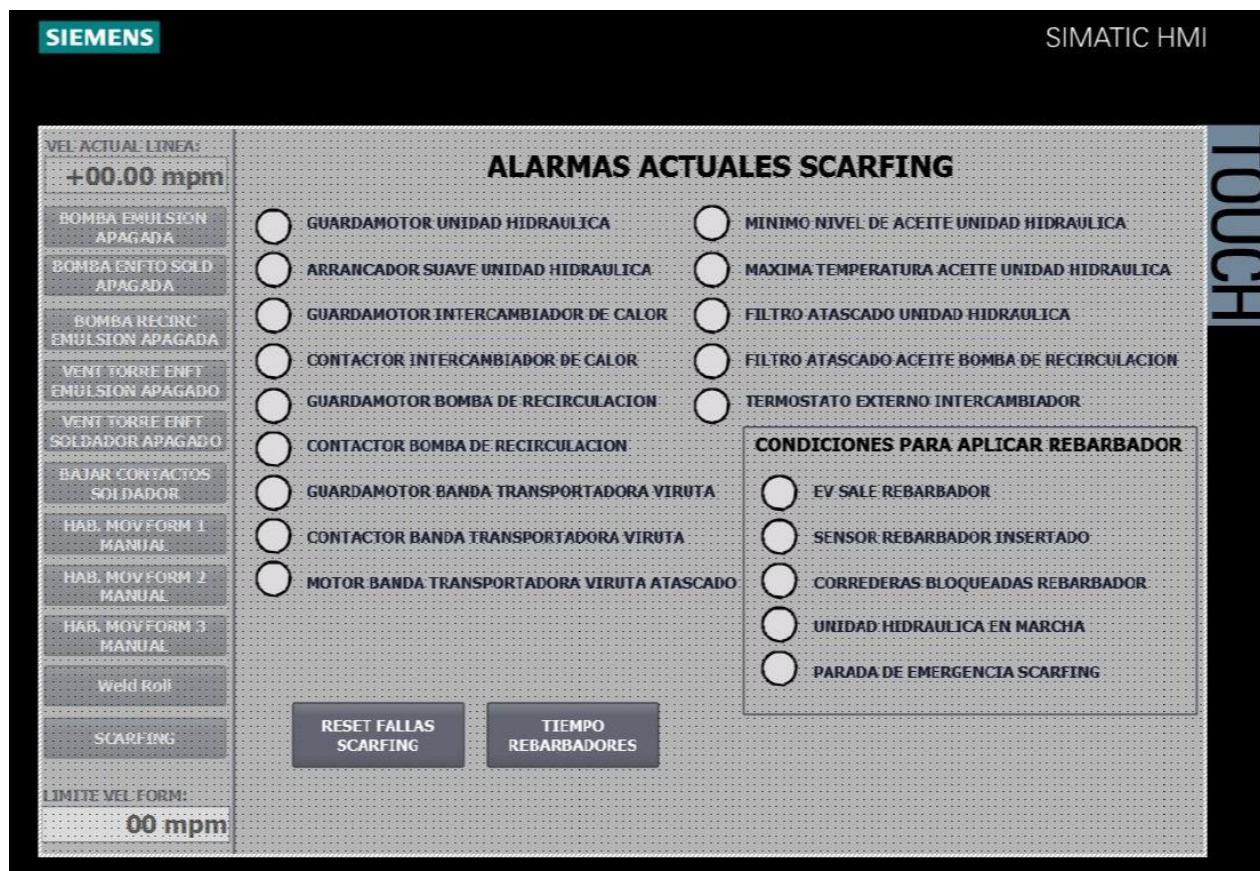
Resultados

Mediante pruebas realizadas al sistema al momento de terminar el montaje en la línea de tubería, se realizan los ajustes según sean necesarios para las partes mecánicas y/o software.

En la Figura 71 se puede visualizar la pantalla HMI de alarmas actuales de scarfing, donde el operador puede monitorear alguna falla que detecte el sistema. Cuando los círculos están en verde, significa que no se detectan fallas en el sistema. Los círculos se visualizan en rojo cuando se detecta alguna falla. Al lado del círculo, se incluye un texto descriptivo que indica la falla.

Figura 71

Pantalla HMI Fallas Scarfing

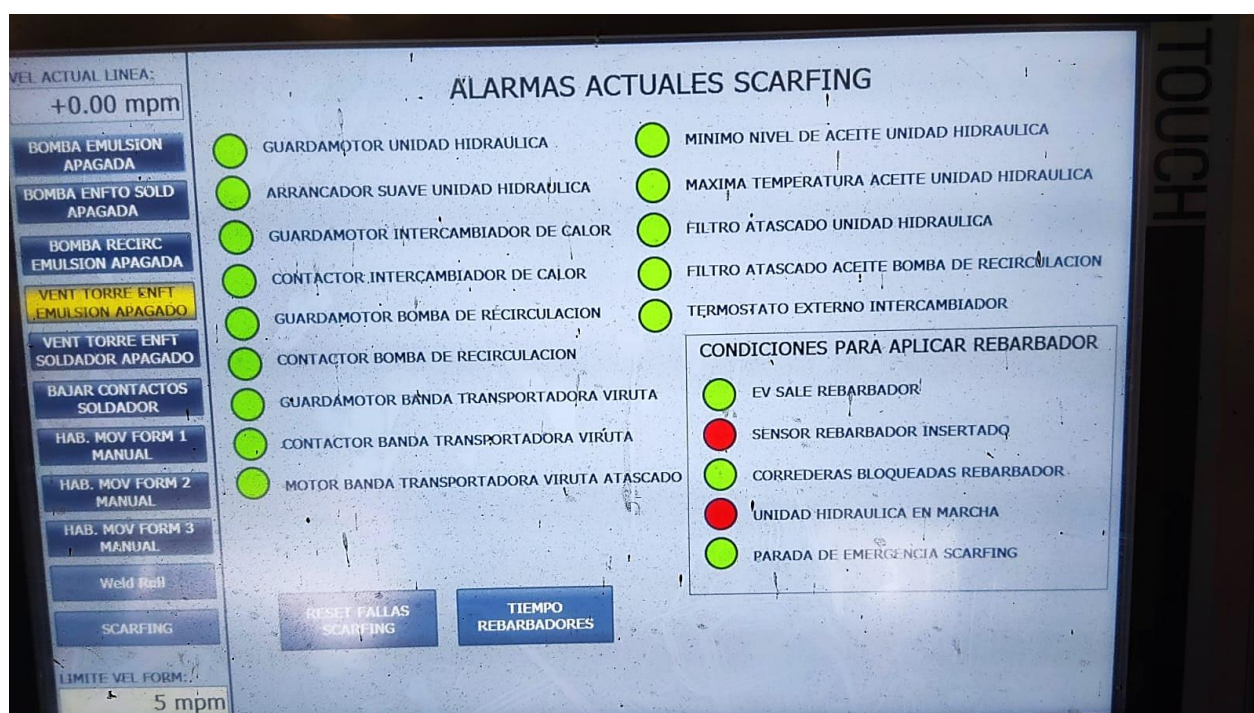


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

Se realizaron pruebas donde se demuestra el funcionamiento de las alarmas de escarfig. En la Figura 72 se demuestra la detección de dos fallas en el sistema, una que indica sensor rebarbador insertado, debido a que se deja afuera la herramienta del scarfing y el sistema no está en condiciones para iniciar. La segunda alarma indica que la unidad hidráulica no se pudo poner en marcha, debido a que el sistema no se encontraba en condiciones para iniciar.

Figura 72

Pantalla de alarmas actuales scarfing, prueba de detección de alarmas.

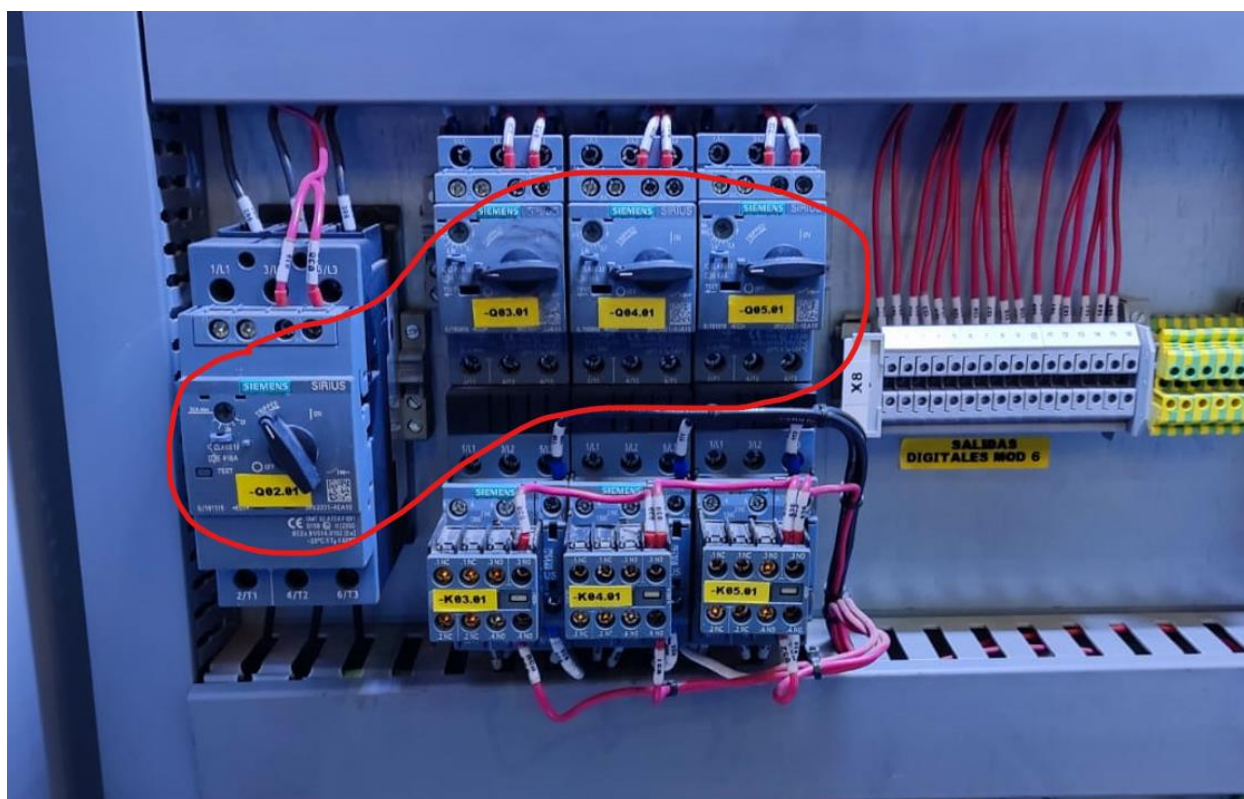


Nota: Fotografía supervisorio línea de tubería

Luego, se realiza una prueba para detectar si el guardamotor se encuentra energizado. Para esta prueba, los interruptores termomagnéticos se colocan en estado apagado, como se observa en la Figura 73, y automáticamente el sistema de monitoreo de alarmas indica un error, colocando en rojo, el círculo que indica “guardamotor unidad hidráulica”, como se muestra en la fotografía de la Figura 74.

Figura 73

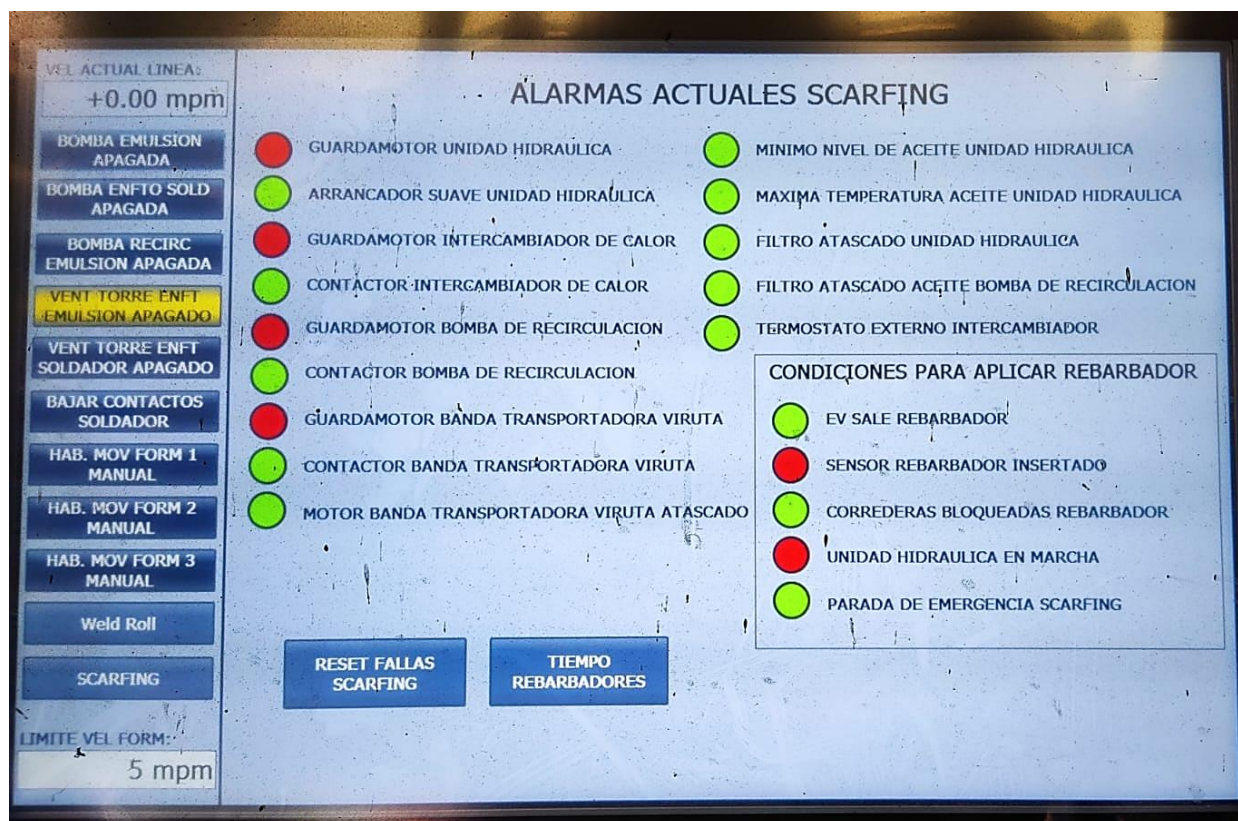
Guardamotores des energizados



Nota: Fotografía guardamotores en tablero de control scarfing automático

Figura 74

Alarmas por guardamotores

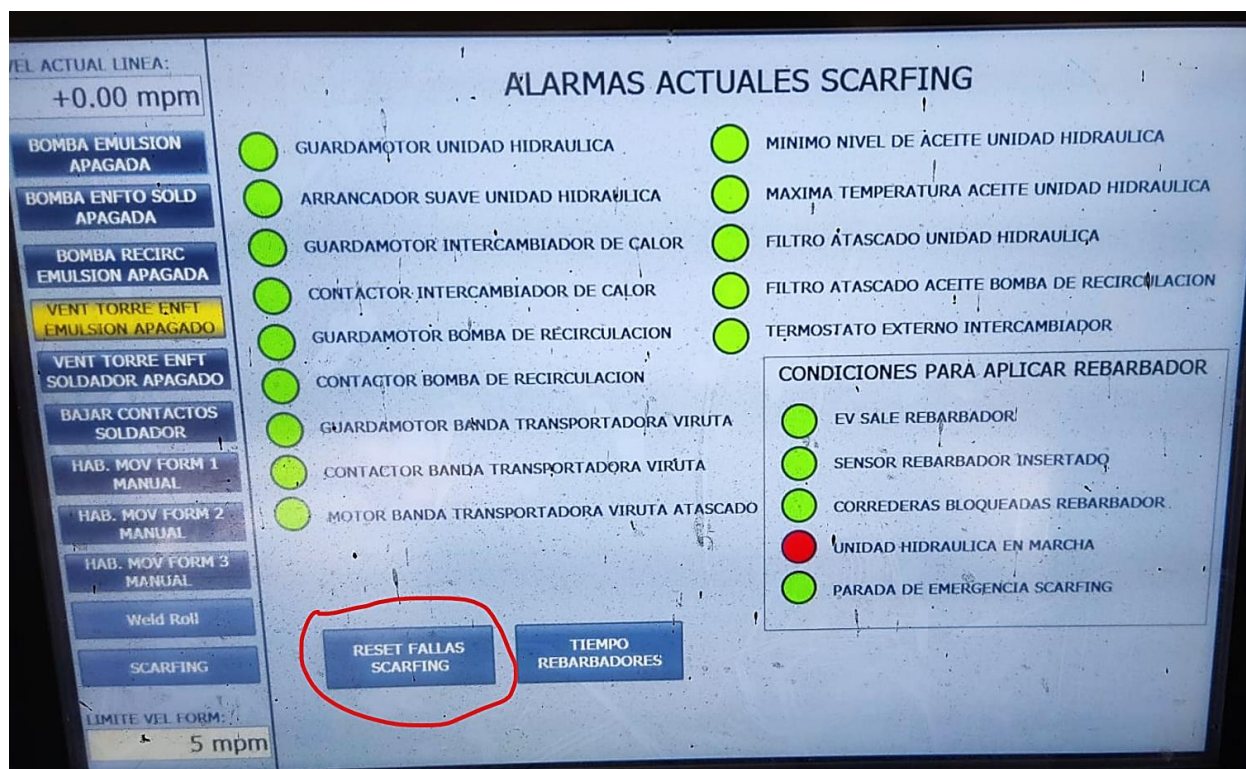


Nota: Fotografía supervisorio línea de tubería

En la Figura 75 se demuestra que al momento de normalizar los guardamotores y cualquier otra condición de falla que se tenga en el sistema, es necesario presionar el botón de reset fallas scarfing, esto permite, que si el sistema falla por una u otra razón, retiene la falla central para poder identificarla y poder dar solución.

Figura 75

Reset de fallas scarfing



Nota: Fotografía supervisorio línea de tubería

En la Figura 76 se puede observar la pantalla HMI del sistema, donde el operador puede configurar la longitud de los cordones de soldadura que cortará la herramienta.

Figura 76

Pantalla HMI Cuadre de tiempos Scarfing

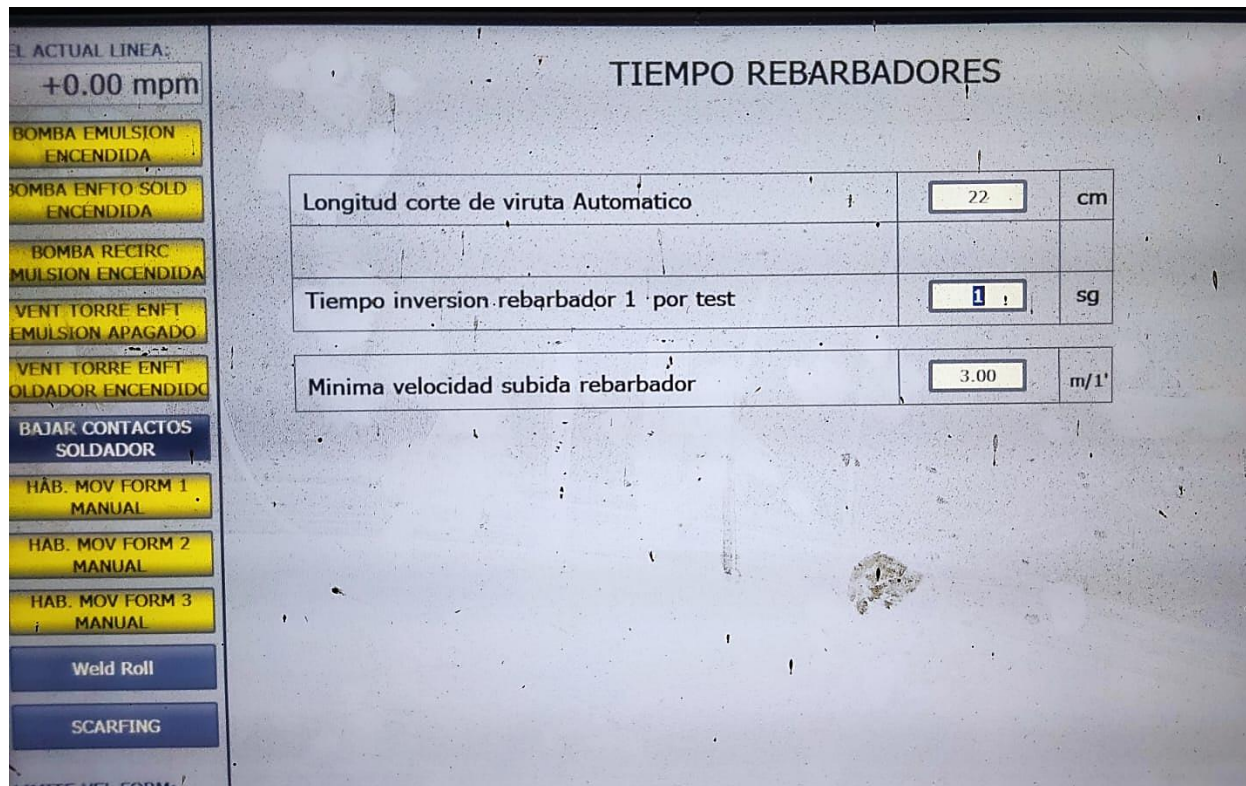


Nota: Tomado proyecto tubería en software Tia Portal

La longitud de los cortes de la viruta se configura en la pantalla de tiempo de rebarbadores (Figura 77), colocando la medida necesaria según se considere por parte del operador.

Figura 77

Longitud de cortes de viruta



Nota: Fotografía supervisorio línea de tubería

En la Figura 78 se puede observar la verificación de la medida del corte del rebarbador en la viruta que es retirada de la tubería de acero.

Figura 78

Medición de los cortes de la viruta



Nota: Fotografía desechos de scarfing automático

En la Figura 79 se puede observar donde caen el desperdicio de viruta cuando sale de la línea y es almacenado en un tanque hasta que se encuentre lleno y sea reemplazado por otro vacío.

Figura 79

Acumulación de viruta en tanque



Nota: Fotografía línea de tubería

Para la implementación del sistema se utilizó el PLC instalado en la línea de tubería y la pantalla HMI que utiliza el operador para el soldador de tubería, en la cual se agrega otras pestañas para lo que se necesita del scarfing automático. Lo que se instala con el sistema es la Simatic ET 200SP (Figura 80) en la cual se recolectan las señales del scarfing y son enviadas por protocolo Profinet hacia el PLC de la línea.

Figura 80

Simatic ET 200SP



Nota: Adaptado de Simatic ET 200SP: mas sencilla, mas compacta, mas potente.

<https://www.infopl.net/noticias/item/100926-simatic-et-200sp-m%C3%A1s-sencillam%C3%A1s-compacta-m%C3%A1s-potente>).

El protocolo Profinet (Process Field Network) está basado en la comunicación de estándar abierto TCP/IP, generalmente utilizado en el área industrial para la comunicación entre controladores (PLC) y dispositivos (unidad de periferia descentralizada). Este tipo de comunicación permite una transmisión extremadamente rápida de datos de E/S, adaptándose a las circunstancias de la planta gracias a las estructuras flexibles de línea, anillo y estrella y a sus soluciones de cable de cobre y fibra óptica. (Aula 21, 2022)

Conclusiones

Se logró el diseño e implementación de un sistema de scarfing automático para realizar trabajo de manera segura en línea de procesos de tubería en ACESCO S.A.S. Para esto, como primer paso, se identificó en el mercado sistemas comerciales, para evaluar las opciones de implementación del sistema automático de scarfing, teniendo en cuenta ciertos parámetros (ancho y alto de las dimensiones de la tubería a procesar) requeridos en la línea de producción. Logrando seleccionar el fabricante adecuado para el sistema scarfing. Como siguiente paso, se realizaron las adecuaciones físicas y técnicas pertinentes para la implementación e instalación del sistema de scarfing automático seleccionado para su instalación.

Mediante la correcta programación del sistema en el software TIA Portal conforme a los requerimientos de la línea de tubería, se logra el correcto funcionamiento del sistema automático de scarfing. El cual permite a los operadores ajustar ciertos parámetros para el corte del cordón de soldadura ayudando en el transporte de los desechos de acero. Proveyendo un proceso seguro para operadores y demás equipos de la línea de tubería. Al poder tener un mayor control del cordón de soldadura de la tubería, al cortarlo en pequeños pedazos permite un mejor transporte fuera de la línea, sin colocar en riesgo a los operadores al retirarlo. Con la automatización del sistema de scarfing se mejora la producción y se reducen los tiempos de parada para retirar los desechos.

Se logró realizar las pruebas pertinentes que demuestran el adecuado diseño, funcionamiento, e implementación del sistema automático de scarfing. Las pruebas desarrolladas son tiempos de corte relacionados al tamaño del cordón de soldadura. Así, como se logró desarrollar un sistema de alarmas y fallas en el sistema, el cual se le realizaron las pruebas pertinentes que permitieron demostrar su correcto funcionamiento.

A futuro se plantea colocar otra porta herramienta que permita seleccionar con cuál de las dos se trabajaría. Este sistema a prueba de fallas permitirá el cambio de herramienta al momento de desgaste o daño de la misma, por tanto, esto aumentaría la eficiencia y fidelidad del sistema scarfing.

Referencias

- Acesco. (26 de 10 de 2021). *Somos Acesco*. Sitio web: <https://www.acesco.com.co/somos/>
- Aula 21. (04 de 01 de 2022). *PROFINET: Qué es y cómo funciona*. Sitio web:
<https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/>
- Aula21. (13 de Julio de 2021). *Qué es un Autómata Programable o PLC y cómo funciona*. Sitio web:
<https://www.cursosaula21.com/que-es-un-automata-programable-o-plc-y-como-funciona/>
- Aula21. (04 de 01 de 2022). *Qué es un Sistema de Control Distribuido (DCS)*. Sitio web:
<https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-de-control-distribuido/>
- AUTYCOM. (22 de enero de 2019). *SIMATIC S7 – 1500: aliado perfecto para mejorar la productividad*.
Sitio web: <https://www.autycom.com/simatic-s7-1500-aliado-para-mayor-productividad/>
- Castaño, S. (20 de junio de 2021). *Lazo Abierto y Lazo Cerrado*. Sitio web:
<https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/lazo-abierto-y-lazo-cerrado/>
- Cortés, C. (06 de 2001). *Controladores Logicos Programables*. Sitio web:
http://www.infopl.net/files/documentacion/automatas/infoPLC_net_apunte_plc.pdf
- Descripcion de lenguajes*. (s.f.). Sitio web:
<https://users.exa.unicen.edu.ar/catedras/tldcaut/Software%20Lenguajes%20LD%20y%20IL.pdf>
- Electricasas. (22 de 07 de 2021). *Que es un contactor tipos y usos*. Sitio web:
<https://www.electricasas.com/que-es-un-contactor-tipos-y-usos/>
- Electronic Board. (28 de abril de 2021). *¿Qué es un PLC? ¿Cómo funciona?*. Sitio web:
<https://www.electronicboard.es/que-es-un-plc/>
- Gandhi, M. (16 de 01 de 2020). *¿Que es un arrancador suave y como funciona?*. Sitio web:
<https://www.autycom.com/que-es-un-arrancador-suave/>

- Garcia, D. (15 de 02 de 2013). *Simatic ET 200SP: mas sencilla, mas compacta, mas potente*. Sitio web:
<https://www.infoplcn.net/noticias/item/100926-simatic-et-200sp-m%C3%A1s-sencillam%C3%A1s-compacta-m%C3%A1s-potente>
- Moreno, E. G. (1999). *Automatización de procesos industriales*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Moya, S. (2 de 2 de 2021). *Conceptos basicos sistemas de control*. Sitio web:
<https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2018/12/24/conceptos-basicos-sistemas-de-control/>
- NIVIHE. (27 de 08 de 2021). *¿Que es un guardamotor y para que se usa?*. Sitio web: <https://motores-electricos.com.ar/que-es-un-guardamotor/>
- R., L. (1 de mayo de 2020). *¿Como funciona un PLC? Qué es, partes y para que sirve*. Sitio web:
<https://como-funciona.co/un-plc/>
- Ricci, D. (2020). *Diagrama de funciones secuenciales*. Sitio web:
http://eet485.com.ar/Archivos/Introducci%C3%B3n%20al%20Control%20Autom%C3%A1tico%20-%20502_zk9.pdf
- Secoin. (24 de 6 de 2019). *Sistemas de control distribuidos vs centralizados*. Sitio web:
<https://www.secoin.com.uy/blog/sistemas-de-control-distribuidos-vs-centralizados>
- Studylib.es. (28 de 02 de 2017). *Tipos de Bloques en S7-1200*. Sitio web:
<https://studylib.es/doc/8320456/tema--tipos-de-bloques-en-s7-1200>
- Suzuki, T. (2017). *TPM en industrias de proceso*. Routledge.
- Sweed Machinery. (23 de 08 de 2019). *Tube Scarf Scrap Choppers by Sweed Machinery*. Sitio web:
<https://www.youtube.com/watch?v=uWl27fNzJSU>
- Tecnoplcn. (30 de mayo de 2015). *TIA Portal: Utilidades del software*. Sitio web:
<https://www.tecnoplcn.com/tia-portal-utilidades-del-software/>

UNED. (s.f.). *Controladores Logico Programables*. Sitio web:

http://www.ieec.uned.es/investigacion/dipseil/pac/archivos/informacion_de_referencia_ise6_1_2.pdf

Apéndice

Apéndice A Ficha técnica Simatic S7 - 150

Datos técnicos			
	6ES7 511-1AK00-0AB0 CPU 1511-1 PN	6ES7 513-1AL00-0AB0 CPU 1513-1 PN	6ES7 516-3AN00-0AB0 CPU 1516-3 PN/DP
Información general Ingeniería con • STEP 7 TIA Portal configurable/ integrado desde versión	V12.0	V12.0	V12.0
Display Diagonal de la pantalla (cm)	3,45 cm	3,45 cm	6,1 cm
Tensión de alimentación Tipo de corriente de alimentación	24 V DC	24 V DC	24 V DC
Pérdidas Pérdidas, típ.	5,7 W	5,7 W	7 W
Memoria Memoria de trabajo • Integrada (para programa) • Integrada (para datos)	150 kbyte 1 Mbyte	300 kbyte 1,5 Mbyte	1 Mbyte 5 Mbyte
Memoria de carga • enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	2 Gbyte	2 Gbyte	2 Gbyte
Tiempos de ejecución de la CPU para operaciones de bits, típ.	60 ns	40 ns	10 ns
para operaciones de palabras, típ.	72 ns	48 ns	12 ns
para aritmética en coma fija, típ.	96 ns	64 ns	16 ns
para aritmética en coma flotante, típ.	384 ns	256 ns	64 ns
Contadores, temporizadores y su remanencia Contadores S7 • Cantidad	2 048	2 048	2 048
Contadores IEC • Cantidad	cualquiera (limitado solo por la memoria de trabajo)	cualquiera (limitado solo por la memoria de trabajo)	cualquiera (limitado solo por la memoria de trabajo)
Temporizadores S7 • Cantidad	2 048	2 048	2 048
Temporizadores IEC • Cantidad	cualquiera (limitado solo por la memoria de trabajo)	cualquiera (limitado solo por la memoria de trabajo)	cualquiera (limitado solo por la memoria de trabajo)
Áreas de datos y su remanencia Marcas • Cantidad, máx.	16 kbyte	16 kbyte	16 kbyte
Área de direcciones Área de direcciones de periferia • Entradas	32 kbyte; Todas las entradas están en la imagen de proceso	32 kbyte; Todas las entradas están en la imagen de proceso	32 kbyte; Todas las entradas están en la imagen de proceso
• Salidas	32 kbyte; Todas las salidas están en la imagen de proceso	32 kbyte; Todas las salidas están en la imagen de proceso	32 kbyte; Todas las salidas están en la imagen de proceso
Hora Reloj • Tipo	Reloj por hardware	Reloj por hardware	Reloj por hardware

Nota: Ficha de datos Simatic S7-1500 (<https://www.technical.cat/PDF/SIEMENS/PLC/siemens-simatic-plc-s7-1500-catalogo.pdf>)

Apéndice B Ficha técnica TP1500 Comfort

Información general	
Designación del tipo de producto	TP1500 Comfort
Display	
Tipo de display	TFT
Diagonal de pantalla	15,4 in
Achura del display	331,2 mm
Altura del display	207 mm
Nº de colores	16 777 216
Resolución (píxeles)	
• Resolución de imagen horizontal	1 280 Pixel
• Resolución de imagen vertical	800 Pixel
Retroiluminación	
• MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	80 000 h
• Retroiluminación variable	Sí; 0-100 %
Elementos de mando	
Fuentes de teclado	
• Teclas de función	
— Nº de teclas de función	0
— Nº de teclas de función con LED	0
• Teclas con LED	No
• Teclas del sistema	No
• Teclado numérico	Sí; Teclado en pantalla
• Teclado alfanumérico	Sí; Teclado en pantalla
Manejo táctil	
• Variante con pantalla táctil	Sí
Ampliaciones para conducción de proceso	
• Teclas directas (botones táctiles como periferia de entrada S7)	40
Diseño/montaje	
Posición de montaje	vertical
Montaje vertical (formato retrato) posible	Sí
Montaje horizontal (formato apaisado) posible	Sí
Máx. ángulo de inclinación permitido sin ventilación externa	35°
Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de la alimentación	DC
Valor nominal (DC)	24 V
Rango admisible, límite inferior (DC)	19,2 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	1,7 A
Intensidad transitoria de conexión I _t	0,5 A ² s
Potencia	
Consumo de potencia activa, tip.	41 W
Procesador	
Tipo de procesador	X86
Memoria	
Flash	Sí
RAM	Sí
memoria usable para datos de usuario	24 Mbyte
Tipo de salida	
Info LED	No
Power LED	No
Error LED	No
Acústica	
• Zumbador	No
• Altavoz	Sí

Nota: Hoja de datos SIMATIC HMI TP1500 Comfort

(https://media.automation24.com/datasheet/es/6AV21240QC020AX1_es.pdf)

Apéndice C Ficha técnica scarfing

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		TAB. IV-3
Material procesado	- laminado en caliente - laminado en frío - acero galvanizado	
Diámetro (mm)	mínima: 89 máxima: 323	
Sección cuadrada (mm)	mínima: 100x100 máxima: 300x300	
Espesor (mm)	mínima: 3,0 máxima: 12,0	
Velocidad máxima de línea (m/mín)	40	
Tipología de funcionamiento	Centro tubo	
REBARBADOR		
Botonera de mando e integración cuadro eléctrico	Incluida	
Mando emergencia desprendimiento utensilio desde el tubo	Hidráulico	
Regulación vertical utensilio	Manual/Hidráulica	
Regulación transversal utensilio	Manual/Hidráulica	
Regulación vertical rodillo inferior	Manual/Hidráulica	
Regulación vertical rodillo superior de contraste	Manual/Hidráulica	
Sistema de bloqueo grupo utensilio	De muelles/Hidráulico	
Mando extracción grupo utensilio	Neumático	
CORTADOR DE VIRUTAS		
Tipo de utensilio rebarbador	Positivo/negativo	
Mando accionamiento cortador de virutas	Hidráulico	
Nivel de intensidad sonora (*)	87+90 Leq dB (A)	

Nota: Tomado de manual técnico de scarfing

Apéndice D Ficha técnica centralita oleodinámica

FICHA TÉCNICA CENTRALITA OLEODINÁMICA	
Potencia motor centralita	15 kW
Capacidad de 50 Hz (1500 rpm)	58 l/min
Capacidad de 60 Hz (1800 rpm)	70 l/min
Presión principal P	120 bar
Presión reducida PR	60 bar
Presión máxima de trabajo de 50 Hz (1500 rpm)	150 bar
Presión máxima de trabajo de 60 Hz (1500 rpm)	125 bar
Capacidad del tanque	350 l
Intercambiador de calor	aire-aceite
Dibujo esquema oleodinámico	89370X4A

Nota: Tomado de manual técnico de scarfing