

Universidad Internacional del Ecuador

Escuela de Ingeniería Automotriz



Tema:

Guía de Procesos para Reconstrucción de Elementos

Estructurales del Vehículo Mediante Soldadura por Puntos

Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Mecánica Automotriz

Darwin David Parrales Romero

Director:

Ing. Alex Fernando Llerena, MsC.

Guayaquil-Ecuador

Enero, 2021

Universidad Internacional del Ecuador Escuela de Ingeniería Automotriz**Certificado****Ing. Alex Fernando Llerena, MsC.****CERTIFICA**

Que el trabajo titulado “Guía de Procesos para Reconstrucción de Elementos Estructurales del Vehículo Mediante Soldadura por Puntos”, realizado por el estudiante: Darwin David PARRALES ROMERO, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes. Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza al señor Darwin David PARRALES ROMERO, que lo entregue a biblioteca de la Escuela, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, enero 2021

Ing. Alex Fernando Llerena, MsC.**Director de Proyecto**

Universidad Internacional del Ecuador**Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado y Acuerdo de Confidencialidad**

Yo, Darwin David Parrales Romero, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet; según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Darwin David Parrales Romero

C.I: 0927773473

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi Madre, abuelos y tíos, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a mi

futura esposa Viviana quien ha sido uno de mis motores principales, a mis amigos por el simple hecho de estar, por ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por todas las experiencias vividas en la universidad, ya que estas me enseñan humildad y lo hermoso de la vida, además de permitirme finalizar mi vocación, y ser fiel testigo de que el esfuerzo, la dedicación rinde frutos.

Agradezco también el apoyo y colaboración a quien ha sido mi tutor durante todo el desarrollo del proyecto, Alex Fernando Llerena.

Agradecer, sin duda, a mis padres y familiares por todo su apoyo y confianza incondicional que ha permitido que pueda terminar de manera exitosa mi carrera universitaria.

A todos ellos, muchas gracias.

Resumen

El presente Proyecto de Titulación se enfoca en los procesos de reconstrucción de los elementos estructurales (carrocería) del vehículo, debido al gran número de piezas que son montadas mediante el proceso de soldadura y dentro de todos los procesos utilizados para unir los metales, los de soldadura ocupan un lugar preponderante y único debido a toda una serie de ventajas que ofrece. Uno de los objetivos de este trabajo es buscar la información más relevante y detallada de los procesos por resistencia por puntos y aplicar en la elaboración de una guía detallada de prácticas, para lo cual se revisan los conceptos relacionados con el proceso de suelda por puntos y su aplicación en las actividades de reconstrucción de elementos estructurales, conceptos relacionados y forma de aplicarlos. En lo referente a la metodología se enfoca en el proceso de selección de la máquina de soldadura y el proceso para realizar algunas prácticas de montaje de piezas de vehículos. Luego se propone los contenidos y su orden dentro de la guía. Al final se presenta la guía elaborada, proponiendo en orden todas las actividades y detalles para la obtención de un compendio de guías metodológicas que orienten la realización de los contenidos de: soldadura por resistencia por puntos. Finalmente, se indican las conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros a realizar; como resultado de la presente investigación.

Palabras clave: soldadura por puntos, elementos estructurales, guía detallada, proceso.

Abstract

This Titling Project focuses on the reconstruction processes of the structural elements (body) of the vehicle, due to the large number of parts that are assembled by the welding process and within all the processes used to join the metals, those of Welding occupy a preponderant and unique place due to a whole series of advantages it offers. One of the objectives of this work is to search for the most relevant and detailed information on resistance point processes and to apply in the elaboration of a specific guide to practices, for which the concepts related to the point welding process are reviewed and its application in the reconstruction activities of structural elements, related concepts and how to apply them. Regarding the methodology, it focuses on the selection process of the welding machine and the process to carry out some assembly practices for vehicle parts. Then the contents and their order are proposed within the guide. At the end, the elaborated guide is presented, proposing in order all the activities and details to obtain a compendium of methodological guides that guide the realization of the contents of resistance welding. Finally, the conclusions, recommendations, and future work to be carried out are indicated, as a result of the present investigation.

Keywords: spot welding, structural elements, specific guide, process.

Índice General

Certificado.....	ii
Certificado y Acuerdo de Confidencialidad	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Índice General	viii
Índice de Tablas	xiii
Índice de Figuras.....	xiv
Capítulo I	1
Antecedentes	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema	1
<i>Planteamiento del Problema</i>	<i>1</i>
<i>Formulación del Problema</i>	<i>2</i>
<i>Sistematización del Problema</i>	<i>2</i>
1.3 Objetivos de la Investigación	2
<i>Objetivo General</i>	<i>2</i>
<i>Objetivos Específicos</i>	<i>3</i>
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación	3
<i>Justificación Teórica</i>	<i>3</i>
<i>Justificación Metodológica</i>	<i>3</i>
<i>Justificación Práctica</i>	<i>4</i>

<i>Delimitación Temporal</i>	4
<i>Delimitación Geográfica</i>	4
<i>Delimitación del Contenido</i>	4
1.5 Hipótesis	5
1.6 Variables de Hipótesis	5
<i>Variables Independientes</i>	5
<i>Variables Dependientes</i>	5
Capítulo II	6
Marco Referencial	6
2.1 Marco Teórico	6
<i>2.1.1 Conceptos Preliminares</i>	6
<i>2.1.2 La Soldadura por Punto de Resistencia</i>	6
<i>2.1.3 Carrocería: Elementos Estructurales del Vehículo</i>	7
<i>2.1.4 Características</i>	7
<i>2.1.5 Carrocería Autoportante</i>	8
<i>2.1.6 Materiales Empleados en la Fabricación de Carrocerías</i>	8
<i>2.1.7 Soldadura</i>	9
2.2 Marco Conceptual	10
<i>2.2.2 Soldadura MAG</i>	11
<i>2.2.3 Soldadura MIG</i>	12
<i>2.2.4 Soldadura TIG</i>	13
<i>2.2.5 Soldadura MIG-Brazing</i>	14
<i>2.2.6 Soldadura F/M-CAW</i>	14
<i>2.2.7 Soldadura por Puntos de Resistencia (RSW)</i>	15
<i>2.2.8 Soldadura por Costura de Resistencia (RSEW)</i>	16

2.2.9	<i>Soldadura a Tope por Resistencia</i>	17
2.2.10	<i>Proceso de Soldadura</i>	18
2.2.11	<i>La Soldadura por Puntos en las Carrocerías</i>	18
2.2.12	<i>Ciclo de Soldadura</i>	19
2.2.13	<i>Fases de la Soldadura por Puntos</i>	19
2.2.14	<i>Efecto Joule</i>	20
2.2.15	<i>Máquinas de Soldadura</i>	21
2.2.16	<i>Tipos de Soldadura por Puntos</i>	23
2.2.17	<i>Soldadura por Puntos por Resistencia (RSW)</i>	23
	Capítulo III	26
	Metodología	26
3.1	Códigos de Soldadura	27
3.1.1	<i>Códigos de la AWS</i>	27
3.1.2	<i>Aplicaciones de la Soldadura por Puntos</i>	29
3.1.3	<i>Características de los Metales en la Soldadura por Puntos</i>	30
3.2	Metodología para la Elaboración del Procedimiento de Soldadura	31
3.2.1	<i>Sugerencias para la Soldadura por Puntos</i>	33
3.3	Símbolo de Soldadura por Puntos por Resistencia	35
3.3.1	<i>Tamaño de Soldadura</i>	36
3.4	Principios del Proceso de Soldadura por Puntos	37
3.4.1	<i>Ciclo de Soldeo</i>	39
3.4.2	<i>Variables del Proceso del Soldeo</i>	39
3.5	El Equipo de Soldadura por Puntos de Resistencia	41
	Capítulo IV	44

Guía Práctica del Proceso para Reconstrucción de Elementos Estructurales del Vehículo Mediante Soldadura por Puntos.....	44
4.1 Ensamblado por Soldadura.....	45
<i>4.1.1 Fundamentos de la Soldadura por Resistencia</i>	<i>46</i>
<i>4.1.2 Métodos y Equipos de Soldadura Utilizados en la Reparación de Vehículos</i>	<i>47</i>
4.2 Elementos Estructurales del Vehículo	49
4.3 Ventajas y Desventajas de la Soldadura por Puntos	50
<i>4.3.1 Ventajas</i>	<i>50</i>
<i>4.3.2 Desventajas</i>	<i>51</i>
4.4 Recomendaciones para Considerar Antes de la Soldadura por Puntos	51
<i>4.4.1 Tener el Equipo Necesario en las Condiciones Óptimas.....</i>	<i>52</i>
<i>4.4.2 Correcta Elección de los Electrodo.....</i>	<i>52</i>
<i>4.4.3 Tener un Correcto Mantenimiento y Almacenamiento de los Electrodo</i>	<i>53</i>
<i>4.4.4 Preparar las Chapas.....</i>	<i>53</i>
<i>4.4.5 Comprobaciones Previas.....</i>	<i>54</i>
4.5 Precauciones en la ejecución de la Soldadura por Puntos	54
4.6 Ciclo de Soldadura por Puntos	56
4.7 Control de Calidad de Soldadura por Puntos	58
4.8 Máquina de Soldar por Puntos	60
4.9 Información de Seguridad.....	64
4.10 Elementos de Protección Personal (EPP) para el Soldador	69
<i>4.10.1 Protección de Cabeza y Rostro</i>	<i>69</i>
<i>4.10.2 Protección Respiratoria.....</i>	<i>70</i>
<i>4.10.3 Protección Auditiva.....</i>	<i>70</i>
<i>4.10.3 Protección de Manos y Brazos</i>	<i>71</i>

4.10.4	<i>Protección de Pies y Piernas</i>	71
4.10.5	<i>Protección Corporal</i>	72
4.11	Tipos de Soldaduras Realizadas en los Chasis de los Vehículos	74
	Conclusiones	76
	Recomendaciones	78
	Bibliografía	79
	Anexo 1	81
	Prácticas de Soldaduras	81

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Unión por Soldadura por Puntos</i>	23
Tabla 2	<i>Denominación de los Diferentes Procesos de Soldeo por Resistencia</i>	38

Índice de Figuras

Figura 1 Soldadura por Puntos	6
Figura 2 Estructura de Vehículo	8
Figura 3 Principio General de la Soldadura	10
Figura 4 Procesos de Soldadura	11
Figura 5 Soldadura MAG	12
Figura 6 Soldadura MIG	13
Figura 7 Soldadura TIG	13
Figura 8 Soldadura MIG-Brazing	14
Figura 9 Soldadura con Protección Gaseosa (FCAW-G)	15
Figura 10 Soldadura de Resistencia por Puntos	16
Figura 11 Soldadura por Resistencia por Costura	17
Figura 12 Soldadura a Tope	17
Figura 13 Proceso de Soldadura	20
Figura 14 Elementos que Componen una Máquina Soldadora	21
Figura 15 Equipos de Soldadura	22
Figura 16 Aplicaciones de la Soldadura por Puntos	24
Figura 17 Códigos de la AWS	28
Figura 18 Materiales de los Elementos Estructurales	31
Figura 19 Conexión de las Chapas	33
Figura 20 Conexión de las Chapas	33
Figura 21 Relación de Espesor entre las Chapas	34

Figura 22 Soldadura por Puntos	35
Figura 23 Símbolos de Soldadura por Puntos	35
Figura 24 Símbolo del Tamaño de las Soldaduras por Puntos por Resistencia	36
Figura 25 Símbolo del Fuerza de las Soldaduras por Puntos por Resistencia	36
Figura 26 Símbolo de Separación de Soldaduras por Puntos por Resistencia	36
Figura 27 Símbolo del Número de Soldaduras por Puntos por Resistencia	37
Figura 28 Símbolo para el Contorno de las Soldaduras por Puntos por Resistencia	37
Figura 29 Partes de una Soldadora por Puntos	41
Figura 30 Electrodo para una Soldadora por Puntos	42
Figura 31 Elementos de una Soldadora por Puntos Portátil	43
Figura 32 Uso de una Soldadora por Puntos	44
Figura 33 Soldadora por Puntos	45
Figura 34 Soldadora por Puntos Aplicada en Fabricación de Vehículos	48
Figura 35 Elementos que Forman un Vehículo	49
Figura 36 Elementos Estructurales de un Vehículo	50
Figura 37 Separación Entre Puntos de Soldadura	55
Figura 38 Distancia al Borde o Recubrimiento	55
Figura 39 Fase de Posicionamiento	56
Figura 40 Fase de Soldadura	56
Figura 41 Fase de Mantenimiento	57
Figura 42 Fase de Cadencia	57
Figura 43 Calidad en la Soldadura por Puntos	58
Figura 44 Demasiada Intensidad en la Soldadura por Puntos	58
Figura 45 Poca Intensidad en la Soldadura por Puntos	59
Figura 46 Demasiada Presión Apriete en la Soldadura por Puntos	59

Figura 47 <i>Poca Presión de Apriete Intensidad en la Soldadura por Puntos</i>	59
Figura 48 <i>Demasiado Tiempo Soldando en la Soldadura por Puntos</i>	60
Figura 49 <i>Poco Tiempo Soldando en la Soldadura por Puntos</i>	60
Figura 50 <i>Máquina Soldadora Portátil</i>	61
Figura 51 <i>Diseño Funcional de la Máquina Soldadora Portátil</i>	61
Figura 52 <i>Puntas de la Máquina Soldadora Portátil</i>	62
Figura 53 <i>Funcionalidad de la Máquina Soldadora Portátil</i>	63
Figura 54 <i>Prevención Contra Incendios</i>	64
Figura 55 <i>Prevención Contra Descargas Eléctricas</i>	65
Figura 56 <i>Prevención Contra Chispas que Vuelan</i>	66
Figura 57 <i>Prevención Contra Chispas que Vuelan</i>	66
Figura 58 <i>Prevención Contra Chispas que Vuelan</i>	67
Figura 59 <i>Prevención Contra Humos y Gases</i>	67
Figura 60 <i>Protección de Cabeza y Rostro</i>	69
Figura 61 <i>Protección Respiratoria</i>	70
Figura 62 <i>Protección Auditiva</i>	70
Figura 63 <i>Protección de Manos y Brazos</i>	71
Figura 64 <i>Protección de Pies y Piernas</i>	72
Figura 65 <i>Protección Corporal</i>	72
Figura 66 <i>Equipo de Protección Individual</i>	73

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Guía de Procesos para Reconstrucción de Elementos Estructurales del Vehículo Mediante Soldadura por Puntos

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

En el laboratorio de soldadura de la Escuela de la Universidad Internacional del Ecuador-Guayaquil, se está implementando equipos didácticos para mejorar la enseñanza de los diferentes procesos de soldadura. El laboratorio de soldadura no cuenta actualmente con un equipo necesario para la realización de ensayos de soldadura por puntos de fusión que permita estudiar la unión de probetas de materiales como el acero, cobre y aluminio mediante la generación de calor por punto de fusión. La soldadura por resistencia por puntos es, hoy en día, uno de los principales procesos de unión de chapa metálica en muchas industrias, tales como la automovilística o la aeronáutica.

Planteamiento del Problema

La industria automotriz con el pasar de los años ha desarrollado nuevas tecnologías y acelerado el proceso de elaboración, ensamblaje, diseño, acabados, reparación, por este motivo en la actualidad existen distintas instituciones que se dedican al estudio o desarrollo del mismo.

La Universidad Internacional del Ecuador, en la Escuela de Ingeniería Automotriz, está enfocada en la formación de profesionales en el ámbito vehicular, cuenta con un laboratorio en el cual se puede desarrollar las destrezas prácticas y teóricas, en todos los sistemas del vehículo.

La variedad de métodos y equipos de soldadura en la industria es muy amplia, como consecuencia de que cada uno de ellos presenta unas peculiaridades, en forma de ventajas y limitaciones de uso, que hacen que cada uno de ellos sea el indicado para determinados trabajos.

La soldadura por puntos de resistencia es el método principal de unión utilizado en la industria automotriz, y cada vehículo contiene varios miles de soldaduras (Tumuluru, 2006).

Las recientes tendencias de inversión y actualización de equipos en plantas de ensamblaje automotriz en todo el mundo sugieren que el proceso de soldadura por puntos de resistencia continuará siendo el proceso más dominante para la unión automotriz en los próximos años.

Formulación del Problema

¿Cómo la elaboración de una guía de los procesos para reconstrucción de elementos estructurales del vehículo mediante soldadura permitirá a los involucrados en el ámbito de enseñanza y práctica profesional que influyan en el incremento del aprendizaje de los estudiantes?

Sistematización del Problema

- ¿Cuál es la influencia del desarrollo de este trabajo en el aprendizaje de proceso de soldadura por puntos?
- ¿Cuáles son las consideraciones técnicas para tener presente para la elaboración de una guía de los procesos para reconstrucción de elementos estructurales del vehículo mediante soldadura?
- ¿Cuál es la influencia de la implementación de un equipo de soldadura por punto en las actividades prácticas que realizan los estudiantes de la universidad Internacional del Ecuador sede Guayaquil?

1.3 Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Elaborar una guía detallada de los procesos para reconstrucción de elementos estructurales del vehículo mediante soldadura por punto siguiendo la normativa internacional actualizada.

Objetivos Específicos

- Identificar las actividades necesarias que se deben ejecutar dentro de un proceso de soldadura por punto analizando sus ventajas y desventajas.
- Estructurar el procedimiento técnico para la implementación y manejo del equipo, en función de sus características técnicas.
- Elaborar las guías prácticas de soldadura en base a los procesos técnicos para cada actividad, correcto mantenimiento y normas de seguridad adecuadas.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

Definidos los objetivos de la investigación se responde la pregunta de por qué investiga a este interrogante. Se puede dar respuesta desde la perspectiva teórica, metodológica y práctica.

Justificación Teórica

Esta mejora que se quiere implementar se genera debido al avance tecnológico que va en incremento a nivel mundial y que por ende debemos de reforzar las clases de Acabados Automotrices y Sistemas de Soldadura, donde se muestra los nuevos sistemas tecnológicos en máquinas de suelda por fusión.

Justificación Metodológica

El estudio que se realizará en el taller de la UIDE es práctico teórico con la enseñanza correcta del manejo y cuidado del equipo de suelda por fusión.

Donde se evalúa las ventajas de tener un sistema de suelda por fusión para las clases impartidas en la institución educativa.

La elaboración y aplicación de un manual de soldadura por puntos, siguiendo un proceso lógico y ordenado que se indaga mediante métodos científicos.

Justificación Práctica

El alcance del presente proyecto tiene como objetivo la realización de una guía detallada de los procesos para reconstrucción de elementos estructurales del vehículo mediante soldadura por punto siguiendo la normativa internacional actualizada.

El resultado de la investigación permite ayudar a solucionar problemas en la enseñanza de los tipos de suelda, ya que, en las principales áreas de aplicaciones, la soldadura se usa ampliamente en las industrias automotrices. El método de soldadura para aplicaciones automotrices más utilizado incluye soldadura por puntos de resistencia (RSW).

Mediante la aplicación del sistema del equipo de suelda por fusión se pretende generar destrezas competitivas a nivel profesional, en los estudiantes de Ingeniería Automotriz en temas relacionados a reconstrucción de elementos estructurales automotrices.

Delimitación Temporal

El trabajo se desarrollará en desde el mes de junio 2020, hasta octubre de 2020, lapso que permitirá realizar la investigación, así como diseñar la propuesta de la guía.

Delimitación Geográfica

El trabajo se desarrollará en la ciudad de Guayaquil, en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil.

Delimitación del Contenido

Se abordará la temática de las técnicas de soldadura más utilizadas en aplicaciones automotrices, que puedan cumplir con nuevas combinaciones de materiales para autopartes.

En la primera sección se aborda el planteamiento de los antecedentes de la investigación y lo relacionado con el planteamiento del problema.

A continuación, en la segunda sección se establece un marco referencial de los temas relacionados con la soldadura por puntos de fusión. Luego se trata la temática del tipo de elementos estructurales del vehículo, clasificación.

En la tercera sección se indican los métodos de investigación utilizados.

En la cuarta sección se describe, desde la teoría y la práctica, los procesos para reconstrucción de elementos estructurales del vehículo mediante soldadura por punto siguiendo la normativa internacional actualizada.

Al último se presentan las respectivas conclusiones del proyecto y recomendaciones a tener en cuenta y posibles trabajos futuros en base a esta investigación.

1.5 Hipótesis

Con la realización de un compendio de actividades que oriente la realización de la guía en el tema de soldadura por puntos; entonces se podrán lograr habilidades cognitivas en los estudiantes que ayuden a incrementar el aprendizaje en sus contenidos.

1.6 Variables de Hipótesis

Variables Independientes

- Nivel de aprendizaje de los procesos de soldadura por puntos

Variables Dependientes

- Elementos estructurales del vehículo
- Procesos detallados de soldadura

Capítulo II

Marco Referencial

En este capítulo se realiza el análisis de la información contenida en las fuentes bibliográficas sobre el tema que se investiga, mediante el cual se evalúa el estado actual de las investigaciones referentes a la realización de guías de procesos de soldadura, tipos de soldadura y a los tipos máquinas de soldar por puntos.

2.1 Marco Teórico

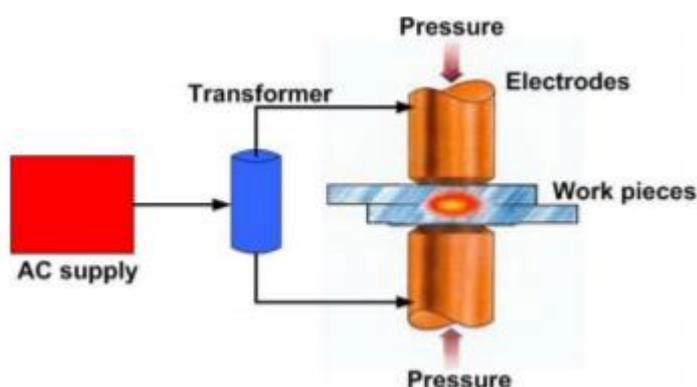
2.1.1 *Conceptos Preliminares*

2.1.2 *La Soldadura por Punto de Resistencia*

El cuerpo de acero convencional de un automóvil, en promedio, contiene 4500 juntas de soldadura por puntos. La soldadura por punto de resistencia es el método de unión principal utilizado en las industrias automotrices y lo ha sido durante muchos años. En este método la unión se produce por el calor generado debido a la resistencia de las piezas de trabajo al flujo de corriente y aplicación de presión (EWF, 2013). La soldadura se limita a las manchas en piezas de trabajo superpuestas y, por lo tanto, no continuo. Los electrodos de cobre puntiagudos conducen la corriente de soldadura al lugar de trabajo y también sirven para aplicar presión para formar la articulación fuerte como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Soldadura por Puntos



2.1.3 Carrocería: Elementos Estructurales del Vehículo

Hasta 1927 las carrocerías y los bastidores de los automóviles se fabricaban por separado y luego se atornillaban, dando lugar a lo que se conoce como carrocería con chasis independiente. Después de la Primera Guerra Mundial, Edward Budd inventó una prensa capaz de ejercer una gran presión sobre las hojas de acero. Esta era capaz de fabricar aletas, capós, suelos, etc., construyendo una carrocería entera de acero y de una pieza. Las piezas de acero se soldaban consiguiendo una estructura ligera, fuerte y resistente, y evitando los ruidos molestos de los automóviles de la época. Este era el principio de la llamada carrocería autoportante).

2.1.4 Características

En la carrocería se aloja y protege a los pasajeros del vehículo, se montan los elementos y sistemas del vehículo. En los vehículos industriales sirve además para transportar las mercancías. A lo largo de los años se ha transformado y evolucionado bastante.

Existen cuatro tipos de carrocería, en la actualidad se usan: chasis con carrocería separada y autoportante. Cada tipo está destinado a unos vehículos concretos.

Entre los elementos que componen la carrocería se destacan: bastidor, piso, travesaños, tablero, pase de ruedas, pilar, techo, puertas, aletas, capó, etc.

Cuando se diseña y construye una carrocería se tienen en cuenta unas exigencias que van encaminadas a mejorar las prestaciones, economizar energía y proteger a los ocupantes.

En el proceso de fabricación de una carrocería se montan primero los subconjuntos (parte del piso, por ejemplo) por separado y luego se van ensamblando los subconjuntos: piso completo, laterales, traviesa, entre otros.

Entre los distintos métodos de ensamblaje y unión de los elementos se distinguen: la soldadura por puntos, atornillado, remachado, uniones engatilladas, uniones pegadas, etc.

2.1.5 Carrocería Autoportante

La carrocería de los vehículos ha ido cambiando de forma continua. En la actualidad la carrocería más utilizada es la “Autoportante”. En ella el chasis y la carrocería están integradas en un solo elemento (Figura 2).

Figura 2

Estructura de Vehículo



Fuente: (Revistaautocrash.com, 2019)

Para realizar una correcta reparación de la estructura de un vehículo es muy importante conocer previamente los distintos tipos de vehículos que existen en el mercado, sus características constructivas, los materiales que los forman, cómo se fabrican, etc. Los ingenieros de automóviles están constantemente mejorando los vehículos, tanto respecto al punto de vista constructivo y de seguridad, como al uso de nuevos materiales para su construcción. La formación continua de los carroceros es de vital importancia, pues cada día aparecen nuevos procesos de reparación de automóviles.

2.1.6 Materiales Empleados en la Fabricación de Carrocerías

La evolución de los materiales empleados en la fabricación de carrocerías de automóviles es impresionante, de ahí la importancia de conocer sus propiedades, tanto físicas

como mecánicas, y sus características. Así se puede comprender cómo evoluciona un material y la estructura que lo conforma en ciertas condiciones, y hacer conjeturas sobre su resistencia o dureza en algunos esfuerzos.

Las carrocerías se diseñan tomando como base una estructura resistente suficientemente capaz de evitar las deformaciones producto de los siguientes esfuerzos estructurales: De tracción provocados por la marcha del vehículo, sobre todo en las aceleraciones y frenadas. De flexión provocados por el peso total soportado, en particular el que se aplica directamente sobre los ejes delantero y trasero. De torsión provocados por el desplazamiento vertical de los ejes cuando el firme es irregular.

La técnica de fabricación y armado de automóviles viene modernizándose a grandes pasos, especialmente por el uso de nuevos materiales que requieren de nuevos métodos de unión de sus piezas.

2.1.7 Soldadura

Son un conjunto de procesos tecnológicos en los cuales se logra la unión no armable de dos o más piezas unidas con la ayuda del calor y (o) presión concentrados y en las cuales se pueden utilizar o no metal de aporte que puede ser de la misma o diferente composición química que la del metal base. Se puede apreciar en la Figura 3.

La historia de la unión de piezas por soldadura según Glizmanenko, es muy antigua pues hace aproximadamente 2500 años un herrero griego llamado Glaukos unía piezas, calentando estas en un horno hasta que se ablandaban y luego le aplicaba golpes con un martillo hasta que se unían.

En 1801, el inglés Sir H. Davy descubrió que se podía generar y mantener un arco eléctrico entre dos terminales. Descubre la unión de metales mediante la utilización de la fusión local, que más tarde se definió como procesos de soldadura y que adquieren un grado elevado

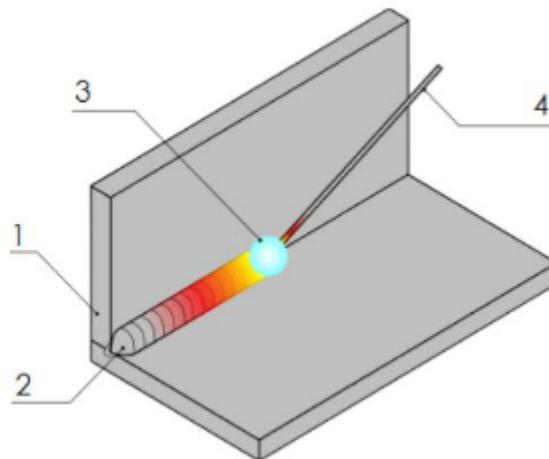
de desarrollo cuando se descubren las fuentes de energía calórica, como son la llama oxiacetilénica y el arco eléctrico.

Hasta 1927 las carrocerías y los bastidores de los automóviles se fabricaban por separado y luego se atornillaban, dando lugar a lo que se conoce como carrocería con chasis independiente. Después de la Primera Guerra Mundial, Edward Budd inventó una prensa capaz de ejercer una gran presión sobre las hojas de acero. Esta era capaz de fabricar aletas, capós, suelos, etc., construyendo una carrocería entera de acero y de una pieza. Las piezas de acero se soldaban consiguiendo una estructura ligera, fuerte y resistente, y evitando los ruidos molestos de los automóviles de la época. Este era el principio de la llamada carrocería autoportante.

Figura 3

Principio General de la Soldadura

- 1. Metal de base.**
- 2. Cordón de soldadura.**
- 3. Fuente de energía.**
- 4. Metal de aportación.**



Fuente: (FACTOREM, 2018)

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Métodos de Soldadura

Los equipos de soldadura se clasifican en métodos de soldadura de arco, de llama o de resistencia eléctrica. A su vez, dentro de esta clasificación, se pueden diferenciar los procedimientos de soldadura homogénea, homogénea autógena y heterogénea blanda o fuerte.

En relación con la industria del automóvil, estos son los métodos de soldadura más empleados en reparación:

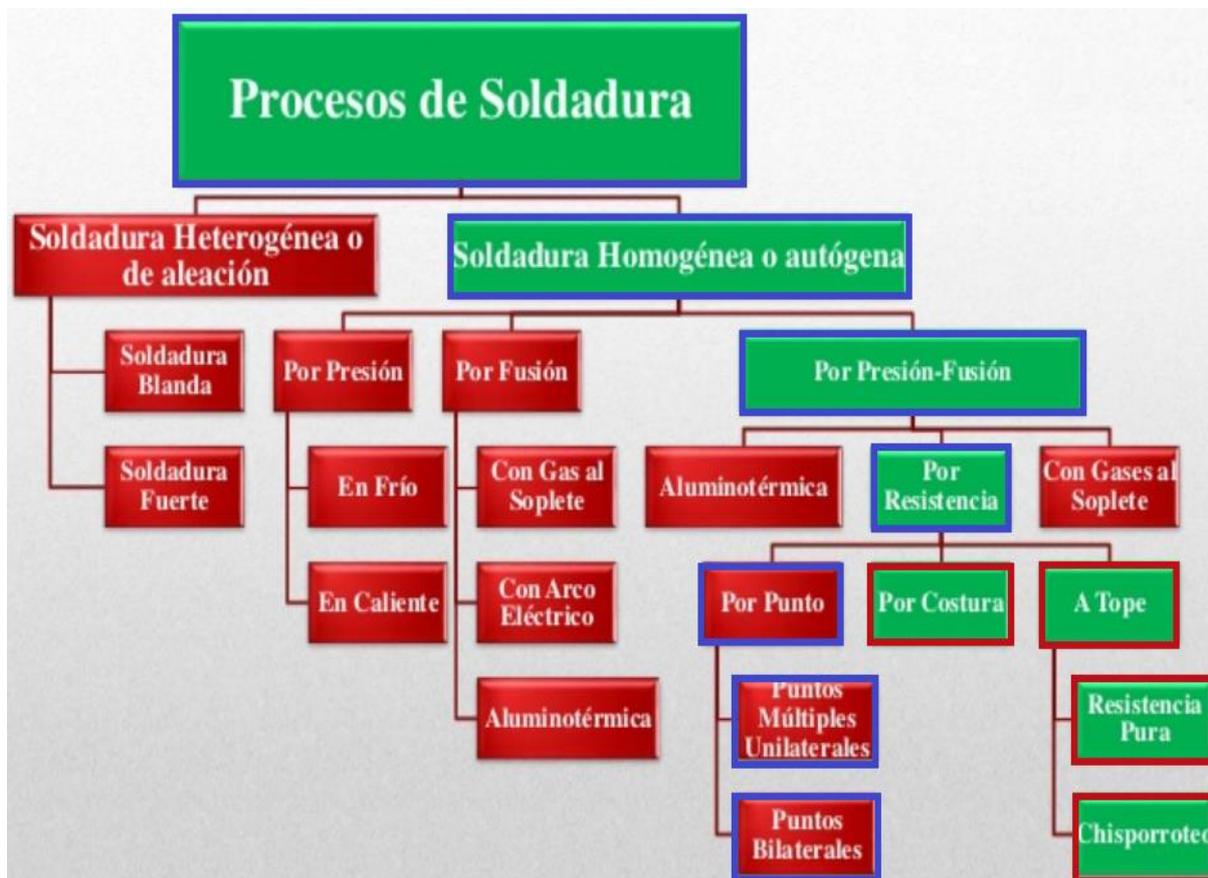
Soldadura eléctrica por arco de hilo, dentro de la cual los procesos MIG, MAG y F/MCAW son homogéneos, y los procesos MIG Brazing heterogéneos fuertes.

Soldadura eléctrica por puntos de resistencia. En este caso se trata de un método de soldadura homogéneo autógeno.

Además de los equipos mencionados, pueden encontrarse otros que, aunque son menos utilizados actualmente, siguen teniendo cierta presencia. Son los equipos de soldadura eléctrica por arco con electrodo revestido, y los equipos de llama oxiacetilénicos. (Figura 4).

Figura 4

Procesos de Soldadura



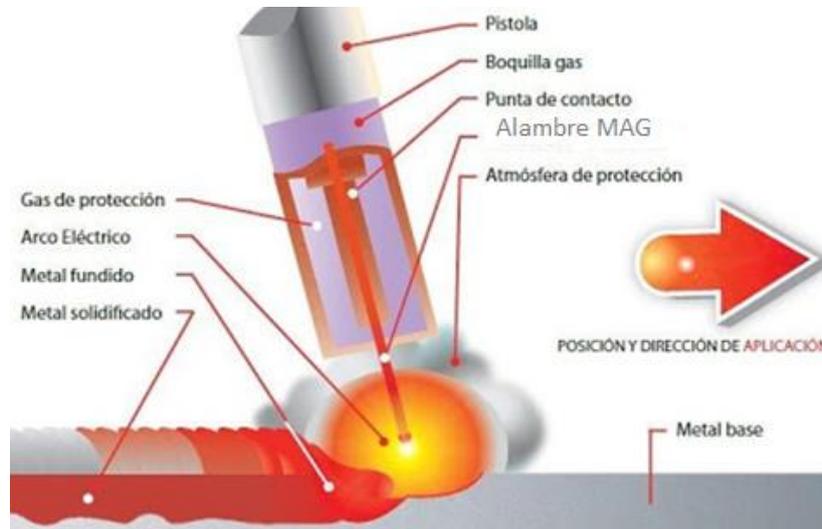
2.2.2 Soldadura MAG

MAG (Metal Active Gas = metal soldado con gas activo). Es la variante más empleada en los talleres de carrocería para soldar el acero al carbono. Utiliza como gas de protección una mezcla de dióxido de carbono (entre un 15-20% aproximadamente) y argón (entre un 80-85%

aproximadamente). Esta mezcla conserva mejor las propiedades metálicas de la soldadura y facilita una penetración más estrecha en metales finos (Figura 5).

Figura 5

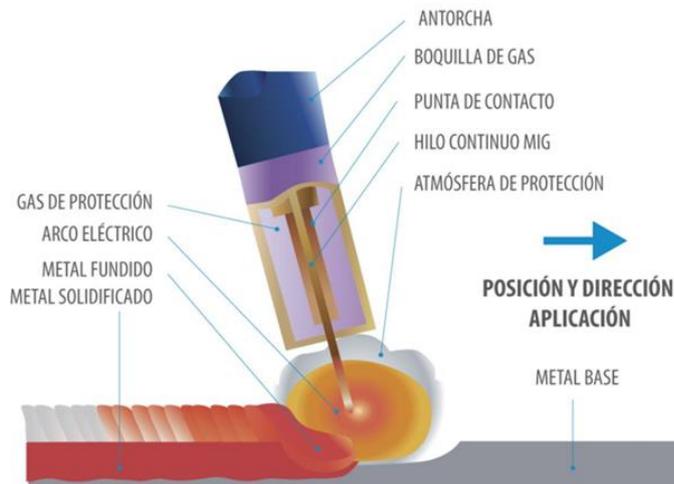
Soldadura MAG



Fuente: (ILMO, 2020)

2.2.3 Soldadura MIG

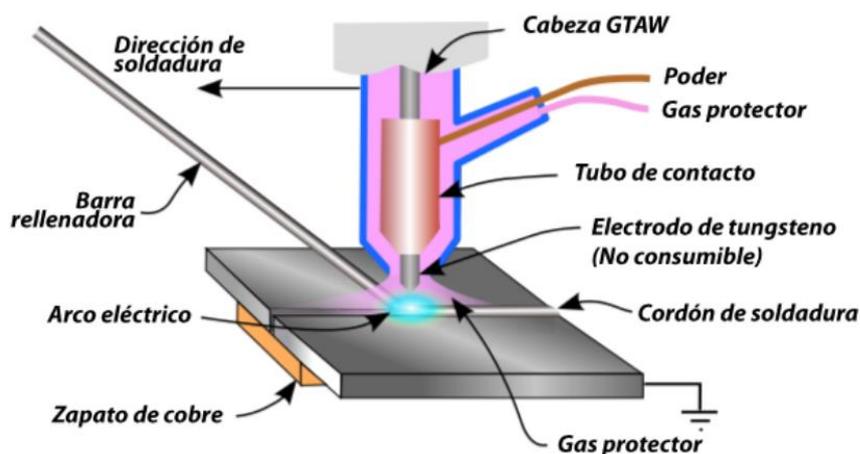
MIG (Metal Inert Gas = metal soldado con gas inerte). Esta versión de equipo de hilo es menos empleada en automoción, ya que generalmente está destinada a la soldadura de metales blandos como el aluminio. Puesto que el uso de aluminio es más reducido en las carrocerías actuales, su presencia en los talleres se reduce a marcas oficiales en las cuales se realizan sustituciones de elementos estructurales fabricados con este metal. También talleres con entrada de vehículos de este tipo pueden disponer de estos equipos. El gas empleado es argón, ya que además de ser económico, favorece una penetración más estrecha y un arco eléctrico más estable (Figura 6).

Figura 6*Soldadura MIG*

Fuente: (ILMO, 2020)

2.2.4 Soldadura TIG

TIG (Tungsten Inert Gas), se realiza mediante el uso de un electrodo no consumible de tungsteno. Este proceso utiliza un arco eléctrico como fuente de energía que se establece entre el electrodo y la pieza a soldar con una envoltura protectora de un gas inerte (argón o helio). Se puede utilizar en todo tipo de materiales, incluidos el aluminio o el magnesio, e incluso en materiales sensibles a la oxidación como el titanio (Figura 7).

Figura 7*Soldadura TIG*

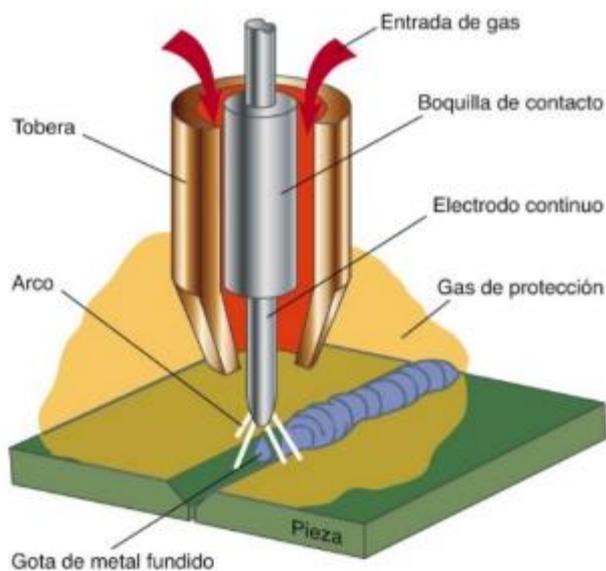
Fuente: (Ingenieriaonline.com, 2018)

2.2.5 Soldadura MIG-Brazing

MIG-Brazing (soldadura heterogénea fuerte soldada con gas inerte). Esta es la variante más reciente introducida en los talleres de reparación para la soldadura de aceros, aunque su uso actual es muy limitado, ya que el material de aportación requerido, CuSi_3 es bastante caro. Su introducción responde a la necesidad de conservar los revestimientos anticorrosivos aplicados en fábrica, gracias a que esta aleación de cobre-silicio funde a una temperatura menor que el acero (sobre $900\text{ }^\circ\text{C}$) y, por tanto, reduce la destrucción de las protecciones mencionadas (Figura 8).

Figura 8

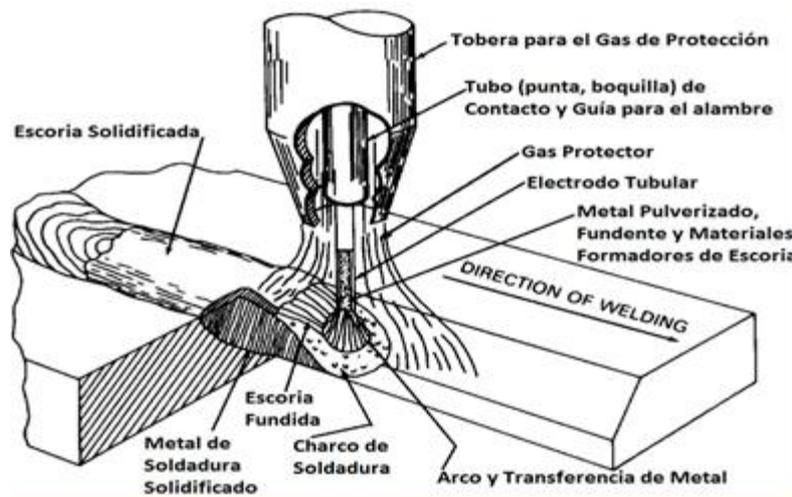
Soldadura MIG-Brazing



Fuente: (Solter, 2018)

2.2.6 Soldadura F/M-CAW

F/M-CAW (Flux/Metal Cored Arc Welding = soldadura de arco con núcleo de fundente o metálico). Esta versión es poco utilizada en la reparación del automóvil, aunque sí más utilizada en industria, ya que posibilita la soldadura de aceros en exteriores, tanto con suministro de gas como sin él (depende del tipo de alambre empleado). Por otro lado, los alambres con núcleo de fundente (de tipo rutilico o básico) dejan escoria sobre el cordón, mientras que los de núcleo metálico no lo hacen, en la Figura 9 puede verse un diagrama.

Figura 9***Soldadura con Protección Gaseosa (FCAW-G)***

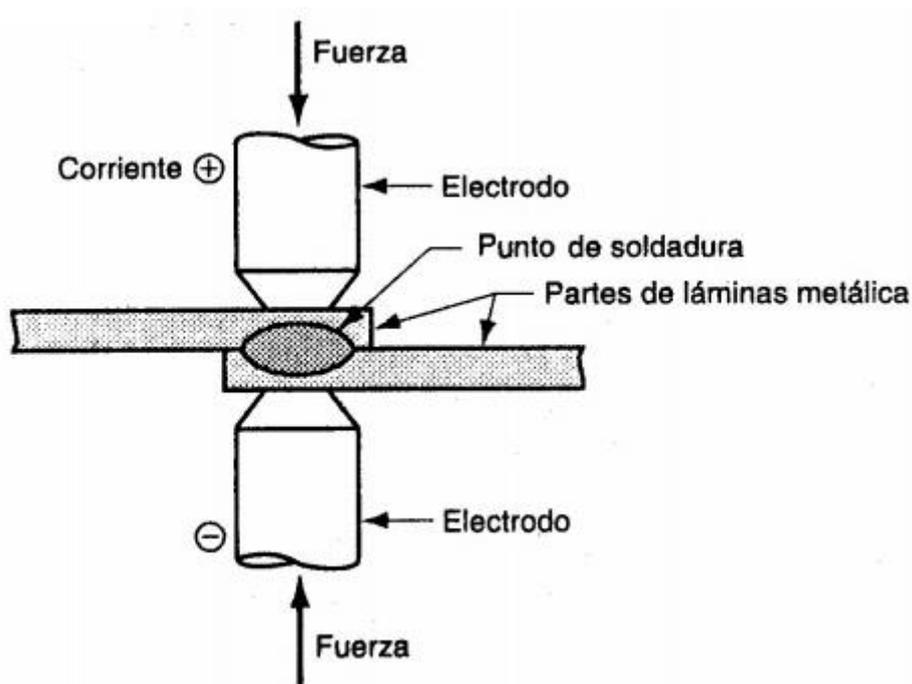
Fuente: (Esab.com, 2020)

2.2.7 Soldadura por Puntos de Resistencia (RSW)

RSW (Resistance Spot Welding) es un proceso de unión que se basa en la presión y la temperatura, utiliza dos electrodos de aleación de cobre refrigerados por agua de varias formas para formar una junta en una chapa lapeada. Puede ser portátil (pistola), semiautomático de uno o múltiples puntos, automático de pie (balancín o prensa) o montado en un robot como efector final.

La soldadura por puntos es un método de precisión realizado con chapas o láminas de metal, aluminio o aleaciones del cobre de espesores pequeños de 0.5 mm, donde uno o varios puntos de dos piezas coinciden.

El proceso de la soldadura por puntos se puede llevar a cabo de dos formas: de manera unilateral, que se emplea cuando no es posible aplicar los electrodos por los dos lados de las piezas y se debe tener una alta conductividad eléctrica y térmica y mantener la dureza hasta un máximo de 400°C (Figura 10).

Figura 10*Soldadura de Resistencia por Puntos*

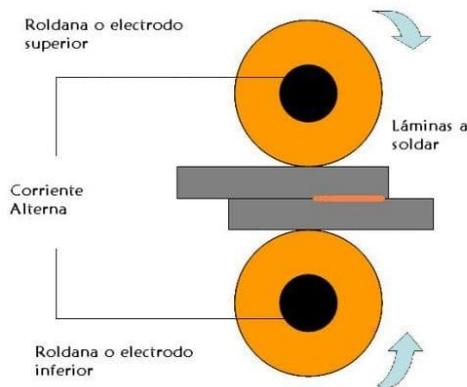
Fuente: (Mipsa.com, 2020)

2.2.8 Soldadura por Costura de Resistencia (RSEW)

Utiliza dos ruedas de aleación de cobre accionadas. La corriente se suministra en pulsos rápidos, creando una serie de soldaduras por puntos superpuestas que son herméticas a la presión. Por lo general, equipos de pie, ya sean circulares, longitudinales o universales.

La soldadura por costura es similar a la soldadura por punto con la diferencia de que, en este caso, los electrodos poseen rodillos en la punta, estos giran sobre las chapas a soldar presionándolos, de esa manera se consigue una soldadura continua.

La diferencia entre la soldadura por punto y la soldadura por costura es que en la primera se obtiene puntos soldados además espaciados regularmente, mientras que en la soldadura por costura se obtiene una unión sin espacios o continua (Figura 11).

Figura 11*Soldadura por Resistencia por Costura*

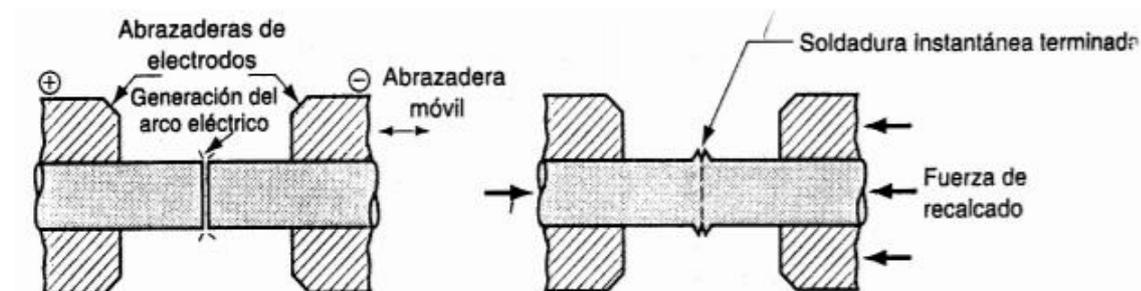
Fuente: (Ingenieriaonline.com, 2018)

2.2.9 Soldadura a Tope por Resistencia

Es cuando los bordes de las piezas a soldar son juntados uno a lado del otro, es decir, las piezas se colocan borde contra borde para ser soldadas.

Básicamente, en el caso de la soldadura a tope por resistencia las piezas se sujetan en unos sujetadores, estos a la vez están conectados al devanado secundario de un transformador que sirve para controlar la corriente eléctrica, el devanado primario está conectada a la red de corriente alterna (Figura 12).

Denominada soldadura instantánea (en inglés Flash Welding, FW), usada normalmente para uniones empalmadas.

Figura 12*Soldadura a Tope*

Fuente: (Mipsa.com, 2020)

2.2.10 Proceso de Soldadura

Consiste en pasar la corriente eléctrica a través de todos los metales que vayan a unirse para formar el sistema de soldadura. Como la mayor resistencia se consigue al unir estos elementos la temperatura también sigue el efecto de aumentar, haciendo así el efecto Joule.

Los parámetros de soldeo se deben tener en cuenta 5 principios importantes:

- Intensidad – tiempos de soldadura
- Resistencia eléctrica de la unión
- Presión de apriete
- Geometría de los electrodos
- Tiempo de soldadura

Hay que utilizar una máquina de soldadura por puntos de 10.000 mil a 12 mil amperios en adelante, para poder soldar aceros de aleaciones de alta resistencia, ultra alta resistencia, acero al boro, etc.

El tiempo de soldado se encuentra entre 0,01-0,63 segundos. Depende del espesor de los metales, del diámetro de los electrodos y de la presión que ejercen.

2.2.11 La Soldadura por Puntos en las Carrocerías

La técnica de fabricación y armado de automóviles viene modernizándose a grandes pasos, especialmente por el uso de nuevos materiales que requieren de nuevos métodos de unión de sus piezas.

En la actualidad, más allá de la tradicional soldadura y sus diferentes formas, se apela a métodos mecánicos y químicos, los cuales permiten el ensamblaje o montaje de una o varias piezas de la carrocería entre sí.

El método de unión está condicionado por la naturaleza de los materiales por unir, la función que van a cumplir las piezas dentro de la estructura y la accesibilidad.

En un vehículo podemos encontrar tres tipos de unión: fijas, las cuales no permiten la separación de las piezas luego de ser unidas; amovibles, que permiten retirar las piezas cuantas veces se requiera; y articuladas, que dan algún tipo de libertad de movimiento entre las piezas.

2.2.12 Ciclo de Soldadura

Para explicarlo dividimos el ciclo en 4 fases:

- Los electrodos se acercan y agarran los metales a soldar, haciendo así mayor contacto entre ellos.
- Pasa corriente eléctrica a través de las piezas a soldar, calentándose las zonas que están en contacto directo con los electrodos.
- Se incrementa la presión de los electrodos sobre las chapas. Así es como se consigue la unión.
- Finalmente, se reduce la presión de los electrodos sobre las piezas.

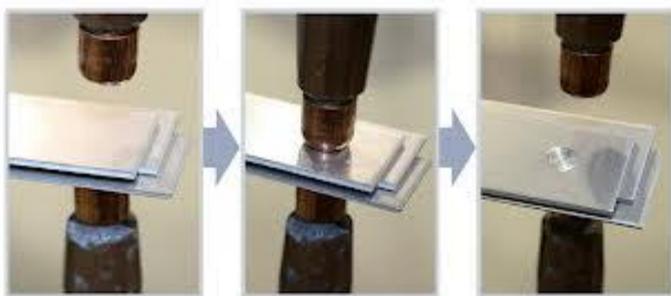
2.2.13 Fases de la Soldadura por Puntos

1. Colocación de las chapas a soldar entre las pinzas.
2. Bajada de los electrodos, que corresponde al tiempo que transcurre desde la operación de acercamiento de los electrodos hasta que comienza el paso de la corriente
3. Tiempo de soldadura, que consiste en el tiempo durante el cual está pasando la corriente eléctrica.
4. Tiempo de forja, es el tiempo transcurrido entre el corte de la corriente y el levantamiento de los electrodos.
5. Tiempo de enfriamiento, consiste en la desaparición de la presión además de los electrodos.

El proceso de soldadura por puntos (Figura 13) tiende a endurecer el material, hacer que se deforme, reducir la resistencia a la fatiga del material, y puede estirar el material. Los efectos físicos de la soldadura por puntos pueden crear fisuras internas y grietas en la superficie. Las propiedades químicas afectadas son la resistencia interna del metal y sus propiedades corrosivas (Maquituls, 2015).

Figura 13

Proceso de Soldadura



Fuente: (Ferrepro, 2020)

2.2.14 Efecto Joule

El calentamiento se produce al pasar una corriente eléctrica a través de la unión de las piezas. El calor desprendido viene dado por la expresión:

$$Q = R^2 * I * t$$

Q = Cantidad de calor generado (J)

I = Intensidad de la corriente de soldadura (A) (en amperios).

R = Resistencia de la unión a soldar al paso de la corriente eléctrica. (Ω) (en ohmios)

t = Tiempo durante el cual circula la corriente y presión necesaria en los electrodos (s) (en segundos).

2.2.15 Máquinas de Soldadura

Independientemente de la estructura, tamaño y tipo de equipo, todas las máquinas están diseñadas (Figura 14) con los siguientes elementos básicos:

- Un sistema de puesta bajo presión de las piezas a unir que proporciona a los electrodos una fuerza fácilmente regulable: puede ser de accionamiento mecánico, hidráulico o neumático. Es el responsable del apriete de las piezas, modificando en cierta medida la resistencia de contacto, y sobre todo de llevar o cabo la forja de la soldadura, al ser capaz de mantener el esfuerzo sobre las piezas, incluso tras el corte de la corriente.
- Un transformador eléctrico, cuya misión es transformar la tensión e intensidad de la corriente alterna de la red. De este modo, se consigue en la pinza una intensidad de varios miles de amperios.
- Un sistema de corte de corriente y temporización, capaz de suministrar la energía deseada en el espacio de tiempo preciso. Los equipos empleados en la reparación de automóviles suelen ser portátiles. El cabezal, o pinza de soldadura, está unido a la unidad de alimentación mediante cables flexibles de longitud determinado. Dicho elemento es soportado manualmente por el operario durante la ejecución del trabajo.

Figura 14
Elementos que Componen una Máquina Soldadora



Fuente: (Mipsa.com, 2020)

Aparte de estos elementos, también tienen gran importancia los electrodos, los cuales deben reunir tres requisitos fundamentales:

- Buena conductividad eléctrica, para evitar aumentos adicionales de temperatura.
- Tenacidad y alta resistencia mecánica a temperaturas elevadas, que impidan su deformación.
- Buena conductividad térmica, para que su refrigeración sea rápida.
- Además del material, también hay que tener en cuenta la geometría de sus puntas; éstas tienen forma troncocónica; su sección delimita la zona de paso de la corriente y, por tanto, el diámetro del punto.

El tamaño y la forma de la soldadura formadas dependen entre otros factores del tamaño y el contorno de los electrodos.

Es un tipo de soldadura rápida, limpia y fuerte sin fusión del metal base, es un proceso en el cual los electrodos no son consumibles y no necesita material de aporte (Figura 15).

Figura 15
Equipos de Soldadura



Fuente: (Mipsa.com, 2020)

En la Tabla 1 se puede apreciar los recursos para soldadura por puntos.

Tabla 1
Unión por Soldadura por Puntos

Material	Equipo	Herramientas
Acero convencional	Equipo soldadura por puntos convencional (5000 A, 250 daN ²)	Juego de hombrosolos
Acero de alta resistencia	Equipo soldadura por puntos con tecnología inverter (8000 A, 300 daN)	Juego de hombrosolos
Acero de muy alta resistencia	Equipo soldadura por puntos con tecnología inverter (9000 -12000 A, 350-500 daN)	Juego de hombrosolos
Acero de ultra alta resistencia	Equipo soldadura por puntos con tecnología inverter (12000 -14500 A, 500-600 daN)	Juego de hombrosolos
Aluminio	Equipo soldadura por puntos con tecnología inverter (25000 A, 700 daN)	Juego de hombrosolos ¹

Nota: ¹Playo de presión / ² Decanewton [**daN**] = 10 Newton [N]

2.2.16 Tipos de Soldadura por Puntos

Existen dos tipos de soldadura por puntos: unilateral, cuando se ve imposible aplicar los electrodos por todos los lados, y bilateral, cuando podemos solapar y sujetar las piezas con los electrodos una arriba del otro.

Las ventajas de la soldadura por puntos incluyen rapidez de ejecución, precisión, seguridad (gracias a su bajo voltaje) y limpieza del acabado con un manejo mínimo de excedentes.

2.2.17 Soldadura por Puntos por Resistencia (RSW)

La soldadura por puntos por resistencia (a menudo llamada soldadura por puntos) es una tecnología de unión rentable que sigue siendo muy popular en la industria automotriz (Figura 16), donde la alta reproducibilidad y la automatización son criterios esenciales. Una

ventaja adicional es que, con una elección adecuada de parámetros, se puede obtener una alta calidad de juntas sin depender de la habilidad del soldador.

Figura 16

Aplicaciones de la Soldadura por Puntos



Fuente: (Simufact, 2020)

La tecnología RSW se emplea en múltiples industrias, como:

- Industrias de transporte

Construcción automotriz (partes de carrocería, marcos, partes adicionales como puertas y portones traseros, etc.)

Vehículos comerciales

Vehículos ferroviarios

- Industrias de conformado de chapa

El uso de “soldaduras por puntos” en la reparación de vehículos se ha recomendado durante muchos años. Ahora, estamos empezando a ver el término "obligatorio". Esto se debe a cambios en los diseños del metal y las propiedades mecánicas. Escuchas mucho sobre el tema del calor con muchos de los nuevos metales. El calor es un factor clave en las propiedades mecánicas de los aceros o metales en general.

La industria avanza en el uso de nuevos materiales para la fabricación de carrocerías de automóviles. Tanto así que la mayoría de las marcas ya emplea aceros de alto y ultraalto límite

elástico, y aceros al boro, que aumentan la rigidez de la estructura para garantizar un mejor comportamiento de absorción de energía. Al mismo tiempo, nuevos equipos y herramientas se requieren en la reparación o sustitución de estos materiales, puesto que los equipos convencionales carecen del amperaje y la presión necesarios para fundir los aceros de alto límite elástico.

La soldadura por puntos tiene aplicaciones en una serie de industrias, incluida la automotriz, aeroespacial, ferroviaria, muebles de metal, electrónica, edificios médicos y construcción.

Dada la facilidad con la que se puede automatizar la soldadura por puntos cuando se combina con robots y sistemas de manipulación, es el proceso de unión más común en líneas de fabricación de gran volumen y, en particular, ha sido el principal proceso de unión en la construcción de automóviles de acero durante más de 100 años.

Capítulo III

Metodología

En este análisis de investigación por el método lógico - deductivo es conveniente determinar los códigos, especificaciones y procedimientos de soldadura que son recomendados para su aplicación en las industrias automotrices relacionadas con la tecnología de soldadura dado que garantizan confiabilidad y aseguramiento en un producto terminado con óptima calidad debido a sus exigencias tecnológicas y son la documentación básica que rige y guía la práctica de soldadura aplicables para (Niebles et al., 2008):

- Fabricar productos soldados que cumplan con la calidad y seguridad del trabajador requerida.
- Suministrar una verdadera y razonable protección a la vida, la propiedad y el medio ambiente.

La soldadura por resistencia por puntos fue lanzada por primera vez al final del siglo XIX y es ampliamente utilizada en la fabricación de vehículos desde 1930.

Es un tipo de soldadura sin fusión del metal base a soldar, un método de soldadura por resistencia que se basa en la presión de las puntas de dos electrodos altamente conductivos y con resistencia térmica baja, se calientan unos puntos de las piezas a soldar por corriente eléctrica y se ejerce una presión entre las mismas.

Actualmente, uno de los métodos más importantes para la unión de piezas y conjuntos metálicos en general en las industrias que aportan al producto interno bruto y adelanto en infraestructura de países desarrollados y en vías de desarrollo es la soldadura y sus tecnologías (Camillero et al., 2007; Wang y Liu, 2004; Méndez, 1999).

El modelo pedagógico utilizado por la universidad dentro de su proceso de formación por competencias es el modelo pedagógico integrado integrador que busca la formación integral y en valores del estudiante, mediante un proceso autorregulado y participativo en el

contexto de la profesionalización e investigación que generen ciencia, innovación y desarrollo tomando como protagonistas activos a estudiantes, docentes, sociedad e industria. El cuerpo de acero convencional de un automóvil, en promedio, contiene 4500 juntas de soldadura por punto.

3.1 Códigos de Soldadura

Son reglas estandarizadas que se han diseñado con el fin de garantizar la calidad de las soldaduras que se realicen. Según Andía, los códigos que más se usan son ASME (American Society of Mechanical Engineers), API (American Petroleum Institute) y AWS (American Welding Society), pero existen muchos otros, como el AISC, ASTM, AWWA, ANSI, ASNT, AISI, SAE, ISO, etc.

Las más importantes organizaciones que emiten los códigos que involucran soldadura y que se usan con frecuencia son:

- AWS American Welding Society
- AISC American Institute of Steel Construction
- ASTM American Society for Testing Materials
- API American Petroleum Institute
- ASME American Society of Mechanical Engineers
- AWWA American Water Works Association
- ANSI American National Standards Institute
- ASNT American Society for Non-Destructive Testing
- AISI American Iron Steel Institute
- SAE Society of Automotive Engineers
- ISO Organización Internacional de Estándares

3.1.1 Códigos de la AWS

Los principales son (Figura 17):

- **AWS D1.1 Structural Welding Code – Steel** (Código de Soldadura Estructural – Acero). Este código aplica para las estructuras de acero al carbono y de baja aleación, en espesores mayores a 3mm (1/8”) y con resistencia a la cedencia hasta 690MPa (100 kpsi).
- **AWS D1.2 Structural Welding Code—Aluminum** (Código de Soldadura Estructural – Aluminio): Este código aplica para la fabricación de estructuras en aluminio.
- **AWS D1.3 Structural Welding Code—Sheet Steel** (Código de Soldadura Estructural – Láminas). Este código aplica para la soldadura de estructuras en acero al carbono de 4.5mm (3/16”) o menos, ya sea negro o galvanizado.
- **AWS D1.4 Structural Welding Code—Reinforcing Steel** (Código de Soldadura Estructural – Acero de Refuerzo). Este código aplica para la soldadura en acero de refuerzo a aceros al carbono o de baja aleación.

Figura 17

Códigos de la AWS



La AWS ha emitido ciertos documentos relacionados con la soldadura de automóviles y camiones. Son:

- “Recommended Practices for Automotive Welding Design”
- “Recommended Practices for Automotive Portable Gun-Resistance Spot Welding”
- “Standard for Automotive Resistance Spot Welding Electrodes”
- “Specifications for Automotive Welding Quality-Resistance Spot Welding”
- “Specifications for Automotive Frame Weld Quality-Arc Welding”

3.1.2 Aplicaciones de la Soldadura por Puntos

Debido al avance tecnológico, ha sido más fácil ampliar la gama de materiales que se pueden soldar usando la soldadura por puntos (por ejemplo, zinc, cobre, latón, cromo-níquel, aluminio, magnesio y sus aleaciones), aunque en el 80% de los casos se utiliza en aplicaciones de acero estándar.

Además, es el método más usado en la industria de la aviación, metalformado, procesados de chapas de grandes dimensiones y construcción de vagones.

El mercado automovilístico igualmente es uno de los sectores donde más se suele usar la técnica de soldadura por puntos, aunque un 85% utiliza cada vez más aluminio, un verdadero desafío porque la capa de óxido del aluminio se funde a 2000 grados Celsius a pesar de que el aluminio funde a 600 grados Celsius.

Desde hace más de 150 años, la soldadura por puntos de resistencia ha demostrado ser la tecnología dominante para unir láminas de metal delgadas. En particular, la industria automotriz continúa utilizando la soldadura por puntos de resistencia como su principal proceso de unión, a pesar de la fuerte competencia de los procesos de soldadura de vigas, unión adhesiva y unión mecánica. La razón principal de esto es que la soldadura por puntos por resistencia ofrece una alta productividad a un bajo costo y, por lo tanto, es probable que mantenga su posición en el futuro.

Otras aplicaciones se pueden encontrar en la industria aeronáutica, aeroespacial, ensamblaje de baterías, protección térmica y filtración.

3.1.3 Características de los Metales en la Soldadura por Puntos

Las aleaciones rojas y bronce fósforos se sueldan mejor. Los metales y las aleaciones de distinta naturaleza se pueden soldar, pero si sus temperaturas de fusión no son muy diferentes.

Las características de los materiales a soldar son:

- Níquel y sus aleaciones se sueldan fácilmente con una intensidad muy elevada.
- Aluminio, magnesio y sus aleaciones pueden soldarse a condición de que se emplee una corriente muy intensa durante un tiempo muy corto, y se controle rigurosamente la cantidad de energía suministrada.
- Latón se suelda más fácilmente que el aluminio, aplicando una corriente elevada durante un tiempo corto.
- Zinc y sus aleaciones son delicadas de soldar por su baja temperatura de fusión.
- Cobre es imposible de soldar con cobre. En mejor de los casos, la soldadura es muy mala.

La carrocería autoportante posee una serie de exigencias, donde las propiedades mecánicas del material deben garantizar la resistencia, siendo ligera pero a su vez muy rígida y deformable; aunque suene un poco confuso, la innovación en los materiales y sus tratamientos hacen que esta serie de exigencias sean posibles, encontrando aceros de alto límite elástico (ALE), de ultra alto límite elástico (UALE), aceros al boro, acero doble fase, como también se implementa el uso del aluminio y fibra de carbono, entre otros. Como se puede observar en la Figura 18, la zona central del vehículo está construida con aceros de mayor resistencia donde se pueden alcanzar valores de límites elásticos superiores a 1200 N/mm. Esta condición se otorga para generar una protección máxima a los ocupantes del vehículo (Figura 18).

Figura 18*Materiales de los Elementos Estructurales*

Fuente: (Revistaautocrash.com, 2018)

3.2 Metodología para la Elaboración del Procedimiento de Soldadura

Esta metodología para la elaboración y calificación del procedimiento de soldadura es recomendada para la fabricación de equipos de transporte tales como: automóviles, la cual frecuentemente necesita el cumplimiento de requisitos específicos de calidad en las soldaduras.

La secuencia general para la elaboración y calificación del procedimiento de soldadura es relacionada a continuación acorde con los siguientes lineamientos:

Reconocimiento del proyecto o producto soldado a fabricar: En este punto es importante la recolección de información necesaria para el desarrollo del procedimiento ya que permite identificar que se va a producir, que material se empleará, rango de espesores del material a soldar, tipos de juntas presentes en la construcción soldada y todas aquellas características y especificaciones indispensables para el producto con respecto a la unión soldada.

Selección del código a trabajar: Para la elaboración del procedimiento de soldadura es necesario determinar qué tipo de construcción soldada se va a trabajar, para posteriormente seleccionar e implementar el código que más se adecue según los requerimientos.

Definición de variables: Es importante la definición de variables que permitan asegurar la compatibilidad entre material base y depósito de soldadura asegurando la calidad del producto acorde a las especificaciones de diseño y ejecución de la soldadura, entre las variables de soldadura se pueden identificar: las esenciales, esenciales suplementarias y las no esenciales.

Especificación del Procedimiento de Soldadura - EPS preliminar: Es la fase donde se listan las variables y parámetros de soldadura preliminares que aplican al producto soldado para que el soldador las ejecute sobre una probeta preparada para su soldadura y luego ser probadas determinando si las propiedades mecánicas de la unión soldada cumplen con lo especificado en el diseño.

Preparación de la junta: Es de vital importancia, preparar la junta (Niebles et al, 2008) antes de iniciar cualquier soldadura, por tanto, se debe:

(a) Identificar los parámetros de diseño de la junta. Aquí el código especifica la forma y geometría de la probeta a soldar.

(b) Corte de las probetas. Después de identificar el material, y analizar sus características, se debe trazar el material acorde a las dimensiones que va a poseer la probeta, para así proseguir al corte que puede ser mecánico o térmico.

(c) Preparación y limpieza de los bordes. Es clave en el procedimiento de la soldadura, preparar los bordes de la pieza acorde al diseño y tipo de junta, además se debe retirar o remover impurezas o contaminantes y todo aquello que impida que la soldadura sea efectiva.

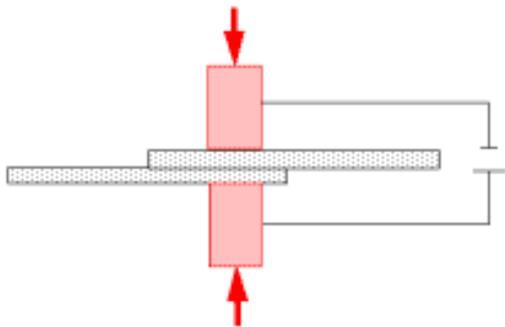
(d) Ensamble de la junta. Para el ensamble de juntas a tope se debe tener en cuenta que ésta debe estar alineada para que la unión sea uniforme, por lo que se recomienda la utilización de grapas cuando se desea soldar tubos y platinas, si es de filete se recomienda que los bordes estén rectos y no existan espacios entre las superficies de contacto.

3.2.1 Sugerencias para la Soldadura por Puntos

- La soldadura por puntos conecta dos o más chapas metálicas finas superpuestas en pequeñas zonas sin utilizar ningún material de relleno. Las consideraciones prácticas establecen el límite en el grosor total de hojas unidas. Las chapas se unen mediante la aplicación de presión y calor en forma local utilizando electrodos de aleación de cobre moldeado. Los electrodos aplican una cantidad de energía adecuada a fin de lograr que los materiales de las chapas se fundan y se mezclen (Figura 19).

Figura 19

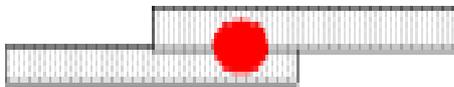
Conexión de las Chapas



Una vez retirados los electrodos, el material fundido se solidifica formando una unión, según se muestra en la Figura 20.

Figura 20

Conexión de las Chapas

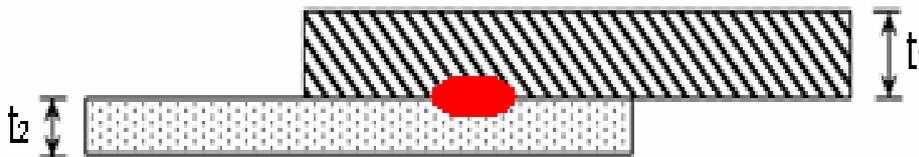


- Las soldaduras por puntos funcionan mejor con aceros de bajo contenido de carbono. Las soldaduras por puntos de aleaciones de acero con alto contenido de carbono tienden a ser frágiles y a romperse con facilidad. Las chapas de aluminio se pueden unir con soldadura por puntos debido a su bajo punto de fusión en comparación con el del cobre, que es el material de los electrodos.

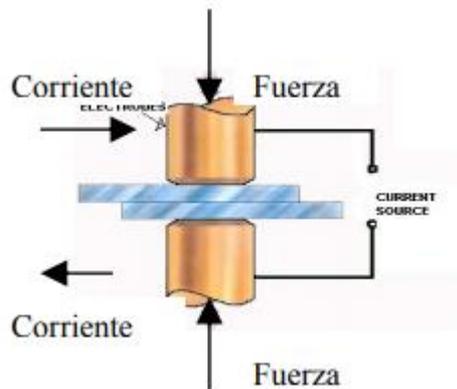
- Utilizar las soldaduras por puntos es la manera más práctica de unir chapas metálicas de hasta 3 mm de espesor.
- Si el espesor de las hojas no es igual, la relación de espesor no debe superar 3. Esta recomendación está basada en consideraciones prácticas de diseño. Lo ideal es que los sólidos que se vayan a soldar por puntos tengan los mismos espesores para crear una unión soldada uniforme. Si esto no es posible, se puede lograr una unión soldada centrada mediante la utilización de un electrodo más grande en la hoja más espesa. Cuando la relación de espesor entre la hoja más espesa y la menos espesa ($t_1:t_2$) es de 3:1, la soldadura por puntos es prácticamente imposible (Figura 21).

Figura 21

Relación de Espesor entre las Chapas

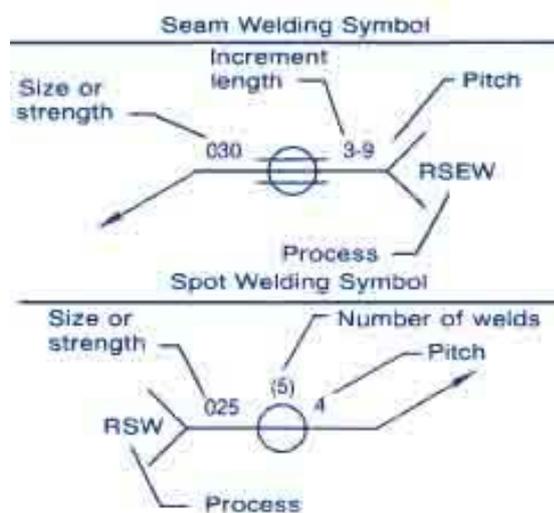


- La resistencia de un conector de soldadura por puntos depende del diámetro de la soldadura y del espesor de las hojas. El diámetro debe estar en el intervalo de $0.5(t_1+t_2) < D < (t_1+t_2)$, donde D es el diámetro de la soldadura por puntos.
- El soldado por puntos es el proceso de soldadura por resistencia más usado para la unión de piezas formadas con chapa y láminas de espesores pequeños o medianos.
- En su aplicación más simple la soldadura por puntos consiste simplemente en prensar dos o más piezas de metal laminado entre dos electrodos de soldar, de cobre o de una aleación de cobre, y pasar una corriente eléctrica de suficiente intensidad por las piezas, para dar lugar a su soldadura por unión (Figura 22).

Figura 22*Soldadura por Puntos*

3.3 Símbolo de Soldadura por Puntos por Resistencia

Los símbolos de soldadura por puntos por resistencia no tienen una flecha u otro significado lateral en sí mismos, aunque los símbolos suplementarios utilizados junto con ellos pueden tener tal significado. Los símbolos de soldadura por puntos por resistencia deben estar centrados en la línea de referencia. Las dimensiones se pueden mostrar a ambos lados de la línea de referencia (Figura 23).

Figura 23*Símbolos de Soldadura por Puntos*

Fuente: (Solidworks.com, 2011)

3.3.1 *Tamaño de Soldadura*

Los símbolos de soldadura por puntos por resistencia se dimensionan por tamaño o resistencia de la siguiente manera:

El tamaño de las soldaduras por puntos de resistencia se designa como el diámetro de la soldadura expresado en fracciones o en decimales en centésimas de pulgada y debe mostrarse, con o sin marcas de pulgadas, a la izquierda del símbolo de soldadura (Figura 24).

Figura 24

Símbolo del Tamaño de las Soldaduras por Puntos por Resistencia



La fuerza de las soldaduras por puntos de resistencia se designa como la resistencia al corte mínima aceptable en libras por punto y debe mostrarse a la izquierda del símbolo de soldadura (Figura 25).

Figura 25

Símbolo del Fuerza de las Soldaduras por Puntos por Resistencia



El paso de las soldaduras por puntos de resistencia se debe mostrar a la derecha del símbolo de soldadura (Figura 26).

Figura 26

Símbolo de Separación de Soldaduras por Puntos por Resistencia



Cuando se desea un número definido de soldaduras en una unión determinada, el número debe mostrarse entre paréntesis, ya sea arriba o abajo del símbolo de soldadura (Figura 27).

Figura 27

Símbolo del Número de Soldaduras por Puntos por Resistencia



Cuando la superficie expuesta de un miembro de una junta soldada por puntos de resistencia debe quedar al ras, esa superficie se indicará agregando el símbolo de contorno al símbolo de soldadura (Figura 28) de acuerdo con las especificaciones de ubicación.

Figura 28

Símbolo para el Contorno de las Soldaduras por Puntos por Resistencia



3.4 Principios del Proceso de Soldadura por Puntos

En los procesos del soldeo por resistencia el calor se genera por medio de una corriente eléctrica de elevada intensidad que se hace circular con ayuda de los electrodos durante un corto espacio de tiempo, a través de la unión que se desea soldar. Los metales que constituyen la unión ofrecerán una resistencia al paso de esta corriente y, por tanto, se generará un calor, que será máximo en la intercara de las piezas (zona de unión) ya que la resistencia al paso de la corriente también es máxima en dicha zona. En este proceso de soldeo, aparte de requerirse el paso de una corriente eléctrica, es necesario aplicar una presión durante y después del paso

de la corriente para conseguir la unión de los metales. El calor generado va a ser función de la capacidad de la máquina, del material a soldar y de su espesor, de la presión aplicada y del reglaje de los parámetros (clase de corriente eléctrica, intensidad de la corriente de soldeo, tiempo de soldeo).

Los principales procesos de soldeo por resistencia que existen son los siguientes:

- Por puntos.
- Por proyección, resaltes o protuberancias.
- Por roldanas
- A tope
- Por chisporroteo

En la Tabla 2 se indican las denominaciones según UNE-EN 24063 y AWS A3.0 de los diferentes procesos de soldeo.

Tabla 2

Denominación de los Diferentes Procesos de Soldeo por Resistencia

UNE-EN 24063	AWS A3.0
Soldeo por resistencia	RW, Resistance Welding
Soldeo por puntos por resistencia	RSW, Resistance Spot Welding
Soldeo por costuras por resistencia	RSEW, Resistance Seam Welding
Soldeo por proyección o por protuberancias	PW, Projection Welding
Soldeo por chispa o por chisporroteo	FW, Flash Welding
Soldeo a tope por resistencia, soldeo por recalado	UW, Upset Welding

3.4.1 *Ciclo de Soldeo*

El ciclo de soldeo viene determinado por la secuencia de operaciones hasta conseguir la unión de los metales.

Las fases son:

- **Posicionamiento:** Durante la fase de posicionamiento, se ejerce sobre los electrodos una presión tal que obligue a las superficies, que van a soldarse posteriormente, a permanecer unidas.
- **Fase de soldeo:** En la fase de soldeo, se hace pasar una corriente eléctrica aplicando una diferencia de potencial a los electrodos mientras se mantiene la presión entre ellos. La presión durante esta fase suele ser ligeramente inferior a la ejercida en la fase de posicionamiento.
- **Fase de mantenimiento:** Cuando se ha alcanzado la temperatura requerida para soldar (en el caso del acero y dependiendo del tipo de éste es de 1500°C a 1700°C), se corta el paso de corriente y se incrementa la presión que se estaba ejerciendo sobre los electrodos, iniciándose entonces la fase de mantenimiento.
- **Fase de cadencia o de relajación:** Por último, viene la fase de cadencia durante el cual se reduce la presión hasta liberar las piezas ya soldadas.

3.4.2 *Variables del Proceso del Soldeo*

Las principales variables del soldeo por resistencia son:

- **Clases de corriente eléctrica:** La corriente eléctrica más utilizada es la alterna tanto monofásica como trifásica. La corriente alterna, de gran intensidad y baja tensión, se genera en el secundario de un transformador y se aplica a las piezas a soldar por medio de sendos electrodos de contacto, refrigerados por aire o agua. Los parámetros que definen una corriente eléctrica de soldeo por resistencia están comprendidos en los intervalos siguientes:

-Tensión: entre 1 y 30 voltios

-Intensidad: entre 1000 y 100000 amperios.

-Frecuencia: estándar (50 Hz en Europa y 60 Hz en USA) excepto para el procedimiento de alta frecuencia en la que oscila entre 10000 y 500000 Hz.

- Intensidad de la corriente de soldeo: Observando la expresión de la ley de Joule ($Q = I^2 \cdot R \cdot T$) se observa que la intensidad de soldeo es el factor de mayor influencia en la generación de calor, por tanto, es el que más cuidadosamente hay que controlar. Será necesario alcanzar un valor mínimo para que los metales a unir se fundan, sin superar un valor máximo que llevaría a un exceso de fusión y salpicaduras debidas a la presión de los electrodos.
- Tiempo de soldeo: El tiempo de soldeo es el tiempo durante el cual está circulando la corriente de soldeo. Valores típicos están comprendidos entre 0,1 y varios segundos.
- Resistencia eléctrica de la unión: Es un parámetro para tener en cuenta, pues influye directamente en la cantidad de calor generado en la soldadura. A mayor conductividad eléctrica menor resistencia al paso de la corriente: aumento de intensidad. Resistencia total baja de 50 a $500 \mu\Omega$.
- Presión aplicada: La presión aplicada durante la fase de forja puede ser aplicada directamente por los electrodos o a través de otros elementos. La influencia de la presión se manifiesta en la resistencia eléctrica, que disminuye al aumentar la presión, y en el efecto de forja sobre el núcleo solidificado procedente del metal fundido, que le confiera una estructura de grano fino y otras cualidades propias de los metales forjados. La fuerza que se aplica a los electrodos varía entre los 100 y 500 kg, pudiendo sobrepasar este valor en algunos casos. La fuerza se desarrolla por la acción de un sistema neumático o hidráulico.

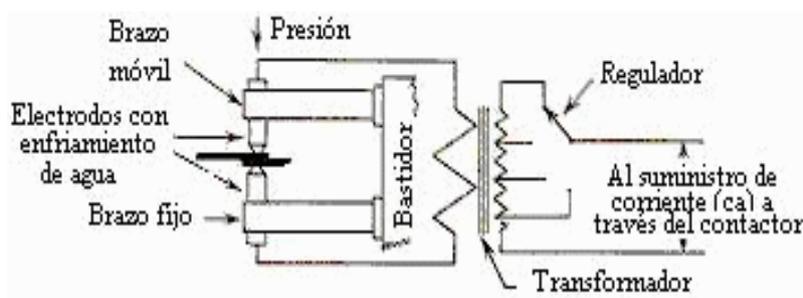
3.5 El Equipo de Soldadura por Puntos de Resistencia

Una vez visto el proceso de soldadura, ya se puede ver el equipo de soldadura (Figura 29), este equipo consta de:

- Un sistema de puesta bajo presión de las piezas a soldar, este equipo les da a los electrodos una fuerza que es regulable, puede ser por accionamiento mecánico, hidráulico o neumático. Esta presión modifica la resistencia de contacto que es la que regula la fuerza de la soldadura. Este sistema debe ser capaz de mantener la presión sobre las piezas, incluso después del corte de la corriente eléctrica.
- Un transformador eléctrico su misión es aumentar la intensidad que viene de la fuente de alimentación para que así llega una alta intensidad a la pinza de soldar.
- Un sistema de paro o temporizador sirve para dar la energía necesaria durante un determinado tiempo.
- La masa en una pinza que poniéndola en la chapa para cerrar el circuito.
- La pinza de soldar va unida al equipo de soldadura mediante cables y es accionada manualmente.

Figura 29

Partes de una Soldadora por Puntos



Fuente: (Weldermex, 2020)

Juego de electrodos y porta-electrodos. Cada tipo de electrodo tiene una función diferente: los electrodos de radio se utilizan para aplicaciones de alta temperatura; electrodos

con una punta truncada se utilizan para altas presiones y los electrodos excéntricos se utilizan para soldar esquinas, o para llegar a rincones y espacios pequeños.

Otra parte del equipo son los electrodos (Figura 30), para lo cual se enuncian los diferentes tipos de electrodos:

- Electrodo de radio sirven para soldaduras donde se generan altas temperaturas.
- Electrodos con una punta truncada se utiliza para soldaduras donde se genera una alta presión.
- Electrodos excéntricos, sirve para soldar en sitios pequeños.
- También hay electrodos para soldar en el interior de las piezas.
- Normalmente los electrodos usados son de una aleación de cobre y cromo

Figura 30

Electrodos para una Soldadora por Puntos



Fuente: (BFMX, 2020)

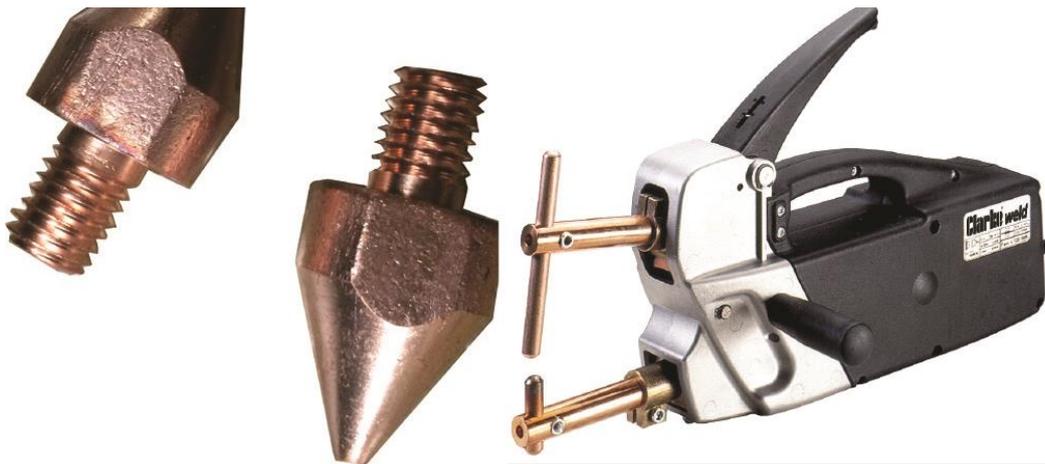
Los componentes incluyen las partes de trabajo que se van a soldar (por lo general partes de lámina metálica), dos electrodos opuestos, un medio para aplicar presión destinado a apretar las partes entre los electrodos y un transformador de corriente alterna desde el cual se aplica una corriente controlada. La operación produce una zona de fusión entre las dos partes,

denominada una pepita de soldadura en la soldadura de puntos. En comparación con la soldadura con arco eléctrico, la soldadura por resistencia no usa gases protectores, fundentes o metal de aporte y los electrodos que conducen la corriente eléctrica para el proceso son no consumibles, la RW se clasifica como un proceso de soldadura por fusión porque el calor aplicado provoca la fusión de las superficies. Sin embargo, hay excepciones. Algunas operaciones de soldadura basadas en el calentamiento de una resistencia usan temperaturas abajo del punto de fusión de los metales base, por lo que no ocurre una fusión (Figura 31).

Dependiendo del grado de automatización, el equipo de soldadura por puntos puede ser simple y económico, o, complejo y costoso.

Figura 31

Elementos de una Soldadora por Puntos Portátil



Fuente: (Ferrepro, 2020)

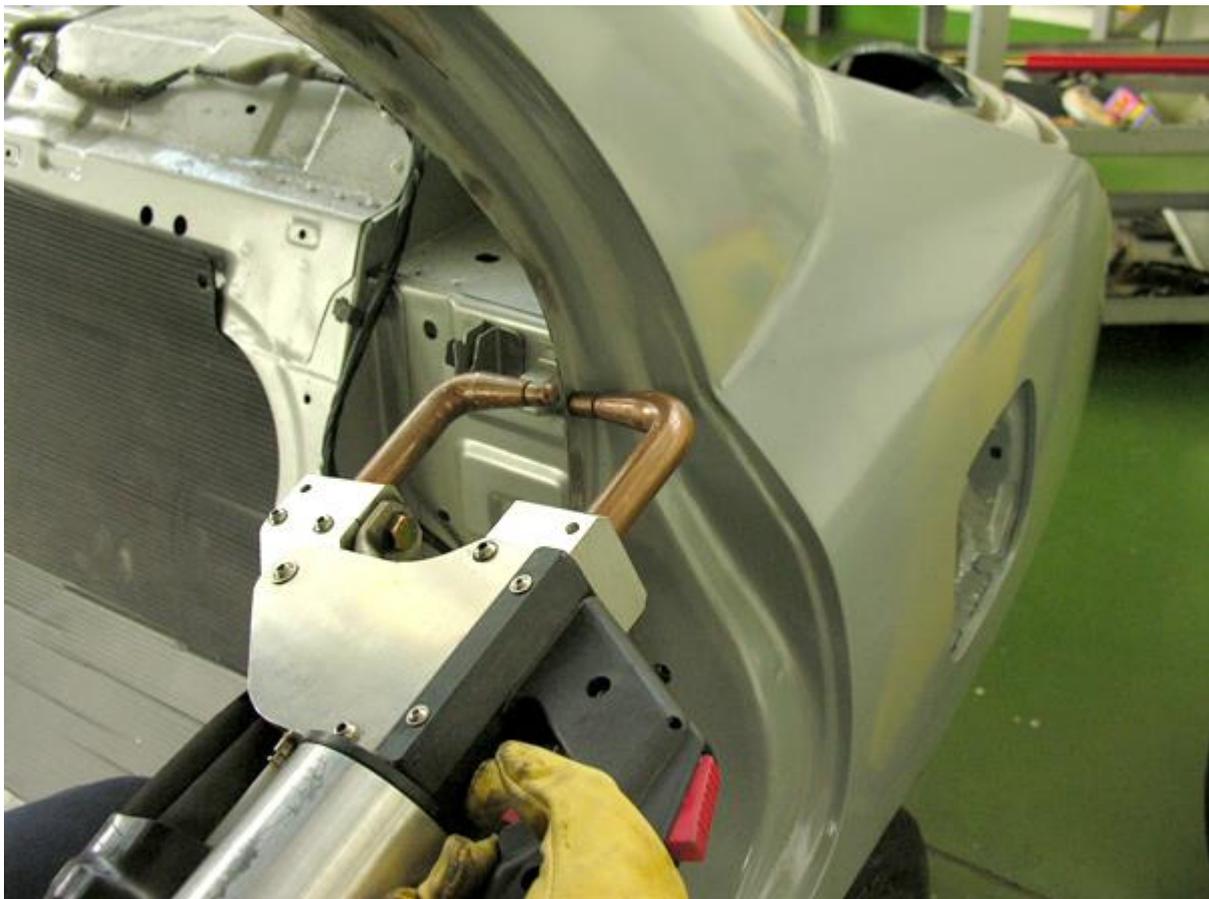
Capítulo IV

Guía Práctica del Proceso para Reconstrucción de Elementos Estructurales del Vehículo Mediante Soldadura por Puntos

La soldadura por puntos es el principal método de unión empleado entre piezas de la carrocería, el cual se fundamenta en aplicación de presión y aumento de la temperatura. Las zonas que se van a soldar se calientan por medio de corriente eléctrica y ejerciendo presión al tiempo entre las mismas. La temperatura alcanzada en el proceso es próxima a la fusión del material. Es ampliamente utilizada en la unión de chapas o láminas metálicas, entre los 0,5 y 3 mm de espesor. Se pueden encontrar de 2.000 a 3.000 puntos de soldadura en un automóvil (Figura 32).

Figura 32

Uso de una Soldadora por Puntos

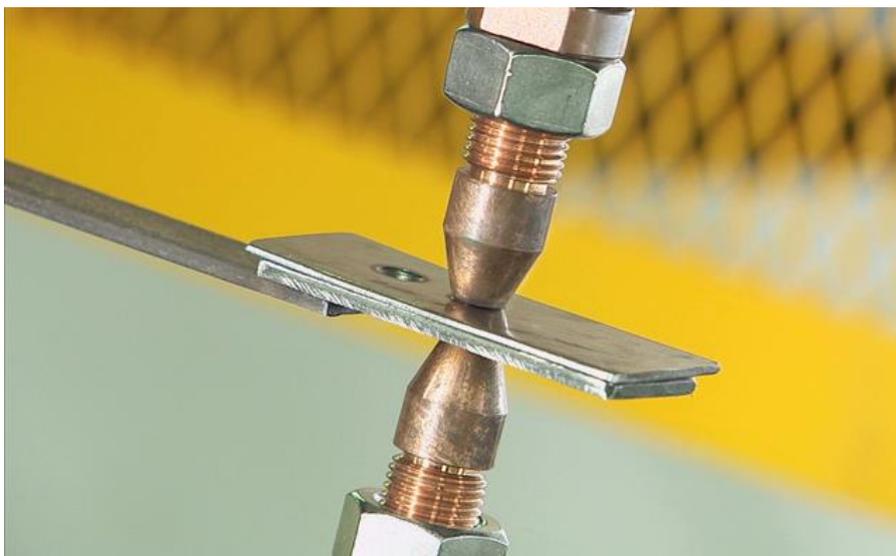


4.1 Ensamblado por Soldadura

Para conseguir un sólido ensamblaje de las chapas de que consta la carrocería la soldadura es el sistema más utilizado y de entre todos los sistemas de soldadura el llamado soldadura eléctrica por puntos que es una variante de la soldadura por resistencia. El procedimiento que se sigue en este tipo de soldadura por puntos es el siguiente: en primer lugar, hay que destacar que este tipo de soldadura solamente es indicado para llevarlo a cabo en planchas superpuestas y que sean de un espesor como mínimo de 0,30 mm y como máximo de unos 3 mm; es decir, un sistema muy adecuado para su utilización en el tipo de trabajo que reúne las características de una carrocería. Las dos planchas se colocan superpuestas y se aprisionan entre dos electrodos (que pueden estar refrigerados, o no, según la potencia que se tenga que desarrollar) en el mismo punto en el que se quiera hacer la soldadura. Los dos electrodos ejercen presión entre las dos planchas como si se tratara de las puntas de una mordaza y en este momento se hace pasar un impulso de corriente a través de los electrodos, la cual, al atravesar las planchas, desarrolla una temperatura tan elevada que se produce la fusión de la plancha justo en el punto en que se apoyan los electrodos (Figura 33).

Figura 33

Soldadora por Puntos



Fuente: (RSF-MAQUINARIA, 2020)

El ensamblaje de piezas metálicas para la fabricación de vehículos automotores requiere del proceso de soldadura por puntos por resistencia (RSW) para unirlos. Estos conjuntos son parte del chasis y algunos otros elementos estructurales importantes del vehículo. Los aceros avanzados de alta resistencia (AHSS) se utilizan como parte del vehículo, que combinan resistencia y ductilidad a través de la transformación de fase inducida por la deformación y el endurecimiento de la solución sólida, lo que da como resultado una buena relación resistencia-peso. El acero de doble fase (DP) es uno de los AHSS más comunes utilizados en la industria debido a su buena conformabilidad con una resistencia relativamente alta, rendimiento continuo seguido de un endurecimiento rápido, bajo índice de rendimiento en deformación por tracción y comportamiento no envejecido a temperatura ambiente.

4.1.1 Fundamentos de la Soldadura por Resistencia

La soldadura por resistencia se realiza mediante un grupo de procedimientos en los cuales emplea la resistencia propia de los materiales al paso de una corriente eléctrica para generar el calor necesario. Difiere de los procesos de soldadura por fusión en que requiere, además de calor, la aplicación de presión mecánica para unir las partes por forjado. Es una soldadura del tipo autógena, o sea en la unión entre las piezas no interviene materiales ajenos a ellas.

Cualquier que sea el proceso usado, la dosificación de la corriente aplicada y el tiempo empleado en la soldadura, así como la presión utilizada, se necesita máquinas equipadas adecuadamente para obtener una fabricación de calidad.

El equipo de soldadura por resistencia se clasifica atendiendo a su funcionamiento eléctrico, como del tipo de energía directa o como de energía almacenada. Aunque se consigue en el comercio máquinas de soldar tanto monofásicas como trifásicas, las máquinas monofásicas de energía directa es la de más uso común, por ser más sencilla y la menos costosa en cuanto a precio de adquisición, instalación y mantenimiento.

4.1.2 Métodos y Equipos de Soldadura Utilizados en la Reparación de Vehículos

Básicamente, la soldadura se utiliza para obtener una unión permanente de dos metales mediante la aplicación localizada mediante la combinación adecuada de temperatura, presión y condiciones metalúrgicas. Existen una amplia variedad de soldaduras, en las cuales los procesos se han desarrollado mediante diferentes combinaciones de temperatura y presión. La soldadura es el principal medio de fabricación y reparación de productos metálicos y se utiliza en todas las industrias (Hayashi, 1995).

Entre las principales áreas de aplicación, la soldadura se utiliza ampliamente en la industria automotriz. Los métodos de soldadura para aplicaciones automotrices incluyen soldadura por puntos por resistencia (RSW), soldadura por costura por resistencia (RSEW), soldadura de gas inerte de metal (MIG), soldadura de gas inerte de tungsteno (TIG), soldadura de rayo láser (LBW), soldadura por fricción (FW) y soldadura por arco de plasma (PAW). Los procesos de soldadura avanzados para automoción.

Se han desarrollado aplicaciones que prevén la reducción del peso del vehículo y el aumento de la eficiencia del combustible.

En los métodos de soldadura convencionales, siempre se agrega un material adicional a la junta de soldadura que fluye hacia el material que se unirán para producir una unión extremadamente fuerte. El metal agregado en cada soldadura aumenta el peso del vehículo, que a su vez disminuye el ahorro de combustible.

Una amplia variedad de componentes de carrocería de automóviles se une mediante técnicas de soldadura.

La necesidad de desarrollar nuevas técnicas de soldadura para aplicaciones automotrices es cada vez mayor para satisfacer las nuevas combinaciones de materiales para piezas de carrocería. Se siente la necesidad de procesos de soldadura innovadores fuertemente

en los últimos días con los fabricantes de automóviles centrándose en más ligeros pero fuertes y eficientes vehículos que emplean materiales alternativos ligeros.

Simultáneamente, la globalización del mercado automotriz ha llevado a centrarse en reducir los costes de producción. La tercera gran tendencia es el uso creciente de materiales y diseños para cumplir con los requisitos de peso ligero para reducir las emisiones de CO₂, que a menudo resultan en aceros de ultra alta resistencia (UHSS), aleaciones de aluminio o materiales compuestos.

RSW está automatizado y se utiliza en forma de soldadura por puntos robótica en la industria automotriz para soldar chapas que forman las carrocerías. Los robots industriales que sueldan por puntos la carrocería del automóvil en la línea de producción se muestran en la fotografía que se muestra en la Figura 34.

Figura 34

Soldadora por Puntos Aplicada en Fabricación de Vehículos

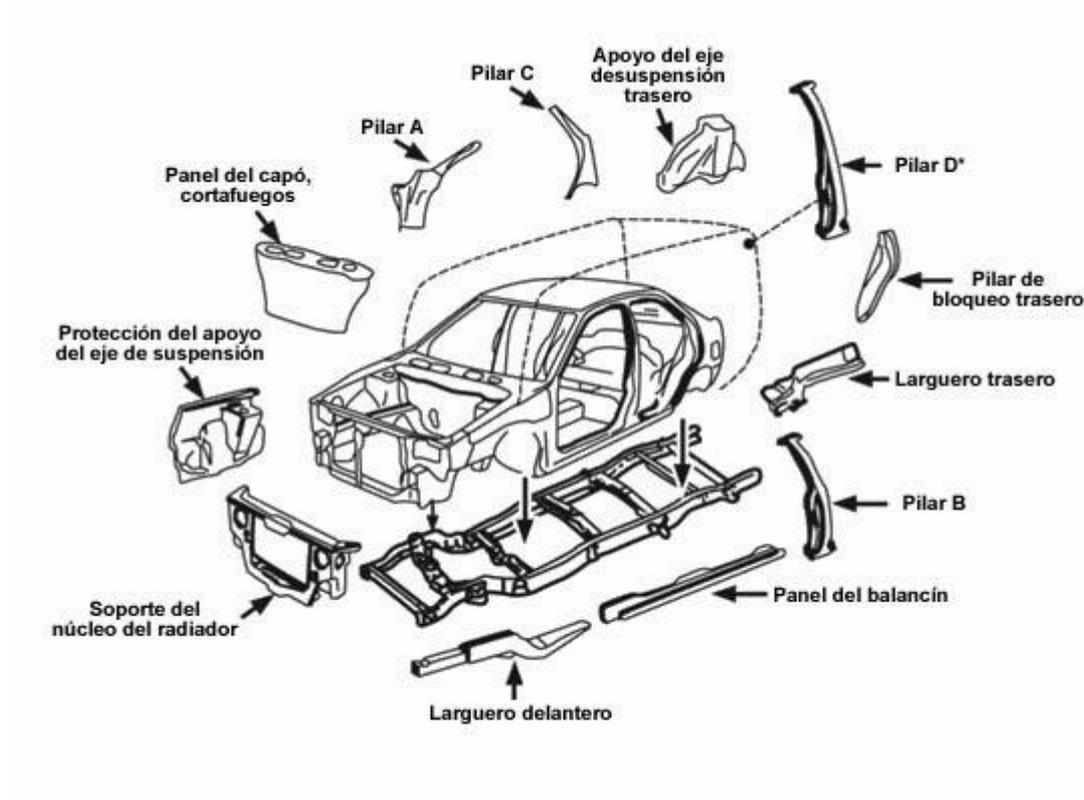


4.2 Elementos Estructurales del Vehículo

La estructura de la carrocería de un automóvil es un sistema complejo con muchos atributos de refuerzo y competencia. Como resultado, el control exitoso del ruido y las vibraciones es siempre el resultado de muchas mejoras incrementales que se basan en las pautas de diseño de las 'mejores prácticas' y se ejecutan en cada oportunidad disponible en toda la estructura de la carrocería (Figura 35).

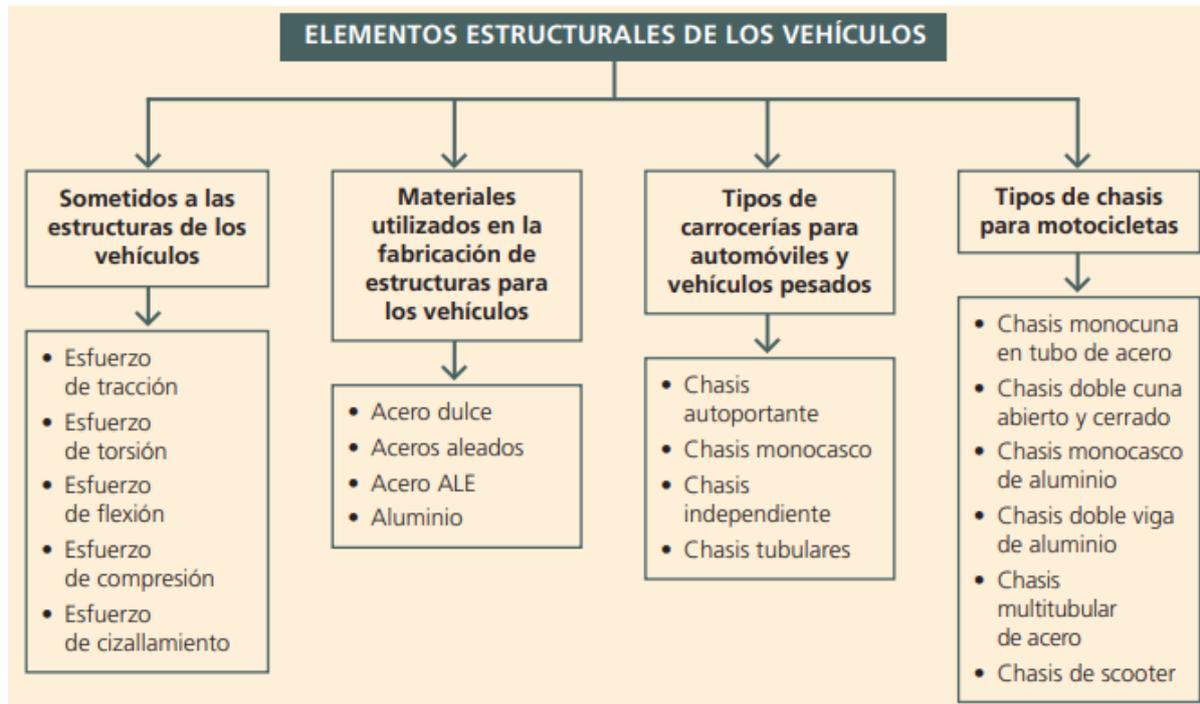
Figura 35

Elementos que Forman un Vehículo



Una forma de ilustrar esto es considerar las soldaduras por puntos de una estructura de carrocería de automóvil. Un cuerpo típico tiene entre 3000 y 4000 soldaduras (algunas más, otras menos).

Es poco probable, si no imposible, que el mejor método científico muestre cuantitativamente el efecto de una sola soldadura por puntos sobre la rigidez general del cuerpo, la durabilidad y el NVH (Figura 36).

Figura 36*Elementos Estructurales de un Vehículo*

4.3 Ventajas y Desventajas de la Soldadura por Puntos

4.3.1 Ventajas

Las ventajas que se tienen son:

- Siempre que su ejecución se lleve a cabo de la manera correcta, se obtienen soldaduras de buena calidad y uniformes, que presentan una zona fundida homogénea, sin huecos o grietas.
- Su manejo es sencillo, ya que la mayoría de los equipos utilizados hoy en día, tanto en fabricación como en reparación, son automáticos. Por esta razón, la calidad final ya no depende tanto de la destreza del operario, sino de la regulación de los parámetros de la máquina de acuerdo con el tipo de trabajo que se desea realizar.

- Ausencia de deformaciones y cambios en la estructura del material, debido a que la aplicación de calor es mínima y se lleva a cabo de forma muy localizada en la zona de contacto de los electrodos.
- Las superficies que se obtienen son relativamente suaves, libres de fusión superficial o huellas profundas, que hacen innecesario un repaso posterior como operación de acabado.
- No requiere material de aportación, lo cual reduce costes.
- El desmontaje de piezas unidas por puntos de resistencia es sencillo. Haciendo uso de las herramientas específicas para esta función, se realizará de forma rápida y, lo que es aún más importante, sin causar desperfectos en las piezas adyacentes.
- Es un sistema que permite restaurar la protección anticorrosiva antes de ejecutar la soldadura, mediante la aplicación de imprimaciones soldantes apropiadas.

4.3.2 Desventajas

Las desventajas que se tienen son:

- El tamaño y la forma de los electrodos determinarán el tamaño y la fuerza de la soldadura. La unión se forma solo en el punto donde los electrodos están en contacto con el metal. Si la corriente no es lo suficientemente fuerte, lo suficientemente caliente o si el metal no se mantiene unido con suficiente fuerza, la soldadura por puntos puede ser pequeña o débil.
- El costo inicial del equipo es alto.
- Los tipos de uniones que pueden soldarse se limitan a las uniones sobrepuestas para la mayoría de los procesos de soldadura por resistencia (RW).

4.4 Recomendaciones para Considerar Antes de la Soldadura por Puntos

La soldadura por puntos es uno de los mejores y más utilizados métodos debido a sus excelentes resultados al obtener uniones electromecánicas confiables, fuertes, uniformes y de

alta calidad, además de ser considerada como un procedimiento ecológico y limpio, con un bajo manejo de excedentes. No obstante, y para aumentar estas buenas características, es necesario considerar antes de la soldadura por puntos algunas cuestiones esenciales, mismas que veremos con detalle a continuación.

4.4.1 Tener el Equipo Necesario en las Condiciones Óptimas

Los elementos básicos de un equipo de Soldadura por puntos están conformados por un sistema de presión (cabezal o pinza de Soldadura), un transformador eléctrico y un sistema de temporización.

No obstante, es muy importante considerar antes de la soldadura por puntos, algunas directrices esenciales para garantizar su buen funcionamiento:

- Revisar que se cuenta con una tensión de red estable.
- Checar la presión de alimentación para la pinza.
- No forzar conexiones.
- Limpiar desechos y depósitos de polvo.

Lo anterior, le permitirá maximizar la calidad de las uniones, y con ello, la de sus manufacturas.

4.4.2 Correcta Elección de los Electrodo

Otro de los aspectos más importantes para considerar antes de la soldadura por puntos, es la adecuada elección de los electrodos y sus puntas (así como su diámetro y forma), los cuales además de estar en consonancia con el espesor de las chapas a unir, deberán cumplir ciertos parámetros que usted puede definir de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

- Identifique el metal base, así como su forma y espesor.
- Identifique el tipo de corriente.
- Determine la posición de Soldadura.

- Revise el nivel requerido de conductividad eléctrica, así como de tenacidad y resistencia mecánica.
- Cheque también el nivel de conductividad térmica.

Además, también le recomendamos revisar las necesidades específicas de sus procesos, pues la elección de los electrodos y sus puntas variarán de acuerdo con estas.

De esta forma, usted podrá elegir el tipo de electrodo ideal, pudiendo ser celulósico, rutílico, mineral, básico, de hierro, cobre, etc.

Por ejemplo, en macrosoldaduras (industria automotriz) se suelen utilizar electrodos con aleaciones de cobre, y para microsoldaduras, materiales más conductivos y refractarios.

4.4.3 Tener un Correcto Mantenimiento y Almacenamiento de los Electrodo

Por otro lado, y después de la adecuada selección de los electrodos, es igualmente importante darles un correcto mantenimiento y almacenamiento a los mismos, pues de ello dependerá su buen funcionamiento.

Para lo anterior, le recomendamos seguir las sugerencias preestablecidas para cada tipo de electrodo, las cuales variarán en cuanto a:

- Nivel de humedad.
- Temperatura.

Una estrategia preventiva de almacenamiento y mantenimiento de electrodos, manteniéndolos alineados, limpios y sin deteriorar, le garantizarán una operación más confiable y rentable.

4.4.4 Preparar las Chapas

También es esencial considerar antes de la soldadura por puntos la preparación de las chapas, la cual se basa en 3 puntos principales:

- Acondicionar las chapas dejándolas en “chapa viva”.

- Limpiar las chapas por la cara exterior, ya que estas son las que se encuentran en contacto con los electrodos.
- Aplicar en las caras interiores, que estarán en contacto entre sí, una protección anticorrosiva electro soldable.

Lo cual evitará focos de oxidación por filtraciones de humedad, así como cualquier posible contaminación en las uniones.

4.4.5 Comprobaciones Previas

Es necesario considerar antes de la soldadura por puntos otras dos comprobaciones que permitirán iniciar el trabajo de soldadura de forma correcta:

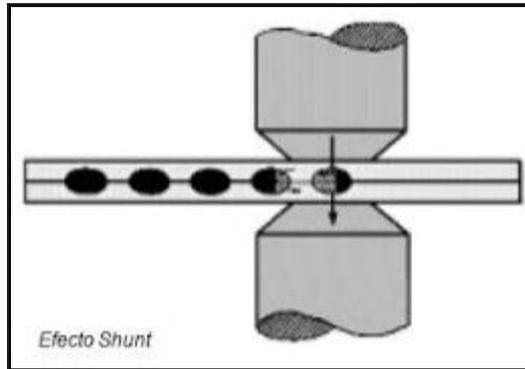
- Comprobar el taladro del manómetro del aire de alimentación de la pinza para garantizar la correcta presión de cierre y forja.
- Ajustar la distancia entre electrodos (una vez que están cerrados).

Lo anterior, permitirá tener la precisión requerida para que el contacto entre las chapas sea el mejor, produciendo una unión de alta calidad.

4.5 Precauciones en la ejecución de la Soldadura por Puntos

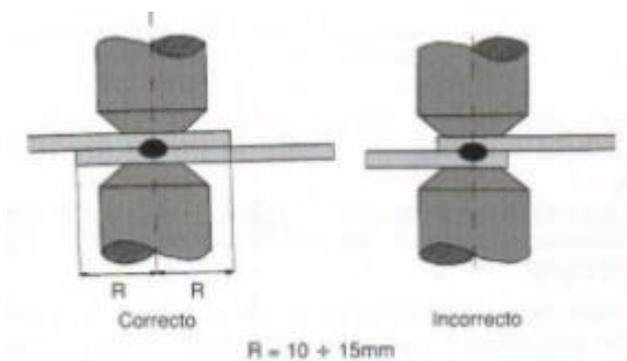
Otros aspectos importantes para considerar en la práctica son los siguientes:

- La separación entre puntos de soldadura o paso es la distancia entre los centros de dos puntos adyacentes. Esta distancia ha de ser la necesaria para que, una vez unidas las piezas, el conjunto presente unas condiciones estructurales apropiadas, que no se conseguirían si se aplicasen puntos de soldadura insuficientes. Sin embargo, esta distancia no puede ser todo lo pequeña que se desee, ya que, si los puntos están muy próximos entre sí, durante el proceso de soldadura, se produce una derivación de corriente por el punto ya realizado, disminuyéndose por tanto la cantidad de corriente de soldadura efectiva (Figura 37).

Figura 37*Separación Entre Puntos de Soldadura*

La distancia recomendada entre puntos en la reparación de carrocerías, para que no ocurra este efecto, oscila entre 30 y 40 mm, debiendo respetar como referencia la distancia existente originalmente.

- La distancia al borde o recubrimiento es la longitud medida desde el centro del punto de soldadura hasta el borde de la chapa (Figura 35). Esta distancia ha de ser suficientemente pequeña para garantizar una unión efectiva en los bordes de las chapas, pero no puede ser tan pequeña como se desee, ya que, si esta distancia es insuficiente, puede causar: Expulsión del material fundido por la junta, debilitando la soldadura, deformaciones de los bordes de las piezas, debido a la presión ejercida por los electrodos y deterioro de los electrodos, que se ensucian con gran facilidad (Figura 38).

Figura 38*Distancia al Borde o Recubrimiento*

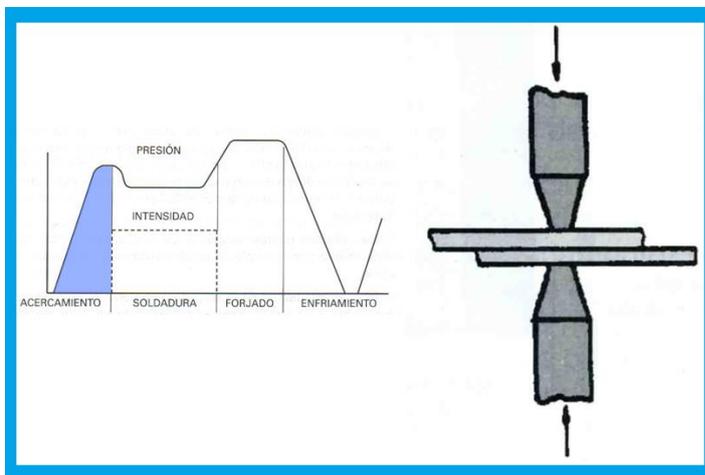
4.6 Ciclo de Soldadura por Puntos

La correcta ejecución de un punto de soldadura implica el seguimiento de una serie de pasos o ciclo de soldadura:

- Fase de posicionamiento y bajada (Figura 39). Es la operación en la que se produce el acercamiento de los electrodos hasta aprisionar las chapas a soldar, consiguiendo que éstas entren íntimamente en contacto, facilitando la ejecución de la soldadura.

Figura 39

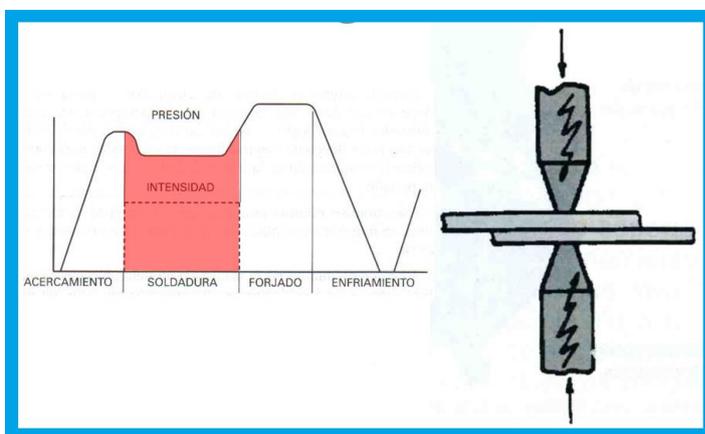
Fase de Posicionamiento



- Fase de soldadura (Figura 40). Es la operación por la que se hace pasar la corriente eléctrica a través de las chapas a soldar, produciéndose así el calentamiento las zonas en contacto con los electrodos, para poder ejecutar la posterior forja del punto.

Figura 40

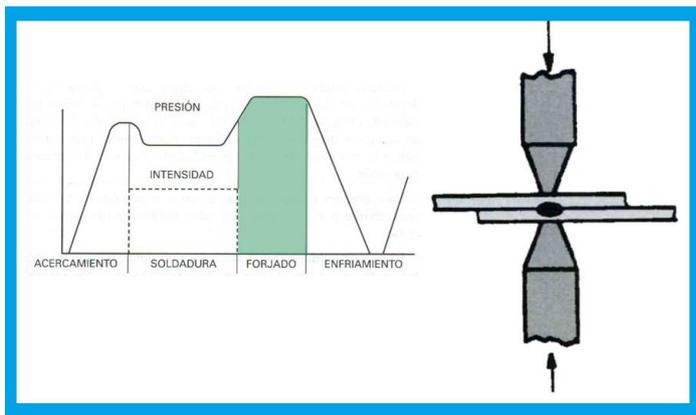
Fase de Soldadura



- Fase de mantenimiento o forja (Figura 41). Operación posterior a la fase de soldadura, una vez finalizada ésta, en la que se incrementa la presión de los electrodos sobre las chapas, para, aprovechando el calentamiento producido en la zona de unión, conseguir la forja del punto y sus posteriores propiedades mecánicas.

Figura 41

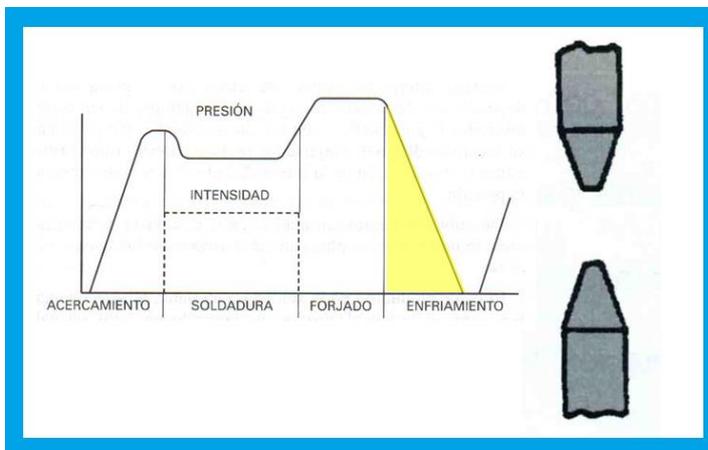
Fase de Mantenimiento



- Fase de cadencia o intervalo (Figura 42). Es la operación final del proceso, en la que se produce la reducción de la presión de los electrodos sobre las chapas ya soldadas, permitiendo la retirada de la máquina de soldadura y la vuelta a empezar para ejecutar un nuevo punto.

Figura 42

Fase de Cadencia



4.7 Control de Calidad de Soldadura por Puntos

Un especialista puede reconocer la calidad del punto de soldadura por su color, que debería estar entre azul oscuro y azul violeta, con el centro blanco.

La mejor forma de evaluar la calidad de un punto es proceder a su rotura. Si se produce un arrancamiento del material base, el punto está bien realizado; si se desprende reventado, no se ha efectuado adecuadamente el trabajo. Para ello, bastará con soldar unas probetas de chapa, de igual espesor y características que las de la chapa que hay que soldar, y proceder después a su rotura. Esta prueba es muy útil para una primera regulación del equipo cuando aún no se está familiarizado con él (Figura 43).

Figura 43

Calidad en la Soldadura por Puntos



Se puede encontrar algunos defectos:

- Demasiada intensidad se producen salpicaduras y agujeros (Figura 44).

Figura 44

Demasiada Intensidad en la Soldadura por Puntos



- Poca intensidad entonces encontramos en la soldadura pegaduras y poca resistencia en la soldadura (Figura 45).

Figura 45

Poca Intensidad en la Soldadura por Puntos



- Demasiada presión de apriete encontramos marcas en la chapa y salpicaduras en las chapas (Figura 46).

Figura 46

Demasiada Presión Apriete en la Soldadura por Puntos



- Poca presión de apriete entonces encontramos salpicaduras, agujeros y deterioro de los electrodos por inclusión del material en ellos (Figura 47).

Figura 47

Poca Presión de Apriete Intensidad en la Soldadura por Puntos



- Demasiado tiempo soldando se calienta en exceso la chapa y peor calidad del punto de soldadura (Figura 48).

Figura 48

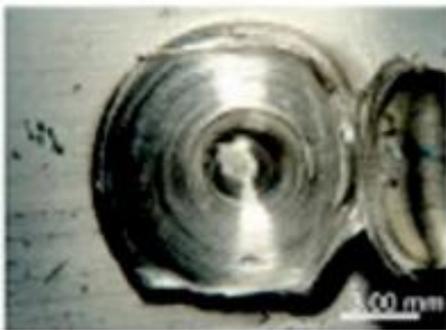
Demasiado Tiempo Soldando en la Soldadura por Puntos



- Poco tiempo de soldadura donde aparecen pegaduras y poca penetración de la soldadura (Figura 49).

Figura 49

Poco Tiempo Soldando en la Soldadura por Puntos



4.8 Máquina de Soldar por Puntos

Una máquina soldadora portátil por puntos sistemas de soldadura eléctricos DIY con asa de transporte 120 voltios (Figura 50).

Figura 50

Máquina Soldadora Portátil



Diseño monofásico: se suelda fácilmente diferentes tipos de materiales con el diseño de una sola fase. Mecanismo de soldadura simple que te permite insertar rápidamente los materiales y presionar para soldar (Figura 51).

Figura 51

Diseño Funcional de la Máquina Soldadora Portátil



Puntas de repuesto: el soldador puntual viene con un par extra de puntas de soldadura para múltiples usos. Simplemente gira las puntas cuando estén listas para ser reemplazadas y atornilla la nueva (Figura 52).

Figura 52

Puntas de la Máquina Soldadora Portátil



Puntas de soldadura duraderas: las puntas de soldadura están fabricadas con acero de alta calidad para obtener la soldadura perfecta para materiales que tienen un grosor

Función de palanca simple: para realizar aplicaciones de soldadura, simplemente aplica presión y presiona hacia abajo en la palanca.

Máquina de diseño portátil: el mango adjunto te permite transportar rápidamente tu soldador a diferentes lugares de trabajo rápidamente (Figura 53).

Tiene capacidad para una gran variedad de pinzas y puntas.

Ajuste rápido y fácil para el espesor del material.

Figura 53*Funcionalidad de la Máquina Soldadora Portátil*

El equipo elemental necesario para la soldadura por puntos consiste en la estación de trabajo que incluye la fuente de alimentación de soldadura y el cabezal de soldadura al que se conectan los electrodos de soldadura. Los electrodos de soldadura están hechos de cobre por su buena capacidad conductora.

Durante varias décadas, el proceso de soldadura por puntos de resistencia eléctrica ha sido ampliamente utilizado en la fabricación de estructuras de chapa metálica, especialmente en cuerpos automotrices. Durante este período no hubo un desarrollo significativo para este proceso de soldadura. Sin embargo, en los últimos años, para satisfacer la demanda de vehículos más ligeros, económicos y de bajo costo, la fabricación de automóviles industria está experimentando una revolución en el uso de combinaciones de chapas de acero de alta resistencia, composiciones, y de diferentes espesores.

4.9 Información de Seguridad

Los símbolos que se muestran a continuación se utilizan para llamar la atención e identificar posibles peligros. Cuando se ve el símbolo, tenga cuidado y siga las instrucciones relacionadas para evitar el peligro. La información de seguridad que se proporciona a continuación es solo un resumen de la información de seguridad.

La soldadura por puntos puede provocar un incendio o una explosión (Figura 54).

Figura 54

Prevención Contra Incendios



Pueden salir chispas del arco de soldadura. El vuelo chispas, piezas de trabajo y equipos calientes pueden provocar incendios y quemaduras.

El contacto accidental del electrodo con objetos metálicos puede causar chispas, explosión, sobrecalentamiento o fuego.

Verifique y asegúrese de que el área sea segura antes de hacer cualquier soldadura.

Retire todos los materiales inflamables a menos de 10,7 m (35 pies) de la soldadura. Si esto no es posible, cúbralos herméticamente con cubiertas homologadas.

No realice soldaduras por puntos donde las chispas volantes puedan golpear material inflamable.

Protéjase y proteja a los demás de las chispas y el metal caliente.

La descarga eléctrica puede causar la muerte (Figura 55).

Figura 55

Prevención Contra Descargas Eléctricas



Tocar partes eléctricas vivas puede causar descargas fatales o quemaduras graves. El circuito de potencia de entrada y los circuitos internos de la máquina también están activos cuando se han instalado incorrectamente o conectado a tierra incorrectamente, el equipo es un peligro.

No toque las partes eléctricas bajo tensión.

Use guantes aislantes secos y sin agujeros y protección para el cuerpo.

Se requieren precauciones de seguridad adicionales cuando cualquiera de las siguientes condiciones eléctricamente peligrosas existen: en lugares húmedos o mientras usa ropa mojada; en estructuras metálicas como pisos, rejas o andamios; cuando está en posiciones apretadas, como sentarse, arrodillado o acostado; o cuando existe un alto riesgo de contacto inevitable o accidental con la pieza de trabajo o el suelo.

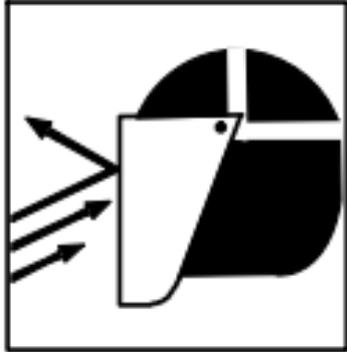
Para estas condiciones, consulte ANSI Z49.1 enumerado en Normas de seguridad. ¡Y no trabajes solo!

Desconecte la energía de entrada antes de instalar o reparar este equipo. Energía de entrada de bloqueo / etiquetado de acuerdo con OSHA 29 CFR1910.147.

Las chispas que vuelan pueden causar lesiones (Figura 56).

Figura 56

Prevención Contra Chispas que Vuelan



Frecuentemente, salen chispas del área de soldadura.

Use careta aprobada o gafas de seguridad con protectores laterales.

Use protección para el cuerpo hecha de material duradero y resistente al fuego (cuero, algodón pesado, lana). Incluye protección corporal sin aceite ropa como guantes de cuero, camisa gruesa, pantalones sin puños, zapatos y una gorra.

Proteja a otras personas en áreas cercanas utilizando cortinas o escudos cortafuegos no combustibles.

Use gafas de seguridad con protección lateral.

Las partes calientes pueden arder (Figura 57).

Figura 57

Prevención Contra Chispas que Vuelan



No toque las partes calientes con las manos desnudas.

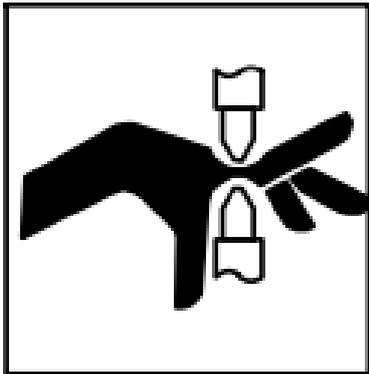
Deje enfriar el equipo antes de trabajar.

Para manipular piezas calientes, use las herramientas adecuadas y / o use ropa y guantes de soldadura resistentes y aislados para evitar quemaduras.

Las piezas en movimiento pueden causar lesiones (Figura 58).

Figura 588

Prevención Contra Chispas que Vuelan



Las puntas de las tenazas, las tenazas y los enlaces se mueven durante operación. Manténgase alejado de las piezas móviles.

Manténgase alejado de los puntos de pellizco.

No ponga las manos entre las puntas.

Mantenga todos los protectores y paneles en su lugar de forma segura.

Los códigos de OSHA y / o locales pueden requerir protección adicional para adaptarse a los requerimientos exigidos.

Humos y gases pueden ser peligrosos (Figura 59).

Figura 59

Prevención Contra Humos y Gases



La soldadura produce humos y gases.

Estos humos y gases pueden ser peligrosos para su salud.

Mantenga su cabeza alejada de los humos. No respire los humos.

Ventile el área de trabajo y / o use ventilación local forzada en el arco para eliminar humos y gases de soldadura. La forma recomendada de determinar la ventilación adecuada es tomar muestras para la composición y cantidad de humos y gases a los que está expuesto el personal.

Si la ventilación es deficiente, use un respirador con suministro de aire aprobado.

Lea y comprenda las hojas de datos de seguridad (SDS) y las instrucciones del fabricante para adhesivos, revestimientos, limpiadores, consumibles, refrigerantes, desengrasantes, fundentes y metales.

No suelde sobre metales revestidos, como galvanizado, plomo o acero con baño de cadmio, a menos que el revestimiento se elimine de la soldadura área, el área está bien ventilada, y mientras usa un suministro de aire respirador. Los revestimientos y cualquier metal que contenga estos elementos pueden desprender humos tóxicos si se suelda.

Seguridad en procesos de soldadura, corte y afines, Norma ANSI Z49.1, está disponible como descarga gratuita de la American Welding Society en <http://www.aws.org> o comprado en Global Engineering Documents (teléfono: 1-877-413-5184, sitio web: www.global.ihs.com).

OSHA, Normas de salud y seguridad ocupacional para la industria general, Título 29, Código de regulaciones federales (CFR), Subparte 1910.177N, Parte 1910, Subparte Q, y Parte 1926, Subparte J, de U.S. Government Printing Office, Superintendent of Documents, P.O. Box 371954, Pittsburgh, PA 15250-7954 (teléfono: 1-866-512-1800) (hay 10 oficinas regionales de OSHA; el teléfono de la Región 5, Chicago, es 312-353-2220, sitio web: www.osha.gov).

4.10 Elementos de Protección Personal (EPP) para el Soldador

Los elementos de Protección Personal (EPP), son equipos o dispositivos para ser utilizados por el soldador durante su jornada de trabajo. Lo protegen de enfermedades profesionales ante la presencia de riesgos específicos que no pueden ser aislados o eliminados, aumentando su seguridad y salud en el trabajo.

4.10.1 Protección de Cabeza y Rostro

Máscara o careta de soldar: Es el elemento básico para aplicar una soldadura. Protege los ojos de radiaciones en el proceso de soldadura, protege también la cara y el cuello. Debe estar provista de filtros inactínicos de acuerdo con el proceso e intensidad de corriente empleada (Figura 60).

Gafas de seguridad: Se utilizan al estar expuesto a proyección de partículas, normalmente se portan siempre bajo la careta de soldadura.

Careta de seguridad: Se utilizan en trabajos que requieran la protección de la cara completa como al manipular la pulidora, el esmeril o la sierra circular.

Gorro o capucha: Protege el cabello y el cuero cabelludo, especialmente cuando se hacen soldaduras en posiciones.

Figura 60

Protección de Cabeza y Rostro



4.10.2 Protección Respiratoria

Mascarillas respiratorias para humos metálicos o respiradores con filtro: esta mascarilla debe usarse siempre debajo de la máscara para soldar. La mascarilla o los filtros deben ser reemplazados al menos una vez a la semana (Figura 61).

Figura 61

Protección Respiratoria



4.10.3 Protección Auditiva

Tapa oídos de inserción: Disminuyen 27 dB aproximadamente. Permiten un ajuste seguro al canal auditivo.

Moldeados: Disminuyen 33 dB aproximadamente. Son hechos sobre medida de acuerdo con la forma del oído.

Tipo Copa u Orejeras: Atenúan el ruido 33 dB aproximadamente. Cubren la totalidad de la oreja (Figura 62).

Figura 62

Protección Auditiva



4.10.3 Protección de Manos y Brazos

Guantes de cuero: tipo mosquetero con costura interna, para proteger las manos y muñecas al manipular las piezas metálicas calientes.

Mangas o casaca de cuero: se utilizan para aplicar soldaduras en posiciones verticales y sobre cabeza, para evitar las severas quemaduras que pueden ocasionar las salpicaduras del metal fundido (Figura 63).

Figura 63

Protección de Manos y Brazos



4.10.4 Protección de Pies y Piernas

Bota en cuero tipo soldador: Con puntera de acero para proteger los pies de la posible caída de piezas o elementos pesados que puedan causar daño. Traen caña alta sin cordones para evitar el atrape de proyecciones de la soldadura (Figura 64).

Rodilleras: Para comodidad cuando se debe soldar apoyado en las rodillas.

Figura 64

Protección de Pies y Piernas



4.10.5 Protección Corporal

Delantal de cuero: para proteger el cuerpo de salpicaduras y de la exposición a los rayos ultravioletas (Figura 65).

Overol: se utilizan tejidos a base de algodón resistentes a las salpicaduras (jean o dril), nunca tejidos sintéticos. La pierna del pantalón debe cubrir las botas para evitar que penetren salpicaduras dentro de las mismas y las mangas de la camisa deben ser largas para proteger los brazos. La ropa del soldador siempre debe permanecer seca para evitar descargas eléctricas.

Figura 65

Protección Corporal



No olvidar utilizar siempre todos los elementos de protección personal durante la jornada de trabajo, hay que recordar que la salud no es un juego.

Es obligatorio el uso del equipo de protección personal (Figura 66).

Figura 66

Equipo de Protección Individual



4.11 Tipos de Soldaduras Realizadas en los Chasis de los Vehículos

OBJETIVO

Realizar los trabajos de soldadura utilizados en los procesos de reparación de estructuras tanto para carrocerías de acero como de aluminio.

PRECAUCIONES

- Utilizar los equipos correctamente.
- Realizar estas operaciones en los lugares apropiados para la soldadura según las normas de seguridad y utilizando las prendas de protección personal adecuado.

HERRAMIENTAS

- Equipo de soldadura multifunción de resistencia por puntos.
- Regla metálica y punta de trazar.
- Tijeras de corte, cizalla o sierra.
- Martillo y yunque.
- Lima mediana.
- Máquina de solape y punzón.
- Mordazas de presión.

DESARROLLO

1. Preparación de las chapas

a) Se coge un trozo de chapa y, con una punta de trazar y una regla metálica, se trazan las líneas de corte de las ocho chapas de acero y las dos de aluminio.

b) Se cortan las chapas con una tijera de corte manual, una sierra, una cizalla o un equipo de plasma.

c) Se aplana cada una de las chapas en el yunque con un martillo, se eliminan rebabas y se redondean las esquinas con una lima para prevenir cortes.

d) Si se necesita conformar las chapas de aluminio, se atempera previamente a 160 °C con una lamparilla de fontanero.

2. Soldaduras a realizar con chapas de acero

a) Se realiza la unión de dos chapas solapadas por medio de soldadura de resistencia por puntos.

3. Soldaduras a realizar con chapas de aluminio

a) Se realizan, con dos chapas superpuestas, cuatro puntos de soldadura con la máquina multifunción por resistencia. Es muy importante, a la hora de trabajar con aluminio, que cualquier herramienta utilizada no sea empleada con otros materiales para evitar problemas de corrosión galvánica.

4. Control de la calidad de la soldadura

a) Se sitúan las chapas de acero soldadas sobre un banco de trabajo, y se separan con unas tenazas. Se debe comprobar que la chapa sobre la que se trabaja se rasga, mientras que la soldadura queda perfectamente soldada sobre la otra chapa.

b) En las siguientes figuras se puede ver una buena soldadura y una soldadura defectuosa, ya que los puntos de soldadura se despegan debido a la falta de fusión completa del material soldado; en este caso, se trata de acero dulce.

c) Comprobar antes de realizar una soldadura correcta qué tipo de aleación de aluminio se trata, ya que se debe soldar con un consumible de la misma naturaleza.

En el Anexo 1 se describen otras guías prácticas de soldadura.

Conclusiones

Al finalizar este trabajo de titulación se pudo determinar una guía detallada de los procesos para reconstrucción de elementos estructurales del vehículo mediante la soldadura por punto, la importancia de realizar los trabajos de soldadura utilizados en los procesos de reparación de estructuras tanto para carrocerías de acero como de aluminio, siguiendo las recomendaciones y normativas existentes, considerando que la globalización del mercado automotriz ha llevado a centrarse en reducir los costes de producción y la tercera gran tendencia es el uso creciente de materiales y diseños para cumplir con los requisitos de peso ligero para reducir las emisiones de CO₂.

Se puede concluir que, dentro de las aplicaciones de la soldadura, este trabajo está orientado a la satisfacción de una buena práctica, en el desarrollo y aplicación de la soldadura, ajustándose a las normas establecidas para asegurar la calidad del producto a realizar sobre todo en elementos estructurales del vehículo, teniendo en cuenta los principales parámetros para una buena soldadura como son la intensidad de corriente, el tiempo de soldeo y la presión de forja.

Con la realización de este trabajo se pudo determinar la existencia de una gran variedad de procesos donde las aplicaciones en el área automotriz son muy extensas, y por eso debe existir una orientación y comprensión del proceso de soldadura por puntos para facilitar su inmediata aplicación en el campo de trabajo, estableciendo el procedimiento técnico para la implementación y manejo del equipo a utilizar, en función de sus características técnicas.

Dentro de la vida laboral se debe pretender encontrar gran satisfacción y logros profesionales, ya que cualquier variante en la secuencia de soldadura y sus procesos puede ocasionar un gran desperdicio de piezas, debido a que, una vez aplicada la soldadura, no hay forma de poder recuperar las piezas soldadas, y por eso requieren de un control preciso, además

en algunos procesos son de parte vital y sobre todo de mucha seguridad dentro del área automotriz.

Se pudo observar que, al desarrollar una correcta metodología, en función del análisis del procedimiento y características de la soldadura por puntos, es conveniente elaborar las guías prácticas de soldadura en base a los procesos técnicos para cada actividad, correcto mantenimiento y normas de seguridad adecuadas, como son los tipos de electrodos, tipo de máquina de soldar y equipo de protección individual.

Recomendaciones

En el momento de realizar un proceso de soldadura por puntos se debe seguir la guía práctica elaborada para mejorar el aprendizaje de los estudiantes, considerando los lineamientos que se indican, para así evitar lesiones o daños en el equipo de soldadura o materiales.

Cada vez que se vaya a desempeñar cualquier práctica que implique usar este tipo de suelda, utilizar la guía desarrollada para poder optimizar las funciones del equipo en uso y verificar de forma segura el trabajo que se esta realizando.

Bibliografía

- Águeda Casado, E. (2009). *Elementos estructurales del vehículo*. Editorial Paraninfo.
- . LASES-ROBLES (2008). Manual Elemental de Proyectos de Investigación. 5ª. Edición CIDL: México.
- American National Standards Institute (2010). AWS D1 COMMITTEE ON STRUCTURAL WELDING. Structural Welding Code Steel. AWS D1.1/D1.1M:2010. 18 ed. 550 N.W. LeJeune Road, Miami, Florida. American Welding Society, 2001. 542 p.
- ASME (2012). *Soldadura_AWS_ASME_API*. www.academia.edu/36509307/C%C3%B3digos_de_Soldadura_AWS_ASME_API?auto=download
- ASME (2014). *Normas y certificación*, p. 16 recuperado de: [https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/who%20we%20are/standards_and_certification/scstudentbr_aug15r3-\(002\).pdf](https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/who%20we%20are/standards_and_certification/scstudentbr_aug15r3-(002).pdf)
- ASME (2014). *Normas y certificación*, p. 11-12, recuperado de: [https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/who%20we%20are/standards_and_certification/scstudentbr_aug15r3-\(002\).pdf](https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/who%20we%20are/standards_and_certification/scstudentbr_aug15r3-(002).pdf)
- Hamedi, M. y Atashparva, M. (2017). Una revisión del modelado de resistencia de contacto eléctrico en soldadura por puntos de resistencia. *Soldadura en el mundo*, 61 (2), 269-290.
- ITCSOLDADURA (2019). *Códigos de Soldadura*. <https://itcsoldadura.org/es/detalle/noticias/1287/publicado-el-codigo-de-soldadura-estructural-aws-d1-1-d1-1m-2015>
- Jeffus, L. (2009). *Soldadura: principios y aplicaciones* (Vol. 3). Editorial Paraninfo.
- Kimchi, M. y Phillips, DH (2017). Soldadura por puntos por resistencia: fundamentos y aplicaciones para la industria automotriz. *Conferencias de síntesis sobre ingeniería mecánica*, 1 (2), i-115.

- Manosalvas Padilla, J. S., & Chacha Burgos, P. S. (2015). *Diseño y construcción de un equipo de soldadura por arco sumergido para el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana* (Bachelor's thesis).
- Manladan, SM, Yusof, F., Ramesh, S., Fadzil, M., Luo, Z. y Ao, S. (2017). Una revisión sobre la soldadura por puntos de resistencia de aleaciones de aluminio. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90 (1-4), 605-634.
- Monteagudo, E. L., García, R. A., & Carrazana, A. V. (1999). Variantes constructivas de paneles para el control en el proceso de soldadura por puntos. *Energía y Computación*, 8(1), 45-52.
- Rodríguez, P. (2013). *Manual de soldadura*. TECNIBOOK EDICIONES.
- Zhou, K. y Yao, P. (2019). Resumen de los avances recientes del análisis de procesos y el control de calidad en la soldadura por puntos por resistencia. *Sistemas mecánicos y procesamiento de señales*, 124 , 170-198.
- Acosta, H. (2008) Procedimiento de Control e Inspección Aplicados en la Fabricación de la Estructura de un Puente Soldado de acuerdo al Código AWS D1.5. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Guayaquil.: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2006. p. 9 – 138.
- Erling, S. (2004). Inspection of Welding for Engineers: Guidelines for shop and site control [Inspección de soldadura para ingenieros: Directrices para el taller y el control del sitio]. Magazine of the South African Institution of Civil Engine. Mar 2004. p. 12 – 14.

Anexo 1

Prácticas de Soldaduras

A continuación, se describe una práctica de la soldadura por puntos:

Título:

Soldadura Eléctrica por Resistencia por Puntos (RSW)

Objetivos

Aplicar el procedimiento de soldadura por resistencia por puntos

Estudiar los fundamentos de la soldadura por resistencia por puntos

Fundamento Teórico

La soldadura por puntos es un método de soldadura por resistencia que se basa en presión y temperatura, en el que se calienta una parte de las piezas a soldar por corriente eléctrica a temperaturas próximas a la fusión y se ejerce una presión entre las mismas. Generalmente se destina a la soldadura de chapas o láminas metálicas, aplicable normalmente entre 0,5mm y 3mm de espesor.

El soldeo por puntos es el más difícil y complicado de los procedimientos de soldadura por resistencia. Los materiales bases se deben disponer solapados entre electrodos, que se encargan de aplicar secuencialmente la presión y la corriente correspondiente al ciclo produciendo uno o varios puntos de soldadura. Es un tipo de soldadura que se cataloga por soldadura sin fusión del metal base a soldar, se considera un proceso en el cual los electrodos utilizados no son consumibles, además no se necesita material de aporte para que se produzca la unión entre las dos piezas, se considera un tipo de soldadura rápida, limpia y fuerte.

El material utilizado de los electrodos es una aleación de cobre con Cd, Cr, Be, W con objeto de que presente una baja resistencia y una elevada oposición a la deformación bajo una presión estando su dureza comprendida entre 130 y 160 HB. También este tipo de soldadura necesita de un transformador donde la bobina secundaria suministra un voltaje a los electrodos

de 1V a 10V y una gran corriente, debido a que generalmente la resistencia de las piezas a soldar es muy baja por tanto la corriente que debe pasar por la zona a soldar debe de ser del orden de los 500 amperios.

Equipos

Máquina de soldadura RSW

Gafas de seguridad

Guantes de cuero

Mandil

Delantal de cuero

Platina

Electrodo

Procedimientos

- Colocarse el equipo de protección personal
- Preparar las chapas para unir. Estas deben acondicionarse dejándolas en chapa viva y limpias
- Aplicar una protección anticorrosiva electrosoldable a las caras internas de las chapas que estarán en contacto tras la soldadura. Esta protección es necesaria para evitar focos de oxidación por filtraciones de humedad, etc.
- Elegir adecuadamente los electrodos. El diámetro y geometría de las puntas estarán en consonancia con el espesor de las chapas a unir. Han de aliarse con cuidado y estar perfectamente limpios y sin deterioros
- Ajustar la distancia entre electrodos. La distancia entre los electrodos, una vez cerrados, ha de ser la correcta. Si estuvieran muy separados, la presión en las chapas sería insuficiente, siendo las puntas de los electrodos las que sufrirán el calentamiento y no las chapas a soldar. Si, por el contrario, los electrodos estuvieran

muy juntos, se produciría una sobrepresión en las chapas, que pudiera dar lugar a la expulsión del núcleo del punto

- Fijar el voltaje de acuerdo con el espesor de la lámina
- Fijar el tiempo de corto circuito de acuerdo con el espesor de la lámina
- Encender la fuente
- Presionar los electrodos sobre la lámina para que se produzca el punto de soldadura
 - Retirar la lámina
- Apagar la fuente

Normas de seguridad

Las medidas de seguridad necesarias para trabajar en esta práctica son las siguientes:

Utilizar gafas de seguridad

Utilizar guantes de protección

No pisar los cables del equipo de soldadura

No colocar objetos inflamables cerca del área de soldadura

No manipular los controles de la máquina sin autorización del profesor

Actividades

1. ¿Qué es la soldadura por resistencia por puntos?
2. ¿Cuáles son los materiales de los electrodos que se emplean en la soldadura por resistencia por puntos?
3. Indique las propiedades de los materiales usados como electrodos en la soldadura por resistencia por puntos
4. ¿De qué depende una buena soldadura por resistencia?
5. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la soldadura por resistencia?

Práctica

Título:

Soldadura eléctrica por resistencia

Competencia de la unidad:

Analiza y compara el tipo de soldadura y también la herramienta y maquinaria empleada.

Objetivo de la unidad:

Usar la soldadura eléctrica por resistencia

Elementos de Competencia

- Conocimientos

Métodos de soldadura por puntos

Máquina para soldar por puntos

- Habilidades

Analiza y compara los métodos para la soldadura eléctrica por resistencia. Distingue físicamente las máquinas para soldar por puntos

- Actitudes y Valores

Independencia

Entusiasmo

- Estrategias de enseñanza:

Supervisión de prácticas, aprendizaje basado en exposiciones, problemas.

- Recursos didácticos

Equipo de soldadura eléctrica por resistencia, mesa de trabajo, proyector digital, sistema de audio, computadora personal.