

GASTO DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO Y EL DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE SOLDAR AHORRADORA DE ENERGÍA CON REGULACIÓN DE CORRIENTE EN FORMA INALÁMBRICA

Pacheco Reyes H.A.¹, Castillejos Othárula J.¹, Domínguez Villalba G.¹, Palacios Vences J. C.²

¹ Tecnológico Nacional de México Campus Tuxtepec, Depto. De Metal Mecánica, Av. Victor Bravo Ahuja S/N, Col.5 de Mayo, Tuxtepec Oax.

² Servicio de Reparación a Soldadoras Palacios, Calle Guadalupe Victoria No. 416, Col. 5 de Mayo, Tuxtepec Oax.

hapacheco_32@hotmail.com, dquez_vg@yahoo.com.mx javier_castillejos@hotmail.com palaciosiem@hotmail.com

RESUMEN.

En este artículo se presentan los resultados de una investigación de campo realizada en diferentes industrias, empresas y talleres de la región de Tuxtepec Oax. , la cual consistió en aplicar una entrevista a los usuarios de equipo de soldadura por arco eléctrico con transformador y realizar mediciones de algunos parámetros eléctricos en estos equipos, trabajando en vacío y con carga, tales como: corriente del devanado primario, potencia, real, aparente, reactiva, factor de potencia, el ciclo de trabajo y el tiempo que se utiliza en cada jornada de trabajo. Con esta información se cuantificó la energía desperdiciada en el proceso de soldadura, además de las características técnicas del equipo más utilizado y a partir de ello desarrollar una máquina de soldar ahorradora de energía con regulación de corriente de salida en forma inalámbrica (RF). Actualmente se tiene el registro de patente ante el IMPI, con número de Expediente MX/a/2017/013810.

Palabras Clave: Soldadura, Energía, Ahorradora, Inalámbrico.

ABSTRACT.

This article presents the results of a field investigation carried out in different industries, companies and workshops in the Tuxtepec Oax region. , which consisted of applying an interview to the users of electric arc welding equipment with transformer and making measurements of some electrical parameters in these equipment, working in vacuum and with load, such as: current of the primary winding, power, real, Apparent, reactive, power factor, the work cycle and the time used in each working day. With this information, the wasted energy in the welding process was quantified, as well as the technical characteristics of the most used equipment and, from that, to develop a power-saving welding machine with output current regulation in wireless form (RF). Currently, there is a patent registration with the IMPI, with file number MX / a / 2017/013810.

Key words: Welding, Energy, Saver, Wireless.

1. INTRODUCCIÓN

La soldadura con arco eléctrico, SAC (Arc Welding en inglés, AW), es un proceso en el cual la unión de las partes se obtiene por fusión mediante el calor de un arco eléctrico entre un electrodo y el material de trabajo. Un arco eléctrico es una descarga de corriente eléctrica a través de una separación en un circuito [1]. Se sostiene por la presencia de una columna de gas térmicamente ionizada (denominada plasma) a través de la cual fluye la corriente. En un proceso de AW, el arco eléctrico se

inicia al acercar el electrodo a la pieza de trabajo, después del contacto el electrodo se separa rápidamente de la pieza a una distancia corta. La energía eléctrica del arco eléctrico así formado produce temperaturas de 5500 °C o mayores, que son lo suficientemente calientes para fundir cualquier metal. Para poder generar el arco eléctrico, las máquinas de soldar en la mayoría de los casos utilizan un transformador eléctrico, excepto las máquinas de tipo inversoras, el transformador eléctrico consta de un devanado primario y uno secundario. La relación de transformación de este tipo de transformador es de aproximadamente 3.44:1, es decir si se alimenta el devanado primario con un voltaje de 220 Volts, el voltaje en circuito abierto en el secundario será de 64 Volts y cuando se genera el arco eléctrico el secundario se pone en circuito cerrado y el voltaje entre las terminales de los electrodos de soldadura decae a 31 Volts.

En la actualidad, la soldadura por arco eléctrico contribuye a la construcción de estructuras metálicas dentro de la industria. Los códigos, especificaciones y procedimientos de soldadura son recomendados para su aplicación en la industria metalmecánica, afines con la tecnología de soldadura dado que garantizan confiabilidad y aseguramiento en un producto terminado con óptima calidad debido a sus exigencias tecnológicas [2]. Debido a eso se tiene que utilizar en los diferentes ámbitos de construcción una máquina de soldar, pero en muchos casos el trabajo de soldar se tiene que realizar en altura o alejado del panel de control de la máquina y por requerimiento de los diversos espesores o cédulas de los materiales a soldar [3], el soldador debe ajustar la corriente de salida de la máquina, lo que implica desplazarse para realizar el ajuste en el panel local de la máquina. Esto contribuye a elevar riesgos de accidentes de trabajo, el uso de personal adicional y retraso en la realización de trabajos programados. Además en la mayoría de los casos cuando el trabajo se realiza alejado del panel de control de la máquina, el operador mantiene encendida la máquina trabajando en vacío lo cual provoca un gasto considerable de energía que se desperdicia.

En la mayoría de los casos el sistema de regulación de corriente se realiza de manera manual, utilizando partes mecánicas para introducir o extraer un shunt, mediante una manivela y un tornillo de ajuste. El sistema de regulación mecánico después de ser utilizado por grandes periodos de tiempo presenta fallas

comunes, esto se debe, a que está expuesto a humedad, polvo, y desgaste por fricción, volviéndolo ineficiente, así como también requiere que el operador se desplace hasta el panel de control local de la máquina. Por tal motivo en el presente artículo se presenta un sistema innovador por control remoto inalámbrico por RF, para regular la corriente de salida en máquinas de soldadura por arco eléctrico con transformador (SMAW), que utiliza el control por ángulo de fase para variar el voltaje y corriente de salida de un puente rectificador controlado con tiristores. Además de controlar el encendido y apagado del equipo a distancia y evitar que desperdicie energía cuando la máquina se encuentre

En esta sección se ha de presentar la importancia de estudiar el tema en cuestión, incluyendo un análisis donde se haga énfasis en los avances y asuntos no resueltos del tema o problema que se aborda, haciendo referencia a los trabajos relevantes existentes en la literatura. Deben quedar claro en qué aspectos se logra un avance, mejora o mayor entendimiento con el trabajo presentado. Se da al menos una definición o explicación general del problema a resolver. Si se requiere algún enunciado amplio del problema para mayor detalle, se incluye en una segunda sección, que sería la primera del cuerpo del artículo.

2. METODOLOGÍA

2.1. Estudio de campo.

Se realizó una investigación de campo, la cual consistió en aplicar una entrevista y realizar mediciones de algunos parámetros eléctricos de los equipos de soldar trabajando en vacío y con carga, tales como: corriente del devanado primario, potencia real, potencia aparente, potencia reactiva, factor de potencia, el ciclo de trabajo y el tiempo que se utiliza el equipo de soldar por jornada de trabajo. Esta encuesta se realizó en diferentes industrias, empresas y talleres de la región de Tuxtepec Oax., Cosamaloapan de Carpio Ver., Tres Valles Ver., Novara Ver., entre otras, tomando una muestra representativa de 40 talleres y/o empresas, con el objetivo de determinar la energía que se pierde cuando la máquina trabaja en vacío. Esto se puede presentar por cuestiones maniobrabilidad o por trabajar en altura. Además a partir del estudio, conocer las características del equipo de soldar más comúnmente utilizado en la región, para que la nueva propuesta de diseño de la máquina de soldar se ajuste a esas características.

Las mediciones eléctricas de cada una de las muestras se realizaron con dos equipos, con el fin de detectar posibles errores de medición. El primer equipo de medición utilizado fue un analizador de la calidad de la energía eléctrica de la marca FLUKE, modelo 43B, con el cual se puede medir la potencia real, potencia aparente, potencia reactiva y factor de potencia, entre otros parámetros eléctricos. El otro equipo de

medición utilizado fue un analizador potencia de la marca UNI-UT233.

Las mediciones de cada una de las muestras se presentan en la Tabla 1, en el orden en que se fueron encuestando a cada uno de los talleres y/o empresas. En la columna dos y tres se muestra la marca y el modelo de cada uno de los equipos, en la siguiente columna se presenta el tipo de conexión y en la columna cinco se muestra el tipo de máquina de soldar (CA, CC o CA/CC). Posteriormente se presentan las mediciones en vacío que contemplan la potencia real en watts, la potencia aparente en VA, la potencia reactiva en VAR y el factor de potencia correspondiente. Cabe mencionar que los datos que se presentan en la Tabla 1, referente a las mediciones con carga, pueden variar por que dependen del ajuste de la corriente de salida que en ese momento tenga la máquina, y esto depende del espesor y del tipo de material de la pieza a soldar.

Tabla1. Información del estudio de campo.

CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA DE SOLDAR					MEDICIONES EN VACÍO				MEDICIONES CON CARGA			
NO	MARCA	MODELO	CONEX	TIPO	W	VA	VAR	FP	W	VA	VAR	FP
1	MUNDIAL	325 CA/CD	2 F	CC	230	890	850	0.25	2110	442	390	0.45
2	INFRA	TH 225/150	2 F	CA	390	1530	1520	0.25	2600	4800	4100	0.54
3	INFRA	Thunderbolt 225-CA	2 F	CA	400	1550	1530	0.26	2540	4790	4060	0.53
4	MILLER	Thunderbolt 225-CA	2 F	CA	410	1580	1530	0.26	2541	4790	4060	0.531
5	INFRA	Miller 250	2 F	CC	310	1120	1080	0.27	4570	8210	8820	0.56
6	LINCOLN	RX-450	3 F	CC	390	1240	1180	0.31	6860	11200	8580	0.6
7	INFRA	Miller 250	2 F	CC	380	1200	1150	0.32	4630	8300	6920	0.56
8	MILLER	MI-250-CD	2 F	CC	740	2180	2050	0.34	5330	10100	8550	0.56
9	MILLER	MI-250-CD	2 F	CC	740	2180	2050	0.34	5330	10100	8550	0.56
10	MILLER	MI-250-CD	2 F	CC	470	1350	1260	0.35	1640	3480	3070	0.52
11	INFRA	MI 250L-CD	2 F	CC	280	770	720	0.36	3510	6400	5340	0.53
12	INFRA	MI250-CD	2 F	CC	170	470	440	0.37	4600	8300	6600	0.57
13	INFRA	MI2-300-CD	2 F	CC	490	1310	1210	0.38	4280	8090	6890	0.53
14	INFRA	MI2-300-CD	2 F	CC	530	1350	1240	0.39	1090	3320	3140	0.37
15	MILLER	MI2-300-CD	2 F	CC	540	1320	1210	0.41	3600	6100	4840	0.45
16	INFRA	MI2-300-CD	2 F	CC	560	1380	1260	0.41	3710	6110	4860	0.47
17	INFRA	MI2-300-CD	2 F	CC	300	610	720	0.42	3400	7200	5340	0.46
18	LINDE	PL-520	3 F	CC	620	1400	1260	0.44	5670	1060	8950	0.54
19	MILLER	MI2-250-CD	2 F	CC	450	970	820	0.48	2010	6000	3550	0.46
20	INFRA	MI2-300-CD	2 F	CC	610	1270	1114	0.48	3840	8010	7030	0.48
21	INFRA	MI2-300-CD	2 F	CC	640	1310	1143	0.49	3150	5670	4720	0.49
22	ISSA	BMS-3-400-A	3 F	CC	760	1400	1170	0.55	3060	5700	4650	0.54
23	MILLER	Thunderbolt XL 225-CA	2 F	CA	360	610	1530	0.59	3920	6720	4060	0.58
24	LINCOLN	AC-225 GM	2 F	CC	550	920	737	0.60	4400	7330	5862	0.60
25	LINCOLN	AC 225 ARC WELDER	2 F	CA	730	1220	977	0.60	4400	7330	5862	0.60
26	INFRA	MI2-300-CD	2 F	CC	350	580	430	0.60	4650	7940	6450	0.59
27	MILLER	SRF-200	2 F	CA	790	1270	994	0.62	4750	7200	5411	0.66
28	INFRA	MI2-300-CD	2 F	CC	380	610	470	0.62	4720	7950	6480	0.59
29	MILLER	SRH-222	2 F	CC	712	1140	890	0.62	10500	16170	12297	0.61
30	INFRA	MI2-300-CD	2 F	CC	370	590	460	0.63	4800	8100	6500	0.62
31	MILLER	SRH 333	3 F	CC	510	800	616	0.64	4700	7550	5909	0.62
32	LINCOLN	AC 180	2 F	CD	640	990	755	0.65	3840	5890	4466	0.65
33	INFRA	TH 235/160	2 F	CD	692	1060	803	0.65	4150	6400	4872	0.65
34	INFRA	MI-265 L CA/CD	2 F	CC	790	1210	917	0.65	4800	7360	5579	0.65
35	INFRA	MI-250-CD	2 F	CC	690	1050	800	0.66	6110	9900	7790	0.64
36	LINCOLN	RX-300	3 F	CC	540	800	590	0.67	5000	5300	6000	0.62
37	SUPER DE	SD-300	2 F	CC	610	820	548	0.74	5540	7330	4800	0.76
38	ISSA	BMS-3-400-A	3 F	CC	280	280	60	0.97	1970	3370	3010	0.53
39	ISSA	BMS-3-400-A	3 F	CC	920	940	190	0.98	5150	8500	6770	0.61
40	ISSA	BMS-3-400-A	3 F	CC	840	850	90	0.99	3090	10200	9710	0.3
[FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO=]									0.5151			
										0.5546		

Se analizó la información recolectada a partir de la investigación de campo, de la cual se obtuvieron los siguientes datos: de la muestra analizada la marca del equipo de soldar más utilizada en la región de Tuxtepec y ciudades circunvecinas es la INFRA con una frecuencia de 18, seguida de la MILLER con una frecuencia de 10, después le sigue la marca LINCOLN con una frecuencia de 5, posteriormente se encuentra la marca ISSA con una frecuencia de 4 y otras marcas presentan una frecuencia de 3 en los datos recolectados. Sin embargo el equipo que más se utiliza en las diferentes marcas, es el que ofrece una corriente de salida máxima de 300 A, conectado a una fuente bifásica de 220 V. Estos datos serán utilizados para el diseño de la nueva propuesta.

Considerando la parte modular del proyecto que consiste en investigar la energía que se pierde en el proceso de soldadura cuando la máquina trabaja en vacío, el factor de potencia de cada una de las muestras nos indica la forma en la cual se aprovecha la energía, cuya media aritmética del total de las muestras recolectadas resultó ser del 52 %, por consecuencia la parte complementaria es la energía que se desperdicia en este proceso, cuyo valor resultó ser del 48%. Este dato se obtuvo con un ciclo de trabajo del 97%.

2.2. Desarrollo del sistema propuesto.

Una vez analizada la información recolectada en el estudio de campo, en donde se observa el bajo factor de potencia con el cual operan la mayoría de las máquinas de soldadura por arco eléctrico con transformador y de las características técnicas del equipo más comúnmente utilizado en la región de la Cuenca del Papaloapan, se procede a describir la metodología empleada en el diseño e implementación de una nueva máquina de soldadura SMAW, ahorradora de energía y con regulación de corriente a control remoto en forma inalámbrica por RF, con una corriente de salida en CD de 300 A, alimentada a una fuente bifásica de 220 V.

2.3. Diseño y puesta en servicio del rectificador monofásico controlado tipo puente.

A diferencia de la forma como se realiza la regulación de la corriente de salida, en los equipos SMAW convencionales, en donde la regulación de ésta se lleva a cabo al variar la relación de transformación del transformador, en forma mecánica, en la nueva propuesta de diseño, la relación de transformación se mantiene fija omitiendo el uso de mecanismos. En cambio, la forma de variar la corriente en este nuevo diseño, se realiza por control de ángulo de fase en un puente rectificador controlado [4], mediante una comunicación por control remoto inalámbrico de señales de RF.

Para el control del ángulo de disparo del puente rectificador de salida, se diseñó e implementó un circuito de disparo para generar los pulsos de activación de cada uno de los tiristores, con el desfase correspondiente y con un rango de retardo desde 0° a 180°. Este circuito basa su funcionamiento en el circuito integrado TCA785 [5], que consiste en un circuito de recorte de fase empleado para el control de SCR's, TRIAC's y Transistores. El circuito de control se alimenta a partir de un transformador de control reductor, éste se utiliza para suministrar el voltaje que requiere la fuente del circuito de control y además para lograr la sincronía que necesita el integrado TCA785, para poder generar los pulsos de disparo de los SCR's, a partir del cruce por cero del voltaje de CA de alimentación. Para que el ajuste del ángulo de disparo se realice en forma remota, se acopla un potenciómetro motorizado, con el cual se regula el voltaje de control del TCA785 y de esta manera variar el ángulo de disparo.

2.4. Diseño del interruptor de control para el encendido y apagado de la máquina

Con los datos obtenidos anteriormente del estudio de campo, se determina que el mejor método para el ahorro de energía en el proceso de soldadura, se logra al mantener la máquina desenergizada mientras no se está generando el arco eléctrico. Esto se puede llevar a cabo mediante un contactor electromagnético, que permita conectar y desconectar el devanado primario del transformador de la máquina, de tal manera que se pueda encender y apagar en forma remota, en el momento que se desee [6]. Para ello se diseñó e implementó un circuito electrónico para accionar el contactor mediante un relevador de control.

2.5. Diseño del circuito emisor de RF (control remoto)

El emisor basa su funcionamiento en el CI HT12E, que consiste en un codificador (encoder) serial de datos para aplicaciones de control remoto [7]. El circuito codifica 4 bits de datos y 8 bits de dirección, en un flujo de datos que es transmitido en forma serial a través de un módulo de radio frecuencia, con un radio de alcance de 80 m en terreno abierto. El circuito emisor se alimenta a partir de una batería de 9V. El control remoto consta de dos botones pulsadores (Fig. 1), uno que permite incrementar y otro que reduce la intensidad de la corriente de salida de la máquina.

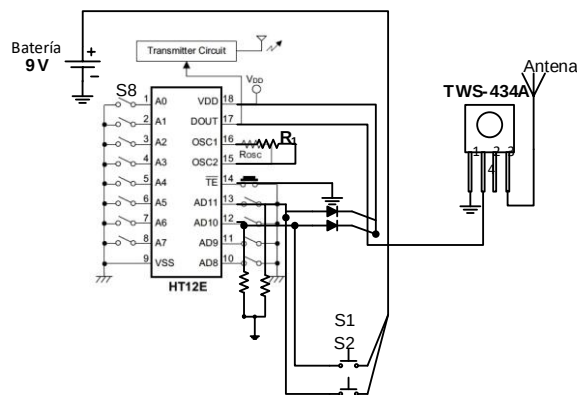


Fig. 1. Diagrama electrónico del circuito emisor de RF.

2.6. Diseño del circuito receptor de RF

Por su parte el módulo receptor se ubica junto al puente rectificador controlado y se alimenta de una fuente conmutada de 127-220 Vca / 12 Vcd, dependiendo del tipo de máquina a controlar. En el caso de que la máquina tenga la posibilidad de ser conectada a una fuente de 440 V, la alimentación del receptor se adecúa por medio de un transformador de control reductor de 440 V / 220 V como se muestra en la Fig. 2. Esto se realiza mediante el ajuste de un selector de voltaje de alimentación de la máquina.

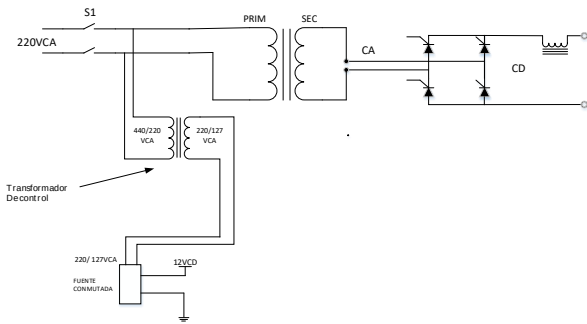


Fig. 2. Conexión del transformador de control para máquinas de 440 V.

El receptor basa su funcionamiento en el CI HT-12D (Fig. 3), que consiste en un decodificador serial de datos para aplicaciones de control remoto. Este circuito se utiliza para decodificar la señal de RF emitida por el emisor. Esta señal es emitida cada vez que el soldador acciona el control remoto para regular la corriente de salida de la máquina. Posteriormente una vez decodificada la señal, el circuito receptor envía una señal de control a un puente H, que acciona al potenciómetro motorizado para controlar el ángulo de fase de los tiristores del puente rectificador controlado.

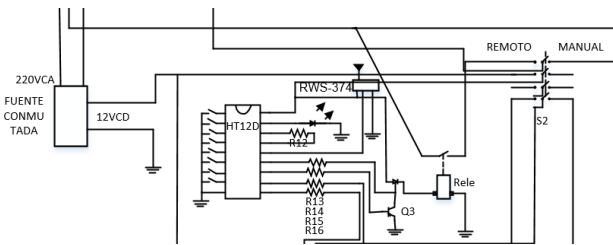


Fig. 3. Circuito receptor de RF.

2.7. Integración y puesta en operación del sistema

Con los elementos diseñados y seleccionados con base a la capacidad de corriente de salida de la máquina, se procedió a realizar el ensamblado y conexión de las partes eléctricas y electrónicas que integran el equipo de soldar. Esto se puede observar en la Fig. 4.



a)



b)

Fig. 4. Ensamblado de la máquina, a) Transformador y estructura de la máquina, b) Componentes electrónicos de control.

Una vez ensamblado el sistema y realizado el proceso de pintura de las partes metálicas, el resultado se muestra en la Fig. 5.



Fig. 5 Máquina de Soldar ahorradora de energía con regulación de corriente de salida en forma inalámbrica.

3. RESULTADOS

3.1. Análisis del ahorro de energía por jornada de trabajo y período de facturación de CFE de las máquinas convencionales y la nueva propuesta de diseño

Como se mencionó anteriormente, el hecho de que la máquina se mantenga encendida, aun cuando el operador no genera el arco para realizar el trabajo de soldadura, ésta consume energía. Para realizar el análisis comparativo del ahorro de energía, se analizó el caso de uno de los equipos más utilizados en los talleres e industrias de la región. De acuerdo al estudio de campo realizado, nos referimos a la máquina de soldar marca Infra, modelo MI2-300 CD, con un amperaje de salida de 300 A, y conectada a una fuente bifásica de 220 Vca.

Esta máquina cuando se conecta a la fuente de voltaje pero aún no produce el arco eléctrico (en vacío), toma una corriente de la línea de 15 A, con lo cual consume una energía de 3.3 kWm, como se aprecia en los cálculos siguientes:

$$P = V \cdot I = 220 \text{ V} \cdot 15 \text{ A} = 3.3 \text{ Wm} \quad (1)$$

Para el estudio se consideró una jornada de trabajo de 8 hrs, aunque en algunos talleres la jornada de trabajo oscila entre 10 y 12 horas diarias. También se consideró un ciclo de trabajo de la máquina del 40%, en donde la máquina estaría trabajando en vacío durante el 60% restante del ciclo, es decir 5 hrs aproximadamente. También se obtuvo el valor promedio del factor de potencia del equipo en estudio, a partir de los datos de la Tabla 1, el cual resultó ser de $FP=0.48$. En tales condiciones

el consumo de la máquina al final de la jornada será de 7.59 kW-h. Energía que se desperdicia por que no genera ningún trabajo útil.

$$P_j = 5\text{hr} * 3.3\text{kVA} * 0.48 = 7.59\text{kW} - \text{hr} \quad (2)$$

Si se considera la Tarifa 2 (2017 - 2018) de Comisión Federal de Electricidad (CFE) en donde el precio por kW-h adicionales a 100 kW-h, a la fecha en el mes de julio de 2018 es de \$ 3.387, se estima que se tendrá un consumo aproximado de \$771.22 por periodo de facturación mensual que aplica para este tipo de tarifa.

$$P_m = 30 * P_j = 30 * 7.59\text{kW} - \text{hr} * \$3.387 = \$771.22$$

(3)

La Tabla 2, resume el gasto de energía de la máquina en estudio por jornada de trabajo, por mes de facturación y en un periodo de un año de uso continuo, además se muestra el costo que dicha energía repercute en el usuario.

Para hacer el análisis comparativo del ahorro de energía, la nueva propuesta de diseño que se obtuvo con este proyecto se utilizó en el mismo taller de herrería donde se hicieron las mediciones de la máquina convencional y durante el mismo periodo de trabajo (un mes) y el hecho de mantener apagada la máquina mientras no se genera el arco eléctrico, contribuye a generar hasta un 40% de ahorro en el consumo de energía eléctrica en comparación con el modelo de máquina que Infra MI-2-300 CD.

Tabla 2. Consumo de energía de la máquina de soldar marca Infra, modelo MI-2-300 CD

Equipo INFR MI-2-300 CD	Consumo en kW-hr	Costo en pesos \$
1 día	7.59	\$ 25.70
1 mes	227.7	\$ 771.22
1 año	2732.4	\$ 9254.63

Cabe mencionar que el ahorro de energía en la nueva propuesta depende de la cultura en cuanto al ahorro de energía que tenga el operador. Al inicio fue necesario estar vigilando que el soldador encendiera la máquina en el momento justo cuando requería generar el arco eléctrico para empezar a soldar y también que la apagara en el momento en que ya había terminado de aplicar el cordón o puntos de soldadura, pero después de ver los resultados del ahorro de energía al comparar los recibos de CFE y ver el consumo que se obtuvo con la máquina convencional y la nueva propuesta, fue causa de motivación para seguir encendiendo y apagando vía control remoto la máquina y de esta manera reducir el consumo y costo de energía.

Otros de los resultados obtenidos con el desarrollo del presente proyecto se enlistan a continuación:

- Debido a que la corriente de salida de la máquina es rectificadora (CD), tiene la versatilidad de soldar metales ligeros y pesados tales como: aluminio, fierro colado, acero al carbón, acero inoxidable, etc.
- Ofrece una capacidad de corte mayor que las máquinas convencionales de su misma capacidad mediante arcayeo.
- Posee un ajuste de corriente electrónico fino sin escalonamientos.
- Cuenta con un control remoto inalámbrico de uso rudo para el encendido y apagado así como para la regulación de la corriente de salida con un radio de alcance de hasta 80 metros en espacio abierto.
- La máquina también cuenta con controles de operación local ubicados en el panel de control de la máquina.
- Tamaño relativamente más compacto, menor peso y volumen con respecto otras plantas de soldar de la misma capacidad.

4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos con el desarrollo del presente trabajo, se ha podido conseguir un ahorro de energía en el proceso de soldadura por arco eléctrico hasta de un 40% por jornada de trabajo y periodo de facturación con el nuevo diseño propuesto, por el hecho de que el operador puede encender y apagar la máquina en forma remota sin la necesidad de desplazarse hasta el panel de control de la máquina.

Además con la regulación de corriente por control remoto en forma inalámbrica se reduce el riesgo de accidentes cuando el trabajo de soldadura se realiza en altura, ya que el soldador no tiene que bajar y volver a subir al realizar el ajuste de la corriente. También contribuye a ahorrar el costo de mano de obra al no requerir personal auxiliar.

Las jornadas de trabajo se vuelven más continuas y eficientes al disminuir las pausas por ajustes de niveles de corriente o encendido y apagado de la máquina.

5. REFERENCIAS.

- [1] Ramírez J. Soldadura por arco manual con electrodos revestidos [Monografía en Internet]. Universidad Central de Venezuela: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería; 2003
- [2] E. E. Niebles. (2007). Modelo de diseño y base de conocimiento en tecnologías de soldadura para el desarrollo de productos soldados, Cientia y Technica, ISSN 0122-1701; (en línea), 37 (1), 473-478.
- [3] William D. (1995). Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Barcelona, Bogotá, Buenos Aires, Caracas, México: Editorial Reverté S.A.

- [4] H. Rashid. (2004). Electrónica de potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones, 3ª edición, Pearson/ Prentice Hall. México.
- [5] Couedic M. (1999), Circuitos Integrados para tiristores y triacs. Marcombo. España.
- [6] Enriquez H. (2011). Fundamentos de control de motores eléctricos en la industria. Limusa Noriega. México.
- [7] Hernando R. J. (2013). Transmisión por radiofrecuencia, 7ª edición, Editorial Universitaria. España.