

# **“Diseño y construcción de pinza de soldadura de punto para robot industrial Kuka KR16-KR15, del laboratorio de automatización y mecatrónica de la Escuela Politécnica del Ejército”**

**ING. FERNANDO OLMEDO, ING. HERNÁN LARA, Sebastián Ordóñez**

**RESUMEN:** La idea fue desarrollar un prototipo de Soldadora de punto para adaptarse a un brazo robótico kuka Kr16, se considero parámetros como la corriente, presión en las placas y tiempo de aplicación de los dos factores ya mencionados.

Mediante la utilización de un sistema electrónico comandado por un microcontrolador, se permitió al usuario definir el tiempo que un autotransformador va a entregar corriente eléctrica al sistema de soldadura. Un sistema neumático gestiona la presión a las placas a ser soldadas, controlado por un modulo WAGO, que al recibir un orden del KCP (Kuka Control Panel) del robot manda una señal para que el mecanismo portaelectrodos-electrodos se active o desactive.

Se programo una trayectoria para el brazo robótico y finalmente se acoplo el prototipo al brazo robótico. Los resultados fueron un éxito siendo el primer paso hacia el desarrollo de herramientas para robots en la Escuela Politécnica del Ejército.

**Palabras clave: Soldadora, Kuka, microcontrolador, portaelectrodos, electrodos, robot.**

**ABSTRACT:** The idea was to develop a Spot welding machine to be placed in a Kr16 kuka robotic arm, was necessary to consider parameters such as the current to be delivered to the metal plates to be welded, the pressure on its surface, and the time that the plates would be subject to the above two factors.

Using an electronic system controlled by a microcontroller, allowed the user to set the time that an autotransformer will deliver power to the weld system. A pneumatic system controls the pressure on the plates to be welded, controlled by a WAGO module, that upon receiving an order from the KCP (KUKA Control Panel) robot sends a signal to the electrode holder mechanism to activate or deactivate.

Was scheduled a path of points in the space for the robot arm and finally coupling the prototype to the robotic arm. The results were a success, it was the first step towards the development of tools for robots in the Army Polytechnic School.

**Keywords: Welder, Kuka, microcontroller, electrode holders, electrodes, robot.**

Palabras clave:

- KUKA KR16
- AUTOTRANSFORMADOR
- MICROCONTROLADOR
- SISTEMA NEUMATICO
- MODULO WAGO.

## INTRODUCCIÓN:

La Escuela Politécnica del Ejercito, en la laboratorio de automatización y mecatrónica, cuenta con tres robots industriales de la marca alemana KUKA, los modelos son un KR5, KR15 y KR16, en los últimos años estos equipos han estado destinados solamente para impartir una cátedra en la carrera de Mecatrónica. Es razonable pensar que los equipos han sido subutilizados. Por esta razón se tomó la iniciativa de empezar con un pequeño prototipo para iniciar una serie de proyectos que involucren a brazos industriales ya sea en celdas de manufactura o efectores finales como herramientas del robot.

En el mundo existe una gran cantidad de industrias que utilizan brazos robots para diversas tareas, pero el asunto radica en que el robot por sí mismo no es útil, necesita una herramienta que en conjunto (robot-efector) realicen una tarea específica. Por ejemplo los robots que están actualmente en la industria alimenticia, recolectando pizzas, latas, etc. Tienen una pinza construido con materiales que no permiten o minimizan el crecimiento de bacterias en su superficie, los robots que han incursionado en la medicina de la misma forma tiene bisturíes o aditamentos que solamente funcionan en operaciones o en actividades médicas. Los robots más utilizados o que han tenido mayor difusión son los que tienen soldadoras colocadas en su punta para soldar chasises automotrices, en fin lo que no se debe perder de vista es que sin el efector final, el brazo robótico sea de la marca que sea no es más que un juguete muy costoso.

Se considero como proyecto una máquina soldadora de punto para ser

acoplada al brazo robótico. Una soldadora de este tipo tiene 3 factores primordiales ha ser considerados, la corriente o amperaje necesaria para que placas metálicas de varios espesores se suelden entre sí, la presión ejercida sobre las mismas, y el tiempo que estos dos factores interactúan con las placas metálicas en cuestión. También debía tomar en cuenta que, como se planeaba colocar el prototipo en el brazo robótico, era necesario programar la trayectoria por la que el robot se desplazaría.

Una vez conocidos los factores principales, se dividió el proyecto en etapas:

- AUTOTRANSFORMADOR
- ETAPA DE CONTROL
- SISTEMA NEUMÁTICO
- CONSTRUCCIÓN PROTOTIPO
- PROGRAMACIÓN  
DESPLAZAMIENTO DEL  
ROBOT
- PRUEBAS Y ACOUPLE FINAL

## AUTOTRANSFORMADOR

Es ampliamente conocido el principio de funcionamiento de un transformador, para una soldadora de punto se usa un autotransformador de un solo núcleo o de devanado sobre puesto. Esto quiere decir que en lugar de tener los devanados separados físicamente por un espacio, se encuentran situados uno sobre el otro aislados entre sí por algún material no conductor.

$$V_1 := 220 \quad V$$

$$I_1 := 10 \quad A$$

$$N_1 := 160$$

$$V_2 := 5 \quad V$$

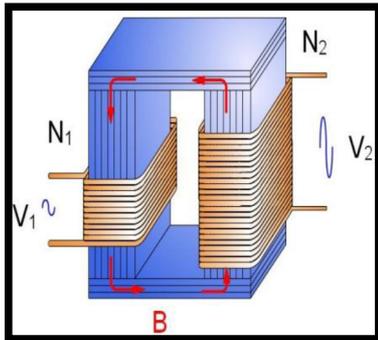
$N_2 := 2$

$$I_2 := \frac{I_1 \cdot N_1}{N_2}$$

$I_2 = 800$

A

Se dimensiono el transformador para que alimentándolo con 220V, se obtenga el máximo potencial del mismo.



**FUENTE:**

<http://tecnoblogsanmartin.wordpress.com>



Los diferentes devanados proveen una gama de amperajes que permiten al usuario proveer a los electrodos de soldadura diferentes valores de corriente para soldar varios espesores de placas metálicas. Una ventaja de este tipo de transformador es que ahorra material y espacio, pero se calienta rápidamente, por lo que adicionalmente es aconsejable la colocación de un ventilador para disipar el aumento de temperatura y prevenir que las espiras o el aislamiento sufran daños.

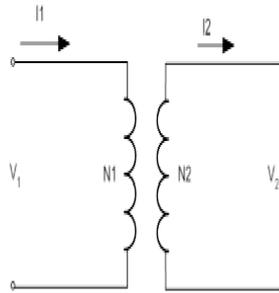
Una vez seleccionado el amperaje según el espesor de las placas, dos cables de batería 00, transmiten la corriente hacia los electrodos de soldadura. El transformador estará activo hasta que se corte la señal de control, es de suma importancia definir el tiempo de trabajo del equipo según el espesor a soldar y nunca excederse por que el amperaje empieza a crecer exponencialmente causando que se activen los Brakers de protección.



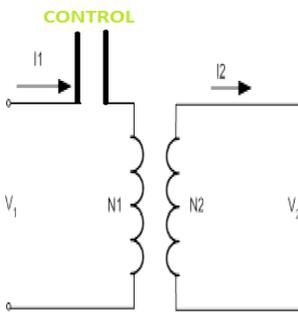
## ETAPA DE CONTROL

Como se menciona antes, es necesario controlar el tiempo que el transformador estará entregando su potencial eléctrico, para este fin, se utilizo un sistema electrónico comandado por un microcontrolador PIC16F877A, el cual ayudado por un sistema de pulsadores provee al usuario la opción de visualizar información acerca del proyecto de

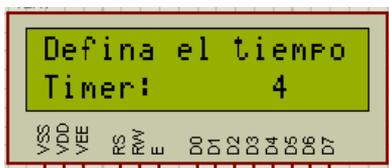
tesis y también definir el tiempo de trabajo del transformador.



El circuito del transformador en operación, cuando esta desactivado o termino su ciclo de trabajo, deberá abrirse y cuando el sistema planteado entra en acción, el circuito luce así.



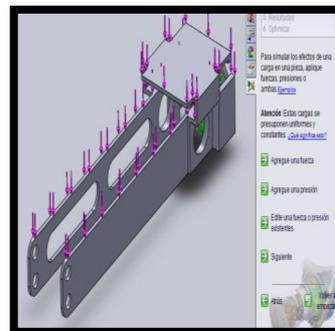
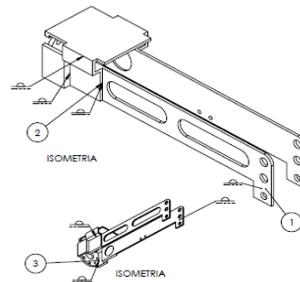
En pantalla se visualizan dos mensajes, si uno presiona P1, se tiene un mensaje en el cual se recibe información de los sistemas, limites de operación etc. La segunda nos da la opción de definir el tiempo de trabajo, no es recomendable exceder los 20 segundos de trabajo del transformador ya que podría dañarse.



Se utilizaron elementos electrónicos muy comunes como resistencias, condensadores, pulsadores, etc. Aparte se programo el PIC utilizando el lenguaje BASIC, con el programa microcodestudio.

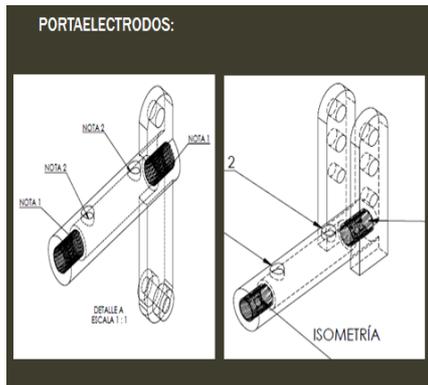
### CONSTRUCCIÓN PROTOTIPO

El bastidor es la pieza que sostiene los demás elementos del prototipo, por lo que fue importante diseñarlo para que soporte el peso de los elementos, las cargas a las que sería sometido, y que no exceda los 16 Kg que es el limite de carga que el robot en sus indicaciones recomienda para no dañar los servomotores del brazo robot. Para esto se utilizo el programa SolidWorks para su diseño y análisis y también el Kuka Load, para verificar que dinámicamente no se excedan los límites de operación.

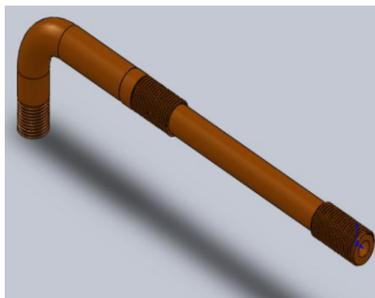


Los porta-electrodos tienen la misión de formar una cámara que provea enfriamiento a los electrodos de soldadura y sostener los electrodos

para el proceso de soldadura. Se utilizó el programa SolidWorks para este propósito.



Para los electrodos de soldadura se utilizó cobre electrolítico de alta resistencia, por que este material resiste muy bien el impacto mecánico, es un gran conductor térmico, eléctrico y disipa naturalmente la temperatura.

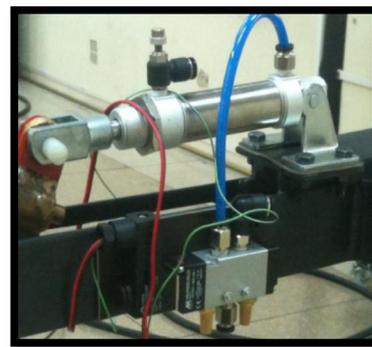


Para su construcción se utilizaron muchas operaciones metalmecánicas, como el desbaste manual, torneado, fresado, soldadura, roscado, etc.



## SISTEMA NEUMÁTICO

El sistema neumático lo compone un microcilindro que activara el mecanismo que comanda el portaelectrodo móvil para que al entrar en contacto con las placas, los electrodos transmitan tanto presión como amperaje. Una electroválvula 5/2 con retorno a resorte permite el paso del aire hacia el actuador, el aire lo provee un compresor de taller industrial operando a máximo 7 bares.



La señal de activación de la electroválvula lo controla el modulo WAGO, que se encuentra en el armario de control del robot kuka, el modulo envía 24 Vdc cuando la programación del Kuka Control panel lo dictamine. Si bien es cierto los 24 Vdc pueden activar directamente la electroválvula para cualquier proyecto que involucre físicamente elementos o componentes de un robot industrial, es altamente recomendable utilizar una fuente de corriente continua externa y un relé industrial para tener tierras independientes, de esta forma se precautela la integridad del robot y sus módulos.



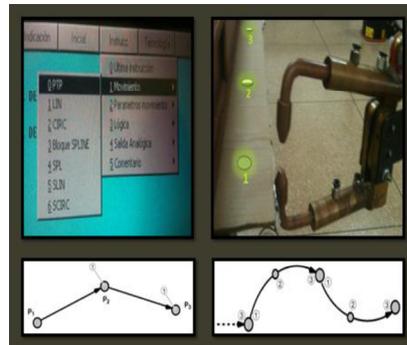
## PROGRAMACIÓN DESPLAZAMIENTO DEL ROBOT

La programación del brazo robótico fue desarrollada para trabajar directamente con un efector final, todos sus movimientos están mentalizados para que en un punto definido de la trayectoria, la herramienta cumpla su función, se desplace y cumpla su función, así hasta acabar la secuencia de instrucciones y regresar a su HOME.

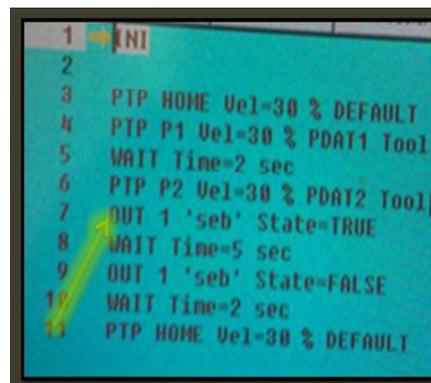
Lo primero a realizarse es la definición de la herramienta. El robot para desplazarse toma como referencia puntos en el espacio referenciados a cierta parte de su propio cuerpo o del entorno. Para definir la herramienta debemos darle al robot la idea de que el punto de referencia para cualquier movimiento es la punta activa de una herramienta.



Una vez definida la herramienta y cerciorados que no se exceda los límites de carga, se programa una secuencia de puntos, el panel de control del robot permite realizarlo de manera sencilla solo siguiendo los sub menús de desplazamiento, también se puede definir puntos de desplazamiento mediante el uso del CAD, generando puntos en planos 3D, luego compilándolos con el software del robot, pero se lo recomienda en el case de procesos o necesidades muy específicas, de lo contrario, puntos de desplazamiento y puntos de transición entre puntos deberían ser la alternativa mas eficiente a ser utilizados.

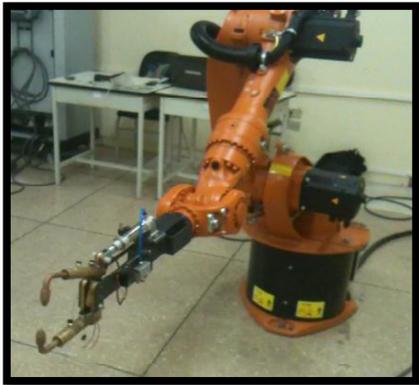


Es en este punto que mediante flancos de activación se programa el accionar del modulo WAGO, si se visualiza OUT = True significa que en un lapso una salida específica del modulo esta activo por un tiempo hasta que la salida reciba un OUT = False desactivándose.



## RESULTADOS

En cuanto al movimiento del robot y activación de las salidas digitales para activar el efector final los resultados fueron satisfactorios al comprobar que el robot y el efector trabajan en sincronía como se lo planifico.



El transformador logró soldar laminas de 2 mm de espesor registrando un amperaje de 742 A, considerando las perdidas por ser un transformador de origen artesanal el resultado es bueno y prometedor.

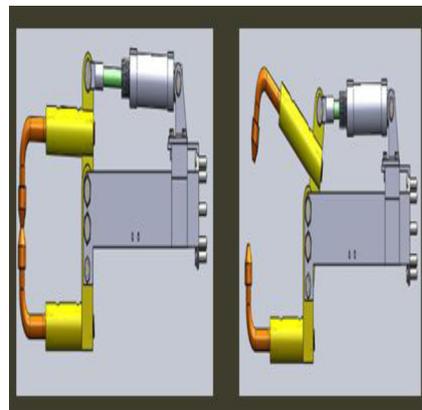


Se determino que gracias a que el tiempo de aplicación de corriente es pequeño y el material del electrodo es un gran disipador de calor que la refrigeración por agua sería suficiente para llevarse el calor excesivo producto de la soldadura. Para determinar la temperatura se utilizo un termómetro

laser el cual registro la temperatura a lo largo del electrodo.



En cuanto al mecanismo utilizado el análisis de ventaja mecánica determino que se cumple con la entrega de energía, pero que se podría optimizar al aumentar segmentos para completar un mecanismo de 4 barras lo que multiplicaría la fuerza de salida aprovechando aun más el conjunto.



## DISCUSIÓN

El transformador utilizado considerando su naturaleza artesanal, cumplió con las expectativas ya que su funcionamiento esta asociado a un prototipo que esta orientado a la docencia, en caso de querer que sea operativo, se debería considerar mejores materiales y métodos de aislamiento para su construcción para que el amperaje de salida sea más próximo hacia el valor calculado.

El sistema electrónico que controla al transformador fue todo un éxito ya que evita que se tenga que utilizar las salidas del modulo WAGO del robot para dar al transformador señales de activación, precautelando la seguridad de la KUKA, además permite al usuario definir el tiempo sin tener la necesidad de tener que programar un tiempo desde el panel de control del robot.

El mecanismo de funcionamiento del porta-electrodo móvil, podría ser optimizado al adicionar barras que aprovechen de mejor manera la energía física entregada por el actuador neumático.

### **CONCLUSIONES**

- Se diseño y construyo un prototipo soldadora de punta para el laboratorio de automatización y mecatrónica de la Escuela Politécnica del Ejército.
- Se construyo un autotransformador comandado por un control electrónico
- Se acoplo el sistema neumático al robot KUKA KR16 y se confirmo el desempeño del efector final.
- Se confirmo que las instalaciones de la Universidad cuentan con los equipos adecuados y el personal capacitado para realizar cualquier tipo de proyecto que se presente.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Fuente propia

- Se determino que el proyecto es rentable para la institución ya que de optimizarse el prototipo con una pequeña inversión se pueden generar una pequeña industria dedicada al desarrollo de herramientas para robot inexistente en el mercado nacional.

### **RECOMENDACIONES**

- Es recomendable re enfocar el perfil de los nuevos ingenieros mecánicos para poder desenvolverse en sectores industriales antes dominados por otras ramas de la ingeniería como la electrónica o los sistemas, la diversificación de conocimientos enriquece la perspectiva del ingeniero reflejando en su trabajo una mayor creatividad y soluciones más eficientes.
- Se recomienda la adquisición de intercambiadores rápidos de herramientas para brazos robóticos, lo que en el caso de desarrollarse nuevas tesis de efectores finales, puedan formarse celdas de manufactura inteligentes con cambios de herramientas automatizados.
- Se pone a consideración a las autoridades del DECEM, la instalación de líneas de aire comprimido junto con un compresor central para el desarrollo de herramientas que trabajen en conjunto con las KUKA.

-----

Ing. Fernando Olmedo

El sistema electrónico que controla al transformador fue todo un éxito ya que evita que se tenga que utilizar las salidas del modulo WAGO del robot para dar al transformador señales de activación, precautelando la seguridad de la KUKA, además permite al usuario definir el tiempo sin tener la necesidad de tener que programar un tiempo desde el panel de control del robot.

El mecanismo de funcionamiento del porta-electrodo móvil, podría ser optimizado al adicionar barras que aprovechen de mejor manera la energía física entregada por el actuador neumático.

### **CONCLUSIONES**

- Se diseño y construyo un prototipo soldadora de punta para el laboratorio de automatización y mecatrónica de la Escuela Politécnica del Ejército.
- Se construyo un autotransformador comandado por un control electrónico
- Se acoplo el sistema neumático al robot KUKA KR16 y se confirmo el desempeño del efector final.
- Se confirmo que las instalaciones de la Universidad cuentan con los equipos adecuados y el personal capacitado para realizar cualquier tipo de proyecto que se presente.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Fuente propia

- Se determino que el proyecto es rentable para la institución ya que de optimizarse el prototipo con una pequeña inversión se pueden generar una pequeña industria dedicada al desarrollo de herramientas para robot inexistente en el mercado nacional.

### **RECOMENDACIONES**

- Es recomendable re enfocar el perfil de los nuevos ingenieros mecánicos para poder desenvolverse en sectores industriales antes dominados por otras ramas de la ingeniería como la electrónica o los sistemas, la diversificación de conocimientos enriquece la perspectiva del ingeniero reflejando en su trabajo una mayor creatividad y soluciones más eficientes.
- Se recomienda la adquisición de intercambiadores rápidos de herramientas para brazos robóticos, lo que en el caso de desarrollarse nuevas tesis de efectores finales, puedan formarse celdas de manufactura inteligentes con cambios de herramientas automatizados.
- Se pone a consideración a las autoridades del DECEM, la instalación de líneas de aire comprimido junto con un compresor central para el desarrollo de herramientas que trabajen en conjunto con las KUKAS.

-----  
ING. Hernán Lara