



Implantación de red profibus para control de banda transportadora en proceso de calentamiento y reactivación de pegamentos en el caucho

Implementation of profibus network to control the conveyor belt in the process of heating and reactivating glues in rubber

Implantação de rede profibus para controle da esteira transportadora no processo de aquecimento e reativação de colas em borracha

Michael Estefania Játiva-Brito ^I
misheljativa19@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6394-2586>

Fabian Israel Heredia-Moreno ^{III}
herediaisrael30@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0002-9413-7504>

Cristian Geovanny Merino-Sánchez ^{II}
cristian_merino13@hotmail.es
<https://orcid.org/0000-0003-3645-5165>

Adriana Virginia Macías-Espinales ^{IV}
adriana.macias@uleam.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5303-6520>

Correspondencia: misheljativa19@gmail.com

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 30 de junio de 2020 ***Aceptado:** 30 de julio de 2020 * **Publicado:** 15 de agosto de 2020

- I. Ingeniera en Electrónica Control y Redes Industriales, Docente, Centro de Capacitación FUNDEL, Ecuador.
- II. Máster Universitario en Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos, Ingeniero en Sistemas Informáticos, Docente, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo Ecuador.
- III. Ingeniero en Electrónica, Control y Redes Industriales, Especialista de proyectos y transferencia de tecnologías, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Ecuador.
- IV. Magíster en Tecnología e Innovación Educativa, Ingeniera en Sistemas, Docente, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.

Resumen

El objetivo de este proyecto es implementar el protocolo de comunicación industrial Profibus, para controlar una banda transportadora, cuyo funcionamiento se basa en un sistema seguidor de temperatura y extracción de gases. Mediante una metodología experimental, se analizó los diferentes perfiles del protocolo, eligiendo Profibus DP, así como también se procedió a la selección de los elementos, dando paso a la implementación física del sistema, y al entorno de la programación del proceso que se desarrolló en el prototipo, el cual es controlado de manera automática y manual, mediante un interfaz humano – máquina. A partir de las pruebas realizadas con el sistema, se obtuvo como resultado un rango de temperatura de funcionamiento de 106°C – 110°C, con un rango de velocidad de 11 rpm – 13 rpm, teniendo en cuenta que esta variable se encontrará en función de la temperatura promedio. Se concluye que con la implementación de la red Profibus, como dispositivo maestro el módulo Siemens Profibus y dispositivo esclavo el variador de frecuencia Schneider Electric, se logra la transmisión de datos de manera cíclica, logrando la comunicación entre los dispositivos y el proceso implementado. Se recomienda por parte de las autoras, verificar que las direcciones IP de los dispositivos que integran el sistema se encuentren en la misma red para garantizar su correcto funcionamiento.

Palabras Claves: ingeniería y tecnología electrónica; protocolos de comunicación industrial; red Profibus; control de banda transportadora; transmisión de datos; controlador lógico programable (plc); interfaz humano máquina (hmi).

Abstract

The objective of this project is to implement the Profibus industrial communication protocol, to control a conveyor belt, whose operation is based on a temperature monitoring system and gas extraction. Through an experimental methodology, the different profiles of the protocol were analyzed, choosing Profibus DP, as well as the selection of the elements, giving way to the physical implementation of the system, and to the programming environment of the process that was developed in the prototype, which is controlled automatically and manually, through a human-machine interface. From the tests carried out with the system, the result was an operating temperature range of 106 ° C - 110 ° C, with a speed range of 11 rpm - 13 rpm, taking into account that this variable will be found in function of average temperature. It is concluded that with the implementation of the Profibus network, as the Siemens Profibus module as a master device and the Schneider Electric frequency inverter as a slave device, data transmission is achieved in a cyclical manner, achieving communication between the devices and the

implemented process. It is recommended by the authors to verify that the IP addresses of the devices that make up the system are on the same network to guarantee their correct operation.

Keywords: electronic engineering and technology; industrial communication protocols; Profibus network; conveyor belt control; data transmission; programmable logic controller (plc); human machine interface (hmi).

Resumo

O objetivo deste projeto é implementar o protocolo de comunicação industrial Profibus, para controle de uma correia transportadora, cujo funcionamento é baseado em um sistema de monitoramento de temperatura e extração de gás. Através de uma metodologia experimental, foram analisados os diferentes perfis do protocolo, optando-se pelo Profibus DP, bem como a seleção dos elementos, dando lugar à implementação física do sistema, e ao ambiente de programação do processo que foi desenvolvido em o protótipo, que é controlado automática e manualmente, por meio de uma interface homem-máquina. Dos testes realizados com o sistema, o resultado foi uma faixa de temperatura de operação de 106 ° C - 110 ° C, com uma faixa de velocidade de 11 rpm - 13 rpm, levando em consideração que esta variável se encontra em função da temperatura média. Conclui-se que com a implantação da rede Profibus, como o módulo Siemens Profibus como dispositivo mestre e o inversor de frequência Schneider Electric como dispositivo escravo, a transmissão de dados é realizada de forma cíclica, conseguindo a comunicação entre os dispositivos e o processo implementado. É recomendado pelos autores verificar se os endereços IP dos dispositivos que compõem o sistema estão na mesma rede para garantir seu correto funcionamento.

Palavras-chave: engenharia eletrônica e tecnologia; protocolos de comunicação industrial; Rede Profibus; controle de correia transportadora; transmissão de dados; controlador lógico programável (plc); interface homem-máquina (hmi).

Introducción

A nivel mundial, los diversos procesos industriales han adquirido mejoras tecnológicas dentro de cada área que rigen a los mismos, siendo este un impacto realmente grande para los países industrializados. Un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen imposible fabricar dos productos exactamente iguales, es por ello que la exigencia de las empresas en torno a la producción industrial se vuelve cada más fuerte, creando una atmosfera mucho más competitiva en las exportaciones de todos los países.

El caucho natural se produce principalmente en el sudeste asiático, mientras que el sintético procede en su mayoría de países industrializados como Estados Unidos, Japón, Europa occidental y Europa oriental. Brasil es el único país en desarrollo que posee una industria importante de caucho sintético. El 60 % del caucho sintético y el 75 % del caucho natural se destinan a la fabricación de neumáticos y productos afines, que da empleo a casi medio millón de trabajadores en todo el mundo.

Ahora nos encontramos en la era de la tecnología, dando importancia al adecuado control de procesos en cualquier tipo de área de producción a nivel mundial. Por consiguiente, durante los últimos años la automatización industrial ha tenido un auge importante dentro del país, pero principalmente en el sector industrial de las ciudades que han adoptado la tecnología en la industria de forma vertiginosa a sus procesos de producción, y evaluación de calidad.

Proceso del calentamiento y reactivación del pegamento en el caucho

La reactivación del pegamento en el caucho, se basa en un proceso coherente, el cual inicia desde la aplicación de cualquier tipo de pegamento sobre el caucho, teniendo en cuenta que este adhesivo debe pasar de un estado líquido a una capa sólida. El proceso que logra que la capa sólida de pegamento vuelva a su estado original se llama reactivación, el mismo que consiste en aplicar calor a una temperatura definida sobre el caucho y seguir con el proceso que se vaya aplicar dentro de la elaboración del calzado. (Ortiz, 2011, p.8)

Factores que intervienen en el proceso de la reactivación

- El calor que se aplica al proceso de reactivación, debe aplicarse en la parte donde se encuentre el pegamento, debido a que las altas temperaturas pueden deformar o dañar a otro tipo de materiales.
- El dispositivo o fuente emisora de calor, debe permanecer en un lugar específico donde no vaya a existir ningún tipo de interrupciones con la capa de pegamento a reactivarse, debido a que esto puede hacer que se alargue el proceso
- Si la temperatura supera el límite permitido según la pega que se vaya a utilizar, el adhesivo puede descomponerse, y llegar a formar burbujas donde se haya aplicado la misma
- La aplicación de calor debe ser de manera equitativa sobre toda la capa de pegamento que se desee reactivar, logrando que el proceso se dé al mismo tiempo.

Metodología

Selección de elementos

Una vez analizado el proceso, se procedió a la selección de los elementos que conforman el sistema. Dentro de esta etapa se aplica el método inductivo, el mismo que permite determinar las características generales y específicas, indagando las mejores opciones para que el sistema tenga un funcionamiento adecuado.

Diseño e implementación de la red y los dispositivos.

Diseño mecánico

De acuerdo a la necesidad, se realiza el dimensionamiento de la estructura mecánica con el fin de simular un horno en el cual se vaya incrementando o disminuyendo la temperatura, según sea necesario, en el cual se necesita aproximadamente 30 segundos para que el pegamento se reactive.

Todo el diseño se lo ha realizado en SolidWorks, un programa que se centra en un entorno de diseño en 3D integrado e intuitivo que abarca todos los aspectos del desarrollo del producto, para tener una mejor visualización ya que esta también va a contener gran parte de los elementos electrónicos y mecánicos de todo el sistema.

Para ello se realiza una base con barras de aluminio que van a servir de soporte para la estructura, a la vez estas sostienen a la banda que servirá de transporte para la suela del zapato, figura 11-2. Siguiendo con el diseño secuencial de la estructura mecánica se procede a diseñar el soporte estructural para el motor que es el que permite que el movimiento de la banda sea posible, de igual manera se procede a verificar en que parte de la estructura se instalaran los sensores de presencia y también los sensores de temperatura, lo cual es fundamental para el análisis final del proceso.

Figura 11-2: Base principal de la banda transportadora.

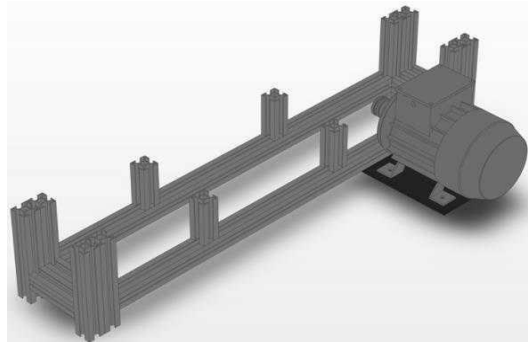
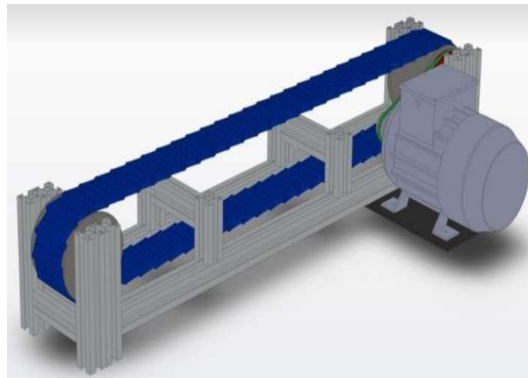
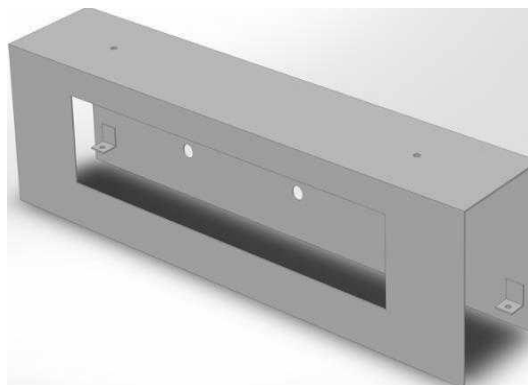


Figura 12-2: Base y banda transportadora.



En el diagnóstico de la planta en tiempo real se presenta que, la máquina tiene que sufrir cambios de temperatura, es decir, que la misma variable vaya incrementándose o disminuyéndose según la necesidad del proceso, por lo cual se ha realizado una cámara que cubra la estructura simulando un horno en el cual cumpla las expectativas del usuario, figura 13- 2.

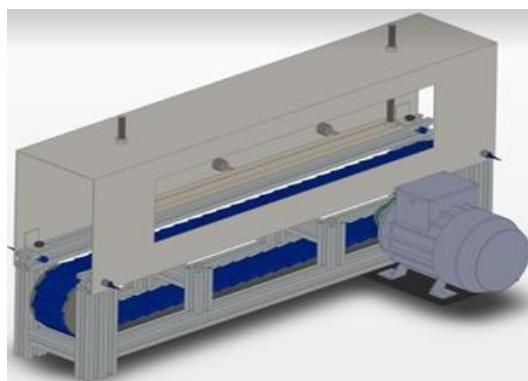
Figura 13-2: Cubierta de la banda transportadora.



Finalmente, con el diseño de cada parte del sistema mecánico de la banda se realiza el respectivo ensamblaje virtual, figura 14-2, y la simulación de todo el sistema para tener una mejor

perspectiva de cómo va a ser el funcionamiento físico real, para todo esto se ha escogido de manera selectiva los materiales que van a ser utilizados para su ensamblaje físico, basando en las normas de construcción se ha determinado un sobredimensionamiento de material del 25%.

Figura 14-2: Prototipo para el calentamiento y reactivación.



Banda transportadora (material intralox).

- Cubierta del horno realizado en aluminio.
- Barras de aluminio para la estructura.
- Motor ½ HP.
- Poleas para el giro del motor.

Diseño eléctrico

Para la implementación de la red Profibus e interacción con el resto de los dispositivos se dimensionó los conductores encargados de llevar la corriente eléctrica a cada uno de los mismos, esta manera se pretende evitar sobrecargas o averías en el sistema, protegiéndolo contra cualquier tipo de daño eléctrico.

Dimensionamiento del calibre de la acometida principal

Una forma de dimensionar el calibre de la acometida principal es relacionando con la carga que soporta cada uno de los dispositivos, con ayuda de la ecuación se realizó el siguiente cálculo:

$$I_c = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Donde:

Ic= Corriente de carga

I1= Corriente de la fuente de alimentación

I2= Corriente del variador de frecuencia

I3= Corriente del transportador

I4= Corriente de resistencia

$$Ic = 1.9 + 8.9 + 1.36 + 4.5$$

$$Ic = 16.66 * 1.25$$

$$Ic = 20.83$$

Se multiplica al valor equivalente por el factor de reserva para aumentar un 20 % de capacidad al alimentador, para así no tener problemas si el sistema eléctrico sufre de cambios en su configuración.

Figura 16-2: Tabla para calibres de conductores eléctricos UISA.

UISA Alambres y Cables Tipo THW-LS/THHW-LS
Alambres y Cables THWN / THHN
Alambres Duplex TWD 600 V Antiflama

Calibre AWG / KCM	Número de Hilos	Diámetro Conductor mm	Espesor del Aislamiento mm	Diámetro Exterior o Aislamiento mm	Área Sección Transversal mm ²	Cap. de Conducción Corriente Amperes			Resistencia Ohm 20°C C.D.	Peso Aproximado kg/100 m
						Aire	Cond.	Charola		
Alambres										
14	1	1.62	0.76	3.14	2.082	30			6.28	2.74
12	1	2.05	0.76	3.57	3.307	40			5.21	4.00
10	1	2.58	0.76	4.11	5.260	55			3.28	5.93
8	1	3.26	1.14	5.54	8.367	70			2.06	9.94
Cables										
20	7	0.92	0.76	2.44	0.517		7	7	33.9	1.11
18	7	2.93	0.76	2.88	0.832		10	10	21.4	1.48
16	7	3.70	1.14	2.98	1.307		20	25	13.5	2.05
14	7	1.85	0.76	3.37	2.082		25	30	8.45	2.93
12	7	2.33	0.76	3.85	3.307		30	40	5.32	4.28
10	7	2.93	0.76	4.45	5.260		40	55	3.34	6.36
8	7	3.70	1.14	5.98	8.367		50	70	2.10	10.61
6	7	4.67	1.52	7.71	13.300		70	100	1.32	17.17
4	7	5.88	1.52	8.92	21.150		90	135	0.832	25.54
2	7	7.42	1.52	10.46	33.620		120	180	0.523	38.55
1/0	19	9.15	2.03	13.21	53.480		155	245	0.329	62.33
2/0	19	10.27	2.03	14.33	67.430		185	285	0.261	76.82
3/0	19	11.53	2.03	15.59	85.010		210	330	0.207	94.95
4/0	19	12.95	2.03	17.01	107.20		235	385	0.164	117.63
250	37	14.62	2.41	19.44	126.70		270	425	0.139	141.12
300	37	16.01	2.41	20.83	152.00		300	480	0.116	166.95
350	37	17.29	2.41	22.11	177.30		325	530	0.0992	192.75
400	37	18.49	2.41	23.31	202.70		360	575	0.0868	218.49

NOTA: SON VALORES APROXIMADOS SUELEN ATOLERANCIAS DE MANUFACTURA.

Factores de Corrección:			
Por Agrupamiento		Por Temperatura	
No. Conductores	Multiplique por	Temp. Ambiental	Multiplique por
1-3	1.00	0-30	1.00
4-6	0.80	31-40	0.91
7-24	0.70	41-45	0.87
25-42	0.60	46-50	0.82
MAS DE 42	0.50		

Fuente: (Guerrero, 2010, p.1)

La corriente equivalente obtenida es de 20.83 A y de acuerdo a la figura 16-2 el conductor número 14 AWG tiene una capacidad de corriente de 25 A, lo que corresponde a una aproximación acertada al valor utilizado.

Dimensionamiento de los conductores de control

La forma para dimensionar el calibre de la parte de control es utilizando la corriente máxima de salida que puede entregar el PLC que es de 2 A.

I_{c1} = Corriente de carga

I_1 = Corriente de salida PLC

$I_{c1} = I_1 * 1.25$

$I_{c1} = 2 * 1.25$

$I_{c1} = 2.5$

Al igual que en el apartado anterior se multiplica por el factor de reserva 1.25, obteniendo una corriente equivalente a 2.5 A y de acuerdo a las normas NEC si no supera una corriente de 5.6 se conectarán con un conductor de calibre #18 AWG

Dimensionamiento del Breaker

Este dispositivo se encarga de proteger a todo el sistema contra sobre corrientes y para hacer una correcta selección nos basamos en la corriente de 20.83 A.

Figura 17-2: Tabla de selección de breakers.

2P

Breakers Termomagnéticos	
Corriente Nominal (In)	Curve C
6 A	EZ9F56206
10 A	EZ9F56210
16 A	EZ9F56216
20 A	EZ9F56220
25 A	EZ9F56225
32 A	EZ9F56232
40 A	EZ9F56240
50 A	EZ9F56250
63 A	EZ9F56263

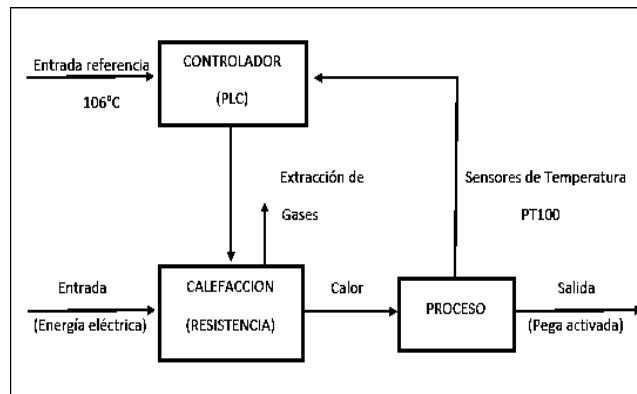
Fuente: (Electric, 2014, p.4)

Sistema de control por histéresis

Para el diseño del sistema se ha tomado en cuenta el proceso a realizar por la planta, como se muestra en la figura 18-2, por lo cual se ha optado por un sistema de control por histéresis aplicado a la variable temperatura y también a la activación y desactivación del extractor de gases, ya que, el proceso puede emanar gases tóxicos, que pueden ser perjudiciales para la salud del operario que se encuentre cerca del sistema.

Con este control se logra mantener el equilibrio de la planta, comparando el valor real de la variable del proceso y el valor deseado como medio para controlar el sistema, es aquí donde se aplica el control por histéresis, ya que se ha dado rangos en donde la planta estará trabajando y una vez que haya alcanzado la consigna de entrada o el SETPOINT el proceso entra en marcha y ejecución.

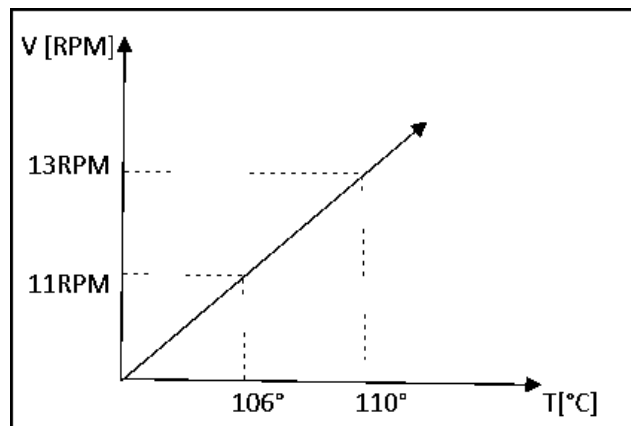
Figura 18-2: Diagrama de bloques del sistema.



Ecuación de la recta para el control de la temperatura y velocidad

Dentro del control se ha realizado un análisis de la temperatura obtenida por medio de los sensores Pt100, convirtiendo a este valor en una consigna de velocidad para que trabajen las dos variables en una sola dirección, es decir mientras la temperatura aumenta de igual manera la velocidad y viceversa.

Figura 34-2: Gráfico de temperatura vs velocidad.



Transmisión de Datos vía Profibus

La lectura de las palabras de estado, representan la transmisión de datos en Profibus, es decir, según la trama que se envía, existe una respuesta dentro del proceso a realizarse. En el caso del presente trabajo que se está desarrollando, actúan cuatro palabras de estado, mismas que pertenecen a una trama de 16 bits.

Estas tramas son leídas por el PLC y almacenadas en una dirección correspondiente al CMD en donde el dato es procesado y enviado al variador de frecuencia, el cual ejecuta de manera cíclica cada una de las peticiones correspondientes a las palabras de estado, este proceso se da mediante el envío de datos a través del cable profibus, a una velocidad de 1.5Mbits/s

Las tramas enviadas al variador se almacenan en una memoria correspondiente al CMD, la cual representa al comando de control del variador, dentro de la programación general en Tia Portal. A continuación, se presentará de manera más detallada las palabras de estado:

Figura 40-2: Palabra de estado 16#0006

Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Malfunction	Operation enabled	Switched on	Ready to switch on
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4
Alarm	Switch on disabled	Quick stop active at 0	0
Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8
Reference exceeded	Reference reached	Forced local mode (active at 0)	0
Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12
Direction of rotation	Stop via STOP key	0	0

La primera trama corresponde a la transición de estado de apagado – listo para encender, la cual significa que el proceso que va a realizar puede empezar a funcionar, esperando las demás órdenes.

Figura 41-2: Palabra de estado 16#0007

Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Malfunction	Operation enabled	Switched on	Ready to switch on
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4
Alarm	Switch on disabled	Quick stop active at 0	0
Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8
Reference exceeded	Reference reached	Forced local mode (active at 0)	0
Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12
Direction of rotation	Stop via STOP key	0	0

La segunda trama corresponde al estado “encendido”, es decir, el proceso se encuentra en óptimas condiciones, y puede empezar a cumplir funciones dentro del proceso.

Figura 42-2: Palabra de estado 16#000F

Bit 3 Malfunction	Bit 2 Operation enabled	Bit 1 Switched on	Bit 0 Ready to switch on
Bit 7 Alarm	Bit 6 Switch on disabled	Bit 5 Quick stop active at 0	Bit 4 0
Bit 11 Reference exceeded	Bit 10 Reference reached	Bit 9 Forced local mode (active at 0)	Bit 8 0
Bit 15 Direction of rotation	Bit 14 Stop via STOP key	Bit 13 0	Bit 12 0

La tercera trama corresponde a la función “giro hacia adelante”, la lectura de esta palabra de estado dentro del proceso, es primordial para el funcionamiento del motor.

Figura 43-2: Palabra de estado 16#100F

Bit 3 Malfunction	Bit 2 Operation enabled	Bit 1 Switched on	Bit 0 Ready to switch on
Bit 7 Alarm	Bit 6 Switch on disabled	Bit 5 Quick stop active at 0	Bit 4 0
Bit 11 Reference exceeded	Bit 10 Reference reached	Bit 9 Forced local mode (active at 0)	Bit 8 0
Bit 15 Direction of rotation	Bit 14 Stop via STOP key	Bit 13 0	Bit 12 0

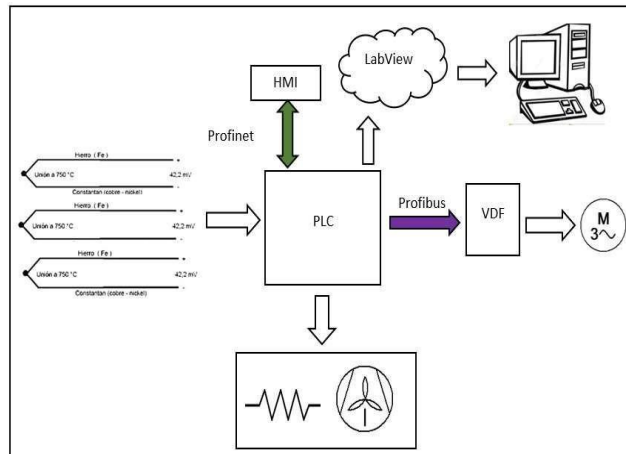
La tercera trama corresponde a la función “paro”, esta palabra de estado se encarga de enviar la orden al proceso para que procese a detenerse.

Esquema final del proceso

Luego de realizar el análisis del esquema inicial, se presenta una descripción final, figura 50-2, de la “IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PROFIBUS PARA EL CONTROL DE UNA BANDA TRANSPORTADORA EN EL PROCESO DEL CALENTAMIENTO Y REACTIVACIÓN DEL PEGAMENTO EN EL CAUCHO, MEDIANTE UN SISTEMA

SEGUIDOR DE TEMPERATURA Y EXTRACCIÓN DE GASES”, con la finalidad de presentar de manera más clara el proceso a realizarse.

Figura 54-2: Esquema Final



Las pt-100, luego de ser acondicionadas, se encargan de medir los valores de la temperatura, hasta llegar al valor de funcionamiento que corresponde a la temperatura promedio, dicho valor se toma como referencia para la velocidad del motor de la banda transportadora. El PLC se encarga de enviar las palabras de estado por medio de la comunicación profibus al variador de frecuencia, y de igual manera el valor de consigna de velocidad, poniendo en funcionamiento el motor, es así que se pone en marcha el proceso calentamiento y reactivación de la pega en el caucho, así como también la extracción de gases durante la ejecución del proceso.

Resultados, discusión y análisis

Una vez configurado el sistema de comunicación, y basándose en el montaje de la red y el proceso que se realizó, los resultados se detallan a continuación.

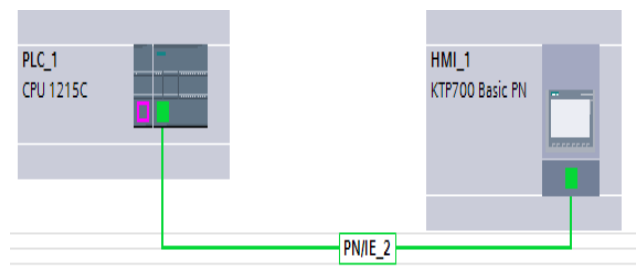
Validación de la configuración del sistema

Posterior al montaje de la red Profibus, se procedió a la comprobación de la configuración de los distintos dispositivos necesarios para verificar que la configuración se encuentra en óptimas condiciones para dar paso al funcionamiento del sistema, por esta razón se verificó la conexión de los equipos con la ayuda del software de programación. La validación de la configuración fue necesaria ya que, son dos protocolos de conexión que se han usado en el sistema, estos fueron Profibus y Profinet.

En lo que se refiere a Profinet, para determinar que la configuración no haya generado ningún error, previamente se procedió al cambio de direcciones IP en la HMI, PLC y al computador,

dado que estos dispositivos debían permanecer en una misma subred para que pueda existir una correcta comunicación, tal y como se ve en la figura 1-3.

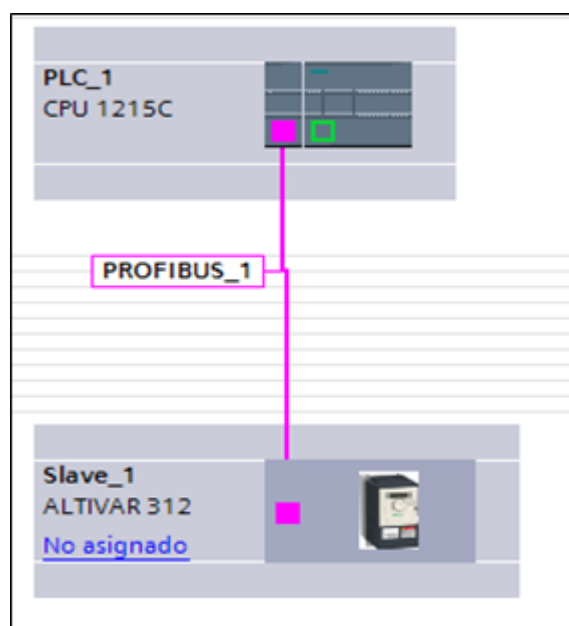
Figura 1-3: Vista de redes. Subred Profinet. Tia Portal.



Realizado por: Fonseca, Fernanda; Michael, Játiva, 2018

Referente a Profibus, se comprobó la conexión entre el módulo maestro y el variador de frecuencia, para esto fue necesario que las direcciones de ambos dispositivos estén dentro de un rango capaz de lograr el funcionamiento de la red. Dando una respuesta favorable entre los dispositivos para establecer la comunicación, como se muestra en la figura 2-3.

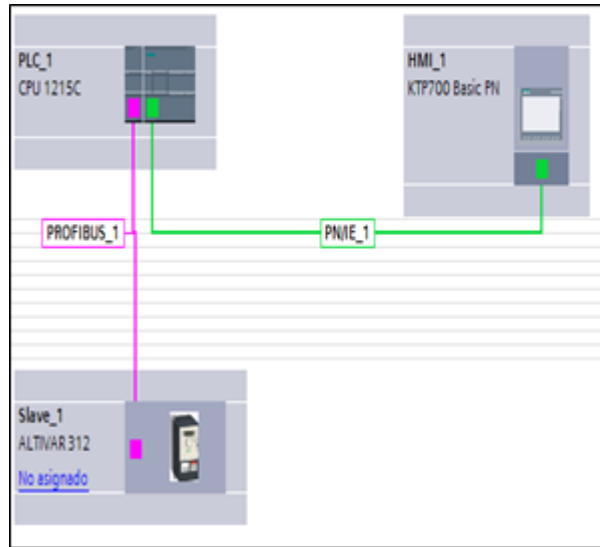
Figura 2-3: Vista de redes. Subred Profibus. Tia Portal.



Realizado por: Fonseca, Fernanda; Michael, Játiva; 2018

Una vez comprobada la conexión entre los dispositivos, con las diferentes subredes, se procedió a la comprobación de toda la red, es decir la configuración general del sistema, tal y como se muestra en la figura 3.3.

Figura 3-3: Vista de redes. Tia Portal.



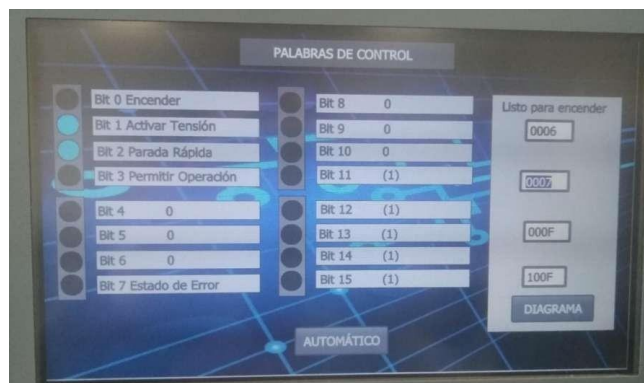
Realizado por: Fonseca, Fernanda; Michael, Játiva; 2018

Visualización de las palabras de estado de la comunicación Profibus

El sistema que se desarrolló es un proyecto técnico didáctico, con el que se busca demostrar el funcionamiento de Profibus, es por eso que se implementó la visualización de la comunicación de la red, referente a las palabras de estado, dentro de la HMI. Por este motivo se realizó pruebas variando el tiempo de retardo de la comunicación dentro de la programación, con el fin de hallar el tiempo idóneo para poder monitorear las palabras de estado propias de la red y visualizarlas en la interfaz gráfica.

En las pruebas realizadas con un tiempo de retardo de cuatro segundos, se pudo verificar que todas las palabras de estado de la comunicación Profibus eran visualizadas de forma correcta a través del encendido de los leds en la pantalla de la HMI, como se muestra a continuación:

Figura 4-3: Visualización de la primera palabra “LISTO PARA ENCENDER”



Realizado por: Fonseca, Fernanda; Michael, Játiva; 2018

Figura 5-3: Visualización de la segunda palabra de estado “ENCENDIDO”.



Realizado por: Fonseca, Fernanda; Michael, Játiva; 2018

Figura 6-3: Visualización de la tercera palabra de estado “HABILITADO”.



Realizado por: Fonseca, Fernanda; Michael, Játiva; 2018

Figura 7-2: Visualización de la cuarta palabra de estado “PARO”.



Realizado por: Fonseca, Fernanda; Michael, Játiva; 2018

Adquisición y comportamiento de datos

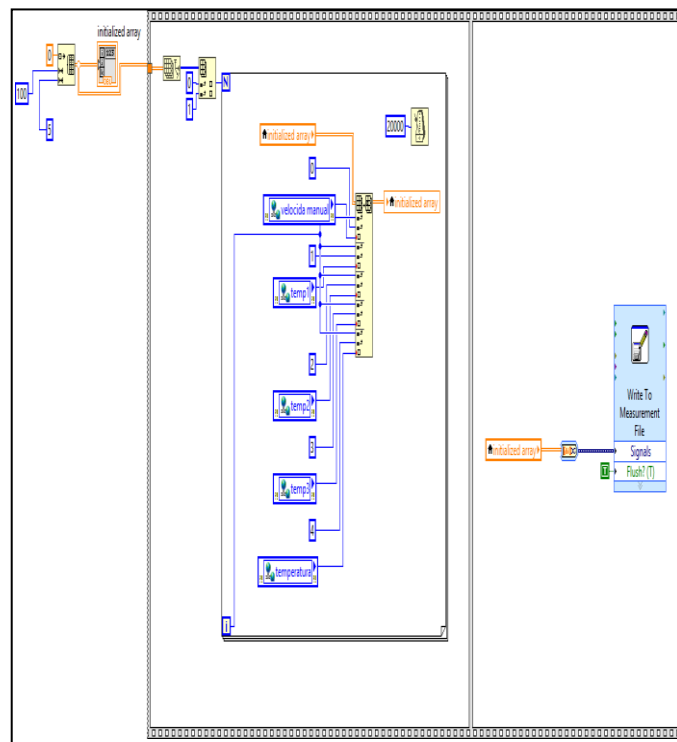
Para entender el comportamiento inicial y final del proceso del calentamiento y reactivación del pegamento en el caucho, se procedió a la toma de datos de las variables del sistema, las cuales fueron:

- Temperatura
- Velocidad

Extracción de datos por LabVIEW

Los datos de las variables del proceso, fueron extraídos por OPC mediante el software LabVIEW, el cual en base a la configuración de la figura 8-3, se encargó de almacenar los datos requeridos para los análisis y resultados.

Figura 8-3: Configuración del OPC en LabVIEW



Realizado por: Fonseca, Fernanda; Michael, Játiva, 2018

Conclusiones

- Tras el análisis de las técnicas de implementación Profibus DP, PA Y FMS, se selecciona Profibus DP, cuya velocidad de transmisión de 12Mbit/s representa la mejor opción para el proceso que se está realizando, debido a que la dinámica del motor es

alta, de esta manera se cumple con las expectativas requeridas en base al funcionamiento del sistema.

- Con la implementación de la red Profibus, como dispositivo maestro el módulo Siemens Profibus y dispositivo esclavo el variador de frecuencia Schneider Electric, se logra la transmisión de datos de manera cíclica, logrando la comunicación entre los dispositivos y el proceso implementado.
- Se construye el prototipo de calentamiento y reactivación del pegamento en el caucho, con diferentes actuadores como, la resistencia, ventilador y motor, que componen al sistema, con la finalidad de lograr el funcionamiento del proceso de manera automática.
- En base a la configuración del sistema y al tipo de comunicación que ofrece el controlador, se utiliza una pantalla táctil que permite visualizar la ejecución del proceso y las variables controladas en tiempo real, cabe destacar que existe una facilidad de uso, de conexión e instalación, facilitando la interacción humano - máquina.
- En base a las pruebas realizadas al sistema, se concluye como resultado el incremento de temperatura en cada zona de la banda, llegando así a obtener una temperatura promedio de 106°, con una velocidad inicial de 11 rpm, logrando así el funcionamiento adecuado del proceso.

Referencias

1. **Adjusa**. Pulsadores eléctricos metálicos diámetro 22mm [en línea]. Madrid, 2017. [Consulta: 13 marzo 2018]. Disponible en: <https://adajusa.es/pulsadores-electricos-o22mm-metalicos/>.
2. **Airsense**. SIMATIC Basic Panel Siemens KTP700 Basic PN – 6AV2123-2GB03-0AX0 [en línea]. Turku, 2017. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.airsense.fi/product/simatic-basic-panel-siemens-ktp700-basic-pn-6av2123-2gb03-0ax0/>.
3. **Aize klima s.l.** Ventilación / Extracción [en línea]. Bilbao, 2013. [Consulta: 15 de marzo 2018]. Disponible en: <http://aizeklima.com/ventilacion-extraccion/>.
4. **Automation, R.** Sensores Industriales [en línea]. España, 2017. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: https://www.rockwellautomation.com/es_ES/products/industrial-sensors/overview.page.

5. **Automation 24.** Panel HMI Siemens KTP700 Basic PN - 6AV2123-2GB03-0AX0. [en línea]. España, 2014. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: 2014Available at: <https://www.automation24.es/panel-hmi-siemens-ktp700-basic-pn-6av2123-2gb03-0ax0>.
6. **Axima.** Unidad de frecuencia Altivar 312. [en línea]. Videňská, 2017. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.axima-obchod.cz/frekvencni-menic-altivar-312-10>.
7. **Profibus DP.** Comunicaciones Industriales [blog]. Valencia, 2014. [Consulta: 10 marzo 2018]. Disponible en: <http://victor-fuzzylogic.blogspot.com/2014/01/profibus-dp.html>.
8. **Bocanegra, J.** Automatización industrial[en línea]. 2014. [Consulta: 14 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Automatizacion-industrial,-del-vapor- a-la-luz+98162>.
9. **Carrillo Calderón, Dayana Belén & Cushquiculma Colcha, Andres Fabián.** IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON CONTROL DE ARRANQUE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ETAPA ‘ACABADO EN HÚMEDO’ PARA EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE CIENCIAS PECUARIAS (tesis). (Ingeniería). Escuela
10. Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 25-26.
11. **Castro Rojas, Adrian Alberto.** Sensores utilizados en automatizacion industrial (tesis). (Ingeniería). Universidad de Costa Rica, Costa Rica. 2008. pp. 13-29.
12. **Climas S.A.** Ventilación Industrial [en línea]. 2011. [Consulta: 16 marzo 2018]. Disponible en: http://www.climas.com/e_ventilacion.php.
13. **Curtidos Anton.** Proceso de Pegado del Calzado [blog]. 2016. [Consulta: 16 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.curtidosanton.com/blog/2016/07/06/proceso-de-pegado/>.
14. **Electric, S.** Altivar 312 Variadores de velocidad. Argentina: 2009, pp. 20-26.
15. **Electric, S.** ‘Protección de las instalaciones eléctricas’. **Electric QO.** n° 02 (2009), (México) pp. 27- 28.
16. **Euro Coms.** Fibre Optic Cabling [en línea]. South Yorkshire, 2017. [Consulta en: 16 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.eurocoms.co.uk/ict-infrastructure/fibre-optic-cabling/>.
17. **Flexlink.** Cintas transportadoras anchas de banda modular [en línea]. Alemania, 2015. [Consulta en: 13 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.flexlink.com/es/home/products-and-services/aluminum-conveyor-systems/wide-belt-conveyors>.
18. **GodoFredo.** Elementos de protección en instalaciones eléctricas [en línea]. 2012. [Consulta:

19. 16 marzo 2018]. Disponible en:
<http://www.instalacionessgodofredo.es/blog/electricidad/elementos-de-proteccion-en-instalaciones-electricas.html>.
20. **Gomez, K.** PROFIBUS [blog]. México, 2015. [Consulta: 2 marzo 2018]. Disponible en:
<http://karlagaona.blogspot.com/2015/09/profibus-introduccion-el-bus-de-campo.html>.
21. **GSM Conveyors The World.** Refacciones y accesorios para transportadores[en línea]. Ecatepec, Mexico, 2017. [Consulta: 7 marzo 2018]. Disponible en:
<http://gsmconveyorstheworld.com.mx/refacciones-accesorios-transportadores/>.
22. **Heraeus Noblelight.** Radiadores y sistemas infrarrojos para procesos térmicos industriales[en línea]. México, 2015. [Consulta: 17 marzo 2018]. Disponible en:
https://www.heraeus.com/es/hng/products_and_solutions/infrared_emitters_and_systems/infrared_emitters_and_modules_overview.aspx.
23. **Hurtado, J. M.** Tutorial redes profibus-dp. Departamento de Electricidad-Electrónica del I.E.S. Himilce: Linares, España, 2014, pp. 5-18.
24. **ICP DAS.** PROFI-8855 [en línea]. Shangai, China, 2013. [Consulta: 11 marzo 2018]. Disponible en:
25. http://www.icpdas.com/root/product/solutions/industrial_communication/fieldbus/profibus/io_module/profi-8855.html.
26. **Industria 4.0.** Elementos de Seguridad y Protección [en línea]. España, 2008. [Consulta: 17 marzo 2018]. Disponible en: <https://automatismoindustrial.com/a-instalaciones-de-enlace/3-1-elementos-de-proteccion/elementos-de-seguridad-y-proteccion/>.
27. **Industrial, T.** Pt100 Sonda Temperatura -20 A 420 Grados C Industrial [en línea]. Quito, Ecuador, 2016. [Consulta: 16 marzo 2018]. Disponible en:
<http://www.tcsindustrial.com/shop/instrumentacion/86-pt100-sonda-temperatura-20-a-420-grados-c-industrial.html>.
28. **Industry, D.** Horno de cámara/resistencia eléctrica [en línea]. Estados Unidos, 2014. [Consulta: 17 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.directindustry.es/prod/thermal-engineering-srl/product-99995-1610798.html>.
29. **ISA.** ‘Sensores y Actuadores Definiciones (DRAE)’. Balcells Romeral, n° 155, (2008), (España) pp. 15-26.
30. **Led Controls S.A.** Sensores inductivos M8 cuerpo corto Sensado larga distancia Micro Detectors AE6/AN. Costa Rica, 2009. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en:
<http://www.ledcontrols.com.mx/ver.php?modelo=1002>.

31. **Lopez, J.** PROFIBUS. Departamento de Ingeniería en Sistemas: Barcelona, España, 2002, pp. 3-18.
32. **López, J. C.** Proyectos de Ingeniería Mecánica. UNAM: México, 2008, pp. 30-36.
33. **López, V. D; et al.** ‘Bandas transportadoras’. Sistemas Mecánicos, n° 100 (2015), (España), pp. 16 - 19.
34. **LOPEZ S, José. A.** Verificación de Sistemas de Ventilación por Extracción Localizada
35. (tesis).(Maestría). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España, pp. 4-5.
36. **M. Moreno.** ‘Controlador Lógico Programable’. Automación Micromecánica s.a.i.c, I, n° 7 (2002), (Argentina), pp. 80 - 84.
37. **Net Siemens.** S7-1200 - PROFIBUS CM 1243 - 5. Instrucciones de Servicio, n° 55 (2017), (España), pp. 25-27.
38. **Ortiz Pacheco, Wellington Leonel.** ANÁLISIS DEL REACTIVADO (PEGADO) DE CALZADO Y SU INCIDENCIA EN EL RETRASO EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LA
39. EMPRESA ARMANDINY DE LA CIUDAD DE AMBATO(tesis). (Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador, 2010, pp. 24-25.
40. **Phoenix.** ‘Perfiles de Profibus’. Redes Industriales, n°3, (1993), España, pp. 2-3.
41. **PI-Brasil.** Descripción Técnica Profibus. Asociación PROFIBUS Brasil América Latina, Sao Paulo, Brasil, 2012, pp 18 - 30.
42. **PROVAC.** Bandas Modulares[en línea]. 2015. [Consulta: 17 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.grupoprovac.com/index.php/ct-menu-item-12/ct-menu-item-18>.
43. **ReinventandoelCalzado.** SECCIÓN DE LA MECÁNICA DE FABRICACIÓN: PEGADO. LODI[en línea]. 2016. [Consulta: 17 marzo 2018]. Disponible en: <https://reinventandoelcalzado.es/seccion-la-mecanica-fabricacion-pegado-lodi/>.
44. **RS.** Siemens S7-1200 PLC CPU, Ethernet Networking Profinet Interface, 100 kB Program Capacity [en línea]. Estados Unidos, 2014. [Consulta: 7 marzo 2018]. Disponible en: <https://uk.rs-online.com/web/p/plc-cpus/8624483/>.
45. **Salazar, Cesar; & Correa, Luis.** ‘Buses de campo y protocolos en redes industriales’, Ventana Informática, n° 25, (2011), (Colombia), pp. 83–109.
46. **Sevillano, F.** ‘Variadores de frecuencia y convertidores’. Sistemas de Regulación y
47. **Solbes Monzó, R.** Automatismos industriales: (contenidos conceptuales y procedimentales): instalaciones eléctricas y automáticas. Nau LLibres, 2013, pp. 23-29.

48. **Wonderware**. Interfaz Hombre - Máquina (HMI)[en línea]. 2016. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/>.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).