

Migración del sistema de control de máquina cortadora de Tubo Haven 873

GONZÁLEZ-GÓMEZTAGLE, Aldo†*, SÁNCHEZ-LÓPEZ, Héctor Javier, ROJAS-RAMÍREZ, Erick y REYES-OCAMPO, José

Recibido 10 de Abril, 2017; Aceptado 2 de Junio, 2017

Resumen

La máquina HAVEN 873 se dañó, por lo que la empresa solicitó que se implementará un sistema que pudiese controlar la máquina HAVEN. Como desafortunadamente no se contaban con diagramas eléctricos ni hidráulicos de la máquina, se tuvieron que obtener dichos diagramas. La HMI se reemplazó debido a que no se contaba con el programa de la misma y se debía adquirir la licencia para programarla, de la misma forma el CPU del PLC se pudo energizar, pero al momento de intentar recuperar el programa original solicitaba una contraseña, la cual no se tenía. Durante el desarrollo del proyecto se tuvo el apoyo de un equipo técnico experto en hidráulica, el cual se encargó de obtener las funciones de cada una de las electroválvulas del sistema hidráulico y de proporcionarnos la secuencia de accionamiento de las electroválvulas para poder obtener el funcionamiento de la cortadora de tubo. Al finalizar el proyecto, la cortadora de tubo trabaja adecuadamente y se obtuvo un incremento en la producción del 20% aproximadamente, esto se logró básicamente reduciendo los tiempos muertos en el ciclo de corte del tubo, además se ha dejado preparada para poder implementar un sistema de medición automático, mismo que se encuentra desactivado actualmente.

Automatización, control, PLC, industria, mantenimiento

Abstract

The HAVEN 873 machine was damaged, so the company requested that a system that could control the HAVEN machine will be implemented. As there were unfortunately no electrical or hydraulic diagrams of the machine, these diagrams had to be obtained. The HMI was replaced because the program was not available and we not had the license to program it, also, the CPU of the PLC could be energized, but at the time of trying to recover the original program requested a password, the Which was not. During the development of the project we had the support of a hydraulic technician, who was in charge of obtaining the functions of each of the solenoid valves of the hydraulic system and of providing us the sequence of operation of the solenoid valves in order to obtain the operation of the Tube cutter. At the end of the project, the tube cutter (HAVEN) works properly and an increase in production of approximately 20% was obtained, this was basically achieved by reducing the dead times in the tube cutting cycle, in addition it was left ready to be able to implement a system of automatic measurement, which is currently deactivated.

Automation, control, PLC, industry, maintenance

Citación: GONZÁLEZ-GÓMEZTAGLE, Aldo, SÁNCHEZ-LÓPEZ, Héctor Javier, ROJAS-RAMÍREZ, Erick y REYES-OCAMPO, José. Migración del sistema de control de máquina cortadora de Tubo Haven 873. Revista de Ingeniería Tecnológica 2017. 1-2:44-51

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: profaldoutvt@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la empresa GRUPO COLLADO S.A. de C.V. cuentan con una máquina cortadora de tubo marca HAVEN modelo 873, la cual sufrió un daño en el sistema de control basado en un PLC ALLEN BRADLEY, SCL 500 y una Interfaz de Usuario (HMI) marca EATON IDT, PanelMate 1000.8 Pg.

Debido a la magnitud de la avería se propuso la migración del sistema de control a un PLC y HMI de la marca SIEMENS, se propuso obtener y modificar los esquemas eléctricos de la cortadora de tubo así como los diagramas del sistema hidráulico y de esta forma implementar un sistema de control.

El PLC utilizado para la implementación fue de la marca SIEMENS, CPU 1214C AC/DC/Rly, con las siguientes características:

- Memoria de trabajo 100KB
- Fuente de alimentación 120/240V AC
- DI14 x 24V DC SINK/SOURCE
- DQ10 x relevador.
- AI2 integradas.
- 6 contadores rápidos.
- 4 salidas de impulso integradas.
- Signal Board amplía I/O integradas
- Hasta 3 módulos de comunicación para comunicación serie
- Hasta 8 módulos de señales para ampliación I/O

- Conexión PROFINET para programación.



Figura 1 CPU 1214 AC/DC/Rly, SIEMENS

Se adicionó un módulo de entradas y salidas digitales SM 1223 con las siguientes características:

- DI16 x 24V DC SINK/SOURCE
- DQ16 x relevador
- Retardo a la entrada parametrizable.
- Bloques de bornes enchufables.



Figura 2 Módulo de entradas y salidas SM1223

Se implementó una HMI KTP1000 Basic color PN, con las siguientes características:

- Pantalla de 10.4" TFT, 640 x 480 pixeles.
- 256 Colores 256.
- Manejo táctil o con teclado.

- 8 teclas de función.
- Comunicación PROFINET



Figura 3 Pantalla táctil KTP1000 Basic Color PN

El software utilizado fue el TIA PORTAL V13. Lo que permitió una integración más sencilla debido a la compatibilidad directa de la HMI y el PLC.

La implementación de este proyecto se realizó en las siguientes fases:

- Obtención de esquemas eléctricos y diagramas hidráulicos.
- Modificación del sistema eléctrico para la implementación del nuevo sistema de control.
- Programación del PLC.
- Puesta en marcha y control general de la máquina.
- Programación de la HMI.

Obtención de esquemas eléctricos y diagramas hidráulicos

Para obtener los diagramas eléctricos fue necesario el rastreo de cada uno de los cables y al mismo tiempo se comprobó la continuidad de los mismos.

Al realizar esta actividad se encontró algunas modificaciones a la máquina, una de ellas fue que el sistema de medición de longitud de corte del tubo, estaba deshabilitada, solo contaba con un par de botones que hacían girar un motor acoplado a un sinfín que desplazaba el tope de medida hacia atrás y hacia adelante, de esta manera el operador controla la medida de corte. Otra adaptación que se observó fue la implementación de un circuito de control para la bomba de lubricación, que tomaba la señal de un sensor y activaba un temporizador configurado como impulso lo que permitía que se activará la bomba del lubricante cada vez que se realizaba un ciclo de corte. También se encontraron algunos empalmes de cables que hacían que la identificación (numeración) de los cables se invirtiera o no coincidiera con los indicadores correspondientes.

Para la obtención de los diagramas hidráulicos se contó con el apoyo de un equipo experto en hidráulica, quien es quien se encarga de dar el mantenimiento al sistema hidráulico, y fue quien proporcionó la información de los movimientos que realiza cada que se acciona una de las electroválvulas presentes en el sistema, así mismo proporcionó la secuencia de activación de electroválvulas para realizar el corte de tubo en forma automática.

Modificación del sistema eléctrico para la implementación del nuevo sistema de control

Para poder realizar las modificaciones fue necesario comprender el funcionamiento y las especificaciones técnicas de la cortadora de tubo, dichas especificaciones se muestran en la tabla 2.1. Una vez que se obtuvieron los esquemas eléctricos, se plantearon las modificaciones que se tenían que realizar para poner en marcha la máquina de corte de tubo.

Electrical:	230v3Ph/380v3Ph/480v3Ph/575v3Ph 120 Amp/70 Amp/60 Amp/50 Amp
Water (water cooled option only):	5-15 GPM at 40 PSIG (20-60 liters/min at 2.8 bar)
Hydraulic Capacity & Fluid:	Model 871/3/4:100 gal. (379 Ltr) of industrial anti-wear hydraulic oil
Grease:	High Pressure grease MOBILITH AW2 or equivalent
Oil For Machine Slides:	TEXACO WAYLUBE #220 or equivalent
Air Line Lubrication:	TEXACO REGAL "A" R&O or equivalent
Air:	80-100 PSIG, 5 SCFM (5.5-7.0 Bar, 0.15 m ³ /min)
Blade Coolant:	FLOOD: Water/cutting oil mixture. Ratio 15:1 (wall thickness 0.070" (1.8mm) or greater Ratio 20:1 (wall thickness less than 0.070" (1.8mm) MIST: As directed by manufacturer of mist spray equipment

Tabla 1 Especificaciones y requerimientos de la máquina cortadora de tubo HAVEN 873

La primera actividad fue revisar el sistema de medida automático, en dicho sistema se encontró que el encoder de la marca ACCUCODER estaba dañado, y el dispositivo de control de posición no estaba alimentado y no contaba con las conexiones necesarias para poder realizar su función. Se recibió la orden de omitir esta función.

Para el caso de las salidas digitales, se optó por implementar salidas con salida a relevador y cada salida del PLC llevarla a un relevador de control que sería el encargado de activar el actuador correspondiente (Electroválvula, contactor, lámpara, etc.)



Figura 4 Tablero original de la máquina cortadora de tubo HAVEN 873

Funcionamiento de la máquina cortadora de tubo HAVEN 873

Para poder realizar la programación de la HAVEN 873 fue necesario entender el funcionamiento de la misma. Para esto se dividió el proceso en dos subsistemas, el almacén, este sistema se encarga de alojar los tubos que serán procesados y a su vez alimenta al sistema de corte. Cada subsistema es controlado por una subrutina del PLC. Como se puede observar en la imagen 4.1, el almacén es la parte que se encuentra del lado izquierdo y la cortadora está del lado derecho.



Figura 5 Esquema de la cortadora de tubo HAVEN 873

El almacén cuenta de un sistema de bandas que permiten alojar paquetes de tubos de 12 metros de longitud, las bandas por medio de un motor son enrolladas y permiten que el paquete de tubos se desplace hacia arriba, y por la geometría de la estructura del almacén, permite que vayan deslizándose tubo por tubo y se acomodan para ser despachados hacia los rodillos que se encargan de trasladar el tubo hacia la cortadora, estos rodillos de traslación siempre están girando.

El almacén cuenta con varios sensores inductivos que al ser activados permiten detener las bandas y hacer que bajen si es que se presenta un exceso de tubos, para de esta forma mantener tubos listos para ser despachados evitando que se atasquen o se traslapen unos con otros. Es importante mencionar que las bandas se enredan sobre un tubo dispuesto para este fin, pero tiene acoplados un par de sensores que determina cuando las bandas han alcanzado la altura máxima y cuando se encuentran en la posición más baja, con estas señales podemos determinar cuándo las bandas han alcanzado la máxima posición y en ese momento sabremos que ya no hay tubos en las bandas pero aún quedan algunos tubos en el alimentador en espera de ser despachados, así las bandas regresan a la posición más baja y el operador puede abastecer el almacén con un nuevo paquete de tubos, en adición a esta función en automático del almacén se requiere de dos botones (que se implementaron en la HMI) para poder subir o bajar las bandas sin afectar el funcionamiento en modo automático del almacén. El funcionamiento del alimentador en modo automático despacha un tubo y espera que el tubo despachado sea procesado por la cortadora, una vez que el tubo despachado sale del espacio del almacén un sensor se encarga de enviar una señal al PLC para que el almacén despache un nuevo tubo.

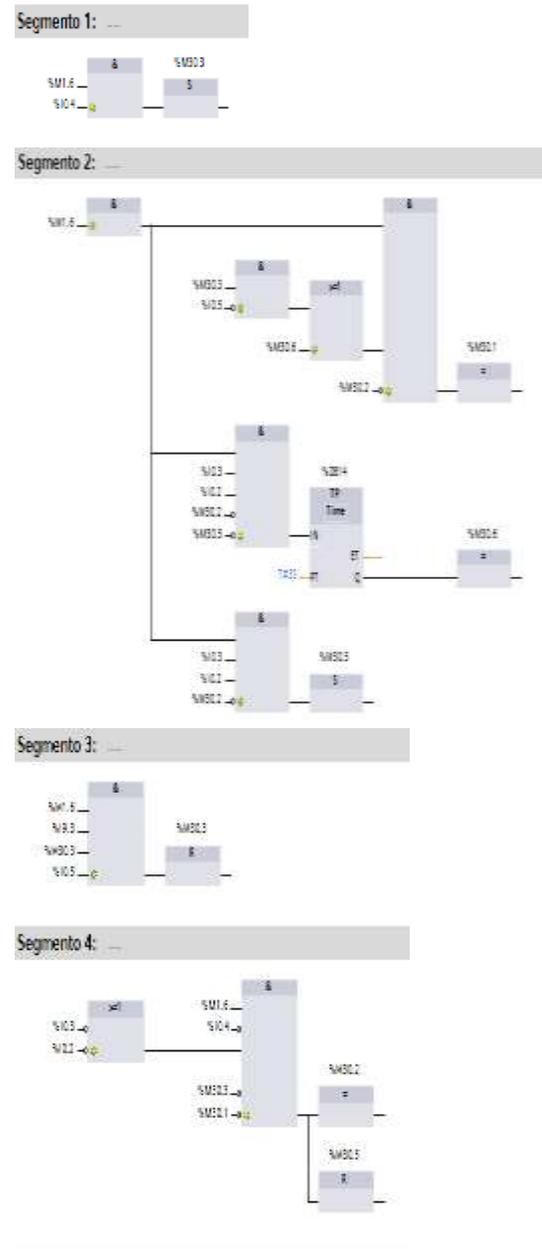


Figura 6 Diagrama a bloques de la rutina que controla el almacén de tubos de la cortadora de tubo HAVEN 873

El sistema de corte de tubo cuenta con un sistema de rodillos de alimentación que giran hacia adelante y hacia atrás de ser necesario, dichos rodillos de alimentación se ajustan de manera manual dependiendo del calibre y forma del tubo y giran hacia adelante cuando se detecta la presencia de un tubo en los rodillos de traslación.

En la figura siguiente se muestran los rodillos de alimentación y la manivela para poder ajustarlos, también se muestra justo después de los rodillos el juego de mordazas, que también deben estar en posición abiertas para poder permitir que los rodillos de alimentación giren.

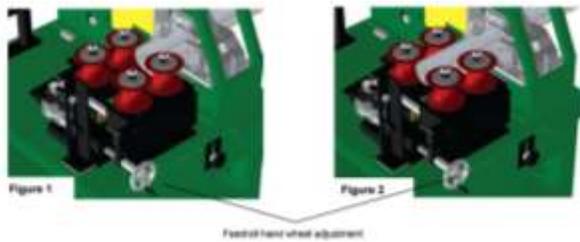


Figura 7 Rodillos de alimentación y mordazas del sistema de corte

Cuando tenemos un tubo en los rodillos de traslación, las mordazas están abiertas y el conjunto de corte se encuentra en posición los rodillos de alimentación giran hacia adelante permitiendo y llevando el tubo hasta la posición de corte, la medida de corte está determinada por un sensor dispuesto sobre un pistón denominado “pistón de medida” que al chocar el tubo con el pistón de medida envía la señal para poder iniciar el ciclo de corte que consiste en cerrar las mordazas lo que evitará que el tubo se mueva al momento de corte y activar la electroválvula que libera el refrigerante que cae sobre donde se realiza el corte, una vez que las mordazas se han cerrado se detienen los rodillos de alimentación, se activa la secuencia de corte que determina si es necesario extraer o contraer el vástago del cilindro de corte, una vez que se realizado el corte, se cierra la electroválvula del refrigerante, se abren las mordazas y se activa el pistón de medida que hace que el tope de medida se levante y permita la salida del tubo cortado, cuando las mordazas se han abierto se activan los rodillos de alimentación, esto permite que el tubo ingrese expulsando la pieza cortada.

Después de un tiempo de 100ms el pistón de medida se desactiva colocando el tope de medida en posición permitiendo continuar con un nuevo ciclo de corte.

Es importante mencionar que el sistema de corte de tubo es accionado por un cilindro de doble efecto que cuando el vástago del cilindro es expulsado realiza un corte y cuando el vástago del cilindro se contrae realiza otro corte. Ese corte se realiza en dos fases, la primera consiste en una cuchilla que rasga el tubo y permite que en la segunda fase la cuchilla de corte realice un corte más limpio.

Puesta en marcha y control general de la máquina

Para la puesta en marcha de la cortadora de tubo, una vez que se identificaron las entradas y las salidas se creó la tabla de etiquetas.

Nombre	Tipo de dato	Dirección	Memoria	Visual	Acción
C4E TUBO IZD	Bool	140.0			
C4E TUBO DER	Bool	140.1			
B ENCENDER	Bool	140.2			
B STOP AUT	Bool	140.3			
B STOP FCT	Bool	140.4			
L310 FRONT PROX	Bool	140.5			
L311 REAR PROX	Bool	140.6			
L312 ALMANCE LLENO	Bool	140.7			
L313 ALMANCE LLENO	Bool	140.8			
L314 ALMANCE LLENO	Bool	140.9			
L315 ALMANCE LLENO	Bool	141.0			
L316 ALMANCE LLENO	Bool	141.1			
L317 ALMANCE LLENO	Bool	141.2			
L318 ALMANCE LLENO	Bool	141.3			
L319 ALMANCE LLENO	Bool	141.4			
L320 ALMANCE LLENO	Bool	141.5			
L321 ALMANCE LLENO	Bool	141.6			
L322 ALMANCE LLENO	Bool	141.7			
L323 ALMANCE LLENO	Bool	141.8			
L324 ALMANCE LLENO	Bool	141.9			
L325 ALMANCE LLENO	Bool	142.0			
L326 ALMANCE LLENO	Bool	142.1			
L327 ALMANCE LLENO	Bool	142.2			
L328 ALMANCE LLENO	Bool	142.3			
L329 ALMANCE LLENO	Bool	142.4			
L330 ALMANCE LLENO	Bool	142.5			
L331 ALMANCE LLENO	Bool	142.6			
L332 ALMANCE LLENO	Bool	142.7			
L333 ALMANCE LLENO	Bool	142.8			
L334 ALMANCE LLENO	Bool	142.9			
L335 ALMANCE LLENO	Bool	143.0			
L336 ALMANCE LLENO	Bool	143.1			
L337 ALMANCE LLENO	Bool	143.2			
L338 ALMANCE LLENO	Bool	143.3			
L339 ALMANCE LLENO	Bool	143.4			
L340 ALMANCE LLENO	Bool	143.5			
L341 ALMANCE LLENO	Bool	143.6			
L342 ALMANCE LLENO	Bool	143.7			
L343 ALMANCE LLENO	Bool	143.8			
L344 ALMANCE LLENO	Bool	143.9			
L345 ALMANCE LLENO	Bool	144.0			

Figura 8 Lista de etiquetas de entradas del PLC

Nombre	Tipo de dato	Dirección	Com.	Modif.	Acción
EV11 LUBRIFICACIÓN	Bool	%Q0.0			
EV ABE	Bool	%Q0.1			
EV BOMBA ABE	Bool	%Q0.2			
LRBE(10)	Bool	%Q0.3			
EV PAGA TUBO	Bool	%Q0.4			
LRBE(11)	Bool	%Q0.5			
EV 12	Bool	%Q0.6			
EV PISTON 1	Bool	%Q0.7			
K3 RADIAADOR	Bool	%Q1.0			
LRBE(12)	Bool	%Q1.1			
EV RODILLOS DE ALIMENTACI.	Bool	%Q6.0			
K3 ALMACEN UP	Bool	%Q6.1			
K3 ALMACEN DOW	Bool	%Q6.2			
TUBO IN VEL POT	Bool	%Q6.3			
K1 BOMBA HERRAJICA	Bool	%Q6.4			
TUBO IN VEL CTE(1)	Bool	%Q6.5			
TUBO IN VEL CTE	Bool	%Q6.6			
TUBO OUT VEL CTE	Bool	%Q6.7			
SOL 13	Bool	%Q9.0			
LRBE(13)	Bool	%Q9.1			
LRBE(14)	Bool	%Q9.2			
EV CORTE TRAZERO	Bool	%Q9.3			
EV CORTE DELAYERO	Bool	%Q9.4			
EV ABE ADRIAZAS	Bool	%Q9.5			

Figura 9 Lista de etiquetas de salidas del PLC

Como primer paso se verificó que las señales provenientes de los botones y sensores de la máquina estuvieran presentes en la entrada correcta del PLC al ser activados, para eso se crearon pantallas en la HMI donde podemos monitorear el estado de las entradas del PLC.



Figura 10 Pantalla de monitoreo de entradas del PLC en HMI

Como segundo paso creamos una pantalla en la HMI, desde la cual podríamos controlar el estado de las salidas del PLC, esto a su vez actúa sobre los relevadores de control, que a su vez actúan sobre los dispositivos de potencia (solenoides de electroválvulas, contactores y lámparas) los cuales nos producen algún movimiento o acción en la cortadora de tubo.



Figura 11 Pantalla de control de salidas del PLC en HMI

Una vez que corroboramos cada uno de los sensores, botones y actuadores de la máquina de corte de tubo, procedimos a realizar la automatización del almacén de tubo, como lo indica la descripción en el funcionamiento de la máquina, el almacén cuando está vacío, regresa las bandas hasta la posición inferior, que es donde se puede colocar un paquete de tubos nuevos, una vez iniciado el ciclo las bandas suben haciendo llegar los tubos hasta la plataforma que se encarga de alinearlos y evitar que se atasquen, un par de sensores inductivos proporcionan las señales necesarias para indicar cuando deben subir, bajar o detenerse las bandas que suben los tubos.

Una vez que los tubos están en posición, se espera a que el sistema de corte mande una señal al almacén para que este despache un tubo, dicho tubo es despachado por un mecanismo que coloca el tubo sobre los rodillos de traslación que se encargan de llevar el tubo hacia los rodillos de alimentación del sistema de corte. Los rodillos de traslación giran en todo momento y están controlados por un motor hidráulico y la velocidad de traslación se ajusta por medio de una válvula manual.

Una vez que se tuvo el control del almacén de tubo, continuamos con la automatización del sistema de corte, el cual inicia con un pulso que es enviado al almacén de tubo para que este despache un tubo, acto seguido se activan los rodillos de alimentación, los cuales tiene la función de llevar el tubo hasta la posición de corte, esta posición está determinada por un tope de medida que se ajusta manualmente, recordemos que el sistema de medida automático se dejó desactivado, una vez que el tubo llega al tope de media, se activa la electroválvula que gobierna el cierre de las mordazas, se espera un tiempo de cierre de mordazas (250 ms), acto seguido se detienen los rodillos de alimentación y se activan la electroválvula que controla el refrigerante y el PLC manda la señal de corte, se activa un temporizador (500ms), e inicia una etapa de retardo (400ms) que es cuando las mordazas se abren y el tope de medida que esta acoplado a un pistón hidráulico es levantado para permitir la caída del tubo cortado, después del retardo se activan los rodillos de alimentación que introducen el tubo, al introducir el tubo este empuja el tubo cortado y el tope de medida vuelve a su posición para poder iniciar un nuevo corte.

Además del modo automático el operador en modo manual puede controlar cualquier movimiento en forma individual, apertura y cierre de mordazas, corte, arranque y paro de rodillos de alimentación así como sentido de giro, activar y desactivar el refrigerante, arranque y paro del sistema hidráulico, despachar un tubo, subir y bajar las bandas del almacén de tubo, la aplicación también cuenta con un modo protegido por contraseña que permite acceder a los parámetros y control de temporizadores.

Conclusiones

Una vez terminadas la pruebas y ver el comportamiento de la HAVEN 873 en producción, esto se hizo realizando algunos lotes de producción, para monitorear el correcto funcionamiento de la máquina, se liberó la máquina para trabajar una semana a producción plena. Se obtuvieron los siguientes resultados:

El comportamiento de la máquina era adecuado.

La producción era similar a la producción antes de que la máquina se averiara, teniendo una producción promedio de 2,250 cortes de tubo por hora, cuando el esperado era de 2,300 a 2,500. Cabe mencionar que el tiempo por corte de tubo tiene una relación directa entre el tiempo y la longitud del corte, pero para el caso de los lotes de la producción de prueba era de 1.60 segundos por corte, por lo que teníamos que reducir el tiempo por corte a 1.44 segundos,

Para lograr el objetivo se realizó un análisis de tiempos y movimientos, donde se determinó que se podrán reducir algunos tiempos de espera en el ciclo de corte, específicamente en la apertura y cierre de las mordazas, así con en el tiempo de corte, para lo cual realizamos los siguientes cambios.

- El tiempo de cierre de mordazas de 250ms a 150ms.
- El tiempo de corte se redujo de 500ms a 300ms.
- Tiempo de apertura de mordazas de 400ms a 300ms

Logrando una reducción de 400ms en la etapa de corte, lo que significó un tiempo de 1.04 segundos por corte, teniendo una producción teórica de 3,461 cortes por hora, si esto lo cerramos a 3,400 corte por hora, tenemos un incremento de la producción en un 36%

Como oportunidad de mejora a esta migración de sistema de control podemos añadirle el control de medición automático, lo cual reduciría tiempos en el cambio de logitudes de corte y podría ayudarnos a eliminar posibles errores humanos.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca por el apoyo otorgado. Así como a las empresas Grupo Collado S. A. de C. V. y MaTEEI que confiarón en nosotros para el desarrollo del proyecto.

Referencias

Dual-Blade Shear Cutting. [En red]
 Disponible en:
<http://www.havencut.com/pdf/dual-blade-shear.pdf>

SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200. [En red]
 Disponible en:
<https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

Pilar Mengual (2014). STEP 7 Una manera fácil de programar PLC de Siemens. Alfaomega. Primera edición. México.

Antonio Creus Solé (2011). NEUMÁTICA E HIDRÁULICA. Alfaomega. Segunda edición. México

SIMATIC STEP 7 Basic V13 SP1. [En red]
 Disponible en:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/417/109054417/att_854702/v1/STEP_7_Basic_V13_1_esES_es-ES.pdf

SIMATIC HMI, Panels de operador, Basic Panels. [En red]
 Disponible en:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/678/31032678/att_25341/v1/hmi_basic_panels_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf