

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ingeniería Mecánica
Centro de Investigaciones de Soldadura



Trabajo de Diploma

Título: *Propuesta tecnológica para la fabricación del Semi-ómnibus, utilizando el proceso de soldadura con electrodos fusible y gases protectores.*

Autor: *René Fuentes Gutiérrez.*

Tutor: *Dr. Eduardo Manuel Díaz Cedré*
Ing. Frank Reinerio Carmona Ariosa

Consultante: *Dr. Amado Eulogio Cruz Crespo*

Curso 2008-2009
Julio/ 2009

“Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución”

PENSAMIENTO:

"No se le puede enseñar nada a un hombre; sólo ayudarle a encontrar la respuesta dentro de sí mismo."

GALILEO GALILEI,

DEDICATORIA:

A toda mi familia y amistades que se ha encargado de apoyarme en cada paso para hacer realidad mi sueño.

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres por ayudarme y guiarme durante estos cinco años.

A mis tutores por haberme ayudado incondicionalmente en la tesis.

A mis compañeros de aula.

A todos los profesores de la facultad por su enseñanza.

A todos los que han contribuido a mi formación.

A TODOS.... ¡MUCHAS GRACIAS!

Resumen

En el presente trabajo se realiza una propuesta tecnológica con el objetivo de introducir el proceso de soldadura con electrodo fusible y protección gaseosa (GMAW) en la fabricación de los semi-ómnibus que se elaboran en la E.M.I. Coronel Francisco Aguiar Rodríguez; con vista a sustituir el proceso manual por arco eléctrico que se utiliza en la actualidad. Para ello, se valoraron las características constructivas del referido equipo, las condiciones del taller y el equipamiento disponible. Lográndose una propuesta tecnológica que incluye, la selección del metal de aporte y el gas de protección a utilizar, la nueva secuencia de ensamble y soldadura sobre la base del nuevo proceso de soldadura seleccionado, además se establecieron los elementos básicos del control de la calidad, necesarios por este tipo de construcción soldada, los cuales no existían en la empresa antes citada. Finalmente se realizó un análisis técnico – económico que demostró la factibilidad de la sustitución del proceso manual con electrodo revestido por el proceso de electrodo consumible con gases protectores.

Abstract

In the present work is a technology proposal to introduce the process of welding electrode and fuse protection gas (GMAW) in the manufacture of semi-buses that are produced in EMI Colonel Francisco Aguiar Rodriguez, with a view to replacing the manual process for electric arc that is used today. To do this, it appreciated the constructive characteristics of that team, the workshop and the equipment available. Achieve a proposal that includes technology, selection of the metal and the gas supply to use protection, the new sequence assembly and welding on the new welding process is selected, also set out the basic elements of quality control, necessary for this kind of welded construction, which did not exist in the company mentioned above. Finally we conducted a technical analysis - which showed the economic feasibility of replacing the manual process with electrode coated by the process of consumable electrode gas protectors.

<i>Introducción</i>	1
1. Capítulo I Características del semi-ómnibus	4
1.1 Características principales del semi-ómnibus.	4
1.2 Principales tipos de uniones soldadas que conforman la estructura del semi- ómnibus.	5
1.3 Características de los metales bases que conforman el semi-ómnibus.....	5
1.4 Procesos de soldadura que se pueden utilizar en la fabricación de semi- ómnibus.	7
1.4.1Proceso de soldadura OAW.....	7
1.4.2Proceso de soldadura SMAW	10
1.4.3Proceso de soldadura GMAW.....	14
1.4.4Proceso de soldadura FCAW.....	19
1.5 Selección del proceso de soldadura a aplicar en la fabricación de los semi- ómnibus.	23
2. Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.	24
2.1. Análisis de las características del conjunto soldado	24
2.2. Análisis de las condiciones del taller.....	24
2.3. Preestablecimiento de la secuencia de ensamble y soldadura del conjunto. ..	26
2.4. Cálculo de resistencia y geometría de las uniones soldadas.....	32
2.5. Evaluación de la soldabilidad del material base.....	35
2.6. Elección de los metales de aporte.	36
2.7. Determinación de la geometría de la unión soldada.	37
2.8. Determinación del régimen de soldeo.....	38

2.9. Establecimiento de la secuencia de realización de los cordones en cada unión soldada.	40
2.10. Establecimiento de la secuencia definitiva de ensamble y soldadura del conjunto soldado.	41
2.11. Determinación de los costos de soldadura para el proceso GMAW	49
3. Control de la calidad.	56
3.1. Controles previos a la soldadura.....	56
3.2. Controles durante la soldadura.....	62
3.3. Controles posteriores a la soldadura.	63
Conclusiones.....	66
Bibliografía	67
Anexo	69

Introducción

Desde tiempos inmemoriales la unión de piezas siempre ha sido una preocupación del hombre. Esta unión que inicialmente se convirtió en un asunto de supervivencia para el hombre de la antigüedad, al unir mediante fibras vegetales la piedra y el palo, se convertirá a partir de ese momento en una cuestión fundamental.

Con el desarrollo de nuevos materiales los procesos de unión han variando con el de cursar del tiempo, desde las primeras armas soldadas en el Egipto de la edad del bronce hace más de 3000 años, hasta las ultimas soldaduras realizadas en los paneles solares de la estación espacial internacional.

El proceso de soldadura en gases protectores y electrodo fusible (GMAW) fue introducido a fines de 1940. Este sistema esta definido por la AWS como un proceso de soldadura al arco, donde la fusión se produce por calentamiento con un arco entre un electrodo de metal de aporte continuo y la pieza, donde la protección del arco se obtiene de un gas suministrado en forma externa, el cual protege de la contaminación atmosférica y ayuda a estabilizar el arco.

Debido a las características propias de este proceso, como son su elevada productividad y su sencillez de manejo, se ha convertido en el más utilizado en la fabricación de construcciones metálicas a nivel mundial. Su versatilidad hace que sea posible soldar prácticamente todo tipo de materiales, en una amplia gama de espesores y en todas las posiciones posibles. Los procesos semiautomáticos de soldadura, son los que han tenido el mayor desarrollo en la última década, debido a la necesidad de aumentar el producto final y reducir costos

Para tener una idea del desarrollo alcanzado por este proceso, hace 10 años existían materiales (aceros inoxidables y aluminios) que por sus características aun no era posible realizar satisfactoriamente la soldadura en todas posiciones. Para solucionar estos inconvenientes, KEMPPI, uno de los mayores fabricantes de equipos para soldar en el mundo, desarrolló un sistema que revolucionó a la soldadura moderna, llamado el sistema “MIG Pulsado Sinérgico”, permitiendo sobre la base de un estudios de formación y transferencia de las gotas de metal en el proceso de la

soldadura, entregar información valiosa sobre el calor necesario para fundir el metal de aporte, así como los efectos del gas protector en la transferencia del alambre en el baño de soldadura, permitiendo la solución de este problema [3].

A finales del año 1961, motivado por el proceso de reorganización de las FAR, al enclavarse el Ejército Central hasta Camagüey, se decide ubicar la UM 3099 (hoy 9918) en Sancti Spiritus, con el objetivo de garantizar la reparación de los vehículos militares de las unidades perteneciente a la Región Central. Ya en 1962, con el arribo de los primeros documentos de proyecto, se inicia la construcción de lo que sería hoy la Empresa Militar Industrial “Coronel Francisco Aguiar Rodríguez”. En esta época el Jefe del Ejército era el Comandante William Gálvez y el Jefe de las Fuerzas Blindadas el Comandante Victoriano Parra, que tenía subordinado estos Talleres centrales.

Ante la imperiosa necesidad de contar con vehículos de transportación masiva, capaces de acceder a lugares intrincados y de difícil acceso, garantizando las condiciones mínimas de confort para sus pasajeros, se decidió iniciar una línea de producción y ensamblaje de un híbrido camión – ómnibus, dando como resultado final, el semi-ómnibus sobre Zil-131, el cual se remotoriza hoy día con un motor de fabricación china de 6 cilindros, que utiliza el diesel como combustible. La producción de los mismos se comienza a desarrollar en la EMI (Sancti Spiritus), en el año 2002.[1]

Un nuevo reto enfrenta hoy la Empresa Militar Industrial “Coronel Francisco Aguiar Rodríguez”, al introducir en sus líneas de producción el proceso GMAW en sustitución del proceso manual con electrodo revestido (SMAW), con vista a lograr un aumento de la eficiencia y la calidad en sus producciones unido a una disminución del impacto ambiental. Lo anteriormente planteado tiene especial interés en la fabricación y reparación de los semi-ómnibus, para ello se establece el siguiente objetivo general.

Objetivos generales

Establecer los elementos principales que permitan la introducción del proceso de soldadura con gases protectores y electrodo fusible (GMAW) en la fabricación de semi-ómnibus en las condiciones de la E.M.I. “Coronel Francisco Aguiar Rodríguez”.

Objetivos específicos

1. Caracterizar el semi-ómnibus para su fabricación por soldadura.
2. Definir el proceso de soldadura a aplicar en la fabricación del semi-ómnibus.
3. Establecer los elementos del proceso tecnológico de soldadura del proceso seleccionado para la fabricación del semi-ómnibus.
4. Realizar un análisis económico donde se compare el proceso de unión que se utiliza actualmente y el nuevo proceso propuesto.
5. Establecer los elementos que desde el punto de vista de calidad de la producción soldada se deben seguirse para garantizar que se fabrique un semi-ómnibus con altas características desde el punto de vista de su explotación.

Hipótesis

Es posible, mediante la utilización del proceso GMAW, la fabricación de la estructura del semi-ómnibus montado sobre Zil-131, garantizando la resistencia de la unión soldada y las condiciones de seguridad para la transportación de personal.

Impacto económico

El empleo de la soldadura GMAW en la fabricación del semi-ómnibus implica un aumento en la productividad respecto al proceso SMAW y al remachado que son los procesos utilizados actualmente, constituyendo un ahorro considerable de recursos y tiempo.

Impacto ambiental

El proceso GMAW hace un aprovechamiento más eficiente del consumible que el proceso SMAW, utilizado hasta ahora en la fabricación del semi-ómnibus. De otra parte, en las circunstancias de Cuba el proceso GMAW utiliza casi de forma exclusiva el CO₂ de la industria sucroalcoholera que se considera un residual del proceso de destilación del alcohol, implicando un aprovechamiento de dicho residual.

Impacto para la defensa

El trabajo se enfoca a la solución de un problema dentro de la Unión de Industrias Militares para la transportación de personal al servicio de la defensa

1. Capítulo I Características del semi-ómnibus

1.1 Características principales del semi-ómnibus.

El semi-ómnibus es un vehículo de transporte de personal por carreteras pavimentadas, terraplenes y caminos, siendo fundamentalmente producidos para aplicaciones dentro de las FAR.

Dentro de las características principales del semi-ómnibus se tienen: generalmente van montados sobre un camión tipo ZIL-131, sus principales dimensiones constructivas son largo 7200 mm, ancho 2500 mm, alto 3720 mm. Tiene una capacidad de carga total de 11000 kg, con una tara de 8700 kg con una capacidad útil de carga de 2700 kg. El mismo está diseñado para transportar 27 pasajeros sentados, 10 parados y 3 en la cabina. La mayoría de los camiones ha sido remotorizados con un motor Yuchay de 6 cilindros con una potencia nominal de 112 kW. Se fabrican con cinco ventanillas, tres al lado izquierdo y dos al derecho que permiten una correcta ventilación e iluminación. En la parte posterior se le instalan dos cristales que permiten amplia visibilidad y en la delantera dos cristales fijos, dos superiores y uno inferior que coincide con el de la cabina del chofer, en la parte delantera izquierda tienen un cristal fijo.

La estructura del furgón se fabrica de materiales de aceros laminados que se contemplan en la NC10-54:84, tales como, tubos cuadrados de 50 x 3 mm, rectangulares de 50 x 30 x 2,5 mm, angulares de alas iguales de 32 x 3 mm, todos de acero ASTM A-570 G30. Esta estructura puede cooperarse con la Empresa de estructuras metálicas Ramón Peña.

La plataforma se fabrica de viga U 80 x 40 x 6 mm, puede sustituirse por la viga U 100 x 52 x 4.8 mm y tubos rectangulares de 50 x 30 x 2,5 mm, también puede utilizarse tubos rectangulares de 100 x 50 x 2,5 mm para la fabricación de los largueros, todos de acero ASTM A-570 G30, utilizando el proceso SMAW, con electrodo del tipo E 6012 ó E 6013 \varnothing 3 mm . El piso de la plataforma se forra con chapa ASTM A 36 espesor 3 mm.

Capítulo I Características del semi- ómnibus

La estructura del furgón se forra exterior e interiormente con chapas de acero de espesor 1,2 mm de los materiales antes señalados, fijados con remaches.

El techo en su parte interior se forra con cartón primite de 3 mm fijado a la estructura con remache. A ambos productos se les coloca una plancha de poli espuma de 50mm de espesor para la absorción del calor.

En su interior se instalan lámparas de techo para el alumbrado nocturno y una señal lumínica o sonora para el aviso de los pasajeros. Posee una puerta en el lateral derecho que permite la entrada y salida. Para el acceso al semi-ómnibus se previó una escalera fabricada con chapa de acero A-570 de 3 mm de espesor con escalones distribuidos a 250 mm de altura.

Al furgón se le instalan nueve asientos dobles y en su parte trasera un asiento con capacidad para cinco pasajeros .Los asientos y espaldares se fijan a la estructura mediante tornillos cabeza de carruaje M8 x 30 mm .En la parte superior de la estructura del asiento se le fija un pasamanos fabricado de tubos de aluminio de 25 x 1,5 mm unidos a la estructura mediante remache [2]

1.2 Principales tipos de uniones soldadas que conforman la estructura del semi ómnibus.

Los principales tipos de unión que están presente en la construcción del semi ómnibus son:

Tabla 1. Datos de las uniones.

Tipo de unión	Tipo de costura	Posición
A Tope	De Ranura	Todas las posiciones
En T	Unilateral y bilateral	Vertical ,Horizontal ,Sobre cabeza
De Esquina	De Ranura	Horizontal

1.3 Características de los metales bases que conforman el semi-ómnibus.

Para la fabricación del semi-ómnibus se utiliza fundamentalmente laminados de el acero A-570 G30.[3] en distintos tipos de perfiles, unidos a chapas de acero ASTM A

Capítulo I Características del semi- ómnibus

36 de diferentes espesores, las propiedades mecánicas de los mismos así como la composición química se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 2. Datos de las vigas con que se realiza la estructura del semi-ómnibus.

Datos de la pieza	
Material base	A-570
Tubo cuadrado	50 x 3 mm
Tubo rectangular	50 x 30 x 2,5 mm
Angular de ala igual	32 x 3 mm
Viga Tipo "U"	80 x 40 x 6 mm

Tabla 3. Datos de las chapas con que se forra el semi-ómnibus.

Datos de la pieza	
Material base	A 36
Espesor de la chapa	1,2 mm

Tabla 4. Composición química del metal base.

Elementos	Materiales Base	
	ASTM A- 570	ASTM A- 36
Carbono (C) min	0,24	0,20
Manganeso (Mn)	0,90	0,80-1,50
Fósforo (P) máx.	0,035	0,03
Silicio (Si) máx.	-	0,15-0,40
Azufre (S) máx.	0,04	0,04
Cobre (Cu)	0,2	-

Tabla 5. Propiedades mecánicas del metal base.

Propiedad	Materiales Base	
	ASTM A- 570	ASTM A- 36
Limite de Fluencia (MPa)	205	250
Limite de Rotura (MPa)	340	430
Elongación (%)	20	23

Soldabilidad

El acero ASTM A-570 tiene una gran capacidad para ser soldados bajo las condiciones de fabricación impuesta para la estructura del semi-ómnibus y debe

Capítulo I Características del semi- ómnibus

funcionar adecuadamente bajo las condiciones de servicio prevista, ya que dicho acero posee buena soldabilidad y no presenta problemas de agrietamiento. Sin embargo debido a elementos vinculados al proceso tecnológico (proceso de soldadura, tipo de material de aporte, etc) en este acero puede manifestar el agrietamiento por hidrogeno o en frío. Este agrietamiento ocurre generalmente a temperaturas inferiores a los 93.24°C, inmediatamente después que se enfría el metal o varias horas después en dependencia del tipo de acero, de la magnitud de los esfuerzos ocasionados por la soldadura y del contenido de hidrógeno en el metal de aporte y de la ZAT. El llamado comúnmente agrietamiento toma lugar después que la estructura metálica soldada se ha enfriado a temperatura ambiente. En cualquier caso el agrietamiento en frío es opuesto al agrietamiento en caliente y es ocasionado por el hidrógeno disuelto entrampado en pequeños huecos o dislocaciones del metal de aporte o de la ZAT. A veces el metal de aporte puede agrietarse, aunque raramente esto ocurre, cuando su resistencia a la deformación está por debajo de los 620 MPa. La difusión del hidrógeno dentro de la ZAT a causa del metal de aporte durante la soldadura contribuye al agrietamiento en esta zona.[5]

1.4 Procesos de soldadura que se pueden utilizar en la fabricación de semi-ómnibus.

Para la construcción de los semi-ómnibus existen varios procesos que potencialmente pueden ser empleados de acuerdo a las características de dicho producto, entre ellos podemos mencionar el proceso oxiacetileno (OAW), el de manual con electrodo revestido (SMAW), el proceso en gases protectores y electrodo fusible (GMAW) y el proceso por arco con núcleo de fundente (FCAW).

1.4.1 Proceso de soldadura OAW

Fundamentos del proceso OAW.

El equipamiento para aplicar soldadura con gases combustible (Figura 1), cuenta con una fuente de dos cilindros de gases para el suministro de oxígeno y gas combustible (cilindros de oxígeno y de acetileno en el caso del proceso OAW), y reguladores para el control de la presión de gas, mangueras, antorcha y válvula

Capítulo I Características del semi-ómnibus

antiretroceso, y se completa para la ejecución del proceso con el material de aporte como un consumible.

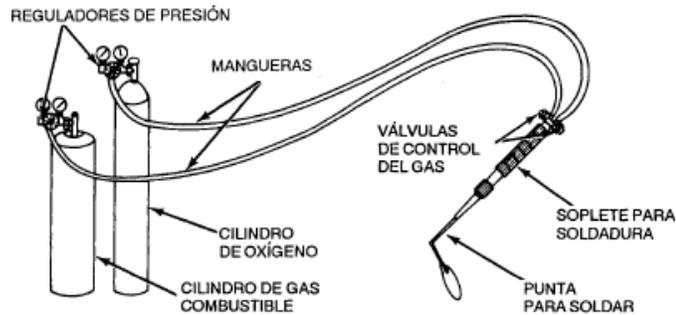


Figura 1. Instalación para la soldadura a oxidas.

El proceso OAW, brinda entre sus propiedades la llama más caliente y más concentrada de todos los gases industriales, pues puede alcanzar una temperatura promedio de hasta 3 200 °C, facilitando por esta razón, el proceso de soldadura por fusión, fundamentalmente cuando aumentan los espesores de las chapas a soldar.

La soldadura por oxigás es un proceso de soldadura por fusión, dado que la unión de los materiales se realiza a una temperatura superior a la temperatura de fusión del material base y del metal de aportación (cuando se emplea este).

En los procesos de oxigás la fuente de energía calorífica para lograr la soldadura por fusión de los materiales, la constituye una llama que se obtiene como resultado de la reacción química durante la combinación o mezcla de un gas combustible y un gas carburante (oxígeno). Esta reacción es fuertemente exotérmica y la llama a que da lugar, que se dirige, mediante un soplete, a los bordes de la pieza a unir, provoca su fusión y soldadura.

Este proceso de soldadura, al ser por fusión, permite obtener una unión metalúrgica excelente con relativa facilidad y una homogeneidad de propiedades satisfactorias, pero al mismo tiempo, y como consecuencia de la aportación de calor requerida, puede provocar: pérdida del estado metalúrgico del material, segregaciones durante el enfriamiento, distorsiones mecánicas, tensiones internas, etc.

Capítulo I Características del semi- ómnibus

En la soldadura por oxigás, el soldador tiene un alto control de la temperatura en el baño de fusión, a través de la velocidad de avance y de la velocidad de deposición del metal de aportación, pues las fuentes de calor y de metal de aportación son independientes (se utilizan varillas metálicas como metal de aportación), lo cual permite al soldador aplicar el calor de la llama de forma preferente, sobre el metal base o sobre el metal de aportación. [6]

Ventajas del Proceso OAW

- Suficiente flexibilidad y fácilmente regulable, ya sea con exceso de oxígeno o de acetileno, en función de los metales a unir.
- La composición de los productos de la llama corresponde a unas propiedades típicamente reductoras.
- No es un producto derivado del petróleo y, por tanto, no está sujeto a oscilaciones de producción y precios.

Desventajas del Proceso OAW

- Tiene una baja productividad en comparación de los otros procesos de soldadura.
- Ofrece un alto grado de complejidad a la mecanización.
- Provoca grandes afectaciones en las propiedades mecánicas de las uniones soldadas.
- Durante su manipulación debe tenerse extremo cuidado y mantener totalmente hermetizado los conductos y equipos empleados para la soldadura y esto está dado por su gran facilidad de inflamarse.

Aplicaciones generales del proceso OAW

Las ventajas indicadas anteriormente hacen que la soldadura por oxigás sea particularmente indicada para espesores pequeños y que conserve una posición importante entre los demás procesos de soldadura, manteniendo un campo de aplicación específico y una privilegiada preferencia para un amplio grupo de trabajos.

Capítulo I Características del semi- ómnibus

En la actualidad en el mundo y en particular en Cuba, las principales aplicaciones se concentran en la construcción de equipos, trabajos de mantenimiento y reparación industrial, trabajos de mantenimiento y reparación del transporte, fundamentalmente en la reparación de carrocerías (chapistería).

La soldadura de grandes espesores, aunque puede realizarse por oxigás, es económicamente más rentable realizarla por arco eléctrico, por el elevado gasto de gas combustible que se precificaría y por la menor velocidad de ejecución que se obtiene.

El hecho de que los equipos sean versátiles, económicos y normalmente portátiles, hacen que este proceso sea más indicado para pequeñas producciones, pequeños espesores, trabajos en campo, soldaduras con cambios bruscos de dirección o posición, soldadura circunferenciales y reparaciones por soldadura.

A pesar de que con el desarrollo científico y tecnológico, este proceso ha sido muy desplazado por la soldadura por arco eléctrico, las industrias de automóviles, de aeronáutica, de montaje y los talleres de reparaciones y chapisterías, fundamentalmente, mantienen necesariamente una amplia aplicación del mismo.

1.4.2 Proceso de soldadura SMAW

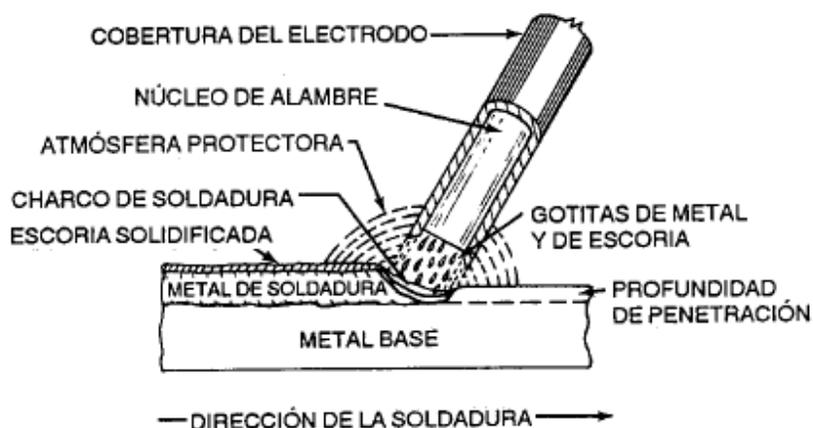


Figura 2. Esquema del proceso de soldeo SMAW.

Fundamento del proceso SMAW

Capítulo I Características del semi- ómnibus

El proceso de soldadura con electrodo recubierto (SMAW) es un proceso de soldadura por arco en el que la fusión del metal se produce producto del calor generado en el arco eléctrico que se crea entre el extremo del electrodo recubierto consumible y la superficie de los metales base que se van a unir. El calor generado funde la punta del electrodo y la superficie del metal base. De esta forma las pequeñas gotas de metal fundido que se forman sobre la punta del electrodo viajan a través de la columna del arco y junto con el metal base fundido forman el baño de soldadura. El electrodo se desplaza a una velocidad adecuada (velocidad de soldadura) fundiendo constantemente una porción del metal base y adicionando metal de aporte producto de su propia fusión. En la medida que el proceso se desarrolla el baño metálico va solidificando y formando el metal de la costura. La protección del metal a elevada temperatura de la acción del oxígeno y el nitrógeno del aire se realiza a través del revestimiento que cuando se combustiona genera gases y una escoria que cubre las gotas de metal y el baño de soldadura, creando una doble barrera protectora. [16].

Tanto el electrodo recubierto como el metal base forman parte del circuito eléctrico de soldadura, que se muestra a continuación. Este circuito se inicia con la fuente de energía eléctrica, e incluye los cables conductores, el portaelectrodo o tenaza, la conexión a tierra, la pieza a soldar y el electrodo recubierto. Uno de los cables que provienen de la fuente de energía se conecta al portaelectrodo y el otro a la conexión a tierra, que se fija a la pieza. Este circuito se cierra al hacer contacto el electrodo con la pieza.[7]

Ventajas del Proceso SMAW:

- El equipo es relativamente simple, barato y portátil.
- Tanto el metal de aporte como el medio para proteger al metal de soldadura se garantiza por el propio electrodo recubierto.
- No es necesario el empleo de un gas protector auxiliar o de fundentes.
- Es menos sensible a las corrientes de aire que los procesos de protección gaseosa, por lo que resulta ideal para trabajos en campo.
- Puede emplearse en áreas de acceso limitado.

Capítulo I Características del semi- ómnibus

- Puede utilizarse en lugares relativamente alejados de la fuente de energía, ya que no requiere conductores de gases de protección, conductores de agua para el enfriamiento, etc.
- El proceso es adecuado para la soldadura de la mayoría de los metales y aleaciones comúnmente usados.
- Permite la soldadura en todas las posiciones espaciales.

Limitaciones del Proceso SMAW:

- Es un proceso relativamente lento, ya que el ciclo de trabajo y las razones de depósito generales son usualmente inferiores que las que se garantizan con los procesos de electrodo continuo, tales como el SAW y el GMAW. Esto se debe fundamentalmente a la necesidad del cambio de los electrodos recubiertos, a la necesidad de eliminar la escoria en el terminal del cordón, antes de comenzar el depósito nuevamente y a las menores intensidades de corriente que se emplean.
- Requiere gran habilidad por parte del soldador, debido a su carácter completamente manual.
- Metales de bajo punto de fusión como zinc, plomo y estaño no pueden ser soldados por este proceso debido a que la intensidad del calor del arco es muy grande para ellos. El proceso SMAW no es adecuado para soldar tampoco metales reactivos como titanio y circonio ya que la protección es inadecuada para prevenir la contaminación por oxígeno.
- No es aplicable a espesores inferiores a 1.5 a 2mm.
- Aunque en teoría se puede soldar cualquier espesor por encima de 1.5mm, el proceso no resulta productivo para espesores mayores de 38mm. En estos espesores son más adecuados los procesos SAW y FCAW.

Aplicaciones del Proceso SMAW:

El proceso de soldadura por arco con electrodo recubierto (SMAW) es uno de los procesos de soldadura más ampliamente usados, particularmente para costuras cortas

Capítulo I Características del semi- ómnibus

de producción, trabajos de mantenimiento y reparación, y para trabajos de construcción en campo.

En recargue o relleno superficial. El proceso SMAW es usualmente empleado para soldar piezas en el rango de espesores de 3 hasta 38 mm (teóricamente no existe un límite superior de espesor a soldar para este proceso). No obstante cuando se trata de costuras irregulares el proceso SMAW es usualmente empleado para la soldadura en espesores de hasta 250 mm. Durante la soldadura de chapas de espesor inferior a 1,6mm ocurrirá la perforación y el derrame de metal salvo que se tomen medidas especiales para evitarlo.

Este proceso se puede emplear en combinación con otros procesos de soldeo realizando o bien la pasada de raíz, o las de relleno. Por ejemplo durante la soldadura de tuberías de pequeño diámetro se acostumbra realizar el cordón de raíz con proceso GTAW (soldadura con protección gaseosa y electrodo infusible de tungsteno) y las pasadas posteriores con SMAW.

Los sectores de mayor aplicación son la construcción de maquinaria, naval, de estructuras, puentes, recipientes a presión, calderas, refinerías de petróleo, oleoductos, gasoductos, entre otros.

En este caso de la soldadura del semi-ómnibus los electrodos que más se emplean son los rutílicos y bajo hidrogeno, teniendo en cuenta que son electrodos que sus características de adecuan a este tipo de aplicación (resistencia a la tracción, nivel de hidrogeno, fácil encendido, posibilidad de soldar espesores finos sin peligro de perforación, etc).

- **Electrodos rutílicos:**

Contienen rutilo en mayor proporción y celulosa como formador de su atmósfera protectora. Producen una escoria bastante gruesa y viscosa, su fluidez se controla con minerales silíceos. Los aglutinantes son silicatos de sodio y potasio. Como ejemplos se pueden citar el E 6013. Garantizan una máxima estabilidad, fácil cebado y manejo del arco. El nivel de impurezas que introducen en el metal depositado es intermedio entre

los electrodos ácidos y básicos. El nivel de hidrógeno que introducen puede llegar a afectar la tenacidad de la costura.

Estos electrodos son poco sensibles a la humedad y producen escasa salpicadura. Son idóneos para todo tipo de trabajo de soldadura, siempre que no se requiera una elevada tenacidad. Constituyen una gama de consumibles muy apreciada con el volumen de empleo más elevado, dentro de los electrodos revestidos. Su campo de empleo es en estructuras metálicas, carpintería metálica y construcción naval. Algunos tipos contienen gran cantidad de polvo de hierro, lo que provoca el aumento de su rendimiento, haciendo el proceso más económico.

1.4.3 Proceso de soldadura GMAW

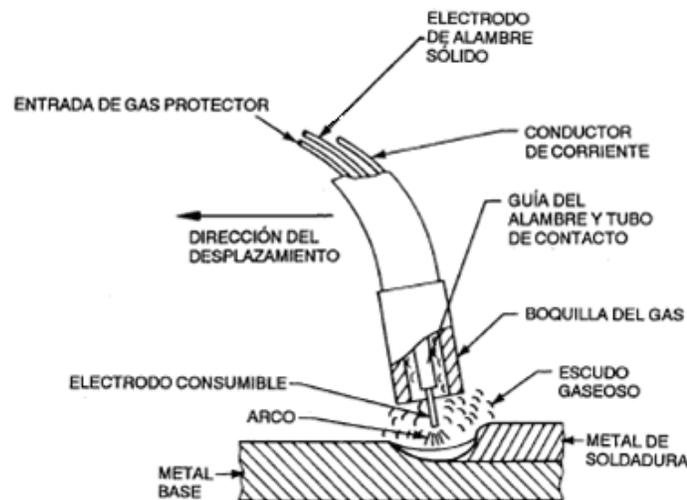


Figura 3. Proceso de soldadura GMAW

Fundamento del proceso GMAW.

El proceso de soldadura por arco con electrodo metálico consumible y protección gaseosa (GMAW) se basa en un arco eléctrico que surge entre un alambre-electrodo desnudo que se alimenta en forma continua y automática desde una bobina a través de la pistola de soldadura. Se usan diámetros de alambre que van desde 0.8 a 6.4mm, el tamaño depende del grosor de las partes que se van a unir y la velocidad de deposición deseada. Dicha proceso se realiza bajo la protección de un gas

Capítulo I Características del semi- ómnibus

suministrado externamente, que puede ser inerte, activo o de una mezcla de ambos. Dicho gas protege a la soldadura de los efectos dañinos del O₂ y del N₂ del aire, favoreciendo además la ionización.[7]

Ventajas del proceso GMAW:

- Es el único proceso de soldadura por arco con electrodo consumible que puede emplearse para la soldadura de todos los metales y aleaciones comerciales.
- Permite la soldadura en todas posiciones, lo que no es posible con el proceso SAW.
- Comparado con el proceso SMAW se requiere menor nivel de habilidad por parte del soldador.
- Comparado con el proceso SMAW y el GTAW se garantizan mucho mayores velocidades de depósito.
- Se garantizan mayores velocidades de soldadura que con SMAW o GTAW por las mayores velocidades de depósito y la alimentación continua del electrodo.
- Se depositan costuras largas sin puntos intermedios de inicio y parada.
- Mínima necesidad de limpieza postsoldado ya que no se forma una escoria gruesa.
- Reducción de humos y gases con respecto al proceso SMAW.
- Gran aprovechamiento del metal de aporte (no hay pérdidas por escoria, colillas, etc.).
- Se pueden soldar espesores pequeños (hasta 6 mm) sin necesidad de bisel.
- Se logra una penetración del arco mayor que con SMAW, sobre todo con la transferencia por spray.[8]

Limitaciones del proceso GMAW:

- El equipo es más complejo, más costoso y menos portátil que el de SMAW.

Capítulo I Características del semi- ómnibus

- La pistola debe estar cerca de la pieza de trabajo, y por lo tanto, el proceso es menos adaptable que el de electrodo recubierto para soldadura en áreas de difícil acceso.
- En la soldadura de aceros endurecidos, la susceptibilidad al fisuramiento del metal soldado es mayor; debido a que no existe escoria que pueda reducir la velocidad de enfriamiento del cordón.
- El proceso es menos práctico que el SMAW para soldaduras en exteriores, debido a que el viento puede desviar la atmósfera protectora de la zona de soldadura con la consecuente aparición de defectos.
- Los relativamente altos niveles de radiación de calor y de intensidad de arco pueden provocar cierto rechazo o resistencia por parte de los soldadores.

Aplicaciones del proceso GMAW.

El proceso GMAW se aplica para la soldadura de todos los metales y aleaciones de mayor comercialización, lo que incluye los aceros al carbono, aleados e inoxidables, los hierros fundidos, las aleaciones base níquel, aluminio, magnesio, cobre, titanio y zirconio. En cuanto al rango de espesores se pueden soldar metales desde 0,5mm de espesor en adelante (hasta un espesor prácticamente ilimitado).

Es un proceso versátil que permite la soldadura en todas las posiciones, seleccionando los parámetros adecuados. Se puede mecanizar, además de que constituye un proceso ideal para aplicaciones robotizadas.

No constituye la mejor selección para la soldadura en exteriores, por los problemas que se pueden presentar con la protección gaseosa.[9]

➤ Consumibles.

- **Gases de protección**

La función principal del gas de protección en el proceso GMAW es aislar la zona de soldadura de la acción de oxígeno y el nitrógeno del medio. La contaminación del cordón de soldadura producto de la reacción con estos elementos puede provocar baja resistencia, baja ductilidad, y excesivos defectos de soldadura tales como inclusiones,

porosidad, etc. El gas de protección tiene una función adicional, que es la de facilitar la ionización del espacio entre electrodo - pieza y el establecimiento del arco eléctrico, lo que se garantiza con un bajo potencial de ionización de dicho gas.

En este proceso se utilizan diferentes gases para formar la atmósfera protectora, los que pueden ser gases puros o mezclas de gases.

Gases Puros

Dióxido de carbono (CO₂).

El gas CO₂ es un gas activo ampliamente usado como gas puro en la soldadura GMAW de aceros al carbono y de baja aleación. Este constituye el único gas activo que se puede utilizar en estado puro como gas de protección para este proceso.

Está compuesto por alrededor de 27% de carbono y 72% de oxígeno. A temperatura y presión atmosférica es incoloro y no tóxico. Este gas es alrededor de 1,5 veces más pesado que el aire, lo que facilita la protección en posición plana y horizontal de filete. En lugares confinados puede, al igual que el argón, desplazar al aire y provocar asfixia. Su potencial de ionización es cercano al del argón, 14,4 eV.

Las razones que hacen que este gas posea un amplio uso son: se alcanzan las mayores velocidades de soldadura, la mayor penetración y los menores costos (es más barato que el argón). Sin embargo se le imputan al CO₂ como gas de protección algunas dificultades, como es el aspecto desagradable del arco, ya que este es un poco rígido, y provoca gran cantidad de salpicaduras durante la transferencia del metal. Dichas salpicaduras se pueden minimizar manteniendo un arco corto y con longitud uniforme. Otra dificultad que presenta este gas es que con vistas a lograr un arco estable, posee un rango de variación de los parámetros fundamentales de soldadura (corriente y voltaje) bastante cerrado; esto en cierta medida dificulta el ajuste de los parámetros por parte del soldador, si se compara con el empleo de mezclas de gases.

El empleo de este gas tiene la particularidad de que el CO₂ cuando se somete a las altas temperaturas del arco se disocia en monóxido de carbono y oxígeno (CO + O₂),

de forma que en la zona del arco del 20 - 30% del gas se encuentra disociado en CO y O₂, poseyendo características oxidantes.

Con CO₂ como gas protector, el tipo de transferencia que se produce puede ser por cortocircuito o globular, no siendo posible lograr la transferencia spray. Si se compara con un arco protegido con un alto porcentaje de argón el arco protegido por CO₂ produce un cordón con excelente penetración, con una superficie más rugosa y con menos efecto de mojado a los lados

Mezclas de gases

Son aquéllos que están formados como su nombre lo indica por la combinación de más de un gas. Estas mezclas tienen la finalidad de aprovechar las propiedades favorables de cada uno de los gases que forman la mezcla.

Adición de oxígeno y/o CO₂ al argón.

Las dificultades que presenta la soldadura de aleaciones ferrosas con argón puro se resuelven adicionándole a este gas determinadas cantidades de oxígeno o CO₂. La adición al argón de 1-5 % de oxígeno ó de 3-25 % de CO₂, produce un notable incremento en la estabilidad del arco y la eliminación de las socavaduras, por la eliminación de la desviación del arco causado por la fuerza catódica. La cantidad óptima de oxígeno y CO₂ que se le debe adicionar al gas inerte está en función de las condiciones de la superficie de la pieza (presencia de costra u óxidos), de la geometría de la unión, de la posición de soldadura, de la técnica y de la composición del metal base.

La adición de CO₂ al argón produce cordones con apariencia definidas como “forma de pera”. La adición de oxígeno al gas mejora la fluidez del baño, la penetración y la estabilidad del arco, además de bajar la corriente de transición, la tendencia a las socavaduras son reducidas, pero puede ocurrir una mayor tendencia a la oxidación del metal depositado, con notables pérdidas de silicio y manganeso.

Las mezclas de Argón y CO₂ son mayormente utilizadas en los aceros al carbono y de baja aleación y presentan una menor extensión en los aceros inoxidable. Estas mezclas son utilizadas básicamente en transferencias por corto circuito (con 18 - 25 %

de CO₂), pero pueden ser utilizadas también en transferencias spray y en arco pulsado (con 3 - 10 % de CO₂).

Las mezclas de argón con 5 % de CO₂ han sido utilizadas extensamente en la soldadura por arco pulsado utilizando alambres sólidos de aceros al carbono. Las mezclas de argón y CO₂ son favorables para ser utilizadas con arco pulsado en la soldadura con alambres sólidos de acero inoxidable.

Las mezclas de argón y 1-2% de O₂ se emplean en la soldadura de aceros inoxidables, mientras que la mezcla con hasta 5% de O₂ se emplea en la soldadura de aceros al carbono y de baja aleación. El tipo de transferencia con estas mezclas siempre es por spray.

De este modo la selección del mejor gas protector se basa en la consideración del material que será soldado y el tipo de transferencia que se empleará.

1.4.4 Proceso de soldadura FCAW

Fundamentos del proceso FCAW

La soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW) es un proceso de soldadura por arco que aprovecha un arco entre un electrodo continuo de metal de aporte y el charco de soldadura. Este proceso se emplea con protección de un fundente contenido dentro del electrodo tubular, con o sin un escudo adicional de gas de procedencia externa, y sin aplicación de presión.

El electrodo con núcleo de fundente es un electrodo tubular de metal de aporte compuesto que consiste en una funda metálica y un núcleo con diversos materiales pulverizados. Durante la soldadura, se produce un manto de escoria abundante sobre la superficie de la franja de soldadura.

El aspecto que distingue al proceso FCAW de otros procesos de soldadura por arco es la inclusión de ingredientes fundentes dentro de un electrodo de alimentación continua. Las notables características de operación del proceso y las propiedades de la soldadura resultante se pueden atribuir al empleo de este tipo de electrodo.

Capítulo I Características del semi- ómnibus

El proceso FCAW tiene dos variaciones principales que difieren en su método de protección del arco y del charco de soldadura contra la contaminación por gases atmosféricos (oxígeno y nitrógeno). Una de ellas, la FCAW con autoprotección, protege el metal fundido mediante la descomposición y vaporización del núcleo de fundente en el calor del arco. El otro tipo, la FCAW con escudo de gas, utiliza un flujo de gas protector además de la acción del núcleo de fundente. En ambos métodos, el material del núcleo del electrodo proporciona una cubierta de escoria sustancial que protege el metal de soldadura durante su solidificación.

Normalmente, la soldadura por arco con núcleo de fundente es un proceso semiautomático, aunque también se emplea para soldadura automática y mecanizada.

Aplicaciones principales del proceso FCAW

Las aplicaciones de las dos variantes del proceso FCAW, pero las características específicas de cada una las hacen apropiadas para diferentes condiciones de operación. El proceso se emplea para soldar aceros al carbono y de baja aleación, aceros inoxidable y hierros colados. También sirve para soldar por puntos uniones traslapadas en láminas y placas, así como para revestimiento y deposición de superficies duras.

El tipo de FCAW que se use dependerá del tipo de electrodos de que se disponga, los requisitos de propiedades mecánicas de las uniones soldadas y los diseños y embotamiento de las uniones. En general, el método autoprotegido puede usarse en aplicaciones que normalmente se unen mediante soldadura por arco de metal protegido. Es preciso comparar las ventajas y desventajas del proceso FCAW con las de esos otros procesos cuando se evalúa para una aplicación específica.

En muchas aplicaciones, el principal atractivo de la soldadura por arco con núcleo de fundente, en comparación con la de arco de metal protegido, es la mayor productividad. Esto generalmente se traduce en costos globales más bajos por kilogramo de metal depositado en uniones que permiten la soldadura continua y están fácilmente accesibles para la pistola y el equipo de fabricación en general, recubrimiento, unión de metales FCAW.

Capítulo I Características del semi- ómnibus

Factores de operación altos y mayores eficiencias de deposición Las desventajas más importantes, en comparación con el (no se desechan "colillas" de electrodo). Proceso SMAW, son el mayor costo del equipo, la relativa

Se han usado electrodos de acero inoxidable con núcleo de fundente, autoprotectidos y con escudo de gas, para trabajos de fabricaron en general, recubrimiento, unión de metales disímiles, mantenimiento y reparación.

Las desventajas más importantes, en comparación con el proceso SMAW son el mayor costo del equipo, la relativa complejidad de la configuración y control de éste, y la restricción en cuanto a la distancia de operación respecto al alimentador del electrodo de alambre. El proceso puede generar grandes volúmenes de emisiones de soldadura que requieren equipo de escape apropiado, excepto en aplicaciones de campo. En comparación con el proceso GMAW, libre de escoria, la necesidad de eliminar la escoria entre una pasada y otra representa un costo de mano de obra adicional. Esta eliminación es necesaria sobre todo en las pasadas de raíz.[10]

Ventajas del proceso FCAW

La soldadura por arco con núcleo de fundente tiene muchas ventajas en comparación con el proceso SMAW manual; además, ofrece ciertas ventajas respecto a los procesos SAW y GMAW. En muchas aplicaciones, el proceso FCAW produce metal de soldadura de alta calidad con un costo más bajo y menor esfuerzo por parte del soldador que con SMAW. FCAW es más tolerante que GMAW, y más flexible y adaptable que SAW. Las ventajas citadas pueden resumirse como sigue:

- Deposito de metal de soldadura de alta calidad.
- Excelente aspecto de la soldadura: lisa y uniforme.
- Excelente perfil de las soldaduras de filete horizontales
- Es posible soldar muchos aceros dentro de un intervalo de espesores amplio.
- Factor operativo elevado - fácil de mecanizar.
- Tasa de deposición alta-densidad de corriente elevada.
- Eficiencia de deposito del electrodo relativamente alta.

Capítulo I Características del semi- ómnibus

- Diseños de unión económicos en cuanto a su ingeniería.
- Arco visible - fácil de usar.
- No requiere tanta limpieza previa como GMAW.
- Produce menor distorsión que SMAW.
- Tasa de deposición hasta 4 veces mayor que con SMAW.
- El empleo de electrodos con autoprotección hace innecesario el equipo para manipular fundente o gas, y tolera mejor las condiciones de movimiento brusco del aire que prevalecen en la construcción en exteriores (véase la desventaja "6" de los escudos de gas en la sección que sigue).
- Mayor tolerancia de contaminantes que podrían causar agrietamiento de la soldadura.
- Resistencia al agrietamiento de la franja de soldadura inferior.

Limitaciones de proceso FCAW

Las que siguen son algunas limitaciones de este proceso:

- El proceso FCAW actual está limitado a la soldadura de metales ferrosos y aleaciones con base de níquel.
- El proceso produce una cubierta de escoria que es preciso eliminar.
- El alambre de electrodo para FCAW cuesta más por unidad de peso que el alambre de electrodo sólido.
- El equipo es más costoso y complejo que el que se requiere para SMAW; no obstante, el aumento en la productividad casi siempre compensa esto.
- El alimentador de alambre y la fuente de potencia deben estar relativamente cerca del punto de soldadura.
- En la versión con escudo de gas, el escudo externo puede sufrir efectos adversos por el viento y las corrientes de aire. Esto no es un problema con los electrodos autoprotegidos, excepto cuando hay vientos muy fuertes, porque el

Capítulo I Características del semi- ómnibus

escudo se genera en el extremo del electrodo, que es exactamente donde se requiere.

- El equipo es más complejo que el de SMAW, por lo que requiere mayor mantenimiento.
- Se genera mayor cantidad de humos y vapores (en comparación con GMAW o SAW).

1.5 Selección del proceso de soldadura a aplicar en la fabricación de los semi-ómnibus.

A partir del análisis realizado sobre los procesos de soldadura aplicables en el sentido tecnológico en la unión de los elementos que componen la estructura del semi-ómnibus se concluye que el más recomendado es el GMAW. Esta valoración no solo se fundamenta en la comparación de los procesos, sino que se consideran las condiciones y circunstancias industriales para la fabricación del furgón. En el análisis prima como criterio la alta productividad del proceso GMAW y que se logra con un solo proceso la realización de todas las uniones, incluidas las chapas, no posibles de soldar con proceso SMAW. Otros procesos diferentes al SMAW valorados en epígrafes anteriores (FCAW, OAW, SAW), aun cuando algunos de ellos (FCAW, OAW), son aplicables desde el punto de vista tecnológico, no son recomendables para esta aplicación concreta, ya que no se dispone de proveedores de consumibles (FCAW) o no es recomendable por razones de productividad y fiabilidad de las uniones (OAW).

2. Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

2.1. Análisis de las características del conjunto soldado

De acuerdo a lo visto en el Epigrafe 1.1 del Capítulo I, se elabora una estructura metálica que está compuesta fundamentalmente por Tubos rectangulares, Angulares de alas iguales de; Vigas I, Vigas U; Chapas de. (Ver Tabla 1).

A partir de esta materia prima se comienza un proceso de corte en el cual se le da a cada elemento su dimensión para posteriormente soldar estos elementos y con su unión se obtendrán los laterales izquierdo y derecho el frente delantero y trasero la plataforma y el techo. Después que se tienen estas partes se procede al ensamble y como resultado se obtiene la estructura del semi-ómnibus la cual se forra exteriormente con chapas. Todas estas formas de unión de metales se realizan con el proceso GMAW.

Tabla 6. Datos de la materia prima utilizada en la fabricación de la estructura del Semi-ómnibus.

Datos de la pieza			
Material base	Acero A570 grado 30		
Espesor de la chapa	1.2 mm	3 mm	
Viga U	80 mm		
Viga I	100 mm		
Angulares de alas iguales	32 mm	40 mm	75 mm
Tubos rectangulares	40 X 20 X 2.5 mm		

2.2. Análisis de las condiciones del taller.

El taller donde se fabrican los semi-ómnibus está compuesto fundamentalmente por dos áreas, una de ellas es donde se realiza el corte de las vigas, angulares y tubos con una Segueta mecánica, las chapas se cortan con una Cizalla neumática. En la otra área existen 6 puestos de trabajo y los mismos cuentan con 3 Rectificadores de soldadura utilizado en el proceso SMAW, Taladradora manual, Equipo oxicorte, Grúa

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

viajera con una capacidad de 2T y un Rectificador de soldadura para el proceso GMAW.

A continuación se brindan las principales características técnicas de los equipos de soldadura con que cuenta el taller.

Rectificadores de soldadura para el proceso SMAW

Tipo BD-306

Corriente de soldadura nominal	315A.
Voltaje de servicio	32V
Limitación de regulación de la corriente de soldadura	
Bajas corrientes	45-125A
Alta corrientes	125-315A
Limites de voltaje de arco	22-32V
Duración del ciclo de soldadura	5min
Relación entre un período de la carga y la duración d un ciclo de soldadura	60%
Potencia consumida kV*A	24
Rendimiento	70%
Masa	190kg
Dimenciones máximas	78 X 765 X 750 mm

Rectificadores de soldadura para el proceso GMAW

ESAB Modelo LAB 320

Potencia	11.5 kVA
Limites de voltaje de arco	17- 44V
Rango bajo de trabajos	50A/16V
Rango alto de trabajos	320A/30V
Masa	153kg

Los rendimientos del equipo para diferentes factores operadores se muestran en la tabla 7

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

Tabla 7. Rendimientos del equipo para diferentes factores operadores

Factor operador (%)	100	80	60
Corriente de soldadura (A)	250	280	320
Voltaje de arco (V)	26	28	30
Corriente en el primario a 220V de voltaje de alimentación (A)	30	34	40

2.3. Preestablecimiento de la secuencia de ensamble y soldadura del conjunto.

La estructura que conforma el semi-ómnibus esta conformada por seis subensambles. Estas partes también poseen sus respectivas secuencias de ensamble y soldadura los cuales se detallaran en sus respectivos epígrafes. Los subensambles antes citados se muestran a continuación.

1. Plataforma
2. Lateral izquierdo
3. Lateral derecho
4. Frente trasero
5. Frente delantero
6. Portagoma
7. Escalera
8. Techo
9. Forrado exterior

A continuación se detallaran la secuencia de ensamble y soldadura de cada una de estas partes que conforman la estructura del semi-ómnibus.

Fabricación de la plataforma

1. Se colocan dos vigas I 100 mm, con una longitud de 5080 mm a separación de 870mm. (Esto coincidirá con el chasis del vehículo en toda su longitud. Se coloca de forma transversal viga U 80 a una longitud de 2550 mm a la viga I 100, para un total de

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

cinco de ellas, tomando como punto de referencia la parte delantera de la plataforma, se cierra la misma con un marco de angular de 63 X 63 X 6 formando un área rectangular de 5080 x 2550.

2. Se colocan un angular de 40 x 40 mm perpendicular a las vigas U 80 a lo largo de la estructura para buscar rigidez en el área del pasillo.

3. Para lograr la elevación en la parte que ocuparan los asientos del semi-ómnibus, se usará viga U 80 mm, los cuales estarán una altura de 80 mm con respecto al piso del pasillo y un ancho de 990 mm a partir de los extremos laterales de la plataforma.

4. En la parte delantera derecha de la plataforma quedará un vaciado de 700 mm de ancho, 990 mm de largo y 820 mm de profundidad, que será el área a ocupar por la escalera, la cual se fabricará con plancha de 4 mm de espesor.

5. Toda la superficie del piso será cubierta con chapa de 3 mm de espesor.

6. Toda la estructura será soldada con electrodo de 3 mm y 4 mm de diámetro, y la configuración general quedará según documentación de proyecto.

Lateral izquierdo

1. Se levanta la estructura lateral con tubo rectangular de 40 X 20 mm apoyado de forma perpendicular sobre angular exterior de la plataforma.

2. Tomando como referencia la parte delantera de la plataforma se colocan perpendicularmente a 690 mm de altura, siete tubos, con una distancia entre ellos según documentación de proyecto y cerrándose entre ellos con travesaños a una altura de 345 mm.

3. Los espacios donde serán colocadas las ventanillas se conformarán a partir de la altura de 690 mm con respecto a la plataforma, con una altura de 1000 mm. El primer espacio es de 680 mm de ancho y los tres restantes de 1435 mm, se conforman los radios de 105 mm en cada una de las esquinas con chapas de 3 mm de espesor.

4. La parte superior de la estructura de las ventanillas hasta llegar al techo se colocará de manera tal que se logre una inclinación según documentación de proyecto.

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

5. De la plataforma hacia abajo, perpendicularmente, se sueldan tubos rectangulares de 20 X 50 mm de longitud 730 mm, en el extremo delantero donde se colocará la escalera, posteriormente a 200 mm de separación, dejando un espacio intermedio para las bóvedas de las ruedas traseras (2500 mm), a éstas últimas se les realizará un radio de 650 mm con angular de 25 x 25 x 3 mm.

6. Una vez concluida la estructura del pandero, se cierra la misma en su parte inferior con tubo de 50 X 30 mm.

Lateral derecho

1. Seguir el mismo orden de fabricación del lateral izquierdo con excepción de:

En la parte delantera de la estructura se dejará el vaciado que conforma la puerta de dimensiones 700 mm de ancho por 1360 mm de alto.

2. En la parte delantera de la estructura se dejará el vaciado que conforma la puerta de dimensiones 700 mm de ancho por 2150 mm de alto. De la parte inferior de las ventanillas hacia arriba el espacio será de 670 mm, es lo mismo decir, que 2180 mm a partir del borde inferior de la estructura del semi-ómnibus, a esa altura (2180 mm) se coloca un travesaño que limita la parte superior del orificio dejado, y a 240 mm se colocará otro travesaño que quedará a nivel con la estructura de la parte superior de las ventanillas.

3. Los espacios donde serán colocadas las ventanillas se conformarán a partir de la altura de 690mm con respecto a la plataforma, con una altura de 1000 mm. Después del orificio de la puerta se realizará la estructura para la colocación de un cristal fijo, en este caso el tubo cuadrado se soldará a una distancia de 660mm del paral de la puerta. Ver documentación de proyecto.

4. Los restantes orificios para ventanillas serán de 1440, ambos, se conforman los radios de 105 mm en cada una de las esquinas con chapas de 3mm de espesor y entre ambas ventanillas y el cristal fijo habrá una distancia de 145 mm.

5. La parte superior de la estructura de las ventanillas hasta llegar al techo se colocará de manera tal que se logre una inclinación según documentación de proyecto.

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

6. Es similar al izquierdo, excepto en la zona donde va colocada la puerta, en el cual se dejara un orificio de 700 mm de la estructura de la plataforma hacia abajo, cerrándose debajo con una viga cuadrada, este orificio será a partir de los 110 mm con respecto a la parte delantera

Frente trasero

1. Se levanta la estructura trasera con tubo rectangular de 40 X 20 mm apoyado de forma perpendicular sobre el angular exterior de la plataforma hasta una altura de 690mm.

2. Se colocan perpendicularmente a 345 mm de altura, un tubo para lograr un cierre de la estructura en la parte trasera según documentación de proyecto hasta la altura de 690 mm.

3. Los espacios donde serán colocados los dos cristales traseros se conformaran a partir de la altura de 690 mm con respecto a la plataforma, con una altura de 1000 mm.

4. La parte superior de la estructura de los cristales hasta llegar al techo se colocarán de manera tal que se logre una inclinación según documentación de proyecto.

Frente delantero

1. Se colocan perpendicularmente a 690 mm de altura, dos tubos, con una distancia entre ellos de 700 mm, y cerrándose entre ellos, con travesaños según documentación de proyecto hasta la altura de 690mm.

2. El espacio donde será colocado el cristal delantero inferior se conformará a partir de la altura de 690 mm con respecto a la plataforma y en el centro de la estructura.

3. El espacio donde será colocado el cristal delantero superior se conformará a partir de la altura de 690 mm con respecto a la plataforma y en el centro de la estructura.

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

4. En la parte superior también se colocan dos cristales a una distancia de 200 mm con respecto a la parte superior de la estructura.

Fabricación de portagoma

Se fabricará con tubo de 50 X 20 mm, la misma tendrá forma rectangular y ocupará el espacio dejado en la parte trasera de la estructura del semi-ómnibus, cuyas dimensiones son: 1250 X 1200 X 550 mm. Esta formada por una estructura con 5 piezas a una distancia de 312.5 mm entre ellos y perpendicularmente 5 travesaños con una distancia entre ellos de 300 mm, quedando una estructura rígida de 1250 X 1200. En el centro se le realiza un orificio de diámetro 18 mm para colocar el tornillo de fijación de la cadena que sujetará la goma. Ver documentación de proyecto

Fabricación de la escalera

La escalera va situada en la parte lateral delantera derecha de la estructura, y por debajo de la plataforma, tendrá las siguientes dimensiones: Profundidad: 795 mm, Ancho: 700 mm, Altura: 820 mm La misma consta de tres escalones, con una altura 235 mm.

Fabricación del techo

1. Con la fabricación del techo quedará la estructura totalmente cerrada ya que une las partes delanteras, traseras y laterales.

2. Tomando como referencia la parte delantera de la plataforma, se colocan, siete tubos transversalmente, con una distancia de 700 mm y cerrándose entre ellos, con siete travesaños a toda la longitud de la estructura, usando para esto tubo de 50 X 30 mm según indica documentación tecnológica.

3. Colocación de un tubo de polietileno de 1/2" desde el registro del botón del pito, hasta la parte inferior de la plataforma (según documentación de proyecto), en el techo se coloca una bandeja a lo largo del centro del mismo para la conexión de las cuatro lámparas interiores que se alimentará eléctricamente del botón del pito.

Descripción de las diferentes etapas:

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

1. La plataforma se fabrica sobre una zona plana
2. Se fabrica de viga I 100 mm, según las dimensiones que aparecen en la documentación de proyecto
3. Posteriormente se colocan transversalmente, los travesaños de viga U80 mm, unidos por soldadura, mediante el proceso GMAW.
4. Se fabrica una bóveda sobre la plataforma, para la colocación de los asientos a ambos lados
5. Se cubre con chapa de 3 mm de espesor toda la estructura del piso, unida mediante soldadura
6. Posteriormente, toda la armazón hasta el momento fabricada es montada en burros, diseñados para este tipo de producción, con la finalidad de reforzar la soldadura de la plataforma por la parte inferior y construir toda la estructura lateral y trasera que queda por debajo del nivel del piso. Además del portagoma de repuesto.
7. Se coloca un marco de angular de 63 X 63 X 5 mm de Acero A-570 encima de la chapa y se une mediante soldadura eléctrica
8. Se suelda el marco de angular a los travesaños y se le colocan escuadras de chapa de 6 mm.
9. Se aplica disco abrasivo a los cordones de soldadura que hallan quedado por encima de la superficie de la estructura
10. Se comienza la fabricación de la estructura vertical del cuerpo del semi-ómnibus utilizando para ello tubos cuadrados de diferentes dimensiones y teniendo en cuenta los orificios para la colocación de las ventanillas de ventilación.
11. Aplicar capa anticorrosiva a toda la estructura fabricada
12. Posteriormente se forra toda la armadura con chapa de 1.2 mm de espesor exterior por soldadura con el proceso GMAW.

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

13. Se fabrica por separado la estructura de la puerta, cubriéndose de igual manera con chapa de 1.2mm por ambas partes, unida al cuerpo del semi-ómnibus, mediante dos bisagras.

14. Fabricación de la estructura de los asientos, de manera independiente, utilizando para ello tubos cuadrados y angulares de diferentes dimensiones

15. Se le aplica la pintura final al interior del semi-ómnibus y se realiza la tapicería del piso con esterilla de goma antiresbalante.

16. Se realiza el montaje de las ventanillas y cristales usando para ello juntas de goma y junquillos

17. Luego de pintado los asientos, son fijados mediante tornillos y tuercas al semi-ómnibus

18. Se monta el semi-ómnibus al vehículo, fijándolo al chasis mediante grampas

19. Se pinta exteriormente el semi-ómnibus

2.4. Cálculo de resistencia y geometría de las uniones soldadas

De acuerdo con recomendaciones dadas por diseñadores de la EMI y por a experiencias anteriores de fallas producidas, la unión soldada que se considera más crítica producto a las tensiones que actúan sobre ella es la formada por las vigas longitudinales que van sujetas a través de los soportes al chasis y las vigas transversales que dan soporte a la plataforma de dicha estructura, como se muestra en la figura 4.

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

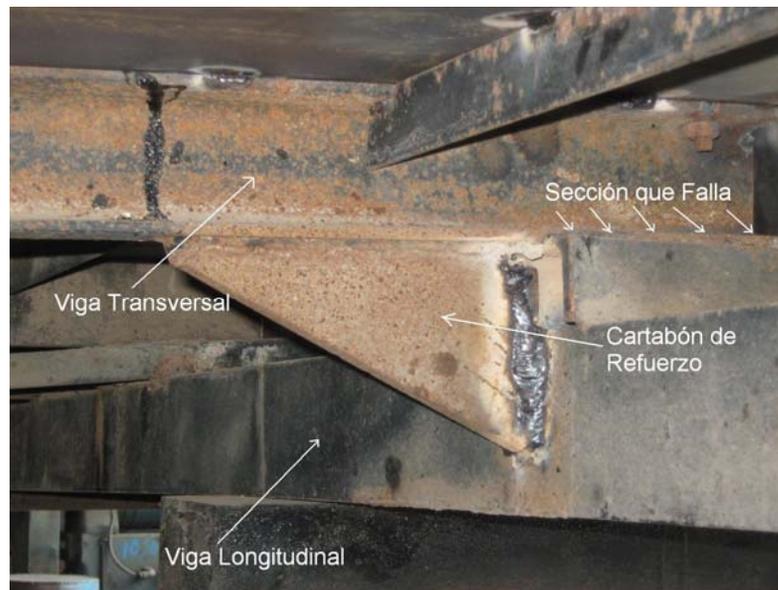


Figura 4. Estructura de la parte inferior de semi-ómnibus.

Para determinar la longitud necesaria del cordón de soldadura que va a unir las vigas transversales con las longitudinales, se parte del esquema que aparece en la figura 5. en dicha figura se ha simplificado el sistema de cargas reales que actúan asumiéndose que la misma se encuentra concentrada en el extremo de la viga transversal. La magnitud de esta carga ($P = 30,90 \text{ kN}$) está relacionada con el peso total del furgón cargado, el cual es de 11000 kg. Estos cálculos como constituyen una primera aproximación del problema fueron realizados teniendo en cuenta un sistema de cargas estáticas, a pesar de que las cargas predominantes son dinámicas.

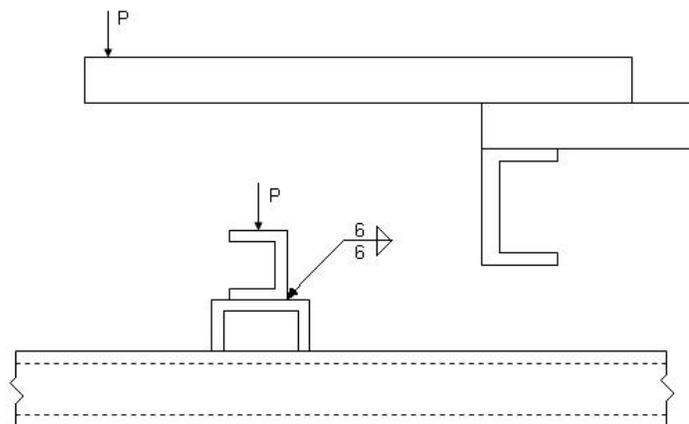


Figura 5. Esquema de la posición de los elementos que conforman la parte inferior del semi-ómnibus.

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

Calculo del momento flector

$$M_f = P * b$$

$$M_f = 30.90KN * 915mm$$

$$M_f = 28273KN \cdot mm$$

Cálculo de las fuerzas unitarias

$$f_Q = \frac{P}{Aw}$$

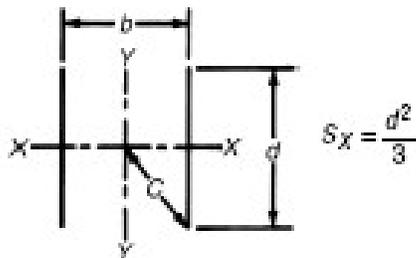
$$f_Q = \frac{30.90KN}{2(150mm)}$$

$$f_Q = 0.1KN/mm$$

$$f_{Mf} = \frac{Mf}{Sx}$$

$$f_{Mf} = \frac{28273KN \cdot mm}{7500mm^2}$$

$$f_{Mf} = 3.76KN/mm$$



$$Sx = \frac{d^2}{3}$$

$$Sx = \frac{(150mm)^2}{3}$$

$$Sx = 7500mm^2$$

Cálculo de la fuerza resultante en el punto más crítico de la soldadura:

$$f_R = \sqrt{(f_Q)^2 + (f_{Mf})^2}$$

$$f_R = \sqrt{(0.1KN/mm)^2 + (3.76KN/mm)^2}$$

$$f_R = 3.76KN/mm$$

Cálculo de la fuerza unitaria admisible de la unión soldada

$$[f] = 0.707 * C * 0.3 * M_R$$

$$[f] = 0.707 * 4 * 0.3 * 480MPa$$

$$[f] = 0.407KN/mm$$

Comparación entre la fuerza resultante y la admisible

$$f_R \leq [f]$$

$$3.76KN/mm \geq 0.407KN/mm$$

Después de haberse realizado los cálculos y teniendo en cuenta los resultados obtenido en los mismos se puede concluir que la unión soldada formada por las vigas

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

transversales y longitudinales no resiste a las cargas a las que va a ser sometida. Como se planteó anteriormente estos cálculos fueron realizados a cargas estáticas, lo cual esta alegado del comportamiento real de la unión. Esto significa que cuando la unión se somete a cargas variables tiene mucha menor capacidad de soportar cargas.

2.5. Evaluación de la soldabilidad del material base

Como se trato en el epígrafe 1.3 de capítulo I el acero ASTM A-570 a pasar de tener buena soldabilidad, podía tener tendencia al agrietamiento en frío en dependencia de las condiciones de soldadura que se le sean impuesta, es por ello que al realizar la soldadura con el proceso GMAW, se realizaron los cálculos necesarios para establecer la tendencia a este tipo de falla. Para ello se utilizo la metodología proveniente de la metodología [5]. En la tabla 8 se muestran los resultados logrados.

Tabla 8. Resultado de la aplicación de la metodología para la determinación de la tendencia al agrietamiento por hidrogeno según el código [6].

Aspecto	Valor obtenido
Zona del grafico en que se ubica el acero	Zona II
Método a aplicar	Método de control de hidrogeno
Carbono Equivalente (Pcm)	0,29 %
Nivel de Hidrogeno (El proceso GMAW cuando utiliza como gas de protección CO2 deposita un nivel de hidrogeno menor de 5 ml/100g)	H1
Índice de susceptibilidad (Para un Pcm= 0,29 % y un nivel de hidrogeno H1)	Grado D
Determinación de la temperatura mínima de precalentamiento (para una nivel de restricción alto, como son las uniones soldadas que conforman el S.O, un índice de susceptibilidad D y un espesor de 3,00 mm)	≤ 38 °C

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

Teniendo en cuenta los resultados de esta metodología donde se integran las características metalúrgicas del metal base, la cantidad de hidrógeno que deposita el proceso y las condiciones de embridamiento, no hay necesidad de precalentar, lo que significa que el material presenta buenas características desde el punto de vista de soldabilidad, es decir no presenta problemas de agrietamiento en frío cuando se suelda con proceso GMAW y CO₂ como gas de protección.

2.6. Elección de los metales de aporte.

Para determinar el metal de aporte (alambre-electrodo) que se utilizará en la unión de las partes de la estructura se tuvieron en cuenta que las propiedades mecánicas del metal base es un acero A-570 grado 30 con una resistencia última $\sigma_u=340$ MPa. Los posibles alambres a utilizar deben cumplir con los requisitos de que tenga una resistencia mecánica igual o superior al metal base. En este caso, existe una serie de aporte para aplicar con gases protectores tal es el caso de los alambres ER 70S-3 y ER 70S-6, los que se encuentran cubiertos por la norma AWS A5.18-93, donde su resistencia máxima a la tracción (mínima) es 480 MPa. Las características de estos alambres se muestran a continuación

Alambre electrodo ER 70S-3: Este metal de aporte reúne los requisitos de esta especificación con CO₂. ó con argón + oxígeno como gases protectores. Este se puede usar en pasadas simples, pero puede ser utilizado en múltiples pasadas cuando se sueldan aceros calmados y semicalmados. Pequeños diámetros de electrodos y transferencia por cortocircuito deben ser utilizados para las operaciones fuera de posición, utilizando como gases protectores el CO₂ o mezclas de argón + CO₂. Sin embargo la utilización de gas protector CO₂ en combinación con altos aportes térmicos, puede resultar en una disminución de los límites de fluencia y de resistencia a la tracción especificada.

Alambre electrodo ER 70S-6: Este metal de aporte contiene altas combinaciones de silicio y manganeso, permitiendo altas corrientes de soldadura con CO₂ como gas de protección en aceros efervescentes. El mismo puede ser usado para soldar chapas metálicas cuando el cordón debe tener una apariencia liza o cuando el acero tenga la

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

superficie mohosa o sucia en escalas moderadas con una disminución de la calidad de la soldadura, que depende del elemento que la contamina. Este material puede utilizarse en aplicaciones fuera de posición con transferencia de cortocircuito.

Teniendo en cuenta las características de ambos alambres se decide tomar el alambre electrodo ER 70S-6 debido a que el mismo garantiza las resistencia mecánica del metal base, además como posee mayor cantidad de manganeso y silicio, facilita la realización del proceso de soldadura ya que tiene una gran posibilidad de soldar sobre superficies deficientemente preparadas como pueden ser el caso del semi-ómnibus.

2.7. Determinación de la geometría de la unión soldada.

La mayoría de las uniones soldadas que conforman el semi-ómnibus son uniones de filete (ver figura 6) estas uniones se realizan entre las piezas que acoplan a 90 grados y no se realizan preparación de borde para lograrla, la dimensión fundamental que caracteriza esta uniones es la dimensión del filete, la que en este caso y como se muestra en la figura antes citada coincide con el espesor que se va a soldar.

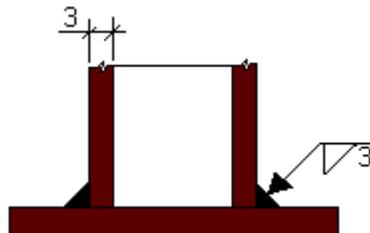


Figura 6. Esquema de la unión de filete que conforma la estructura

Aunque en menor cantidad, en las uniones que conforman el semi-ómnibus también están presentes las uniones a tope, tal es el caso de las uniones de las chapa que conforman el forro exterior y el techo (ver figura 7).



Figura 7. Esquema de la unión de ranura presente en las uniones de las chapas que conforman el forro exterior y el techo.

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

2.8. Determinación del régimen de soldeo

Para determinar los parámetros del régimen de soldadura GMAW con la utilización de CO₂ como gas de protección se utilizó la metodología establecida en [16]. Para este caso la metodología de cálculo se aplica a las costuras de filete que forman la estructura. De la misma manera para las uniones de ranura se establecieron los parámetros del régimen de soldadura. Los mismos se muestran en la tabla 10.

A continuación se muestran los cálculos de los parámetros del régimen de soldadura para las uniones de filete que conforman la estructura del semi-ómnibus

Cálculo del diámetro del alambre.

$$\begin{aligned}d_e &= \sqrt[4]{hp} \pm 0.05 * hp & hp &= (0.7 \div 1.1)k \\d_e &= \sqrt[4]{1.1 \pm 0.05 * 1.1} & hp &= (0.8)1.42 \\d_e &= 1.02 \pm 0.05 & hp &= 1.1 \\d_e &= 1.1mm\end{aligned}$$

El diámetro del electrodo que se calculó deberá ser normalizado, y para ello se requiere trabajar con valores normalizados según lo establecen las normas, y para este caso el mejor diámetro que se corresponde con el resultado obtenido en el cálculo es de 1.1mm.de diámetro y esto está dado porque manteniendo el diámetro constante y variando los rangos de corriente que pueden oscilar entre (40 - 160)A se pueden lograr uniones soldadas con una gran gama de espesores.

Determinación de la velocidad de soldadura.

$$\begin{aligned}V_s &= K_v \frac{hp^{1.61}}{e^{3.36}} \\V_s &= 1060 \frac{1.1^{1.61}}{4.24^{3.36}} \\V_s &= 9mm/s \\V_s &= 32.4m/h\end{aligned}$$

La velocidad de soldadura esta limitada según el grado de automatización del proceso cuando se tiene un rango de 4 a 10mm/s se recomienda que se utilice un proceso semiautomático.

Determinación de la corriente de soldadura (Isi).

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

$$I_s = Ki \frac{hp^{1.32}}{e^{1.07}}$$

$$I_s = 430 \frac{1.1^{1.32}}{4.24^{1.07}}$$

$$I_s = 100A$$

Determinación del voltaje de arco

$$U_{ai} = 14 + 0.05 * I_s$$

$$U_{ai} = 14 + 0.05 * 100$$

$$U_{ai} = 19V$$

Determinación longitud libre del alambre.

$$Li = 10 * de \pm 2 * de$$

$$Li = 10 * 1.1 \pm 2 * 1.1$$

$$Li = 13.3mm \text{ Max} \quad Li = 8.9mm \text{ Min}$$

Determinación de la velocidad de alimentación del alambre (Vei).

$$Ve = 0.53 \frac{I_s}{de^2} + 6.94 * 10^{-4} \frac{I_s^2}{de^3}$$

$$Ve = 0.53 \frac{100}{1.1^2} + 6.94 * 10^{-4} \frac{100^2}{1.1^3}$$

$$Ve = 63mm / s$$

Determinación flujo de gas.

$$Q_{co_2} = 0.0033 * I_s^{0.75}$$

$$Q_{co_2} = 0.0033 * 100^{0.75}$$

$$Q_{co_2} = 0.1l / s$$

$$Q_{co_2} = 6l / \text{min}$$

La tabla 9 muestra el resumen de los elementos del régimen de soldadura para realizar las uniones de filete calculados a través de la metodología de calculo

Tabla 9 Resultados obtenidos en el régimen de soldeo para las costuras de filete

Parámetros del régimen de soldeo	Valor obtenido
Diámetro del alambre.	1.1 mm
Velocidad de soldadura.	9 mm/s (32.4 m/h)
Corriente de soldadura.	100 A
Voltaje de arco.	19 V
Longitud libre del alambre.	8,9 a 13,3 mm
Velocidad de alimentación.	63 mm/s
Flujo de gas.	0,07 l/s (5,00 l/min)

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

Para el desarrollo de esta metodología es necesario definir los valores de h_p y e que están en función de la geometría de la unión estos son $h_p=0.95\text{mm}$ y $e=5\text{mm}$.

Tabla 10. Régimen de soldeo para las costuras de ranura.

Parámetros del régimen de soldeo	Valor obtenido
Diámetro del alambre.	1.1mm
Velocidad de soldadura.	4,35mm/s (15 m/h)
Corriente de soldadura.	70 A
Voltaje de arco.	14 V
Longitud libre del alambre.	8,9 a 13.3 mm
Velocidad de alimentación.	30 mm/s
Flujo de gas.	0.07 l/s (5,00 l/min)

Este régimen de soldeo que se determinó para las uniones de ranura, en el caso del techo, se deben realizar de forma continua para evitar filtraciones de agua, así como en los laterales. Las uniones de filete que permiten unir las chapas del forro a la estructura (por el interior) se realizan de manera intermitente espaciadas a 150mm y con una longitud de 20 mm.

2.9. Establecimiento de la secuencia de realización de los cordones en cada unión soldada.

En la realización de la estructura del semi-ómnibus fundamentalmente están presentes las costuras de Filete. Para el establecimiento de la secuencia de cordones de soldadura se debe partir del punto 1 (vertical ascendente) hasta completar la vuelta al tubo ($3/4$ su perímetro), después que se voltea el ensamble se realiza el $1/4$ faltante de la sección (ver Figura 8)

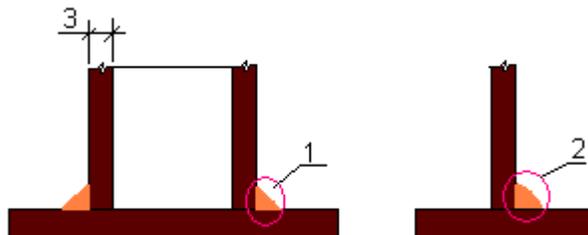


Figura 8. Esquema de secuencia de cordones de filete.

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

En el caso de las costura de ranura que conforman el forro y el techo, se deben realizar en dependencia de la posición en que se encuentre el ensamble, los forros laterales se realizaran de manera vertical ascendente u horizontales. Mientras que las que se encuentran el techo se realizaran de manera plana.

2.10. Establecimiento de la secuencia definitiva de ensamble y soldadura del conjunto soldado.

Para la definición de una secuencia de ensamble se debe partir de que el semi-ómnibus se fabrica a partir de nueve partes principales como se citó en epígrafes anteriores, dichos elementos se fabrican independientes y posteriormente de estar fabricados se ensamblan para formar lo que es la estructura del semi-ómnibus a continuación se describirá como se elabora cada una de las partes.

En la figura 9 se muestra la secuencia tecnológica de ensamble para la fabricación del lateral derecho, así como la enumeración de cada una de sus partes.

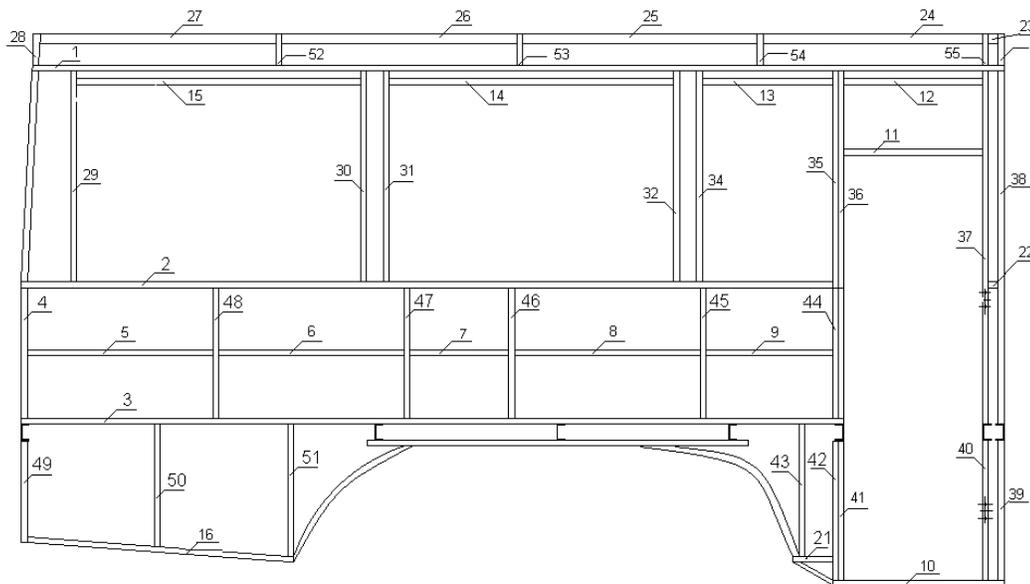


Figura 9. Esquema del lateral derecho.

- Secuencia tecnológica de fabricación del lateral derecho.
 - 48 con (5-6)
 - 47 con (6-7)
 - 46 con (7-8)

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

- 45 con (8-9)
- 44 con (9-36)
- 2 con (4-48-47-46-45-44)
- 3 con (4-48-47-46-45-44)
- 2 con (29-30-31-32-34-35-36-37-38)
- 15 con (29-30)
- 14 con (31-32)
- 13 con (34-35)
- 12 con (36-37)
- 1 con (29-30-31-32-34-35)
- 11 con (36-37)
- 10 con (42-41-40-39)
- 3 con (50-51-43)
- 16 con (49-50-51)
- 22 con (37-38)
- 1 con (28-52-53-54-55-56)

En la figura 10 se muestra la secuencia tecnológica de ensamble para la fabricación del lateral izquierdo, así como la enumeración de cada una de sus partes.

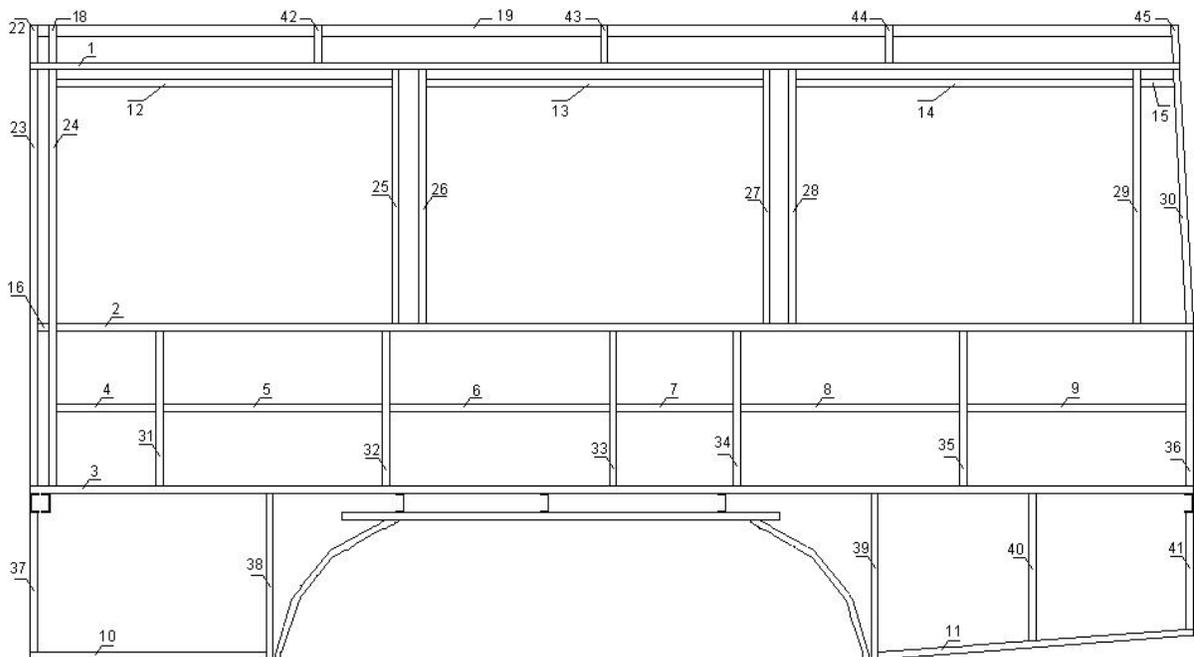


Figura 10. Esquema del lateral izquierdo

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

- Secuencia tecnológica de fabricación del lateral izquierdo.
 - 3 con (23-24-31-32-33-34-35-36)
 - 4 con (24-31)
 - 32 con (5-6)
 - 33 con (6-7)
 - 34 con (7-8)
 - 35 con (8-9)
 - 36 con 9
 - 2 con (24-31-32-33-34-35-36)
 - 2 con (25-26-27-28-29-30)
 - 16 con (23-24)
 - 12 con (24-25)
 - 13 con (26-27)
 - 14 con (28-29)
 - 15 con (29-30)
 - 1 con (23-24-25-26-27-28-29-30)
 - 3 con (38-39-40)
 - 37-41 con Viga tipo U
 - 10 con (37-38)
 - 11 con (38-40-41)
 - 1 con (22-18-42-43-44-45)
 - Techo con (22-18-42-43-44-45)

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

En la figura 11 se muestra la secuencia tecnológica de ensamble para la fabricación del frente trasero, así como la enumeración de cada una de sus partes.

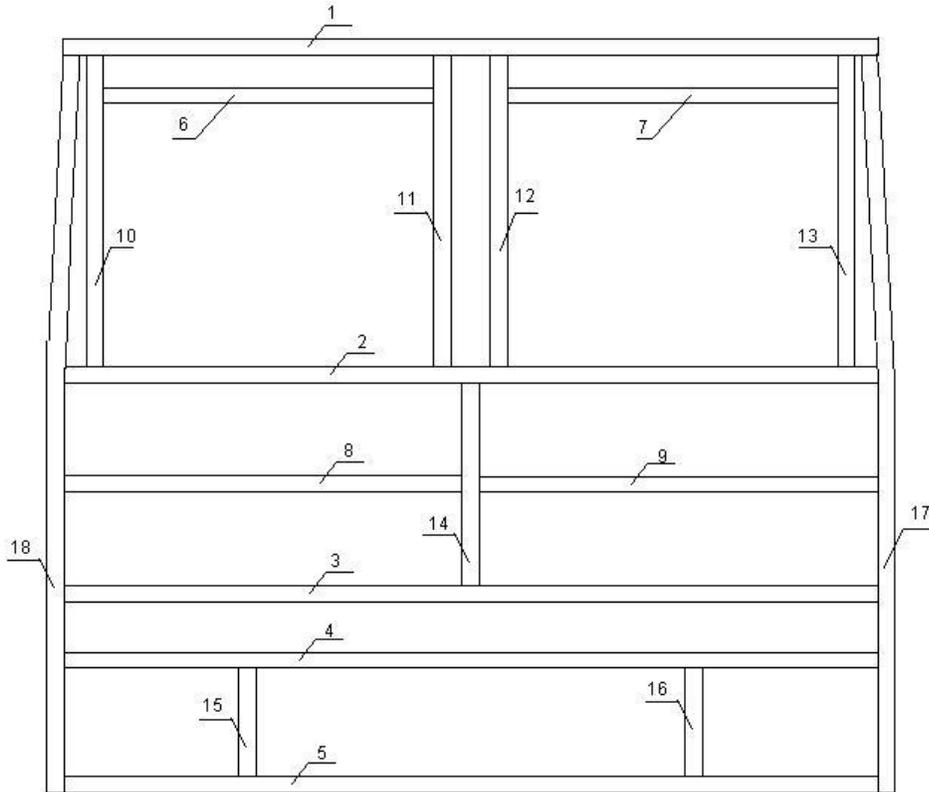


Figura 11. Esquema del frente trasero

- Secuencia tecnológica de fabricación del frente trasero.
 - 2 con (10-11-12-13)
 - 6 con (10-11)
 - 7 con (12-13)
 - 1 con (10-11-12-13)
 - 2 con 14
 - 14 con (8-9)
 - 14 con 3
 - 4 con (15-16)
 - 5 con (15-16-17-18)
 - 18 con (1-2-8-3-4-5)
 - 17 con (1-2-9-3-4-5)

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

En la figura 12 se muestra la secuencia tecnológica de ensamble para la fabricación del frente delantero, así como la enumeración de cada una de sus partes.

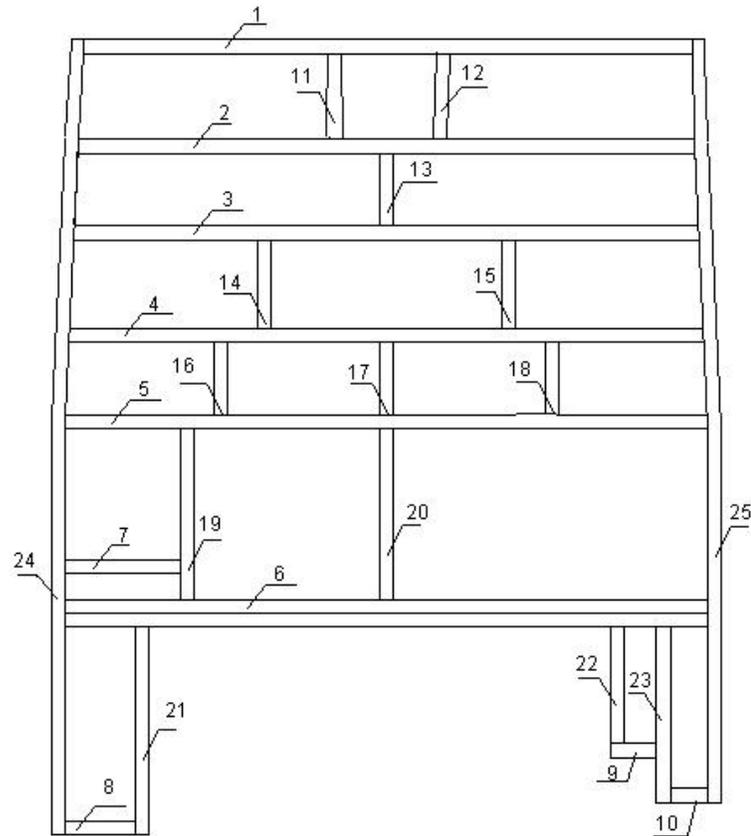


Figura 12. Esquema del frente delantero

- Secuencia tecnológica de fabricación del frente delantero.
 - 5 con (16-17-18)
 - 4 con (16-17-18)
 - 3 con (14-15)
 - 3 con 13
 - 2 con 13
 - 2 con (11-12)
 - 1 con (11-12)
 - 5 con (19-20)
 - 6 con (19-20)
 - 6 con (21-22-23)
 - 24 con (8-6-7-5-4-3-2-1)

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

- 8 con 21
- 25 con (10-6-5-4-3-2-1)
- 23 con 10
- 9 con (22-23)

En la figura 13 se muestra la secuencia tecnológica de ensamble para la fabricación del techo, así como la enumeración de cada una de sus partes.

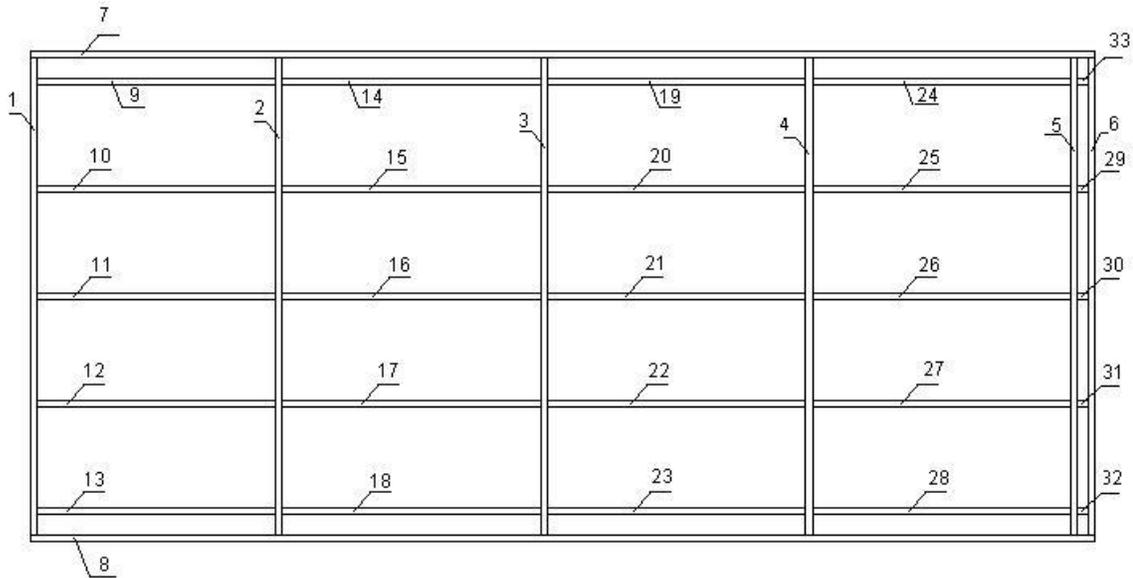


Figura 13. Esquema del techo

- Secuencia tecnológica de fabricación del Techo.
 - 2 con (9-10-11-12-13)
 - 2 con (14-15-16-17-18)
 - 3 con (14-15-16-17-18)
 - 3 con (18-20-21-22-23)
 - 4 con (18-20-21-22-23)
 - 4 con (24-25-26-27-28)
 - 5 con (24-25-26-27-28)
 - 5 con (33-29-30-31-32)
 - 1 con (9-10-11-12-13-7-8)
 - 6 con (33-29-30-31-32-7-8)
 - 7 con (2-3-4-5)
 - 8 con (2-3-4-5)

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

En la figura 14 se muestra la secuencia tecnológica de ensamble para la fabricación de la plataforma, así como la enumeración de cada una de sus partes.

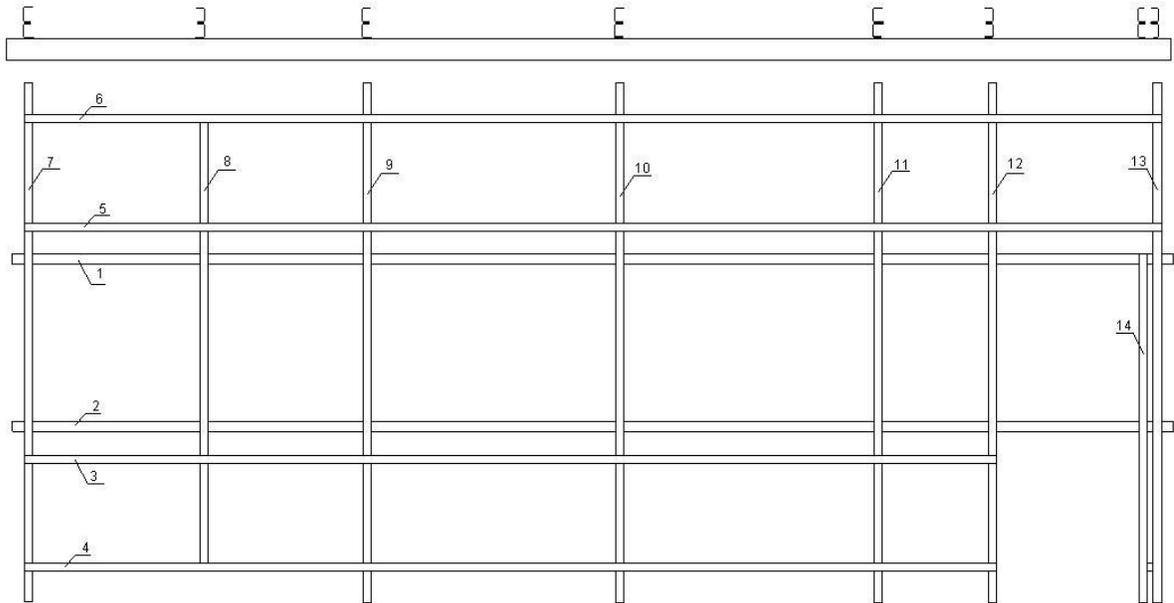


Figura 14. Esquema de la plataforma

- Secuencia tecnológica de fabricación de la Plataforma.
 - 2 con (7-8-9-10-11-12-13-14)
 - 1 con (7-8-9-10-11-12-13-14)
 - 5 con (7-8-9-10-11-12-13)
 - 6 con (7-8-9-10-11-12-13)
 - 3 con (7-8-9-10-11-12)
 - 4 con (7-8-9-10-11-12)

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

En la figura 15 se muestra la secuencia tecnológica de ensamble para la fabricación del portagoma, así como la enumeración de cada una de sus partes.

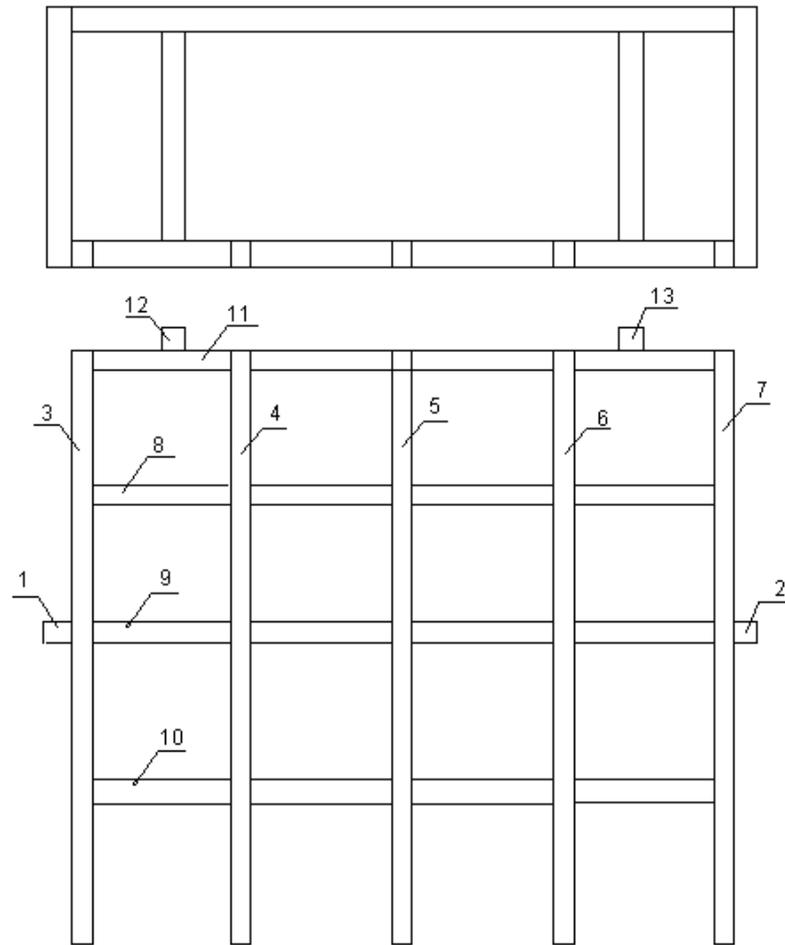


Figura 15. Esquema del portagoma

- Secuencia tecnológica de fabricación del portagomas.
 - 11 con (3-4-5-6-7)
 - 8 con (3-4-5-6-7)
 - 9 con (3-4-5-6-7)
 - 10 con (3-4-5-6-7)
 - 2 con 7
 - 1 con 3
 - 12 con 11
 - 13 con 11

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

- Posición

Para la fabricación de la estructura del semi-ómnibus se emplean varias posiciones de soldadura las cuales están dadas por la forma de fabricación de los elementos que conforman estructuras. En el caso de los laterales derecho, izquierdo, trasero, delantero se puntean pero en el caso del techo y de la plataforma se suelda completamente en la posición horizontal, esto se realiza sobre un dispositivo para facilitar la sujeción de los elementos que la componen. Después de haberse realizado estas operaciones se realiza el ensamblaje de todos los elementos, para ello se utiliza una grúa viajera de 2 Tn. las uniones necesarias para armar todo el ensamble se realizan en posición vertical ascendente y sobre cabeza.

2.11. Determinación de los costos de soldadura para el proceso GMAW

La estimación de los costos en la realización de la soldadura del semi-ómnibus es un elemento de vital importancia que permite establecer el valor que representa este proceso dentro del costo total de construcción del referido equipo, sin embargo además permite la comparación entre el proceso que se quiere implementar (GMAW) y el ya estaba implantado (SMAW). Para la realización de esta estimación se tuvieron en cuenta los siguientes elementos:

- Metal de aporte: ER 70S6 de diámetro 1,1 mm
- Corriente de soldadura: 100 A
- Voltaje de arco: 19 V
- Velocidad de soldadura calculada: 32,4 m/h
- Tipo de transferencia: cortocircuito
- Precio del alambre – electrodo: 2.10\$/kg.[1]
- Longitud total de las uniones de filete: 47.4 m
- Dimensión del filete: 3 mm
- Área aproximada de la unión: 10 mm²

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

- Gas de protección: 100%CO₂
- Flujo de gas de protección: 0,36 m³/h
- Precio del gas de protección: CO₂ carga de 6.72 m³- \$123: 18.37 \$/m³. [1]
- Cantidad estimadas de pasadas: 1
- Precio de la corriente eléctrica: 0.1284 \$/kWh . [1]
- Salario de 1 soldador: 1.75 \$/h . [1]
- Peso específico del acero 7860 kg/m³

Tabla 14 Razón de depósito y eficiencia de electrodos macizos dados por ESAB [25].

Electrode Diameter in. (mm)	Amps	Deposition Rate lbs./hr (kg/hr)		
		98% A 2% O ₂ *98% Eff.	75% A 25% CO ₂ *96% Eff.	Straight CO ₂ *93% Eff.
.030 (0.8)	75	2.0 (0.91)	1.9 (0.86)	1.8 (0.82)
	100	2.6 (1.18)	2.6 (1.18)	2.5 (1.13)
	150	4.1 (1.86)	4.0 (1.81)	3.9 (1.77)
	200	6.8 (3.08)	6.7 (3.04)	6.5 (2.95)
.035 (0.9)	80	2.2 (1.00)	2.1 (0.95)	2.0 (0.91)
	100	2.7 (1.22)	2.7 (1.22)	2.6 (1.18)
	150	4.2 (1.90)	4.1 (1.86)	4.0 (1.81)
	200	6.2 (2.81)	6.0 (2.72)	5.9 (2.68)
.045 (1.2)	250	9.0 (4.08)	8.8 (3.99)	8.6 (3.90)
	100	2.1 (0.95)	2.0 (0.91)	1.9 (0.86)
	125	2.8 (1.27)	2.8 (1.27)	2.7 (1.22)
	150	3.6 (1.63)	3.5 (1.59)	3.4 (1.54)
1/16 (1.6)	200	5.6 (2.54)	5.5 (2.49)	5.3 (2.40)
	250	7.8 (3.58)	7.6 (3.45)	7.4 (3.36)
	300	10.2 (4.63)	10.0 (4.53)	9.7 (4.40)
	350	13.2 (5.99)	12.9 (5.85)	12.5 (5.67)
1/16 (1.6)	250	6.5 (2.95)	6.4 (2.90)	6.2 (2.81)
	275	7.7 (3.49)	7.6 (3.45)	7.3 (3.31)
	300	9.0 (4.08)	8.8 (3.99)	8.5 (3.86)
	350	11.3 (5.13)	11.0 (4.99)	10.7 (4.85)
	400	14.0 (6.35)	13.7 (6.21)	13.3 (6.03)
	450	17.4 (7.89)	17.1 (7.76)	16.5 (7.48)

Costos relacionados con el proceso

$$C_p = C_{cs} + C_{moa} + C_{ee}$$

Donde:

C_{cs}: Costo de consumible de soldadura.

C_{moa}: Costo de la mano de obra y administrativos

C_{ee}: Costo de la energía eléctrica

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

Determinación de costos de los consumibles de soldadura.

$$C_{cs} = C_e + C_{gp}$$

Donde:

Ce: Costo de electrodos (\$/m).

Cgp: Costo del gas protector (\$/m).

Determinación de la cantidad del metal a depositar.

$$M_{md} = A_{md} * L_u * \gamma_{md}$$

Donde:

Amd: Área del metal depositado: 10 mm²

γ : Densidad del metal depositado: 0,00000786 Kg/mm³

Lu: Longitud de las uniones: 47400 mm.

$$M_{md} = 3,72 \text{ Kg}$$

Determinación del costo de electrodos.

$$C_e = \frac{M_{md} * P_e}{E_t}$$

Donde:

Pe: Precio del electrodo: 2.10 \$/Kg,

Et: Eficiencia de deposición del proceso: 0.86

$$C_e = 9,1 \text{ \$}$$

Determinación del costo del gas de protección.

$$C_{GP} = \left(\frac{F_{gp} * P_{gp}}{V_s} \right) * L_u * N_p$$

Donde:

Fgp: Flujo de gas protector: 0,36m³/h,

Pgp: Precio del gas protector (100% CO₂): 18.37 \$/ m³,

Np: Número de pasada: 1 pasadas

Vs: Velocidad de soldadura: 32,4 m/h

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

Cgp= 9,7 \$

Ccs= 18,8 \$

Determinación de los costos de mano de obra y administrativos (CUC) .

$$C_{moa} = \frac{T_{mo} * A_{md} * \gamma_{md}}{RD * F_o} \times Lu$$

Donde:

Tmo: Tarifa de costos de mano de obra y administrativos: 1,7576 \$/h.

RD: Razón de depósito: 0,91 kg/h [25].

Fo: Factor operador para proceso GMAW semiautomático: 0,5

Cmoa= 8,46 \$

Determinación del costo de la energía eléctrica.

$$C_{ee} = \frac{P_{kWh} * V_a * I_s * M_{md}}{1000 * RD * F_o * E_{fu}} * Lu$$

Donde:

Va: Voltaje de arco: 19V.

Is: Intensidad de corriente: 100A.

Efu: Eficiencia de la fuente: 0,65 para un rectificador

Cee = 58,65 \$

Cp = 85,75 \$

En la tabla 15 se muestra un resumen de la estimación de los costos para las uniones de filete

Tabla 15. Resumen de los costos de la soldadura para la costura de filete.

Parámetro	Valor
Masa de metal a depositar	3,72 Kg
Masa de electrodo a consumir	4,32 Kg
Costo de electrodo	9,1 \$
Volumen de gas a consumir	0,52 m ³
Costo del gas	9,65 \$
Costo de consumible de soldadura	18,65 \$

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

Costo de mano de obra y administrativos	8,46 \$
Costo de la energía eléctrica	58.65 \$
Total	85,75 \$

Para la determinación de los costos relacionado con la costura de ranura se siguió la misma metodología, empleándose los datos que se muestran a continuación:

- Metal de aporte: ER 70S6 de diámetro 1,1 mm
- Corriente de soldadura:70A
- Voltaje de arco: 14V
- Velocidad de soldadura calculada: 15, 5 m/h
- Tipo de transferencia: cortocircuito
- Precio del alambre en carrete: 2.10\$/Kg.
- Longitud total de la unión de ranura:80m
- Área aproximada de la unión: 4.35 mm²
- Gas de protección: 100% CO₂
- Flujo de gas de protección: 0,36m³/h
- Precio del gas de protección: CO₂ carga de 6.72m³- \$123: 18.37 \$/ m³
- Cantidad estimadas de pasadas: 1
- Precio de la corriente eléctrica: 0.1284 \$/kWh
- Salario de 1 soldador (semana de 6 días laborables y 8 horas diarias): 1.75\$/h
- Peso especifico del acero 7860 Kg/m³

Un resumen de los cálculos de los costos de soldadura se puede apreciar en la tabla 16

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

Tabla 16. Resumen de los costos de la soldadura para la costura de ranura

Parámetro	Valor
Masa de metal a depositar	2,73 kg
Masa de electrodo a consumir	3,17 kg
Costo de electrodo	6,66 \$
Volumen de gas a consumir	1,85 m ³
Costo del gas	34,13 \$
Costo de consumible de soldadura	40,79 \$
Costo de mano de obra y administrativos	4,00 \$
Costo de la energía eléctrica	48,24 \$
Total	93,03 \$

El costo total de fabricación del semi-ómnibus a partir del proceso de soldadura GMAW es de **178,80 \$**.

Para demostrar la factibilidad del proceso GMAW con respecto se comparó con el proceso SMAW que se viene utilizando hasta la fecha. Vale señalar que en esta comparación solo se tuvo en cuenta las uniones de filete, ya que las uniones de ranura que serán soldadas con el proceso GMAW no existen cuando se suelda con SMAW ya que las planchas del forro son fijadas a través de remachado, lo que incrementa los costos, calidad y tiempo de realización

Los datos tenidos en cuenta para la realización de la estimación de los costos de soldadura de filete utilizando el proceso SMAW se muestran a continuación:

- Metal de aporte: E 6013 de diámetro 4 mm
- Corriente de soldadura: 140A
- Voltaje de arco: 20V
- Precio del electrodo E 6013: 1, 21\$/Kg [1].
- Longitud total de la unión de filete: 47.7m
- Dimensión del cateto: 3 mm
- Área aproximada de la unión: 13 mm²

Capítulo II Propuesta tecnológica para la soldadura por el proceso GMAW para la fabricación del semi-ómnibus.

- Cantidad estimadas de pasadas: 1
- Precio de la corriente eléctrica: 0.1284 \$/kWh
- Salario de 1 soldador (semana de 6 días laborables y 8 horas diarias): 1.75 \$/h
- Peso específico del acero 7860 kg/m³

Determinación de la velocidad de soldadura

$$V_s = \frac{RD}{\gamma_{MD} * A_{MD}}$$

RD= razón de deposito para 140 A: 2 kg/h [6]

Vs= 12 m/h

Para este tipo de costura, con esta velocidad de soldadura, el tiempo de arco estimado es de 3,95 h.

Un resumen de los cálculos de los costos de soldadura se puede apreciar en la tabla 17

Tabla 17. Resumen de los costos de la soldadura para la costura de filete

Parámetro	Valor
Masa de metal a depositar	4,84 kg
Masa de electrodo a consumir	9,68 kg
Costo de electrodo	11,72 \$
Costo de consumible de soldadura	11,72 \$
Costo de mano de obra y administrativos	22,40 \$
Costo de la energía eléctrica	313,00 \$
Total	347,06 \$

Del análisis de la tabla 15 y la tabla 17 se puede apreciar la factibilidad económica del proceso GMAW sobre el SMAW, ya que hay un efecto económico a favor del proceso GMAW de **261 \$** aproximadamente.

3. Control de la calidad.

No basta con tomar todas las medidas necesarias durante la elaboración de la tecnología para que el trabajo quede con la mejor calidad, puesto que siempre habrá algún tipo de defecto en las uniones realizadas, en sentido general, debido a los múltiples factores que intervienen en la ejecución de las soldaduras. Para evitarlo no basta con tener un buen cuerpo de tecnólogos e inspectores, es preciso un sistema de control de la calidad que comprende tres aspectos fundamentales:

1-Controles previos a la soldadura.

2-Controles durante la soldadura.

3-Controles posteriores a la soldadura

3.1. Controles previos a la soldadura.

Estos contemplan una serie de medidas que se toman antes de comenzar los trabajos de soldadura y que tienen que comenzar en la etapa de proyecto pues en el mismo es donde se tienen que fijar todos los aspectos que intervienen en el proceso. Sin embargo generalmente en esta etapa se controlan los siguientes aspectos:

Examen de los certificados de materiales base y de aportación, verificando si los materiales en existencia, cumplen lo indicado en los planos y especificaciones de construcción. Prestando especial atención al almacenamiento y manejo de los consumibles de soldadura en particular el metal de aporte y el gas de protección, pues el primero se puede contaminar con facilidad cuando no existen las mejores condiciones de almacenamiento, además cuando durante su utilización se le deja por un tiempo prolongado expuesto al ambiente, con respecto al gas de protección, se debe tratar que el mismo cumpla las especificaciones de soldadura que existen para este tipo de consumible (ANSI/AWS A 5.32) [13]. En el caso particular de gas de protección CO₂ utilizado en la EMI, el mismo no cumple con la especificación antes citada, debido a su elevado por ciento de impurezas, debido a esto se recomienda drenar los cilindros 24 horas antes de ser utilizado.

Capítulo III Control de la calidad.

Medición de los materiales para asegurarse que los diámetros, longitudes, anchos y espesores cumplen los requisitos aplicables.

Inspección de la superficie para detectar posibles defectos, examinando los bordes de las chapas para determinar posibles laminaciones o cortes rugosos que puedan interferir en la operación de soldadura.

Verificación de las secciones punteadas para soldadura, comprobando que la apertura de raíz y el diseño de unión cumplen las especificaciones aplicables. Deben verificarse:

- Preparación de borde, dimensiones y acabado de los componentes.
- Alineación y fijación de los componentes.
- Limpieza de las superficies, especialmente en los bordes a soldar.
- Revisión de las especificaciones de los procedimientos de soldadura, asegurándose que las conocen los soldadores.

Este último aspecto referido a la especificación de los procedimientos de soldadura es sumamente importante en la fabricación por soldadura y que en el código B 2.1-2000 [12] exige que estén previamente cualificados así como los soldadores que van a realizar la operación.

El propósito de la calificación de procedimientos de soldadura es el de determinar, mediante la preparación de una muestra de ensayo standardizada, que la soldadura realizada, de acuerdo con una Especificación de Procedimiento de Soldadura (EPS), es capaz de producir soldadura sanas y con las propiedades requeridas.

La EPS constituye un documento que orienta o dirige la realización de uniones soldadas, según los requerimientos del código. Ella lista las variables que determinan la obtención de una unión soldada sana y con las propiedades requeridas. Producto de esto la EPS constituye una guía para el soldador, que asegura el cumplimiento de los requerimientos del código o norma en cuestión

Entre las variables esenciales que influyen en este proceso tenemos:

Capítulo III Control de la calidad.

1. Un cambio en el número F, por otro número F o por cualquier otro metal de aporte no listado.
2. Para materiales ferrosos un cambio en el número A, por otro número A o por cualquier otro análisis de metal de aporte no listado en el Anexo III del código B 2.1-2000 [12]
3. Un cambio en la resistencia del metal de aporte que exceda las 10 KSI o un cambio en la clasificación del metal de aporte por uno de menor resistencia que la última especificada para el metal base.
4. Adición o eliminación o un cambio en la cantidad nominal o en la composición del metal suplementarios (además del metal de aporte) más allá del que está calificado
5. Un cambio en el espesor del metal depositado más allá de lo permitido en 2.5
6. Una disminución en el precalentamiento de más de 38 °C del que está calificado
7. Un incremento en la temperatura de precalentamiento o la temperatura interpasadas de más de 38 °C de la temperatura calificada, para materiales tratables térmicamente; M-23, M-24, M-26 y M-27.
8. Un cambio en cualquiera de las condiciones o en cualquier otra condición requiere calificación excepto los números M 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11 y 12.
 - a. Sin PWHT (Tratamiento Térmico Postsoldadura).
 - b. PWHT por debajo de la temperatura de transformación.
 - c. PWHT dentro del rango de la temperatura de transformación.
 - d. PWHT sobre la temperatura superior de transformación.
 - e. PWHT sobre la temperatura superior de transformación, seguido por un tratamiento por debajo de la temperatura de transformación.
9. Adición o eliminación del gas de protección de la antorcha.
10. Cambio de la composición nominal de gas de protección.

Capítulo III Control de la calidad.

11. Un cambio en la composición nominal o una disminución en el 15 % en el flujo de gas de protección utilizado en la raíz, para los metales base de los grupos M51, M52, M61 y M10I.

12. Un incremento en el 50 % o mas o una reducción del 20 % o mas en el flujo de gas de protección requiere recalificación para los metales base de los grupos M21 a M27.

13. Una adición, eliminación o cambio en la composición o una disminución superior al 15 % en el flujo de gas de protección en la raíz, en juntas de ranura pasada simple en materiales M8 y M4X y en todas las uniones en M5X, M6X, M10I, M10J y M10K.

14. La eliminación o cambio en la composición o una disminución que excede el 10 % en el flujo de gas de protección de arrastre para los metales base de los grupos M10I, M5X y M6X.

15. Un cambio en el modo de transferencia metálica, de cortocircuito a globular o spray o pulsado y viceversa.

16. Un cambio en el proceso de soldadura.

17. Un cambio de cordón estrecho a ondulado pero no viceversa, para materiales tratados térmicamente como M23, M24, M26 y M27.

La EPS hará referencia al Registro de Calificación del Procedimiento que la soporta. No se puede hablar de procedimiento de soldadura calificado, hasta tanto no se suelde un cupón, según la EPS en cuestión, y el mismo se ensaye según los requerimientos del código. Estos ensayos son los que realmente garantizan que el seguimiento de lo estipulado en la EPS, permitir la obtención de uniones soldadas de producción sanas y con las propiedades requeridas, garantizando de esta forma una adecuada explotación de los productos que se suelden mediante dicho procedimiento.

Capítulo III Control de la calidad.

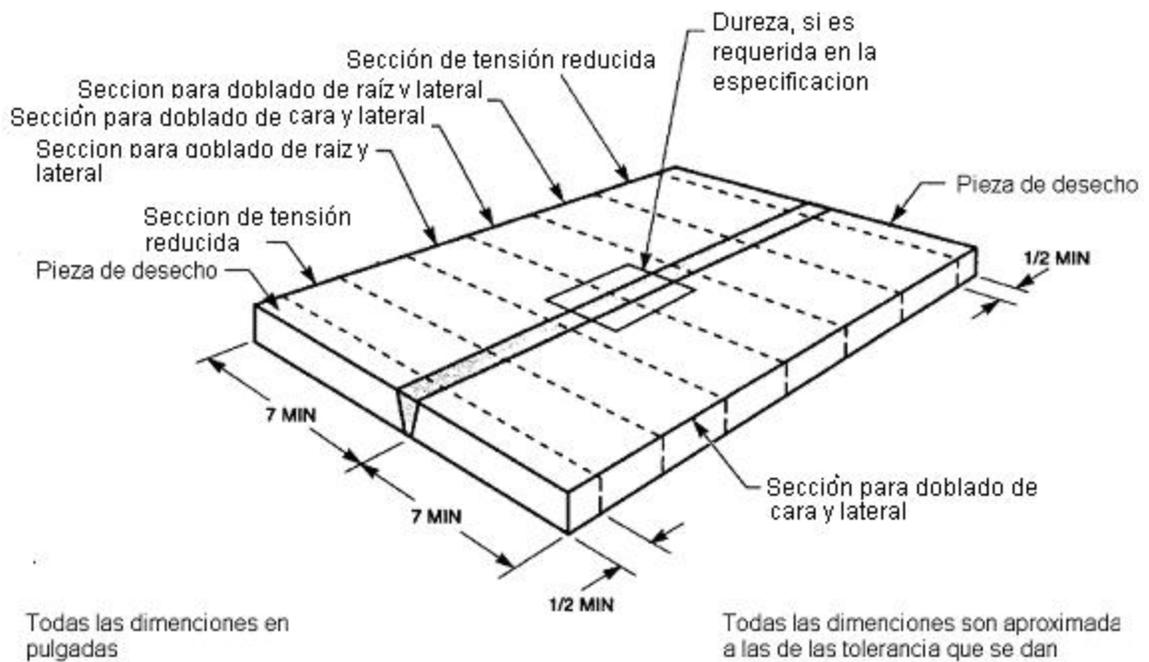
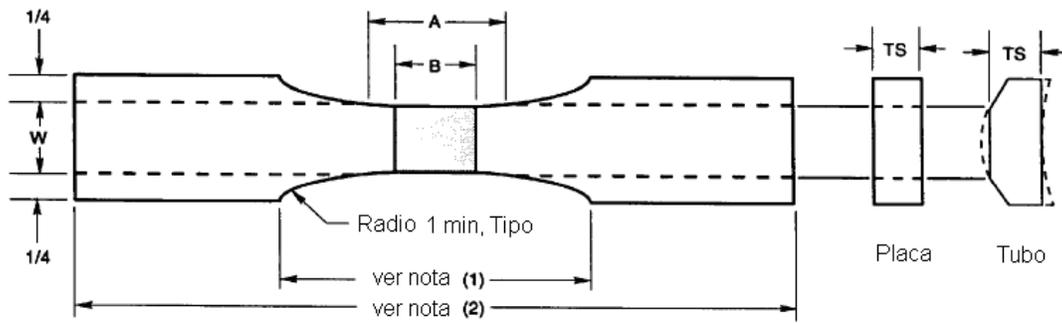


Figura16. Cupón soldado para la calificación del procedimiento de soldadura según el código B 2.1-2000 [12]

Estos ensayos son mecánicos fundamentalmente, entre los que se encuentran los ensayos de tracción, doblado e impacto, este último se aplica si hay requisitos desde el punto de vista de tenacidad. Los tipos de probetas realizadas para los ensayos de tracción y doblado se muestran en las figuras 16 y 17. Estos ensayos constituyen una prueba de la soldabilidad del metal base.

Capítulo III Control de la calidad.

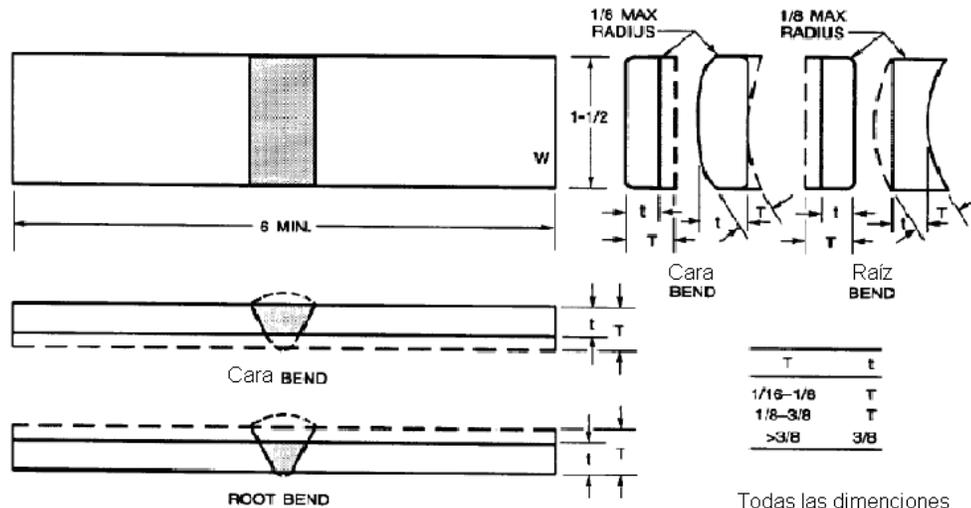


pulg	mm
1/4	6.4
1/2	13
3/4	19
1	25
3	76

Prueba de soldadura		
Dimensión	Placa	Tubo
		Diámetro exterior
		<3
		>3
B	← ver nota (3) →	← ver nota (3) →
A	← ver nota (4) →	← ver nota (4) →
W	3/4	1/2 3/4
TS	TS ^{(5),(6)}	← ver nota (5) →

Todas las dimensiones en pulgadas

Figura 17. Probeta para ensayo de tracción, utilizado para la calificación del procedimiento de soldadura según el código B 2.1-2000 [12].



Todas las dimensiones están en pulgadas

pulg	mm
1/16	1.6
1/8	3.2
3/8	9.5
1-1/2	38
6	152

Espesor del Metal Base (T)	Especificación del espesor (TS)	
	M-23 & M-35 All F-23 Welds	Todos los otros materiales
1/16 to 1/8	T	T
1/8 to 3/8	1/8	T
Over 3/8	1/8	3/8

Figura 18. Probeta para ensayo de doblado, utilizado para la calificación del procedimiento de soldadura según el código B 2.1-2000 [12].

Capítulo III Control de la calidad.

El Registro de Calificación del Procedimiento lista por tanto, las variables reales usadas en la soldadura del cupón, según la EPS en cuestión, y los resultados de los ensayos realizados. El fabricante y/o algún organismo competente certificar en este documento que durante la soldadura del cupón, así como durante la realización de los ensayos se ha cumplido con los requerimientos del código o norma. De este modo aunque la EPS sea elaborada por un tecnólogo de basta experiencia, no se podrá hablar de procedimiento calificado, hasta tanto no se suelde y ensaye el cupón y se certifiquen los resultados en el Registro de Calificación del Procedimiento

En el anexo III se muestran las EPS que se utilizaran en la soldadura de filete, para la construcción de la estructura y las soldaduras de ranura para las uniones que conforman el forro exterior.

Por su parte el propósito de la calificación de soldadores u operarios de soldadura es el de examinar la destreza o habilidad del hombre para producir soldaduras sanas, siguiendo una EPS previamente calificada; esto último es muy importante ya que garantiza que la presencia de cualquier defecto en el cupón soldado es imputable totalmente al hombre. Durante el examen de calificación el soldador realizar la soldadura de un cupón, siguiendo una EPS determinada, y luego este ser ensayado según los requerimientos del código, generalmente mediante radiografía o ensayos mecánicos.

3.2. Controles durante la soldadura.

Como su nombre lo indica estos son los que se realizan durante la ocurrencia del proceso se verifican los siguientes aspectos:

- 1- Verificación que los soldadores emplean la EPS calificada para esa operación.
- 2- Inspección de la limpieza de la unión, el método de limpieza de los cordones, la preparación para soldar si es necesario soldar por ambos lados, la secuencia de soldadura y las deformaciones que se producen
- 3- Examinar la pasada de raíz (para el caso de múltiples pasadas) para la detección de posibles grietas debido al rápido enfriamiento a que está. esta sometida o

Capítulo III Control de la calidad.

a la ocurrencia de inclusiones de escoria. Siempre que sea posible verificar la penetración.

3.3. Controles posteriores a la soldadura.

Los mismos se realizan a la unión soldada después que la misma ha sido realizada, y se concentran en controles no destructivos. En primer lugar el control visual se realizara para corroborar la no existencia de ningún tipo de defectos superficiales inadmisibles, según [11] los criterios de admisibilidad de defectos son los siguientes:

Grietas: No se permitirán las grietas

Socavadura: En espesores menores de 2.5mm no deberá tener ningún socavado, a menos que se especifique en el proyecto. No se permiten socavaduras, dentro de los 12.7mm finales de cada soldadura. En materiales mayores de 2.5 mm, el socavado no debe exceder una profundidad de 0.5mm, hasta un máximo de 0.2T, para una longitud acumulativa que no debe tener un largo mayor que $L/8$ donde L es la longitud total de la soldadura

Cráteres: Los cráteres de soldadura no serán considerados como parte de la longitud de la soldadura, a menos que estén llenos y cumplan todos los requisitos de esta especificación.

Porosidad: Se admiten poros individuales, separados a menos de su propio diámetro, y otra porosidad esparcida en la superficie. La longitud total de la porosidad (la suma de los diámetros) no deberá exceder de 6.4mm en cualquier 25 mm de soldadura en espesores de mas 2.5 mm. El diámetro máximo del poro no será superior a 1.6 mm, para materiales mayores de 2.5 mm.

Inclusiones: Las inclusiones no metálicas serán consideradas una discontinuidad igual que la porosidad.

Quemaduras en los botones: No se permiten quemaduras del metal base a través de los agujeros causados por la fusión (vea Figura 19)

Capítulo III Control de la calidad.

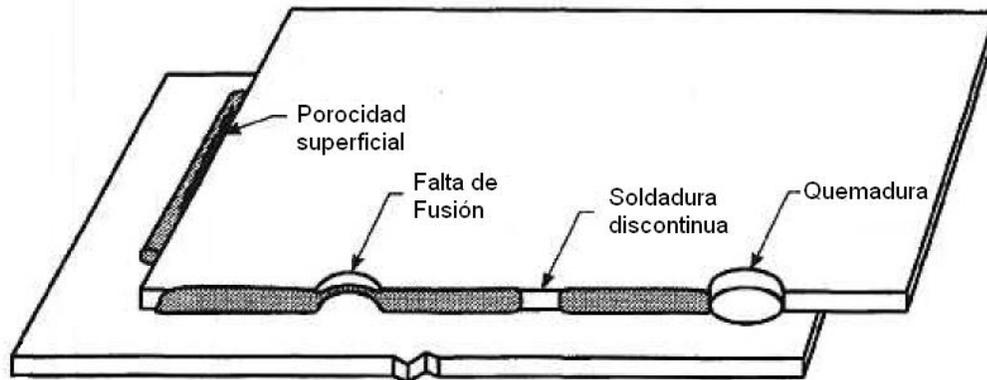


Figura 19. Ejemplo de discontinuidades ocurridas en la soldadura por arco

Falta de fusión (soldadura de botón): en las soldaduras de filete, el deposito no debe exceder la superficie, ni menor que el punto cero de la raíz de la junta (ver Figura 19), se debe obtener fusión completa en la raíz de la junta.

Ranuras: No se permiten ranuras en los extremos de los bordes de las juntas (ver Figura 20).

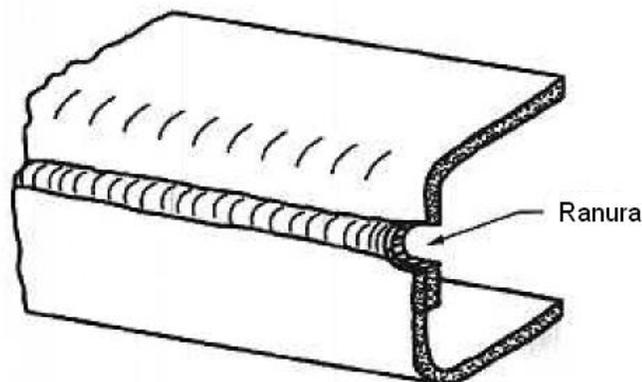


Figura 20. Ejemplo de ranura en el final de la soldadura

Combinación de Discontinuidades: La presencia de más de una de las discontinuidades anteriores en cualquier soldadura no podrá ser autorizada si alguna de estas limitaciones (inclusiones, socavado, porosidad, falta de metal) están en el límite máximo permitido.

Capítulo III Control de la calidad.

Al detectarse cualquier defecto, la zona se debe marcar con claridad empleando marcadores o medios que no se borren con facilidad.

El fabricante deberá conservar en sus archivos los reportes de inspección por un periodo no menos de cinco (5) años.

Todos estos defectos detectados en estas pruebas y que no son admisibles deberán ser removidos por medios mecánicos o por procesos térmicos (arco-aire) de ranurado, después de lo cual la junta deberá ser resoldada. En este caso el proceso SMAW es el mas conveniente proceso de reparación, con la utilización del electrodo E 7018 (AWS A5.1) [15]. Este proceso deberá seguir los mismos requisitos que el proceso de producción seguido. Al concluir el mismo se reexaminara la unión realizada.

Conclusiones

1. Desde el punto de vista constructivo el semi-ómnibus fabricado por soldadura, garantiza los requerimientos para el cual esta diseñado.
2. Los materiales que son utilizados en la fabricación de los semi-ómnibus presentan buena soldadilidad (metalúrgica, tecnológica y constructiva) por los que problemas de agrietamiento (principalmente en frío) no deben ocurrir durante el proceso de fabricación.
3. El proceso GMAW, dentro de los procesos tenidos en cuenta para la fabricación de los semi-ómnibus, presenta las mejores características para ser aplicado con éxito.
4. Desde el punto de vista económico, los costos de producción de las uniones de filete del semi-ómnibus, utilizando el proceso GMAW, son inferiores en 261 \$ en comparación con el proceso SMAW, que se utiliza en la actualidad para realizar las referidas uniones, dando un criterio de la superioridad del proceso GMAW sobre el SMAW.
5. Para poder llegar a resultados finales satisfactorios en la soldadura para la fabricación de los semi-ómnibus, se deben cumplir los requisitos de calidad dados en las diferentes etapas del proceso de control (antes, durante y después de la soldadura).

Recomendaciones

1. Realizar la calificación de procedimientos de soldadura y soldadores que interviene en el proceso de fabricación, para de esa forma cumplir con este requisito establecido en los sistemas de calidad.
2. Analizar la posibilidad de utilizar otro tipo de aleación (aceros de alta resistencia o aluminio) en la estructura del semi-ómnibus, con la finalidad de disminuir el peso de la estructura y así disminuir el índice de consumo de combustible del equipo.

Bibliografía

1. *Autocamión ZIL-131 y sus Modificaciones..*
2. *Norma de Consumo Unitaria, Fabricación de Semiomnibus 2006.*
3. A.P.Gulíáev, *Metalografía*, ed. M. Moscú. 1978.
4. Pérez, J.H.R., *Metalurgia de la Soldadura*. Pueblo y Educación. 1988.
5. Autores, C.d., *Apuntes sobre la asignatura Soldadura*. 2000.
6. ASM Metal Handbook. *Welding, Brazing and soldering*,1983. Volumen 6.
7. Autores, C.d. http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_manual_de_metal_por_arco. agosto 2008.
8. Burgos Sola, J., *Tecnología de Soldadura*, Educación., Editor. 1987.
9. *MIG/MAG Welding Guide for Gas Metal Arc Welding (GMAW)*. The Lincoln Electric Company.
10. Oscar Javier Herrera Melo. *Soldadura por arco con núcleo de fundente "FCAW" 2007* [cited; Available from: www.monografias.com/trabajos46/soldadura-por-arco/soldadura-por-arco.shtml].
11. America Welding Society, *Specification Automotive and Light Truck Components Weld Quality Arc Welding*, D8.8-89. October,1996.
12. America Welding Society, *Specification for Welding Procedure and Performance Qualification*, B2.1:2000. November,2000 .
13. American Welding Society. AWS A 5.32-98. "Specification for welding shielded gases", 2002
14. American Welding Society. AWS A 5.18-98. "Specification for carbon steel electrodes and rods for gas shielded arc welding", 1998.
15. Specification for carbon steel electrodes and rods for gas shielded arc welding, *Identical with AWS Specification A5.18/A5.18M-2001*,2001.

16. American National Standard, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*, AWSA5.1/A5.1M:2004, September 2003.
17. Juan A. Pozo Morejón, Eduardo Díaz Cedré, Arnaldo Herrera Artilles, Manuel Rodríguez Pérez *Metodología para el establecimiento de una Tecnología de soldadura*,
18. Cary Howard B. *Modern welding technology*. Third edition. Regents / Prentice Hall. 1994.
19. Colectivo de autores. *Apuntes sobre la asignatura Soldadura*. UCLV. 2001
20. Giachino Joseph W. *Técnica y práctica de la soldadura*. Editorial Reverté S.A 1981.
21. Héctor Rodríguez, *Metalurgia de la Soldadura*.
22. KPI. Colectivo de autores. *Indicaciones metodológicas para el trabajo de curso de la disciplina Tecnología y equipos de la soldadura por fusión*. Kiev. 1988.
23. The Lincon Electric Company. *The procedure handbook of arc welding*. 13^a. Edición. 1994.
24. Pozo Morejón, Juan A. *Manual para la capacitación de soldadores en el proceso de soldadura por arco con electrodo revestido*. UCLV. 1999.
25. ESAB de Mexico S.A.de C.V. *Manual del Soldador*, Mexico, 2002.
26. Reina Gómez, M., *"Soldadura de los aceros"*, 4da Edición, Edición Gráficas Lormo, Madrid, 2002.
27. Ramos, M. F., *"Atmósfera protectora para la soldadura de aceros al carbono y de baja aleación mediante proceso de soldadura GMAW"*, Tesis de maestría Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, 2002.
28. Oxisold S.A., *"Cotización de gases protectores"*, e-mail, 2006.
29. American Society of Metal, *"Mechanical Testing and Evaluation"*, Volume 8, ASM International, 2000.

Anexo

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)

REG. No. _____

FECHA 14/06/2009

HOJA 1 De 2

CLIENTE: E.M.I. Coronel Francisco Aguiar Rodríguez
 EPS No.: GMAW 001 FECHA DE EMISION: 14/06/2009 PQR SOPORTE No.: _____
 REVISION No.: 00 FECHA: 14/06/2009
 PROCESO DE SOLDADURA: GMAW TIPO: Semiam automatico
 CODIGO APLICADO: Specification for Welding Procedura and Performance Qualification B 2.1-1998 (AUTOMATICO, MANUAL, MECANIZADO O SEMIAUTOMATICO)
 REGISTRO DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO (RCP) NO X SI _____

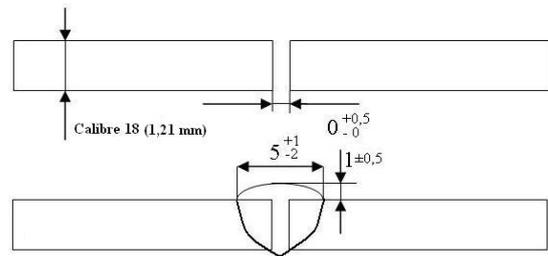
UNIONES

DISEÑO DE LA UNION: De Ranura
 RESPALDO: (SI) _____ (NO) X
 MATERIAL DE RESPALDO (TIPO): _____
(REFERIDO A AMBOS RESPALDOS)
 METALICO METAL NO FUNDIDO
 NO METALICO OTROS

PLANOS, DIBUJOS DE PRODUCCION, SIMBOLOS DE SOLDADURA O DESCRIPCION ESCRITA PUEDE MOSTRAR EL ARREGLO GENERAL DE LAS PARTES A SOLDAR. DONDE SEA APLICABLE, LA ABERTURA DE LA RAIZ Y LOS DETALLES DE LA RANURA PUEDEN SER ESPECIFICADOS.

(A OPCION DEL FABRICANTE, LOS DIBUJOS DEBEN SER ANEXADOS PARA MOSTRAR EL DISEÑO DE LA JUNTA, CAPAS DE SOLDADURA Y SECUENCIA DEL DEPOSITO, POR EJEMPLO, PARA PROCEDIMIENTOS DE IMPACTO, PROCEDIMIENTOS DE PROCESOS MULTIPLES, ETC.)

DETALLES



METALES BASE

No. M: 1 GRUPO No. 1 a No. M: 1 GRUPO No. 1
 0

TIPO DE ESPECIFICACION Y GRADO: ASTM A-36
 A TIPO DE ESPECIFICACION Y GRADO: ASTM A-36
 0

ANALISIS QUIMICO Y PROPIEDADES MECANICAS: N/A
 A ANALISIS QUIMICO Y PROPIEDADES MECANICAS: N/A

RANGO DE ESPESORES:
 METAL BASE (mm): 1,21 RANURA: 0,6 - 4,8 FILETE: ilimitado
 DIAMETRO DE LA TUBERIA (mm): _____ RANURA: _____ FILETE: ilimitado

***METALES DE APORTE**

No. ESPECIF. (SFA): _____	<u>SFA 5.1</u>	
No. AWS (CLASE): _____	<u>ER 70S-6</u>	
No. F: _____	<u>6</u>	
No. A: _____	<u>1</u>	
TAMAÑO DEL METAL DE APORTE: _____	<u>0,9 mm</u>	
METAL DE SOLDADURA DEPOSITADO: _____		
RANGO DE ESPESOR: _____	<u>0,6 - 4,8</u>	
RANURA (mm): _____	<u>4,8 max.</u>	
FILETE (mm): _____	<u>ix. soldado en una pa</u>	
COMBINACION ELECTRODO-FUNDENTE: _____	<u>No</u>	
MARCA DE FUNDENTE: _____	<u>-</u>	
INSERTO CONSUMIBLE: _____	<u>-</u>	
OTROS: _____		
<small>*CADA COMBINACION DE METAL BASE-METAL DE APORTE SE DEBE REGISTRAR INDIVIDUALMENTE.</small>		

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)

REG. No. _____
 FECHA 14/06/2009
 HOJA 2 De 2

POSICIONES POSICION DE RANURA: <u>Vertical</u> PROGRESION DE SOLDADURA: <u>Ascendente</u> POSICION DEL FILETE: <u>N/A</u>	TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR <u>N/A</u> RANGO DE TEMPERATURA: _____ TIEMPO: _____												
PRECALENTAMIENTO <u>N/A</u> TEMP. DE PRECALENTAMIENTO. MIN.: _____ INTERVALO DE TEMP. MAX.: _____ DURACION DE PRECALENTAMIENTO: _____	GAS: _____ PROTECCION ADICIONAL _____ RESPALDO _____												
	<table border="1"> <tr> <td>GAS</td> <td>COMPOSICION</td> <td>FLUJO</td> </tr> <tr> <td><u>CO2</u></td> <td><u>100%</u></td> <td><u>5 l/min</u></td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table>	GAS	COMPOSICION	FLUJO	<u>CO2</u>	<u>100%</u>	<u>5 l/min</u>	_____	_____	_____	_____	_____	_____
GAS	COMPOSICION	FLUJO											
<u>CO2</u>	<u>100%</u>	<u>5 l/min</u>											
_____	_____	_____											
_____	_____	_____											

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

CORRIENTE AC O DC: CD
 POLARIDAD: Electrodo al positivo
 AMPS. (RANGO): 65-70
 VOLTS. (RANGO): 14-16

TAMAÑO Y TIPO DE ELECTRODO DE TUNGSTENO: No
 (TUNGSTENO PURO, TORIADO AL 2%, ETC.)

MODO DE TRANSFERENCIA DE METAL POR GMAW: Cortocircuito
 (ROCIO, CORTO CIRCUITO, ETC.)

VELOCIDAD DE AVANCE DEL ALAMBRE-ELECTRODO: N/A

TECNICA

FORMA DEL CORDON: Plano ligeramente convexo
 TAMAÑO DE COPA DE GAS: 19 mm
 LIMPIEZA INICIAL Y ENTRE PASOS (CEPILLADO, ESMERILADO, ETC.): N/A

METODO DE RESANADO: N/A
 OSCILACION: recto
 DISTANCIA DE LA PIEZA A LA BOQUILLA: 8 -13 mm
 PASO SENCILLO O MULTIPLE (POR LADO): Simple
 ELECTRODOS MULTIPLES O SENCILLO: No
 VELOCIDAD DE DEPOSITO (RANGO): N/A
 OTRO: _____

CAPA DE SOLDADURA	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE		VOLTAJE	VEL. DE DEPOSITO M/H	OBSERVACIONES,
		CLASE	DIAM.	POLAR.	AMPERAJE			
1	GMAW	ER 70S-6	0,9 MM	CD (+)	65-70	14-16		

RESPONSABLES DE LAS PRUEBAS: Rene Fuentes FABRICANTE: _____

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)

REG. No. _____

FECHA 14/06/2009

HOJA 1 De 2

CLIENTE: E.M.I. Coronel Francisco Aguiar Rodríguez
 EPS No.: GMAW 002 FECHA DE EMISION: 14/06/2009 PQR SOPORTE No.: _____
 REVISION No.: 00 FECHA: 14/06/2009
 PROCESO DE SOLDADURA: GMAW TIPO: Semiam automatico
 CODIGO APLICADO: Specification for Welding Procedura and Performance Qualification B 2.1-1998 (AUTOMATICO, MANUAL, MECANIZADO O SEMIAUTOMATICO)
 REGISTRO DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO (RCP) NO X SI _____

UNIONES

DISEÑO DE LA UNION: De Filete

RESPALDO: (SI) _____ (NO) X

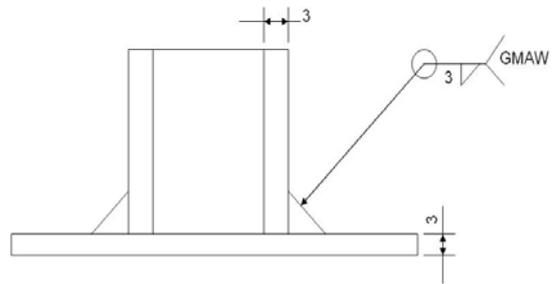
MATERIAL DE RESPALDO (TIPO): _____
 (REFERIDO A AMBOS RESPALDOS)

- METALICO METAL NO FUNDIDO
 NO METALICO OTROS

PLANOS, DIBUJOS DE PRODUCCION, SIMBOLOS DE SOLDADURA O DESCRIPCION ESCRITA PUEDE MOSTRAR EL ARREGLO GENERAL DE LAS PARTES A SOLDAR. DONDE SEA APLICABLE, LA ABERTURA DE LA RAIZ Y LOS DETALLES DE LA RANURA PUEDEN SER ESPECIFICADOS.

(A OPCION DEL FABRICANTE, LOS DIBUJOS DEBEN SER ANEXADOS PARA MOSTRAR EL DISEÑO DE LA JUNTA, CAPAS DE SOLDADURA Y SECUENCIA DEL DEPOSITO, POR EJEMPLO, PARA PROCEDIMIENTOS DE IMPACTO, PROCEDIMIENTOS DE PROCESOS MULTIPLES, ETC.)

DETALLES



METALES BASE

No. M: 1 GRUPO No. 1 a No. M: 1 GRUPO No. 1
 ó

TIPO DE ESPECIFICACION Y GRADO: ASTM A-570 G30

A TIPO DE ESPECIFICACION Y GRADO: ASTM A-570 G30
 ó

ANALISIS QUIMICO Y PROPIEDADES MECANICAS: N/A

A ANALISIS QUIMICO Y PROPIEDADES MECANICAS: N/A

RANGO DE ESPESORES:

METAL BASE (mm): 3 RANURA: 0,6 - 6,00 FILETE: ilimitado

DIAMETRO DE LA TUBERIA (mm): _____ RANURA: _____ FILETE: ilimitado

***METALES DE APORTE**

No. ESPECIF. (SFA):	<u>SFA 5.1</u>	
No. AWS (CLASE):	<u>ER 70S-6</u>	
No. F:	<u>6</u>	
No. A:	<u>1</u>	
TAMAÑO DEL METAL DE APORTE:	<u>0,9 mm</u>	
METAL DE SOLDADURA DEPOSITADO:		
RANGO DE ESPESOR:	<u>0,6 - 6</u>	
RANURA (mm):	<u>6 max.</u>	
FILETE (mm):	<u>ix. soldado en una pa</u>	
COMBINACION ELECTRODO-FUNDENTE:	<u>No</u>	
MARCA DE FUNDENTE:	<u>-</u>	
INSERTO CONSUMIBLE:	<u>-</u>	
OTROS:		

*CADA COMBINACION DE METAL BASE-METAL DE APORTE SE DEBE REGISTRAR INDIVIDUALMENTE.

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)

REG. No. _____
 FECHA 14/06/2009
 HOJA 2 De 2

POSICIONES POSICION DE RANURA: <u>Horizontal</u> PROGRESION DE SOLDADURA: <u>No</u> POSICION DEL FILETE: <u>N/A</u>	TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR <u>N/A</u> RANGO DE TEMPERATURA: _____ TIEMPO: _____												
PRECALENTAMIENTO <u>N/A</u> TEMP. DE PRECALENTAMIENTO. MIN.: _____ INTERVALO DE TEMP. MAX.: _____ DURACION DE PRECALENTAMIENTO: _____	GAS: _____ PROTECCION ADICIONAL _____ RESPALDO _____												
	<table border="1"> <tr> <td>GAS</td> <td>COMPOSICION</td> <td>FLUJO</td> </tr> <tr> <td><u>CO2</u></td> <td><u>100%</u></td> <td><u>5 l/min</u></td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table>	GAS	COMPOSICION	FLUJO	<u>CO2</u>	<u>100%</u>	<u>5 l/min</u>	_____	_____	_____	_____	_____	_____
GAS	COMPOSICION	FLUJO											
<u>CO2</u>	<u>100%</u>	<u>5 l/min</u>											
_____	_____	_____											
_____	_____	_____											

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

CORRIENTE AC O DC: CD
 POLARIDAD: Electrodo al positivo
 AMPS. (RANGO): 95-100
 VOLTS. (RANGO): 18-19

TAMAÑO Y TIPO DE ELECTRODO DE TUNGSTENO: No
 (TUNGSTENO PURO, TORIADO AL 2%, ETC.)

MODO DE TRANSFERENCIA DE METAL POR GMAW: Cortocircuito
 (ROCIO, CORTO CIRCUITO, ETC.)

VELOCIDAD DE AVANCE DEL ALAMBRE-ELECTRODO: N/A

TECNICA

FORMA DEL CORDON: Plano ligeramente convexo
 TAMAÑO DE COPA DE GAS: 19 mm
 LIMPIEZA INICIAL Y ENTRE PASOS (CEPILLADO, ESMERILADO, ETC.): N/A

METODO DE RESANADO: N/A
 OSCILACION: recto
 DISTANCIA DE LA PIEZA A LA BOQUILLA: 8 -13 mm
 PASO SENCILLO O MULTIPLE (POR LADO): Simple
 ELECTRODOS MULTIPLES O SENCILLO: No
 VELOCIDAD DE DEPOSITO (RANGO): N/A
 OTRO: _____

CAPA DE SOLDADURA	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE		VOLTAJE	VEL. DE DEPOSITO M/H	OBSERVACIONES,
		CLASE	DIAM.	POLAR.	AMPERAJE			
1	GMAW	ER 70S-6	0,9 MM	CD (+)	95-100	18-19		

RESPONSABLES DE LAS PRUEBAS: Rene Fuentes FABRICANTE: _____