

SOLDADORA SEMIAUTOMÁTICA TIG DE CASQUILLOS DE ACERO INOXIDABLE PARA LA PEZONERA “MACRO 2.0”, PARA LA EMPRESA MACRO EQUIPOS

José Wladimir Villota Bracho.

waldo_villota@hotmail.com

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte
Ibarra-Ecuador

RESUMEN: *El presente artículo aborda la implementación de una soldadora semiautomática TIG compuesto de un sistema de control y un sistema mecánico y la máquina de soldadura TIG.*

El propósito final del proyecto es de implementar la producción de casquillos de acero inoxidable para pezoneras en la empresa los cuales son utilizados en los equipos de ordeño mecánico.

El sistema mecánico consta de una estructura mecánica, de un cobertor, de un mecanismo de posicionamiento para la antorcha de soldadura y de un eje giratorio para soporte del casquillo de acero inoxidable.

El sistema de control consta de un PLC+HMI el cual controla todas las acciones de los periféricos de entrada y salida, accionando los dos drivers de los motores paso a paso los cuales reciben las señales del controlador y las envían a los actuadores controlando su giro y posicionamiento exacto.

Con la implementación de la maquina se logra controlar las variables más importantes en el proceso de soldadura como el encendido del arco con posicionamiento de la torcha fijo y el avance del metal base constante obteniendo un control de giro del eje del casquillo logrando un cordón de soldadura uniforme y de mejores características que uno realizado manualmente.

PALABRAS CLAVE: PLC+HMI, Drivers y motores paso a paso, máquina de soldadura TIG.

1. INTRODUCCIÓN

La automatización de los procesos de soldadura no solo mejora la calidad y el tiempo de producción, también reduce costos.

Se pueden encontrar beneficios inesperados al soldar semiautomática y automáticamente con una máquina o

proceso automatizado, con el objetivo mejorar la calidad y productividad considerando la reducción de costos.

Sacando la antorcha de los soldadores y montándola en un mecanismo para soldar se tiene un control exacto de muchas variables que son esenciales en el proceso de soldadura como:

Angulo de antorcha.
Posición del electrodo.
Distancia del electrodo a la pieza.

Manteniendo un ángulo adecuado y posición de la antorcha y un avance contante del metal base se asegura una buena forma del cordón, buena fusión y penetración en el metal base.

El proceso de soldadura semiautomático esta combinado de tal forma que se controla la posición de la antorcha y se empuje o arrastre o del metal base. Un control equilibrado de estas variables permite soldaduras de calidad.

2. SOLDAURA TIG.

El proceso TIG puede usarse para soldar más materiales que cualquier otro proceso, además permite trabajar con corriente continua y alterna.

Este produce soldaduras muy limpias y de alta calidad, lo que la hace una opción ideal para aplicaciones como esta en donde la estética es muy importante.

No produce chispas, salpicaduras ni humos, lo que lo hace un proceso limpio, lo que es de gran ayuda al momento de realizar la limpieza y acabado después de la soldadura, de igual forma reducirá los costos de posproducción después de la soldadura.

La gran ventaja de este método es la obtención de cordones más resistentes, dúctiles y menos sensibles a la corrosión y permite soldar más tipos de metales y aleaciones

metálicas que cualquier otro proceso de soldadura de arco en especial aceros inoxidable.

La soldadura por arco de tungsteno con gas (TIG) es un proceso, en que la fusión es producida por el calor de un arco que se establece entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza. La protección se obtiene de un gas inerte.

Componentes del equipo requerido para el proceso TIG son:

- La máquina de soldar.
- La antorcha o pistola y los electrodos de tungsteno.
- El gas protector y controles.

La máquina de soldar.

Para el proceso TIG se emplea una fuente de poder de diseño especial. Puede ser un rectificador con AC/DC o un generador de corriente continua (DC) La fuente de poder utilizadas en TIG son las de corriente constante, en este caso se cuenta con una maquina con transformador rectificador solamente de corriente continua (DC).

La suelta TIG Kiakougar es una máquina que permite trabajar solamente con corriente continua y en configuración DCEP, es decir el electrodo en el polo positivo y el metal base en el terminal negativo, por lo que es recomendable trabajar con corrientes entre 15 – 120 A, para evitar que el electrodo se funda con el excesivo calor que se concentra en el mismo se usa electrodos de mayor diámetro y también para evitar la inclusión de tungsteno en el baño de fusión contaminando el metal base.

La selección de corriente AC o DC depende del material a soldar. Corriente alterna es recomendada para la soldadura de aluminio y magnesio; corriente continua se recomienda para soldadura de aceros inoxidables, hierro fundido, acero dulce.

La antorcha o pistola.

Sujeta el electrodo de tungsteno y dirige el gas protector y la energía de soldar al arco. Para la elección de una torcha adecuada se toma en cuenta la corriente máxima de soldadura con la que se pueda soldar sin que llegue a recalentarse, en este caso como la maquina puede trabajar con una corriente máxima de 200 A, es suficiente con una torcha refrigerada con gas inerte.

Un gas inerte, sea argón, helio o una mezcla de ambos, protege el arco de soldadura de los gases perjudiciales presentes la atmosfera y permite al soldador visualizar claramente el proceso

Gas de protección.

. El argón es el más usado, por su accesibilidad y su bajo costo, siendo más pesado que el helio y proporcionando mejor protección a un menor grado de presión lo que conlleva a una menor cantidad de uso de gas en cada proceso de soldadura.

El caudal de gas depende del tamaño de la boquilla, en general se recomienda 7 a 16 l/min para el argón que es el gas inerte que utilizamos.

La efectividad de la protección está en la densidad del gas. El argón es aproximadamente una 1,3 veces más denso que el aire. El argón después de salir de la boquilla, forma un manto protector sobre el área de soldadura siempre y cuando no se exceda el caudal recomendado.

Electrodos.

Los electrodos que se emplean para el proceso de soldadura TIG son de tungsteno y aleaciones. Tienen un punto de fusión muy elevado 3410 °C y prácticamente no se consumen siempre y cuando no entre en contacto con el baño de fusión, por esta razón el electrodo no toca el baño fundido. En posición apropiada, el electrodo es sostenido encima de la pieza de trabajo o metal base, y es el calor intenso procedente del arco el que mantiene el baño en estado líquido, que al solidificarse logra la unión de dos piezas.

Los electrodos son de tungsteno puro siendo los más baratos, los de tungsteno con 1-2% de torio son considerados de larga vida por su duración o los de tungsteno aleado con circonio que producen menor contaminación al soldar. Los diferentes tipos de tungsteno y aleaciones son fácilmente reconocibles según un código de color normalizado por la AWS. Se presentan de acuerdo al fabricante en varios diámetros dependiendo del uso y la aplicación.

Se puede o no emplear metal de aporte en el proceso de soldadura. Normalmente es empleado, con excepción de casos en que se suelta piezas delgadas, en nuestro caso el material de aporte no es necesario ya que el espesor del casquillo es de 1.6mm.

3. SISTEMA DE SOLDADURA TIG.

Subsistema de soldadura TIG

En este proceso, el arco de soldadura salta desde un electrodo de tungsteno que no se consume durante la operación de soldadura.

Un flujo de gas inerte, suministrado a través de una boquilla que rodea al electrodo, con la activación de una válvula solenoide que expulsa el aire de las inmediaciones a la zona de soldadura, evitando la contaminación del electrodo y del baño de fusión.

En la máquina de soldadura TIG se tendrá un control ON/OFF de la fuente de poder para iniciar el trabajo de soldadura y un paro de emergencia que apaga el equipo de soldadura,

También por medio de un indicador de caudal manorreductor, instalado en el tanque, se puede controlar el suministro de gas constante a un caudal determinado para el baño de fusión adecuado y protección del arco.

Por medio de un mecanismo colocado en el eje que sujeta la antorcha, se tendrá el control del encendido y apagado del arco, y también el paso del gas al accionar la válvula solenoide de la maquina por medio del PLC.

Subsistema mecánico

En este subsistema se conforma de un eje giratorio y un mecanismo.

El diseño de un eje giratorio para soporte del casquillo de acero inoxidable a soldar con sus respectivos soportes y separadores.

El mecanismo como soporte de la antorcha para tener un control del movimiento de la misma, que se desplazara verticalmente, para su posicionamiento.

El mecanismo permite encender el arco, y mantener la torcha a una distancia de 5 a 7 mm con respecto al eje de referencia (casquillo a soldar) con el fin de mantener un baño de fusión continuo.

El dispositivo que se requiere necesita dos movimientos uno giratorio, y otro vertical; giratorio para el casquillo, el cual lo desliza a lo largo de la junta de soldadura y el otro para el movimiento de la pistola que permita controlar la longitud del arco controlando el posicionamiento de la antorcha. Se usó actuadores eléctricos (motores paso a paso).

Es importante que el dispositivo sea:

- Sencillo: de manera que permita el desenvolvimiento necesario para la investigación a realizar.
- Adecuado: principalmente a nuestra necesidad para realizar el proceso de soldadura de la base de los casquillos de acero inoxidable.
- Desmontable: permitiendo acceder a elementos que requieran cierta limpieza o recambio y de mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Mecanismo de posicionamiento de la antorcha

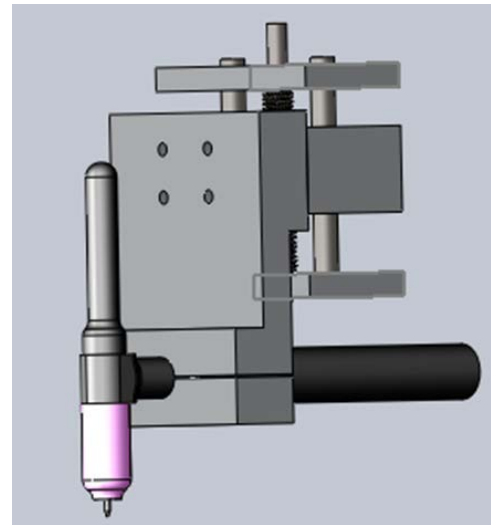


Figura 1 Mecanismo de la antorcha
Fuente: Autor

Cálculo del peso total del mecanismo:

$$\begin{aligned} \text{Peso total} &= \text{Peso del carro vertical} \\ &\quad + \text{peso del soporte de la antorcha} \\ &\quad + \text{peso de la antorcha} \end{aligned}$$

$$W = 4.76 + 7.64 + 14.21$$

$$W = 26.61 \text{ N}$$

Cálculo del par requerido para elevar el carro vertical:

$$d_p = d - 0.649519p$$

$$d_p = 8.051 \text{ mm}$$

$$T_u = P \frac{d_p (\mu \pi d_p + L)}{2 (\pi d_p - \mu L)}$$

Cálculo del par requerido para elevar una carga

$$T_u = 26.61 \frac{8.051 (0.08 * \pi * 8.051 + 3)}{2 (\pi * 8.051 - 0.08 * 3)}$$

$$T_u = 22.7 \text{ N.m}$$

Cálculo del par requerido para bajar el carro vertical:

$$T_d = P \frac{d_p (\mu \pi d_p - L)}{2 (\pi d_p + \mu L)}$$

Cálculo del par requerido para bajar una carga

$$T_d = 26.61 \frac{8.051 (0.08 * \pi * 8.051 - 3)}{2 (\pi * 8.051 + 0.08 * 3)}$$

$$T_d = 4.1 \text{ N.m}$$

Eje giratorio para el casquillo.

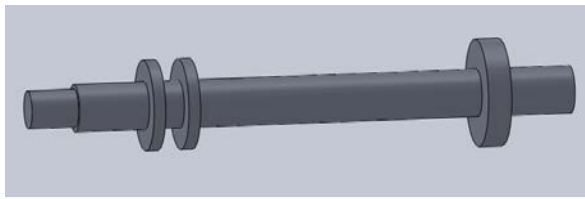


Figura 2 Eje del casquillo
Fuente: Autor.

$$W = 7.05 N$$

El eje del casquillo cumple la función de soporte para el mismo, está compuesto de un eje, de soportes circulares ubicados cerca de la junta de soldadura y un tope al final del casquillo, este tiene un movimiento circular de 360°, acoplado a un motor que le proporcionara dicho movimiento.

Algunas ventajas de usar sujetadores y soportes son:

- Mejor ajuste de las juntas.
- Menos tiempo de soldadura.
- Se minimiza la distorsión.
- La terminación del montaje se hace con tolerancias menores.
- Se logra montar las piezas a unir axial y radialmente el tubo.

Subsistema de control de posicionamiento y velocidad.

Este subsistema esta comandado por controlador lógico programable, que hace la función de unidad central de control del sistema de soldadura, la cual está encargado de accionar los periféricos de entrada y de salida.

Los periféricos de salida están compuestos por dos drivers que controlaran los motores.

En los periféricos de entrada están conectados pulsadores los cuales serán accionados por el operario, y finales de carrera que indicaran que el inicio del proceso es seguro.

Para el caso del sistema se optó por usar sensores de contacto electromecánico, son dispositivos que se activan y desactivan con contacto físico a partir de algún accionamiento mecánico.

Indicador de caudal: La velocidad del flujo es importante para asegurar la adecuada protección del proceso por medio de un gas inerte; los medidores de flujo del tipo de bobina a menudo se usan junto al regulador para controlar el flujo. Es bueno validar las lecturas del medidor, instalando un medidor de flujo de gas para monitorizar el caudal con el cual se está soldando.

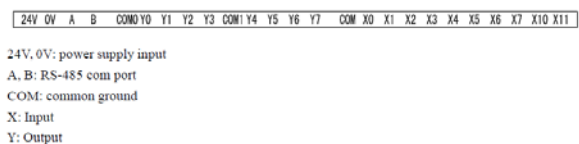
PLC.

Se optó por un controlador lógico programable debido a que el sistema de control de la maquina debe ser robusto, confiable, compacto, de fácil programación, mantenimiento e instalación y garantizar un continuo funcionamiento.

Se hizo la selección de un PLC Xinje, por varias razones una por el bajo costo y la gran prestación que ofrece, además su diseño está enfocado justamente para el control de motores paso a paso, la interfaz gráfica incluida, numero de entrada/salidas para el control del sistema y la compatibilidad con programación ladder.



Figura 3 Controlador lógico programable XP3 XINJE.
Fuente: Autor.



Distribución de entradas y salidas del PLC

Se realiza la distribución de las entradas y salidas con la finalidad de llevar una organización, para facilitar tanto la implementación del tablero de control y la programación del controlador.

Tabla 1 Distribución de entradas y salidas del PLC

IN/OUT	Elemento	Función
X0	Final de carrera	Verificar el ingreso del casquillo.
X1	Final de carrera	Verificar el cierre del cobertor.

X2	Final de carrera	Verificar el cierre del cobertor.
Y0	Driver PUL-	Pulsos para driver del motor acoplado al mecanismo de la torcha
Y1	Driver PUL-	Pulsos para driver del motor acoplado al eje.
Y2	Driver DRI-	Activa la inversión del giro en el driver para el motor del mecanismo.
Y3	Driver DRI-	Activa la inversión del giro en el driver para el motor acoplado al eje.
Y4	Switch	ON/OFF de la electroválvula del gas argón.

Fuente: Autor.

De igual manera detallaremos las variables para el teclado del PLC, que serán mostrados en el HMI.

Tabla 2 Variables para HMI

Tecla	Elemento	Función
F1	M0	Inicio del funcionamiento.
F2	M2	Paro de emergencia sistema.
F5	M18	ON/OFF electroválvula de gas.
F6	M30	Calibrar el sistema +1.
F7	M32	Calibrar el sistema -1.
F8	M15	Asigna posicionamiento inicial de la torcha.
ENT	Screen 2	Salta a la pantalla de funciones.
SET	Screen 7	Lleva a la pantalla de calibración.
ESC	Screen 2	Salta a la pantalla de funciones.
0	M9	Reiniciar el contador de casquillos.
1	Screen 3	Salta a la pantalla de variables de proceso.
2	Screen 4	Salta a la pantalla de pulsadores.
3	Screen 5	Salta a la pantalla de variables sistema
4	Screen 6	Salta a la pantalla de aviso de calibración.
▲	Screen +	Salta a la siguiente pantalla.
▼	Screen -	Salta a la pantalla anterior.

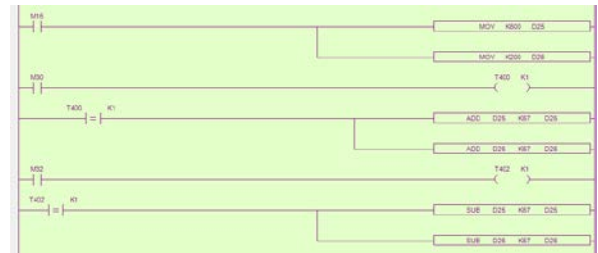
Fuente: Autor

Programación PLC.

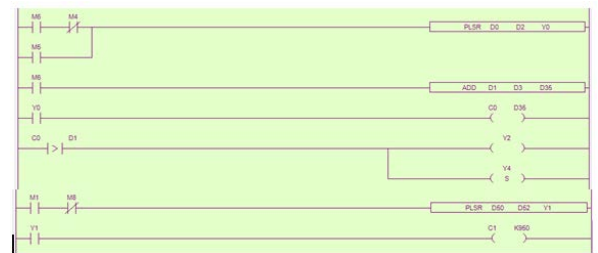
Inicio y Asignación de parámetros.



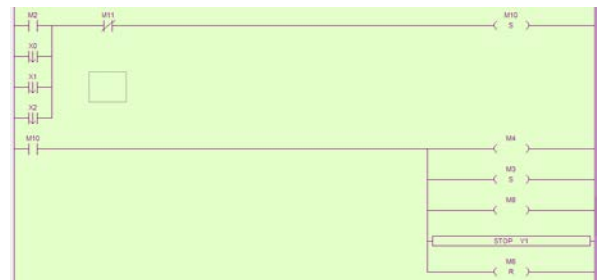
Calibración del sistema



Función para control de motores



Paro de emergencia



Variables.

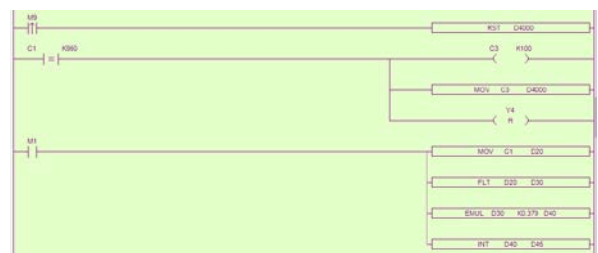


Diagrama de flujo.

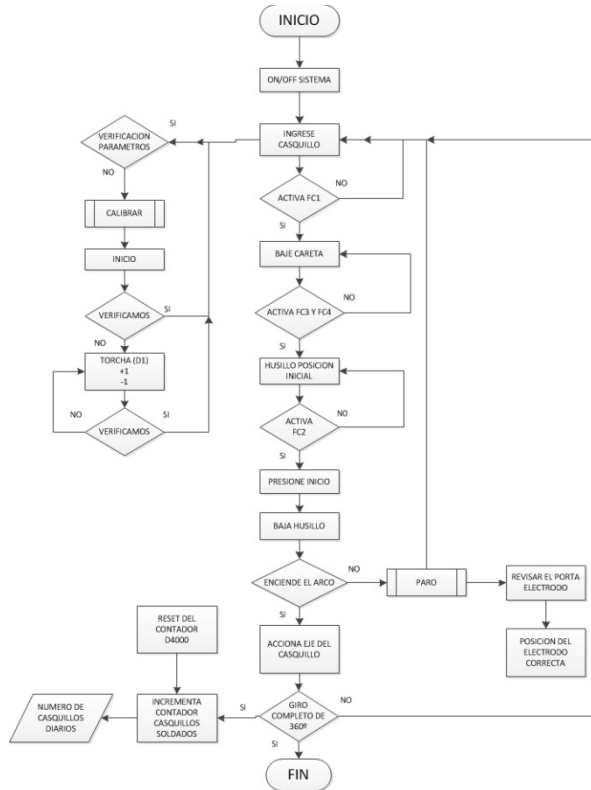


Figura 4 Diagrama de flujo
Fuente: Autor.

Subsistema de respuesta.

En este subsistema está el dimensionamiento de los actuadores eléctricos en este caso motores paso a paso DC, los cuales son los encargados de dar movimiento al eje, y al mecanismo de la antorcha, los actuadores deben ser seleccionados de acuerdo a las necesidades.

El funcionamiento de un motor paso a paso necesita de tres elementos básicos:

- Unidad de mando: en este caso PLC, el cual proporciona impulsos cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de rotación del motor, e impondrá igualmente del sentido de rotación.
- Un controlador: (driver) para orientar los impulsos hacia las distintas bobinas del motor.
- Una alimentación de potencia.

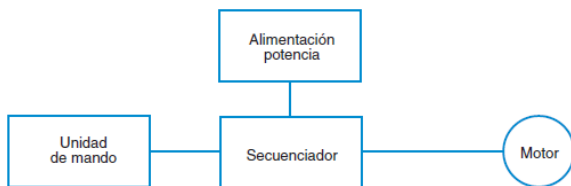


Figura 5 Diagrama de bloques funcionamiento de un motor paso a paso.
Fuente Autor

Driver motor paso a paso



Figura 6 Driver motor paso a paso Wantai DQ542MA

En driver es el Wantai DQ542MA para motores paso a paso de 2 fases bipolares híbridos con una corriente de fase máxima de 4 A y una alimentación de 18 a 50 V DC.

El driver cuenta con entradas y salidas aisladas optoacopladas y protección contra cortocircuitos, fase de protección en sobre voltaje; bajo voltaje y sobre intensidad.

Dispone de 8 canales de fase de salida 3 (SW1, SW2, SW3) para configurar la corriente de salida, 4(SW5, SW6, SW7, SW8) para la resolución de pulsos por revolución y 1 (SW4) para selecciona la corriente al detener el motor, ON reduce la corriente a la mitad de la seleccionada y OFF se mantiene la corriente seleccionada.

La entrada PUL+, PUL- entrada de pulsos al driver del motor paso a paso, DIR+, DIR- entrada para la dirección de giro del motor y EN+, EN- se usa para activar y desactivar el controlador.

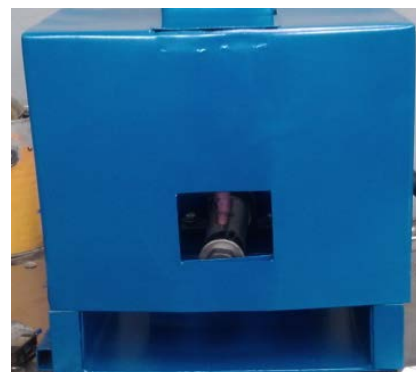
Las entradas DC+, DC- son para la alimentación positivo y negativo respectivamente con 18 a 50 VDC.

Las entradas A+, A-, B+, B- son las bobinas del motor paso a paso.

4. IMPLEMENTACION

En el presente capítulo consta:

Construcción de la estructura mecánica: que servirá como soporte para el mecanismo de posicionamiento de la antorcha, el eje del casquillo y los motores eléctricos.



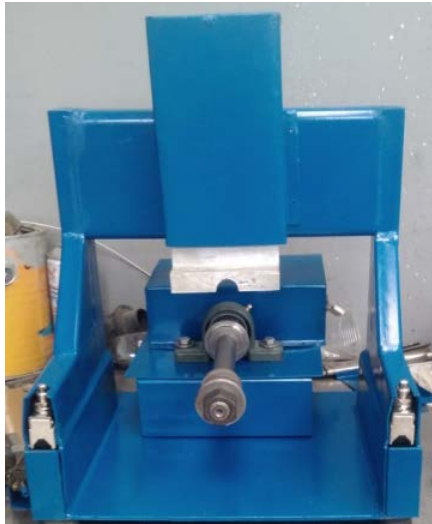


Figura 7 Estructura Mecánica
Fuente Autor.

Implementación del sistema de control

Se tiene una serie de dispositivos, PLC+HMI, drivers, fuentes de alimentación, fusibles, estructurados en un gabinete con la finalidad de tener un control de algunos parámetros que intervienen en el proceso de soldadura.

El PLC es el elemento central del sistema de control, es el encargado de enviar y recibir las señales eléctricas digitales, procesarlas y accionar los mecanismos que componen el sistema de soldadura.

El PLC va a recibir señales digitales de los finales de carrera ubicados en el sistema de soldadura, los cuales van a garantizar el inicio correcto del proceso, ya que mientras todos los finales de carrera no sean accionados el controlador no da la orden de iniciar el proceso.

Los switch/interruptor de inicio - fin de proceso están ubicados para que sean accionados con el cobertor y con el ingreso del casquillo en el eje, es decir que mientras el cobertor de soldadura no sea ubicado y se accione los switch el proceso no se inicia, así mismo mientras no se ingrese el casquillo, lo que garantiza que todo debe estar en su posición para iniciar correctamente el proceso de soldadura.

En el HMI del controlador se visualizarán siete pantallas, en la primera una presentación de la máquina, en la segunda las funciones que podemos escoger parámetros, funciones, variables y calibración, en la tercera se visualiza los parámetros a configurar en la máquina de soldadura, en la cuarta algunas variables, entre las cuales se visualiza el estado de cada uno de los finales de carrera, también se visualiza dos pulsadores el de inicio y el de paro del proceso de soldadura que serán accionados con F1 y F2 respectivamente y en la quinta se visualiza el contador de casquillos soldados, la posición angular del eje, los registros del contador de pulsos para el posicionamiento del mecanismo de la antorcha y el registro para el contador de número de casquillos soldados en la sexta un mensaje de

alerta antes de calibrar la máquina y en la séptima los parámetros para calibrar el posicionamiento de la torcha para garantizar el arranque del arco lift arc.

En las salidas del controlador, las cuatro salidas a transistor son conectadas a los drivers de los motores paso a paso, Y0 y Y1 para salida de pulsos para cada driver, Y2 y Y3 para la dirección



Figura 8 Tablero de control
Fuente Autor.

Calibración del sistema.

Antes de iniciar con el proceso siempre se debe verificar si el sistema está calibrado, principalmente el posicionamiento de la antorcha para tener un proceso adecuado de soldadura.

Antes de empezar con las pruebas del sistema de soldadura, el mismo debe estar previamente calibrado, cuidar cada paso del proceso de soldadura garantiza excelentes resultados.

El posicionamiento de la torcha de soldadura, por cada giro del motor acoplado al mecanismo, se mueve 3mm verticalmente.

El mecanismo debe de estar en su posición inicial para que el proceso se inicie y los parámetros seteados previamente en el controlador, aseguren un inicio de arco estable y sin problemas.

Uno de los aspectos importantes en la calibración siempre que se coloque el electrodo en la torcha, después de afilar la punta este debe de tener una distancia de 3 a 7 mm respecto a la boquilla, para evitar la inclusión de tungsteno en el baño de fusión al generar el arco y contaminar el material base de soldadura, esto conllevaría también a tener que afilar nuevamente el electrodo desgastándolo innecesariamente.

La torcha una vez que toca el casquillo y activa el gas se levanta inmediatamente a 3 mm para generar el arco eléctrico, esto se lo hace invirtiendo el giro del motor una revolución y dejándolo enclavado en esa posición hasta terminar el proceso de soldadura, una vez finalizado vuelve a su posición inicial dando dos revoluciones completas y desactivando el caudal del gas para terminar el arco, cabe recalcar que estos parámetros variaran dependiendo de cómo el usuario calibre la máquina.

El eje del casquillo cuenta con una rosca americana witworth con un paso de 1mm, en el cual se van a introducir dos arandelas roscadas que posicionaran axial y radialmente las piezas a soldar y al mismo tiempo sujetarlas, estos de igual forma deben de estar en su posición para obtener una soldadura en buen estado.

Las dos arandelas deben de estar posicionadas de manera que no se calienten en exceso y puedan disipar el calor generado por el arco eléctrico.

Pruebas.

Se busca el punto de operación del sistema variando los parámetros más representativos como el amperaje y la velocidad de avance del metal base.

La calidad de la soldadura depende del control de diferentes parámetros, entre ellos son fundamentales: la intensidad de la corriente, y el avance de la antorcha, el perfecto estado de la punta del electrodo y la limpieza absoluta del metal base antes de iniciar el proceso.

Para el análisis de la pruebas se elaboró una tabla variando algunos parámetros hasta obtener un proceso de soldadura adecuado tomando en cuenta varios aspectos como el inicio del arco y final, el avance y posicionamiento de la antorcha constante y la alimentación del caudal de gas constante.

Para los diferentes pruebas se usó probetas de prueba con la finalidad de realizar el análisis correspondiente.

Tabla 3 Pruebas del Proceso TIG

Pas es	Espes or mm	Elect rodo mm	D. boquill a mm	Corriente		Velocid ad de avance rpm
				Tipo	Ampe raje A	
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	6.3

Fuente: Autor

Análisis de resultados

Se elige los parámetros más representativos en donde el proceso de soldadura es el adecuado para plasmarlos en un EPS.

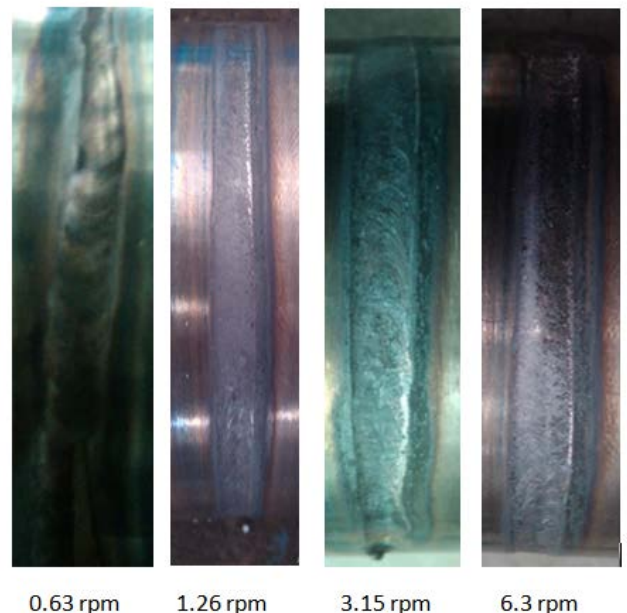


Figura 9 Pruebas a 60 A

Fuente: Autor

Tabla 4 Análisis de la probeta a 60 A

Análisis del Procedimiento de Soldadura		
Amperaje (A)	Velocidad de avance (rpm)	Resultados
60	0.63	Hay baño de fusión aceptable con bordes costura irregulares debido a la baja velocidad de la antorcha
60	1.26	Hay baño de fusión eficiente y aceptable con un arco constante fundiendo el material correctamente debido a que la velocidad de avance es adecuada obteniendo un cordón de calidad, limpio e uniforme
60	3.15	Hay baño de fusión aceptable con este amperaje y con el avance rápido de la antorcha tenemos un cordón con porosidades.
60	6.3	Hay baño de fusión pero avance muy rápido de la antorcha se crea lo que en el cordón de soldadura con una fusión hundida.

Fuente: Autor



Figura 10 Casquillo Soldado

Fuente: Autor

Una vez establecidos los estándares de soldadura específicos para una soldadura en particular, obteniendo el punto de operación de la máquina de soldar, dicha información se la despliega en un documento denominado especificación del procedimiento de soldadura (EPS).

Especificación del procedimiento de soldadura EPS para acero inoxidable.

Nº de especificación de especificación del procedimiento de soldadura TIG 141 T BW 8 nm t03 D38 PF ss nb

Título:

Soldadura: TIG de tubo a tubo.

Alcance:

Este procedimiento es aplicable para *soldaduras de ranura cuadrada* dentro del rango de 1/8" (3.2 mm) a 1/8" (3.2 mm). La soldadura se puede realizar en las siguientes posiciones 1G.

Metal base:

El metal base debe estar conforme con el acero inoxidable austenítico. Especificación del material de respaldo ninguna.

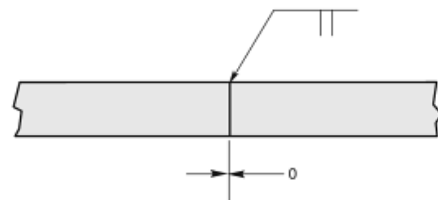
Electrodo:

El electrodo de tungsteno debe de cumplir con las especificaciones AWS N° EWT h-2 de la especificación AWS A5.12 El diámetro de tungsteno debe ser 1/8" (3.2 mm) máximo. La forma final del tungsteno debe ser afilado a 2 o 3 veces la longitud de su diámetro.

Gas protector:

El gas o gases protectores deben cumplir con las siguientes composiciones y purezas argón de calidad de soldadura.

Diseño de la junta y tolerancias:



PREPARACION DEL METAL BASE:

Se deben de eliminar toda clase de contaminantes como fluidos de corte, grasas, aceites. Esta limpieza se debe hacer con cualquier disolvente o detergente adecuados. La cara de la junta y las superficies tanto interior como exterior del tubo se deben limpiar un radio de 1" (25 mm) para eliminar el óxido, escoria y cascarilla que se encuentre en el material a soldar. La limpieza puede ser mecánica o química. La mecánica se puede hacer esmerilando, limpiando con un cepillo de acero inoxidable, raspando, mecanizando o limando. La química se puede hacer utilizando ácidos, alcalinos, disolventes o detergentes. Se debe realizar hasta que el metal quede brillante.

Características eléctricas:

La corriente debe ser corriente continua de electrodo conectado al polo positivo (DCEP). El metal base debe estar conectado al polo positivo de la línea.

Especificaciones del rango operativo:

Especificaciones del metal base		Flujo de gas	Tamaño de la boquilla	Amperaje min/max
		Caudal		DCEP
Espesor	Electrodo Ø	l/min		
1.6 mm	2.4mm	8-10	3/8 a 5/8	60

Calentamiento previo:

Los tubos a soldar en este caso no son sometidos a temperaturas debido a su mínimo espesor (1.6 mm), aunque lo recomendable es calentar a una temperatura mínima de 10 °C para empezar el proceso de soldadura en metales base de más de 6 mm de espesor.

Gas de respaldo:

No aplicable.

Seguridad:

Se debe utilizar ropa y equipos de protección adecuados. El área debe de estar libre de todo riesgo que puede afectar al soldador u operario de la maquina o a otros en la zona de trabajo. La máquina soldadora TIG, los cables de soldadura, el porta-electrodos y los demás equipos deben estar en condiciones seguras de trabajo.

Se debe tomar en cuenta todos los aspectos citados en el manual de usuario para garantizar el funcionamiento del sistema de soldadura y evitar cualquier incidente o accidente durante y después del proceso de soldadura.

Técnica de soldadura:

Soldadura a tope o ranura cuadrada, en primera instancia se debe centrar el casquillo en el eje de soporte radial y axialmente, la torcha toca el metal base y se levanta a una distancia de 3 mm activando la protección del gas para iniciar el arco y se gira el casquillo a una velocidad de 1.26 rpm de modo que se forme el baño de fusión continuo durante todo el proceso de soldadura, a medida que avanza el proceso se puede variar la velocidad de acuerdo a las necesidades para mantener un cordón de soldadura uniforme.

Al final de la soldadura se aumenta la velocidad de giro para que el baño de fusión de la soldadura se pueda cerrar y no dejar grietas, ni sobre-soldadura.

Limpieza:

Después de la soldadura se requiere una limpieza adicional, para obtener un producto terminado.

Inspección:

Inspeccionar la soldadura visualmente para comprobar la uniformidad y las discontinuidades. No deben existir grietas, fusión incompleta, ni superposición.

Reparación:

No se permite la reparación de los defectos, estos deben ser realizados manualmente.

Análisis de costos beneficios

Se hace un análisis detallado de todos los costos del sistema y del periodo de recuperación del mismo.

La ganancia mensual tomando él cuenta el promedio ventas de 52 unidades será de \$ 424.8 más la utilidad de la venta de \$ 2215,2 teniendo \$ 2640.

Si la inversión de todo el sistema es de \$ 5074.2 y la ganancia mensual es de un promedio de \$ 2640 por lo tanto se recuperara en un tiempo estimado de 58 días.

5. CONCLUSIONES

El costo de importación del casquillo es de \$ 14.9 y el costo estimado de producción con la implementación del sistema es de \$ 6.73 por lo que se obtuvo una utilidad neta de \$ 8.17 por cada casquillo producido obteniendo una ganancia del 54.8%.

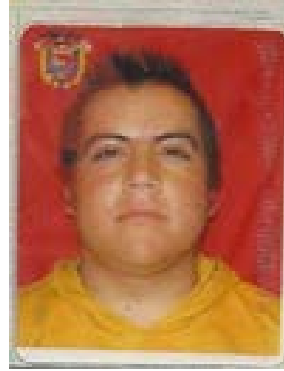
El PLC+HMI se utilizó en el sistema de control por ser robusto y por las grandes prestaciones que brinda, ya que nos permite tener un control de los parámetros que intervienen en proceso de soldadura como el control de la velocidad de avance y la distancia entre el electrodo y el metal base obteniendo un cordón de soldadura uniforme.

Se mejora notablemente el proceso ya que existe una coordinación constante entre la torcha y el casquillo a soldar manteniendo una distancia de 5 mm fija entre el electrodo y el metal base lo que es difícil conseguir con un proceso manual ya que la coordinación del soldador varía en cada proceso.

Con la implementación del sistema se evita la exposición directa de los rayos ultravioleta del arco y de los diferentes accidentes a los que está expuesto el soldador al realizar un proceso manual.

6. REFERENCIAS

- [1] Soldexsa-Oerlikon, «Manual de Soldadura & Catalogo de productos,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.slideshare.net/pedrohumb/manual-de-soldadura-oerlikon>.
- [2] M. Zalazar, Soldadura por arco con electrodo no consumible- Gas Tungsten Arc Welding, Buenos Aires: Neuquen, 2001.
- [3] R. L. Norton, Diseño de Maquinas un enfoque integrado., Cuarta ed., P. Hall, Ed., Pearson Education, 2011, p. 1066.
- [4] Xinje Electronic Co.,Ltd, Operating manual XP/XMP series industrial integral controller, Primera ed., p. 44.
- [5] TIG HANDBOOK, «TIG HANDBOOK for GTAW Gas Tungsten Arc Welding».
- [6] Automation Direct, «Manual del Sistema de Motores paso a paso Sure Step,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.automationdirect.com/static/manual/surestepmanualsp/appxa.pdf>.
- [7] J. Larry, Manual de Soldadura GTAW (TIG), Madrid: Paraninfo, 2010, p. 210.
- [8] G. H. Riesco, Manual del Soldador, Sexta ed., Cesol, p. 644.
- [9] A. Rivas y J. Maria, Soldadura Eléctrica y sistemas TIG y MAG, Novena ed., Madrid: Paraninfo, 2009, p. 342.



José W. Villota B., nació en El Angel-Ecuador el 20 Diciembre de 1988. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio Experimental León Ruales. Egreso en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2014. Actualmente trabaja en proyectos automatización.

Área de Interés: Control y Automatización

SEMI-AUTOMATIC WELDER TIG STAINLESS STEEL CAPS FOR LINCHPIN "MACRO 2.0" MACRO FOR EQUIPMENT COMPANY

José Wladimir Villota Bracho.

waldo_villota@hotmail.com

Faculty of Engineering Applies Science, Tecnical Of North University
Ibarra-Ecuador

ABSTRACT: This article discusses the implementation of a semi-automatic TIG welding machine consists of a control system and a mechanical system and TIG welding machine.

The final purpose is to implement the production of stainless steel caps liners in the company which are used in milking equipment.

The mechanical system consists of a mechanical structure, a blanket, a positioning mechanism for the welding torch and a rotating shaft to support the stainless steel cap.

The control system consists of a PLC + HMI which controls all actions of peripheral input and output, the two drivers driving the stepper motors which receive signals from the controller and sent to the actuators controlling your rotation and accurate positioning.

With the implementation of the machine are able to control the most important variables in the process of welding and arc ignition with fixed positioning of the torch and the advance of obtaining a consistent basis metal spinner shaft bushing making a weld uniform and better features than one performed manually.

KEYWORDS: PLC + HMI, Drivers and stepper motors, TIG welding machine.

1. INTRODUCTION

The automation of welding processes not only improves the quality and production time, it also reduces costs. You can find the unexpected and automatically semiautomatic welding with a machine or automated process, with the aim to improve the quality and productivity considering the cost reduction benefits.

Taking the torch welders and mounting it on a mechanism for welding have precise control of many variables that are essential in the welding process as:

Torch angle.

Electrode position.

Distance from the electrode to the workpiece.

Maintaining a proper angle and position of the torch and advance contante metal base ensures good bead shape, good fusion and penetration into the base metal.

Semiautomatic welding process is combined so that the position of the torch is controlled and pushed or dragged or the base metal. A balanced control of these variables allows quality welds.

2. TIG WELDING.

The TIG welding process can be used more materials than any other process also allows working with direct and alternating current.

This produces very clean and high quality welds, making it ideal for applications such as this where aesthetics are very important option.

No sparks, spatter or smoke, making it a clean process, which is helpful when performing cleaning and finishing after welding, similarly reduce post-production costs after welding.

The great advantage of this method is to obtain more resistant, ductile and less sensitive to corrosion and allows welding cords more types of metals and metal alloys other arc welding process especially stainless steels. Welding gas tungsten arc (TIG) is a process in which fusion is produced by the heat of an arc is established between a non-consumable tungsten electrode and the workpiece. This is done by an inert gas.

Components of the equipment required for the TIG process are:

The welding machine.

The torch or gun and tungsten electrodes.

The protective gas and controls.

The welding machine.

TIG process for a power supply of special design is used. It can be a rectifier with AC / DC or DC generator (DC) power source is used in TIG constant current, in this case has a machine with only transformer rectifier current (DC).

The welding TIG Kiakougar is a machine that can work only with direct current and DCEP configuration, ie the electrode at the positive pole and the base metal at the negative terminal, so it is advisable to work with current 15 - 120 A, to prevent the electrode sheath with excessive heat build up in the same larger diameter electrodes used and also to avoid the inclusion of tungsten in the weld polluting the base metal.

The selection of AC or DC current depends on the material to be welded. Alternating current is recommended for welding aluminum and magnesium; current is recommended for welding stainless steels, cast iron, mild steel.

The torch or gun.

Hold the tungsten electrode and directs the shielding gas and arc welding power. For the choice of a suitable torch is taken into account the maximum welding current which can be welded without allowing it to overheat, in this case as the machine can work with a maximum current of 200 A, is sufficient with a cooled torch with inert gas.

Gas protection.

Argon is the most commonly used, because of its availability and low cost, being heavier than helium and providing better protection to a lesser degree of pressure which leads to a smaller amount of gas usage on each welding process.

The gas flow rate depends on the size of the nozzle, it is generally recommended 7 to 16 l / min for argon is the inert gas used.

The effectiveness of the shield is in the gas density. Argon is approximately 1.3 times more dense than air. Argon after leaving the nozzle forms a protective blanket over the weld area provided the recommended flow rate is not exceeded.

Electrodes.

The electrodes that are used for the TIG welding process is tungsten alloys. They have a very high 3410 ° C melting point and almost always not consumed and when no contact with the weld, therefore the electrode does not touch the molten bath. In proper position, the electrode is held above the workpiece or base metal, and the intense heat from the arc that keeps the bath liquid, which manages to solidify the union of two parts.

The electrodes are made of pure tungsten being the cheapest, the tungsten with 1-2% thorium are considered long life

duration or tungsten alloyed with zirconium produce less pollution when welding. The different types of tungsten and alloys are easily recognized as a color code standard AWS. Are presented according to the manufacturer in various diameters depending on use and application.

It may or may not employ the filler metal in the welding process. It is usually employed, except where welded thin pieces, in our case the filler is not necessary as the cap thickness is 1.6mm.

An inert gas is argon, helium or a mixture of both, it protects the welding arc of harmful gases present in the atmosphere and allows the process to clearly visualize welder

3. SYSTEM OF WELDING TIG.

TIG Welding subsystem

In this process, the welding arc jumps from a tungsten electrode is not consumed during the welding operation.

A flow of inert gas, supplied through a nozzle surrounding the electrode, with the activation of a solenoid valve that vents air from the vicinity of the weld area, avoiding contamination of the electrode and the molten pool.

In TIG welding machine ON / OFF control of the power supply will have to start the welding work and an emergency stop that shuts down the welding equipment

Also by means of a pressure regulator flow indicator installed in the tank, can control the supply of gas at a given constant flow rate suitable for bathing and protecting the arc melting.

Through a mechanism positioned on the shaft that holds the torch, the ignition control will be taken on and off the arc, and also the flow of gas to operate the solenoid valve of the machine through PLC.

Mechanical subsystem

This subsystem is made up of a rotating shaft and a mechanism.

The design of a rotating shaft to support the stainless steel cap weld with their respective supports and spacers.

The support mechanism of the torch as to have a controlled movement of the same, which is moved vertically, for positioning.

The mechanism allows for striking the arc, and maintain the torch at a distance of 5 to 7 mm with respect to the reference axis (cap welded) in order to maintain continuous fusion bath.

The device requires two movements need a swivel, and a vertical; swivel cap, which slips over the solder joint and the other for the movement of the gun to allow control of the arc length controlling the positioning of the torch. Electric actuators (stepper motors) was used.

It is important that the device is:

- Simple: so as to permit the development necessary for the research to be performed.
- Adequate: mainly our need for welding base stainless steel caps.
- Detachable: allowing access to certain items that require cleaning or replacement and maintenance to ensure proper system operation.

Mecanismo de posicionamiento de la antorcha

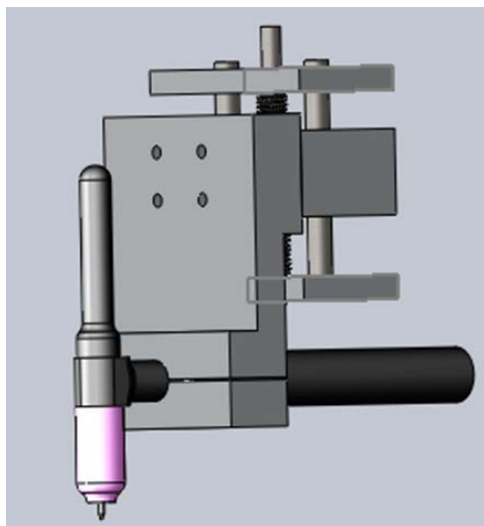


Figura 11 Mecanismo Antorcha
Fuente: Autor

Calculo del peso total del mecanismo:

$$\begin{aligned} \text{Peso total} &= \text{Peso del carro vertical} \\ &+ \text{peso del soporte de la antorch} \\ &+ \text{peso de la antorcha} \end{aligned}$$

$$W = 4.76 + 7.64 + 14.21$$

$$W = 26.61 \text{ N}$$

Cálculo del par requerido para elevar el carro vertical:

$$d_p = d - 0.649519p$$

$$d_p = 8.051 \text{ mm}$$

$$T_u = P \frac{d_p (\mu \pi d_p + L)}{2 (\pi d_p - \mu L)}$$

Cálculo del par requerido para elevar una carga

$$T_u = 26.61 \frac{8.051 (0.08 * \pi * 8.051 + 3)}{2 (\pi * 8.051 - 0.08 * 3)}$$

$$T_u = 22.7 \text{ N.mm}$$

Cálculo del par requerido para bajar el carro vertical:

$$T_d = P \frac{d_p (\mu \pi d_p - L)}{2 (\pi d_p + \mu L)}$$

Cálculo del par requerido para bajar una carga

$$T_d = 26.61 \frac{8.051 (0.08 * \pi * 8.051 - 3)}{2 (\pi * 8.051 + 0.08 * 3)}$$

$$T_d = 4.1 \text{ N.mm}$$

Eje giratorio para el casquillo.

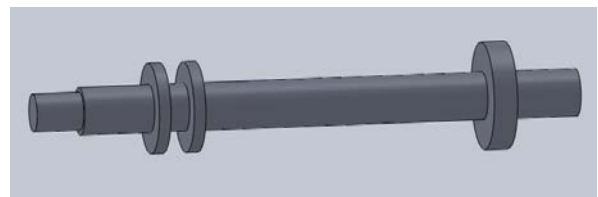


Figura 12 Eje del casquillo
Fuente: Autor.

$$W = 7.05 \text{ N}$$

The axis of the cap serves as support for it, is composed of a shaft, circular brackets located near the weld joint and a stop at the end cap, this is a circular motion of 360 °, coupled to a motor will provide the movement.

Some advantages of using fasteners and supports are:

- Best fit joints.
- Less time welding.
- Distortion is minimized.
- Completion of the installation is made to tighter tolerances.
- It manages to assemble the pieces together tube axially and radially.

Position control subsystem and speed.

This subsystem is commanded by programmable logic controller, that acts as a central control unit of the welding system, which is responsible for driving the peripheral input and output.

The output peripherals are composed of two drivers that will control the motors.

In peripheral input buttons are connected which will be operated by the operator, and limit switches to indicate that the start of the process is safe.

In the case of the system chose to wear contact electromechanical sensors, are devices that are enabled and disabled with physical contact from a mechanical drive.

Flowmeter: Flow velocity is important to ensure adequate protection of the process by means of an inert gas; flowmeters coil type often used by the controller to control the flow. It's good to validate meter readings, installing a gas flow meter to monitor the flow rate which is being welded.

PLC.

It was decided by a programmable logic controller because the control system of the machine must be robust, reliable, compact, easy programming, maintenance and installation and ensure continuous operation.

Selecting a PLC Xinje became, for several reasons one by the low cost and high performance offering further design is focused precisely to control stepper motors, including GUI, number of input / outputs system control and compatibility with ladder programming.



Figura 13 Controlador lógico programable XP3 XINJE. Fuente: Autor.

24V	0V	A	B	COM	Y0	Y1	Y2	Y3	COM1	Y4	Y5	Y6	Y7	COM	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X10	X11
-----	----	---	---	-----	----	----	----	----	------	----	----	----	----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

24V, 0V: power supply input
 A, B: RS-485 com port
 COM: common ground
 X: Input
 Y: Output

Distribution of inputs and outputs of the PLC

The distribution of inputs and outputs in order to lead an organization designed to facilitate the implementation of the control board and controller programming is done.

Tabla 5 Distribución de entradas y salidas del PLC

IN/ OUT	Elemento	Función
X0	Final de carrera	Verificar el ingreso del casquillo.
X1	Final de carrera	Verificar el cierre del cobertor.
X2	Final de carrera	Verificar el cierre del cobertor.
Y0	Driver PUL-	Pulsos para driver del motor acoplado al mecanismo de la torcha
Y1	Driver PUL-	Pulsos para driver del motor acoplado al eje.
Y2	Driver DRI-	Activa la inversión del giro en el driver para el motor del mecanismo.
Y3	Driver DRI-	Activa la inversión del giro en el driver para el motor acoplado al eje.
Y4	Switch	ON/OFF de la electroválvula del gas argón.

Fuente: Autor.

De igual manera detallaremos las variables para el teclado del PLC, que serán mostrados en el HMI.

Tabla 6 Variables para HMI

Tecla	Elemento	Función
F1	M0	Inicio del funcionamiento.
F2	M2	Paro de emergencia sistema.
F5	M18	ON/OFF electroválvula de gas.
F6	M30	Calibrar el sistema +1.
F7	M32	Calibrar el sistema -1.
F8	M15	Asigna posicionamiento inicial de la torcha.
ENT	Screen 2	Salta a la pantalla de funciones.
SET	Screen 7	Lleva a la pantalla de calibración.
ESC	Screen 2	Salta a la pantalla de funciones.
0	M9	Reiniciar el contador de casquillos.
1	Screen 3	Salta a la pantalla de variables de proceso.
2	Screen 4	Salta a la pantalla de pulsadores.
3	Screen 5	Salta a la pantalla de variables sistema
4	Screen 6	Salta a la pantalla de aviso de calibración.
▲	Screen +	Salta a la siguiente pantalla.
▼	Screen -	Salta a la pantalla anterior.

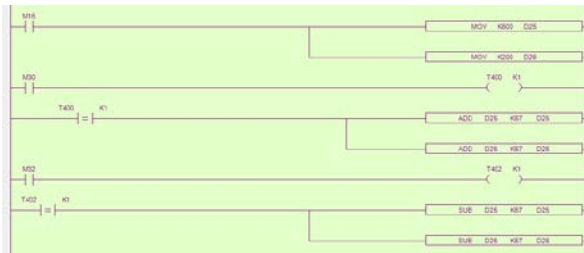
. Fuente: Autor

Programming PLC.

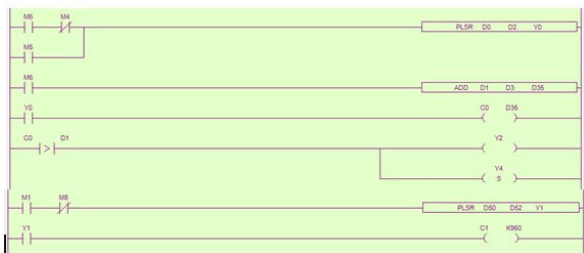
Start Parameter Mapping.



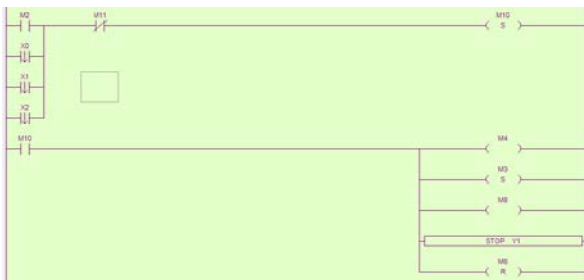
System Calibration



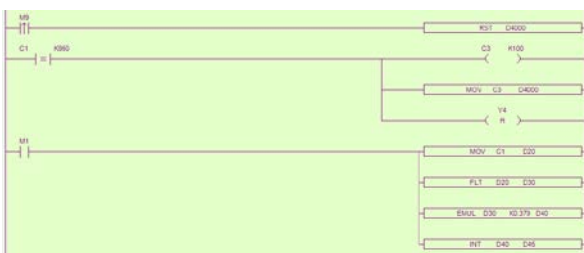
Function for motor control



Emergency Stop



Variables.



Flowchart.

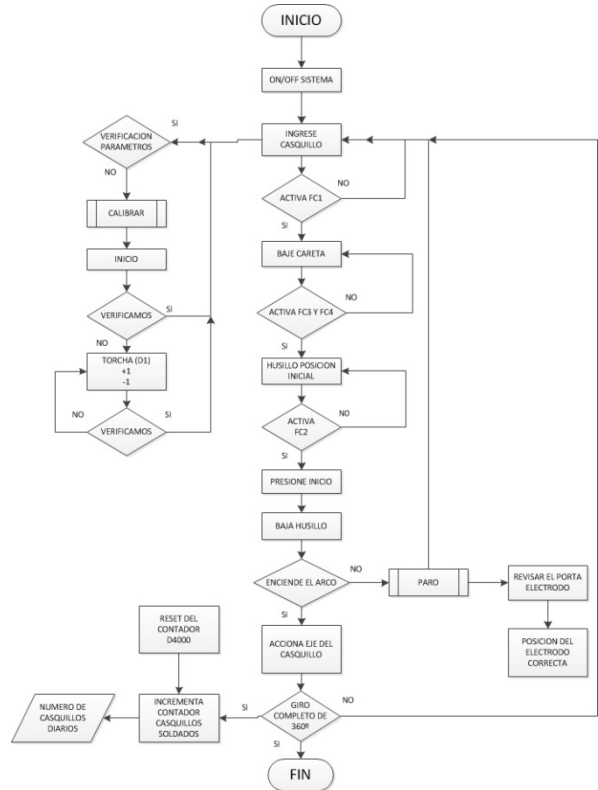


Figura 14 Diagrame de flujo Fuente: Autor.

Response subsystem.

This subsystem is the sizing of the electric actuator in this case DC stepper motors, which are responsible for giving motion to the shaft, and the mechanism of the torch, the actuators must be selected according to needs.

The operation of a stepper motor requires three basic elements:

- Control Unit: in this case PLC which provides pulses whose frequency is proportional to the engine rotation speed, and also the direction of rotation imposed.
- A controller (driver) to guide the various impulses to the motor windings.
- A power supply..

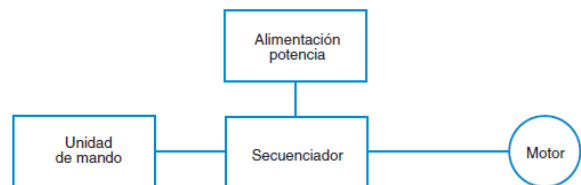


Figura 15 Diagrama de bloques funcionamiento de un motor paso a paso. Fuente Autor.

Driver motor paso a paso



Figura 16 Driver motor paso a paso Wantai DQ542MA

In Wantai DQ542MA driver is the Stepper motor 2-phase bipolar hybrid with a maximum phase current of 4 A and a feed of 18 to 50 V DC.

The driver has isolated inputs and outputs opto-coupled and short circuit protection, phase over voltage protection; low voltage and current.

It has 8 channels output 3 phase (SW1, SW2, SW3) to set the output current, 4 (SW5, SW6, SW7, SW8) for the resolution of pulses per revolution and 1 (SW4) to select the current stop the engine, ON reduces the current to half the selected and the selected OFF current is maintained.

The PUL +, PUL-input pulse input to the driver of stepper motor, DIR +, DIR-entry to the direction of rotation of the motor and IN +, IN-is used to enable and disable the driver.

The DC +, DC-tickets are for the positive and negative power respectively with 18 to 50 VDC.

Inputs A +, A-, B +, B-are the coils of the stepper motor.

4. IMPLEMENTATION

In this chapter includes:

Construction of the mechanical structure: to serve as a support mechanism for the positioning of the torch, the axis of the cap and electric motors.

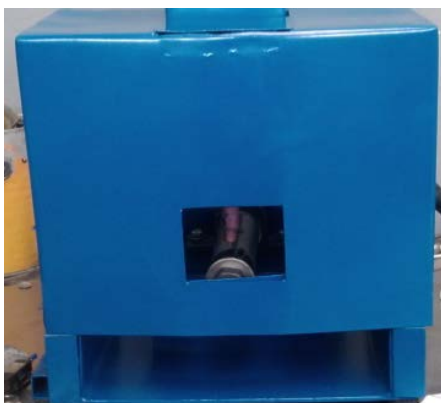


Figura 17 Estructura Mecánica Fuente Autor.

Implementation of the control system

It has a number of devices, PLC + HMI, drivers, power supplies, fuses, structured in a cabinet in order to keep track of some parameters involved in the welding process.

The PLC is the core of the control system is responsible for sending and receiving digital electrical signals, process and activate the mechanisms that make the welding system.

The PLC will receive digital signals from the limit switches located in the welding system, which will ensure the proper beginning of the process, because while all limit switches are not actuated controller does not give the order to start the process.

The switch / start switch - to process are located so that they are operated with the cover and the income cap on the axis, ie that while the spread of welding is not located and the switch is actuated the process does not start , also until the cap is entered, ensuring that everything should be in place to successfully start the welding process.

In the seven-screen HMI controller is visualized in the first presentation of the machine, the second functions we can choose parameters, functions, variables and calibration parameters in the third set is displayed in the welding machine, some variables in the fourth, including the status of each of the limit switches is displayed, the two buttons start and stop the welding process to be operated with F1 and F2 respectively and is also displayed in the fifth counter caps soldiers, the angular position of the shaft, records pulse counter mechanism for positioning the torch and registration number to counter bush soldiers in the sixth displays a warning message before calibrating the and in the seventh machine parameters to calibrate the positioning of the torch to ensure the lift arc arc start.

In the controller outputs, four transistor outputs are connected to the drivers of stepper motors, Y0 and Y1 pulse output for each driver, Y2 and Y3 to address



Figura 18 Tablero de control Fuente Autor.

Calibration of the system.

Before starting the process you should always check whether the system is calibrated, mainly positioning the torch to get a proper process of soldering. Before you begin testing welding system, it must be previously calibrated, care every step of the welding process guarantees excellent results.

The positioning of the welding torch, for each rotation of the motor coupled to the mechanism, vertically moves 3mm.

The mechanism must be in its original position so that the process is started and the parameters previously seteados on the controller, initially ensure stable and smooth arc.

One of the important aspects in the calibration if the electrode is placed in the torch, after sharpening the tip this should have a distance of 3-7 mm from the nozzle, to avoid inclusion of tungsten in the weld to generate the arc and contaminate the weld base material this would also lead to have to sharpen the electrode to fray again unnecessarily.

The torch once it touches the cap and activates the gas immediately up to 3 mm to generate the arc, this does reversing the rotation of the motor revolution and leaving it locked in that position until the end of the welding process, once completed returns to its initial position giving two complete revolutions and off the flow of gas to end the arc, it should be emphasized that these parameters will vary depending on how the user to calibrate the machine.

The axis of the cap has an American thread witworth with a pitch of 1mm, which will be introduced two threaded washers that will position axially and radially workpieces and hold them at the same time, they must equally be in their position to get a good weld.

The two washers must be positioned so as not to overheat and may dissipate heat generated by the electric arc.

Tests.

The operating point of the system is looking for the most representative varying parameters such as amperage and speed of advance of the base metal.

The weld quality depends on control of various parameters, among them are fundamental: the intensity of the current, and the progress of the torch, the perfect state of the tip of the electrode and the base metal absolutely clean before you start the process

For the analysis of the evidence table was prepared by varying some parameters until a suitable welding process taking into account several aspects such as the start and end of the arc, advancement and positioning of the torch and constant feed gas flow rate constant, tests for different test specimens was used in order to make the corresponding analysis.

Tabla 7 Pruebas del Proceso TIG

Pas es	Espes or mm	Elect rodo mm	D. boquill a mm	Procedimiento de soldadura		Velocid ad de avance rpm
				Corriente Tipo	Ampe raje A	
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	6.3

Fuente: Autor

Analysis of results

The most representative parameters where the welding process is the right to translate them into an EPS is chosen.

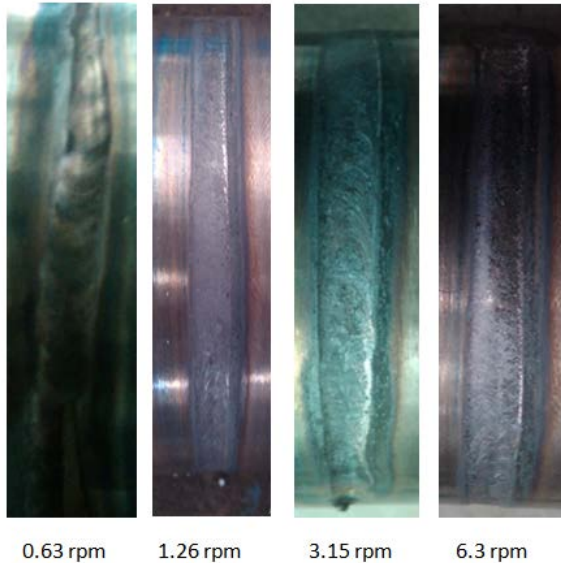


Figura 19 Pruebas a 60 A
Fuente: Autor.

Tabla 8 Análisis de la probeta a 60 A

Análisis del Procedimiento de Soldadura		
Amperaje (A)	Velocidad de avance (rpm)	Resultados
60	0.63	No melting bath acceptable seam jagged edges due to low speed of the torch
60	1.26	There bath efficient and acceptable fusion with a constant arc melting the material properly because the feed rate is to obtain a cord suitable quality, clean and uniform
60	3.15	There acceptable melting bath with this amp and the rapid advance of the torch have a cord with porosities.
60	6.3	There are weld but fast forward the torch which is created in the weld fusion with a dunk.

Fuente: Autor



Figura 20 Casquillo Soldado
Fuente: Autor

Once established specific standards for welding welding in particular, obtaining the operating point of the welding machine, the displays that information in a document called welding procedure specification (EPS).

Welding procedure specification for stainless steel EPS.

Specification No. Specification TIG welding process 141 T
BW 8 nm t03 D38 PF ss nb

Title:

Welding: TIG tube to tube.

Scope:

This procedure is applicable for square groove welds in the range of 1/8 "(3.2 mm) to 1/8" (3.2 mm). The welding can be done at the following positions 1G.

Base metal:

Base metal must conform to the austenitic stainless steel.
Specification no backing material.

Electrode:

The tungsten electrode must meet specifications EWTh No. AWS-2 specification AWS A5.12 tungsten diameter should be 1/8 "(3.2 mm) maximum. The final form of the tungsten should be sharp to 2 or 3 times its diameter.

Shielding gas:

The protective gas or gases must comply with the following compositions and purity argon welding quality.

Joint design and tolerances:

Preparation of base metal:

It must remove all the contaminants such as cutting fluids, fats, oils. This cleaning should be done with any suitable solvent or detergent. The face of the board and both inner and outer surfaces of the tube should be cleaned within 1 "(25 mm) to remove rust, slag and scale that is in the material to be welded. Cleaning can be mechanical or chemical. The mechanics do grinding, wiping with a stainless steel brush, scraping, machining or filing. The chemical can be done using acids, alkalis, solvents or detergents. Should be performed until the metal is shiny.

Electrical characteristics:

The current must be current electrode connected to the positive (DCEP). Base metal must be connected to the positive pole of the line.

Specifications Operating range:

Warmup:

The tubes welded in this case they are not subjected to temperatures due to their minimum thickness (1.6 mm), although it is advisable to warm to a temperature of 10 ° C to start the process of welding base metals over 6 mm thick .

Gas backup:

Not applicable.

Security:

You should use clothing and appropriate protective equipment. The area must be free of all risks that can affect the welding machine or operator or others in the work area. The TIG welding machine, welding cables, electrode holder and other equipment must be in safe working condition. It should take into account all the aspects mentioned in the user manual to ensure the operation of the welding system and avoid any incidents or accidents during and after the welding process.

Soldering Technique:

Butt welding or square groove in the first instance should focus cap on the shaft axially and radially supporting the torch touches the base metal and stands up to a distance of 3 mm activating protection gas to start the arc and Turning the bushing at a speed of 1.26 rpm so that the melting bath is formed continuously throughout the welding process, as the process progresses, the speed can be varied according to the needs to maintain a uniform weld bead, welding the end of the rotational speed of welding is increased so that the molten solder can be closed and it does not split, no.

Cleaning:

After welding additional cleaning is required to obtain a finished product.

Inspection:

Inspect visually for welding uniformity and discontinuities. Cracks, incomplete fusion, overlap and should not exist.

Repairing:

Repair defects are not allowed, they must be made manually.

Analysis of costs and benefits

Detailed review of all system costs and payback period analysis is the same.

The monthly gain him taking account of the average sales of

52 units will be \$ 424.8 over the usefulness of having sales \$ 2,215.2 \$ 2,640.

If the investment of the entire system is \$ 5074.2 and the monthly gain is an average of \$ 2,640 thus recovered in an estimated time of 58 days.

5. CONCLUSIONS

The import cost cap is \$ 14.9 and the estimated cost of production with the implementation of the system is \$ 6.73 so net income of \$ 8.17 was obtained for each cap produced obtaining a gain of 54.8%.

The PLC + HMI was used in the control system to be robust and provides great benefits, allowing us to keep track of the parameters involved in the welding process as controlling the forward speed and the distance between the electrode and the base metal to obtain a uniform weld bead.

It greatly improves the process as there is a constant coordination between the torch and the weld cap maintaining a fixed distance of 5 mm between the electrode and the base metal which is difficult to achieve with a manual process because coordination varies Welder each process.

With the implementation of the system direct exposure of ultraviolet rays of the arc and the various accidents to which the welder is exposed to a manual process is avoided.

6. REFERENCES

- [1] Soldexsa-Oerlikon, «Manual de Soldadura & Catalogo de productos,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.slideshare.net/pedrohumb/manual-de-soldadura-oerlikon>.
- [2] M. Zalazar, Soldadura por arco con electrodo no consumible- Gas Tungsten Arc Welding, Buenos Aires: Neuquen, 2001.
- [3] R. L. Norton, Diseño de Maquinas un enfoque integrado., Cuarta ed., P. Hall, Ed., Pearson Education, 2011, p. 1066.
- [4] Xinje Electronic Co.,Ltd, Operating manual XP/XMP series industrial integral controller, Primera ed., p. 44.
- [5] TIG HANDBOOK, «TIG HANDBOOK for GTAW Gas Tungsten Arc Welding».
- [6] Automation Direct, «Manual del Sistema de Motores paso a paso Sure Step,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.automationdirect.com/static/manual/surestepmanualsp/appxa.pdf>.

- [7] J. Larry, Manual de Soldadura GTAW (TIG), Madrid: Paraninfo, 2010, p. 210.
- [8] G. H. Riesco, Manual del Soldador, Sexta ed., Cesol, p. 644.
- [9] A. Rivas y J. Maria, Soldadura Eléctrica y sistemas TIG y MAG, Novena ed., Madrid: Paraninfo, 2009, p. 342.



José W. Villota B., nació en El Angel-Ecuador el 20 Diciembre de 1988. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio Experimental León Ruales. Egreso en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2014. Actualmente trabaja en proyectos automatización.

Área de Interés: Control y Automatización