

Desarrollo de un soldador por puntos para el laboratorio de procesos de manufactura de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Development of a spot welder for the manufacturing process laboratory of the Francisco de Paula Santander Ocaña University

MSc. Eder Norberto Flórez solano¹, MSc. Edwin Edgardo Espinel Blanco², MSc. Jhon Erickson Barbosa Jaimes³

¹El Grupo de Investigación en Ingenierías Aplicadas para la Innovación, Gestión y Desarrollo INGAP, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia, <https://orcid.org/0000-0003-2527-0413>
Email: enflorez@ufps.edu.co

²Grupo de Investigación en Tecnología y Desarrollo en Ingenierías GITYD, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia, <https://orcid.org/0000-0003-4479-2874>, Email: eespinelb@ufps.edu.co

³Grupo de Investigación en GESTINDUSTRIALES EOCA, Universidad Nacional a Distancia, Colombia, <https://orcid.org/0000-0001-7890-2678>, Email: jhebar@hotmail.com

Como citar: E. N. Flórez, E. E. Espinel y J. E. Barbosa, "Desarrollo de un soldador por puntos para el laboratorio de procesos de manufactura de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña", *Revista Ingenio*, vol. 16, n°1, pp. 30-35, 2019, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2389>.

Fecha de recibido: 16 de julio de 2018
Fecha aprobación: 05 de noviembre de 2018

RESUMEN

Palabras claves:

Corriente eléctrica, Soldadura, Presión mecánica, Propiedades físicas

La soldadura por puntos es la forma que más se aplica entre la soldadura por resistencia. Esta consiste en prensar dos piezas de metal laminado entre dos electrodos de cobre, por donde pasa una corriente eléctrica con suficiente intensidad por las piezas, para dar lugar a la unión de las piezas. La soldadura por puntos pertenece al grupo de soldadura por resistencia en los cuales se genera el calor necesario para soldar, por la resistencia de las partes al paso de una corriente eléctrica. Al utilizar la presión adicional se mejora las propiedades mecánicas de la pieza. Este tipo de soldadura es el más utilizado para la unión de láminas de acero de espesores pequeños o medianos, debido a sus buenas características, localización y rapidez. En laboratorios como en los programas de ingeniería mecánica, existe una deficiencia para obtener todos los equipos, especialmente los equipos de soldadura, por su variedad de tipos de procesos, es por esta razón que este proyecto logró la construcción de un soldador por puntos, a partir de elementos ya existentes, para profundizar los procesos de soldadura en el contenido de la asignatura de forma práctica y en la investigación de estos temas específicos.

ABSTRACT

Keywords:

Electric current, Welding, Mechanical pressure, Physical properties.

Spot welding is the most widely applied form of resistance welding. This consists of pressing two pieces of rolled metal between two copper electrodes, through which an electric current passes with sufficient intensity through the pieces, resulting in the joining of the parts. Spot welding belongs to the resistance welding group. The heat needed to weld is generated by the resistance of the parts to the passage of an electric current. The use of additional pressure improves the mechanical properties of the part. This type of welding is the most used for joining small or medium-thickness steel sheets, due to its good characteristics, location, and speed. In as mechanical engineering programs in laboratories, there is a deficiency in obtaining all the equipment, especially the welding equipment, due to its variety of types of processes, it is for this reason that this project managed to develop the construction of a spot welder, from existing elements, in the content of the subject in a practical way and in the investigation of these specific topics to deepen the welding processes

1. Introducción

Los procesos de soldadura ocupan un lugar muy importante en la industria, en donde existen variedad de productos manufacturados, que necesitan de uniones soldada, desde objetos pequeños, a estructuras de gran envergadura. Los conocimientos y comprensión de los diversos procesos y sus aplicaciones proporcionarán habilidades que se pueden desarrollar en el campo de soldadura. El arte y la ciencia de unir metales existen desde hace siglos, y con ligeros cambios y mejoras en materiales, equipos y suministros, cada día se puede aprender algo nuevo a la hora de practicar un

procedimiento de soldadura [1].

El calor que resulta de la corriente que pasa a través del metal que se encuentra bajo presión por los electrodos, crea la fusión de las dos piezas de trabajo durante la soldadura de punto [1]. La soldadura por puntos es el método más usado de la soldadura por contacto, se emplea con mayor frecuencia tanto en fabricación como en reparación y se aplica en gran escala en la industria de aviación y de automóviles [1], esto debido a las ventajas que posee frente a otros sistemas de unión. Siempre que su ejecución se lleve

Autor para correspondencia

Correo electrónico: enflorez@ufps.edu.co (Eder Norberto Flórez solano)

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña
Artículo bajo la licencia CC BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>)



a cabo de la manera correcta, se obtienen soldaduras de buena calidad y uniformes, que presentan una zona fundida homogénea, sin huecos o grietas. Este sistema también nos permite la unión exacta, segura y rápida de una gran variedad de tipos de materiales y formas [2]. La propuesta consiste en diseñar un soldador por puntos, el cual sea portátil y de fácil manejo, para esto, se utilizó un transformador eléctrico, cuya función es, transformar la tensión e intensidad de la corriente alterna de la red basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética, está constituido por dos bobinas de material conductor, enrolladas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente [3].

Para realizar este proyecto fue necesario utilizar un transformador elevador de voltaje. El cual produce en su estado original alrededor de 2500 volts, por medio de unos ajustes se redujo este voltaje y así elevar su amperaje, para que pueda calentar piezas de metal hasta unir las. Tanto los cables como los electrodos que se utilizaron, se seleccionaron de un metal lo más conductivo posible, como el cobre, para minimizar las pérdidas por efecto Joule, cuantas menos uniones se establezcan en un circuito por el que va a circular una alta intensidad de corriente las prestaciones serán superiores, incrementándose su seguridad, fiabilidad y rendimiento, esto se debe a que las interrupciones añaden resistencia y por tanto pérdidas en forma de calor. Si un punto se calienta en exceso debido a una sección inadecuada o a un mal contacto existirá un alto riesgo de fallo a corto plazo, e incluso peor, un potencial incendio [3]. El desarrollo de este trabajo fue la construcción de un soldador de punto a partir de elementos existentes, los cuales se adecuaron a las necesidades del proyecto, buscando mejorar la práctica en la asignatura de procesos de manufactura y la investigación en la línea de procesos industriales.

2. Metodología

Para el desarrollo de este trabajo se basó en concepto que proporcionaron la estructura sólida y otros elementos, los cuales se presentan a continuación, además sería una buena propuesta para la asignatura de procesos de manufactura del programa de ingeniería mecánica siguiendo una metodología adecuada. La soldadura por puntos pertenece al grupo de soldadura por resistencia en los cuales se genera el calor necesario para soldar, por la resistencia de las partes al paso de una corriente eléctrica. Pero además de requerir el calor para soldar, este procedimiento requiere la aplicación de presión mecánica para poder unir las partes por forjado [4]. La presión mejora la estructura de las piezas aumentando las propiedades físicas del metal [5]. Este tipo de

soldadura es el más utilizado para la unión de láminas de acero de espesores pequeños o medianos, debido a sus buenas características, localización y rapidez. La unión localizada punto a punto frente a un cordón de soldadura continuo produce un menor calentamiento de las superficies de las chapas a soldar [5]. El cual se ve en la figura 1, en donde I , es la intensidad de la corriente y P , es la carga aplicada.

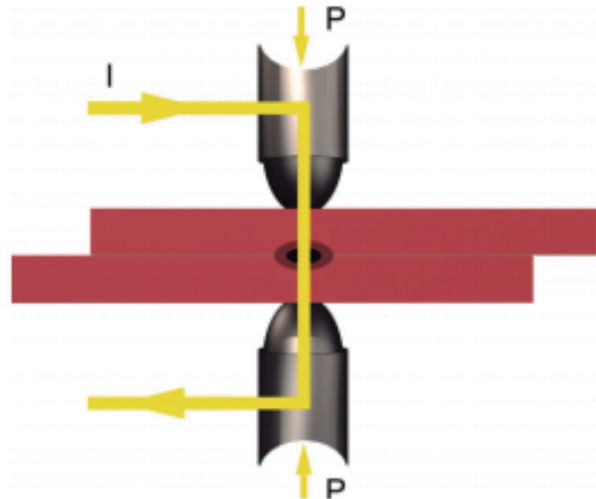


Figura 1. Esquema del proceso de soldadura por resistencia. [5]

Corriente eléctrica: La corriente eléctrica es una carga en movimiento. Los portadores de carga pueden ser simplemente partículas con electrones o protones, que pueden o no asignarse a objetos mayores, átomos o moléculas, el flujo de carga eléctrica que atraviesa un material conductor durante un periodo de tiempo determinado. Esta se expresa en culombios por segundo (C/s), en el Sistema Internacional de Unidades y la unidad se conoce como Amperio (A). Para que exista corriente eléctrica debe haber circulación de electrones a través de un circuito eléctrico cerrado, es decir, que estos se muevan de polo a polo de la fuente que suministra la fuerza electromotriz [6]. Este fenómeno también puede ocurrir, con variaciones, respecto a la naturaleza, por ejemplo cuando las nubes cargadas desprenden chorros de electrones que circulan por el aire y causan los rayos. Para medir bien la corriente eléctrica se utiliza la Ley de Ohm que usa intensidad, voltaje y resistencia eléctrica [1].

Corriente alterna: Se denomina como corriente alterna a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente a través del tiempo. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sensorial puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía. Sin embargo, en ciertas aplicaciones se utilizan otras

formas de onda periódicas, como la triangular o la cuadrada. Se diferencia de la corriente continua o directa por el cambio constante de polaridad que efectúa por cada ciclo de tiempo [7].

Transformador: Es un elemento que permite aumentar o disminuir el voltaje y la intensidad de una corriente alterna manteniendo constante la potencia. Aunque el transformador aumente la tensión de un lado a otro (del primario al secundario) el producto del voltaje (V) por la intensidad (I), que es la potencia ecuación 1, permanece constante.

$$P = V_x I \quad (1)$$

No hay transformadores de corriente continua, solo hay de corriente alterna [8].

Electrodos: Un electrodo es un conductor eléctrico, el cual es utilizado para soldar. En el tipo de soldadura por arco eléctrico este se utiliza como un polo del circuito generando así el arco eléctrico en su extremo. Los electrodos son varillas las cuales están cubiertas con diferentes materiales, que varían depende al tipo de soldadura que queramos realizar o al material que deseamos unir.

Interruptor: Son dispositivos eléctricos los cuales realizan funciones de prender y apagar en un mando. Su funcionamiento consiste en dejar pasar o no la corriente en un circuito eléctrico [5].

Material ferromagnético: Los materiales ferromagnéticos, están compuestos de hierro y aleaciones con cobalto, tungsteno, níquel, aluminio y otros metales, (materiales magnéticos más comunes) y son utilizados para el diseño y constitución de los núcleos de los transformadores y máquinas eléctricas. En un transformador se usa para maximizar el acoplamiento entre los devanados primarios y secundarios, así como para disminuir la corriente de excitación necesaria para la operación del transformador; y en las máquinas eléctricas se usan los materiales ferromagnéticos para dar forma a los campos magnéticos, de modo que se logren hacer máximas las características de producción de par [9].

Voltaje: Denominada también como la tensión eléctrica o diferencia de potencial, es una magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito eléctrico cerrado.

Amperaje: Es la fuerza o potencia que tiene la corriente eléctrica, la cual es capaz de empujar las

cargas eléctricas en un medio conductor entre diferentes niveles de potencia. Este concepto también es llamado en ocasiones como corriente y se puede relacionar con la presión que es ejercida en un tubo para el flujo del líquido que este contenga [10].

Máquinas eléctricas: Una máquina eléctrica es un dispositivo que puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica. Cuando este dispositivo se utiliza para convertir energía mecánica en energía eléctrica se denomina generador, y cuando convierte energía eléctrica en energía mecánica se llama motor. Puesto que puede convertir energía eléctrica en mecánica o viceversa, una máquina eléctrica se puede utilizar como generador o como motor. Casi todos los motores y generadores útiles convierten la energía de una a otra forma a través de la acción de campos magnéticos [11].

Campos magnéticos: Los campos magnéticos son el mecanismo fundamental para convertir la energía de una forma a otra en motores, generadores y transformadores. También se puede definir como el campo invisible que ejerce una fuerza magnética en sustancias que son sensibles al magnetismo [11].

Las máquinas de soldadura por puntos se fabrican con traslado del electrodo superior en línea curva o recta. Las máquinas de soldadura por puntos pueden ser semiautomáticas y automáticas. Además se pueden dividir en estacionarias y portátiles. Existen máquinas que sueldan simultáneamente hasta 50 puntos sin cambiar la posición de pieza. Estas máquinas (multipuntos) sueldan más de 10000 puntos por hora, en cambio, la productividad por hora de instalación de monopunto no supera los 2000 puntos. La potencia de las máquinas de soldar por puntos puede ser hasta de 400 kW con una densidad de corriente no menor de 80 A/mm² y una tensión secundaria de 1 a 12 V. La presión sobre los electrodos se efectúa por un mecanismo especial, el cual puede ser de pedal, hidráulico y neumático. La magnitud de la presión sobre los electrodos depende de la composición química del material y de su espesor y es de 2 a 15 kg/mm² [12]. Seguidamente, se presenta la geometría de la máquina la cual se realizó en SolidWorks después de varios diseños y dibujos teniendo en cuenta referencias antes mencionadas, por tal motivo se tomó esta como la mejor opción (Figura 2), donde se muestra el plano de la máquina.

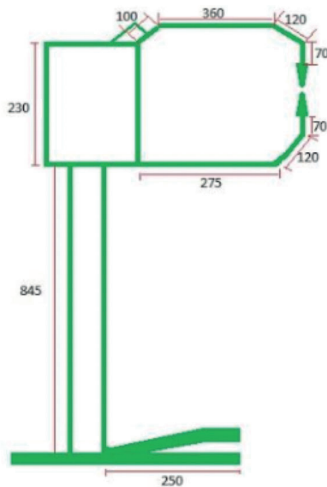


Figura 2. Plano con medidas de la máquina de soldadura por puntos, medidas en milímetros.

Luego, se identificó las partes que conforman el transformador seleccionado para poder retirar el embobinado que se usó para el proyecto, Este consta de dos embobinados uno grueso y otro delgado, en nuestro caso necesitamos el embobinado primario. Como se ve en la figura 3.



Figura 3. Bobina gruesa.

Previamente se utilizó los conceptos para el cálculo del equipo en donde se procedió a definir la geometría de los elementos para su construcción, en este caso se utilizó la herramienta SolidWorks nuevamente, en primer lugar, se trabajó en la caja donde está el transformador (Figura 4 y Figura 5), para su protección.

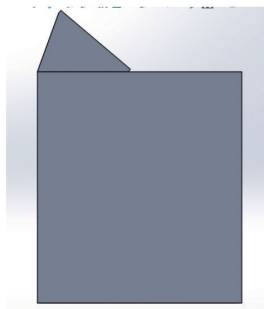


Figura 4. Caja donde estará el transformador en la máquina de soldadura por puntos, vista lateral derecha.

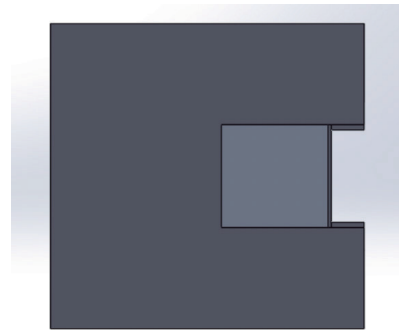


Figura 5. Caja donde estará el transformador en la máquina de soldadura por puntos, vista superior.

Luego, se creó la base del soporte del brazo de la soldadura por punto y su transformador (Figura 6) y la pinza de presión para el contacto (Figura 7.)

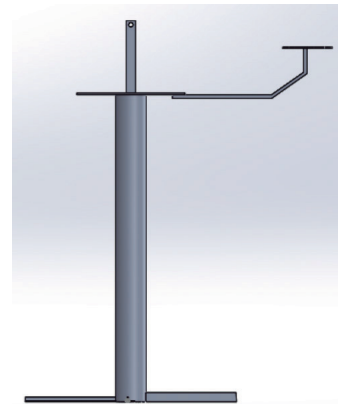


Figura 6. Máquina de soldadura por puntos, vista lateral izquierda.



Figura 7. Pinzas de la máquina de soldadura por puntos, vista lateral.

Seguidamente, se realizó el desarrollo de los elementos que conforman el soldador. En donde, se cortó el tubo de acero con la longitud dadas en el plano figura 2, para el cual se soldó la base superior e inferior por medio de soldadura por arco eléctrico, con electrodos E 6013[13]. La base inferior consta de cuatro secciones de ángulo en acero de perfil en L, para que la carga quede bien distribuida y la parte superior, todo en lámina de 4 milímetros, en la cual se colocó el transformador y las pinzas del soldador. Como se ve en la figura 4 y 5.

Finalmente, después de tener la base, se continúa con la construcción de las pinzas, las cuales están hechas de varilla cuadrada de 1.7 mm, para no tener problemas en la ubicación de los electrodos y el cable por donde se va a transmitir la energía. En el extremo de estas pinzas se debe soldar una base en la cual se ubicó los electrodos (Figura 8), esta se encuentra hecha por arandelas metálicas (Figura 9) y una sección de tubo cuadrada donde irán ubicados 4 tornillos los cuales sujetan los electrodos gracias a unas abrazaderas de cobre las cuales unen el cable coaxial número 14 con los electrodos.



Figura 8. Varilla de cobre sólido de 8mm.



Figura 9. Abrazaderas de una pulgada (2.54mm).

Para los electrodos se utilizó varilla de cobre de 8mm, las cuales tienen forma de cono en su extremo conseguida por el mecanizado gracias a un torno mecánico. Para ejercer la fuerza que se aplicara para unir los electrodos se hizo un pedal en varilla corrugada la cual está conectada a la pinza superior por medio de una platina de acero SAE 1045 [14-15-16] y a la base inferior del soldador por un resorte el cual ayuda a que las pinzas vuelvan a recobrar la posición inicial. Para que el soldador tenga mejor apariencia se realizó una caja para ocultar el circuito que tiene el transformador, esta fue realizada con lámina de acero 1020. Entre el transformador y la base superior se utilizó una pieza de un polímero como aislante. Por último, se presenta el equipo totalmente construido (Figura 10).



Figura 10. Máquina de soldadura por puntos, terminada.

3. Resultados

Por último, se muestra el montaje completo de la máquina, a la cual se le realizaron ajustes para mejorar su funcionamiento, esos ajustes se realizaron en el embobinado del transformador, en el resorte donde están las pinzas y otros de menor importancia. Además, se presentó un documento completo del funcionamiento y operación (Figura 11), se demostró que se puede soldar láminas que suman en su espesor 5 mm (Figura 12).



Figura 11. Máquina de soldadura por puntos, operando.



Figura 12. Elementos soldados.

4. Discusiones

Para este trabajo se tuvo en cuenta los parámetros para la construcción del soldador por puntos, partiendo de un transformador ya construido el cual se le retiraron bobinas que no fueron útiles para el sistema, pero posteriormente se le realizaron ajustes a la bobina para que realizara el trabajo deseado, y al resorte de las pinzas para que realizara la presión deseada, en este momento se entiende que se debe realizar ajustes en operación así se tengan cálculos previos.

5. Conclusiones

Para este trabajo se determinó que el transformador es una máquina eléctrica la cual transforma energía eléctrica de un nivel de voltaje a otro de acuerdo al cálculo del número de vueltas se generara un trabajo más o menos dependiendo de las decisiones tomadas, por tal motivo fue muy importante para este proyecto partir de elemento reutilizables, ajustarlos al sistema deseado y generar menor costo en a la construcción del equipo.

El tipo de soldadura por punto, consiste en llevar muy cerca al punto de fusión la piezas a unir de estas, por medio del cortocircuito que se genera al entrar en contacto con los electrodos con las piezas, calentándolas hasta crear el punto de soldadura, para este caso se logró soldar un espesor entre las dos piezas hasta de 5mm, el cual se tenía como cálculo inicial de 2.5 mm de espesor total. La soldadura por puntos es de mucha importancia en la industria, por tal motivo este equipo traerá para el programa de ingeniería mecánica y la línea de investigación avances en esta área.

6. Agradecimientos

Para los autores es importante agradecer a la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña por el préstamo de las instalaciones, al profesor José Humberto Arévalo coordinador del taller Máquinas y Herramientas.

7. Referencias

- [1] L. Jeffus, Soldadura Principios y aplicaciones. España: Ediciones Nobel, S.A. 2009
- [2] Y Shuvalov, A. Malishev and N. Nikolaiev. Tecnología de los metales. Moscú: Mir Moscú. 1985
- [3] J. Avarés, "Soldadora eléctrica mediante materiales de reciclado: cálculo de transformadores y diseño básico," Universidad Carlos III, Madrid, España, January-2010. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/50280786_Soldadora_electrica_mediante_materiales_de_reciclado_calculo_de_transformadores_y_diseño_basico
- [4] K. Quintana and R. Falla, "Comportamiento mecánico de soldaduras de punto por fricción-agitación de la aleación de aluminio 6063-t5," *LatinAm. Metal. Mater.* vol. 33 no. 2, pp. 192-199, dic. 2013. Recuperado de: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522013000200004
- [5] A. Rozas. "Informe de Soldadura por puntos." España: Universidad técnica federico Santamaria. 2018
- [6] E. Pursell. Electricidad y magnetismos. Mexico: McGrawHill, 2005.
- [7] J. Álvarez, (2015, Sep 10). Así funciona. [Online]. Available: http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_corriente_electrica/ke_corriente_electrica_1.htm
- [8] Ramirez, N. Máquinas de Corriente Alterna. Brasil: AbeBooks. 2014
- [9] Boletín tecnologico. (2011, nov 3). TECNOLOGIA. [Online]. Available: <https://www.areatecnologia.com/herramientas/>
- [10] N. Reverté. Circuitos Magnéticos y Transformadores. Buenos Aires: M.I.T. 1981
- [11] A. Colmenar & J. Hernández. Electricidad: Fundamentos y problemas de electrostática, Ed. Grupo Editorial Ra-Ma, 2012.
- [12] S. J. Chapman. Máquinas eléctricas. Mexico: McGrawHill, 2012.
- [13] E. Enríques and G. niebles, "Procedimientos de Soldadura y Calificación de Soldadores: una Propuesta de Enseñanza y Guía de Aplicación para la Industria," *Inf. tecnol.* vol. 20, pp. 19-30, 2009. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/info-tec/v20n3/art04.pdf>
- [14] H. Zhang and Y. Hou, "Assessment of the quality of resistance spot welding using the time-varying inductive reactance signal," *Measurement Science and Technology*, vol. 209, no 5, pp. 46-51, Marzo 2018. Recuperado de: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6501/aaa830>
- [15] G. Guerrero-Gómez, E. Espinel-Blanco, & T. Velásquez-Pérez, "Análisis isocinético y corrección a condiciones de referencia en horno a cielo abierto en el municipio de Ocaña, Norte de Santander", *Revista Ingenio*, vol. 14(1), pp. 43-51, jul. 2017. Doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2194>
- [16] A. A. Rosado-Gómez, "Consolidación de indicadores institucionales utilizando bodega de datos", *Revista Ingenio*, vol. 11(1), pp. 53-63, dic. 2016. Doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2094>