

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES DEL PROCESO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Descripción del producto.

La empresa Sistemas Universales S.A. DE C.V (SIU) se dedica a la fabricación de asientos para la industria automotriz como giro principal de la misma. Se provee la demanda de varios clientes, y ésta se clasifica según la marca, el modelo y el año del vehículo que va a ser equipado con los asientos correspondientes a las especificaciones solicitadas.

Uno de los productos solicitados por su principal cliente es el asiento trasero del SU-V6, el cual es producido en 2 áreas principales: Metal-mecánica y Poliuretano. El área metal-mecánica es la que tiene prioridad de interés para efectos de esta tesis, ya que en ella se distinguen dos procesos principales donde se aplica soldadura de aporte para la realización del producto. Estos procesos son la fabricación del ensamble superior y el ensamble inferior del asiento trasero que se ensamblan al final de la línea y conforman el alma del producto.

En el diagrama flujo del producto, el ensamble final del producto depende tanto de la llegada del ensamble superior del asiento como del ensamble inferior del mismo, ya que no se puede realizar esta operación si falta alguno de ellos. Es por eso que es de vital importancia evitar los denominados “cuellos de botella” en cualquiera de los procesos que integran la línea de producción. Esta tesis se enfocará en un proceso específico del producto –la fabricación del sub-ensamble inferior del asiento trasero- el cual requiere soldadura de aporte de material que se aplica por medio de un robot (robot 9).

Como se puede ver en la figura 2.1 el producto –asiento trasero del SU-V6 (puede ser asiento para el conductor o asiento para el copiloto) - esta conformado por las siguientes

cuatro categorías principales: Ensamble superior del asiento, ensamble inferior del asiento, ensamble del respaldo del asiento y poliuretano del asiento y el respaldo (producido en una sola pieza). Las tres primeras categorías del producto son fabricadas en el área metal-mecánica de la planta de SIU y la última tiene como responsable al área de poliuretano de la misma planta.

Esta tesis se enfoca en el sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6, ya sea que se destine para el asiento para el conductor o el copiloto del vehículo. Como se ve en el diagrama de árbol de la figura 2.1 el sub-ensamble inferior está conformado por ocho elementos que se mencionan en la tabla 2.1:

Tabla 2.1.- Elementos que integran el “Sub-ensamble inferior del SU-V6”

Parte	Abreviatura
Cápsula de sujección para Cinturón de Seguridad	Cápsula para cinturón
Cápsula de anclaje del lado del Conductor	Cápsula puerta
Cápsula de anclaje del lado del Copiloto	Cápsula túnel
Pata de soporte del lado del Copiloto	Pata chica
Pata de soporte del lado del Conductor	Pata larga
Refuerzo para la pata de soporte del lado del copiloto	Refuerzo pata chica
Refuerzo para la pata de soporte del lado del conductor.	Refuerzo para larga
Subensamble Tubo-Riel	Tubo-riel

La descripción de la pieza así como su fabricación se profundizará posteriormente, como pequeña introducción se puede mencionar que esta pieza es fabricada con láminas de una aleación metálica, que por razones de confidencialidad de la empresa no se puede mostrar el porcentaje de los componentes de dicha aleación, pero si se puede mencionar que el espesor de la lámina más delgada es de 1.4 mm.

Diagrama de Árbol del Asiento trasero

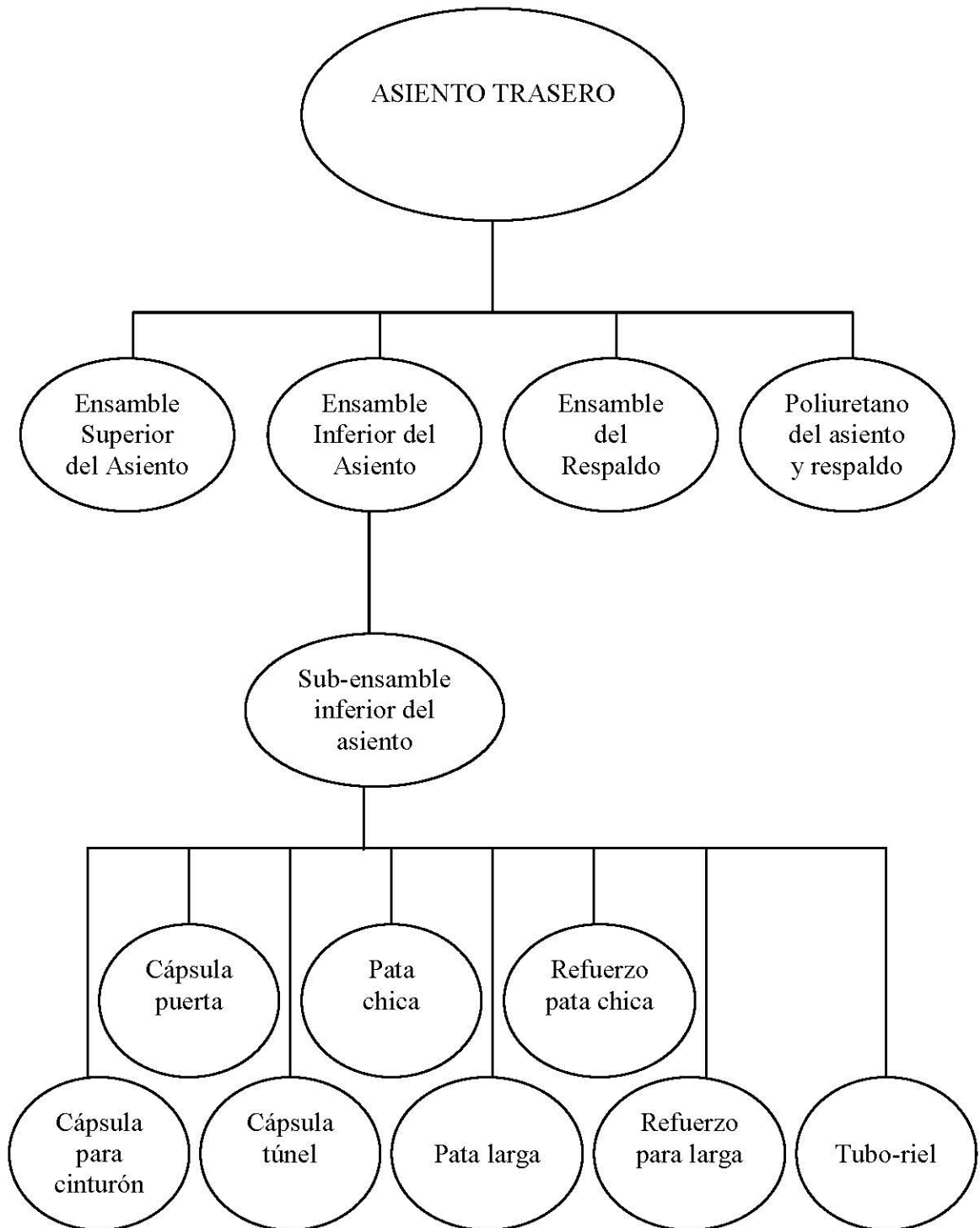


Figura 2.1.- Diagrama de árbol de los elementos que conforman el asiento trasero del SU-V6. Note que se utilizan las claves de la Tabla 2.1 para referirse a los elementos del sub-ensamble inferior.

2.2 Descripción de la pieza.

El “Sub-ensamble inferior del asiento trasero SU-V6”, está integrado por 8 elementos que se mencionan en la tabla 2.1. La unión de dichos elementos se hace mediante un proceso de aporte de soldadura MIG aplicado por el Robot 09 en la planta de SIU (ver figura A.1).

El cliente solicita que para este proceso se apliquen un total de 33 cordones de soldadura, los cuales deben de cumplir con ciertas especificaciones. Estas especificaciones son: una longitud mínima por cordón que se indica en la tabla 2.2 con una tolerancia positiva de 0.5 mm y dependiendo de la función del cordón este puede ser de seguridad (como ejemplo están los cordones 4 y 13 que unen la cápsula para cinturón de seguridad a la pata chica) y se representan con una “D” en la tabla 2.2. Según SIU [1] la aplicación de los cordones de soldadura llevan una secuencia que debe seguirse para evitar deformaciones en la lámina metálica por efecto de las altas temperatura ocupadas en el proceso de soldadura. Las figuras 3 a 17 muestran una ayuda visual de la secuencia a seguir en la aplicación de los cordones de soldadura, así como la longitud de cada cordón y si este es de seguridad (D) o no. La figura 2.3 muestra los 2 primeros cordones, que refuerzan el ensamble tubo-riel. La figura 2.2 muestra el primer cordón (3) que une la pata túnel.

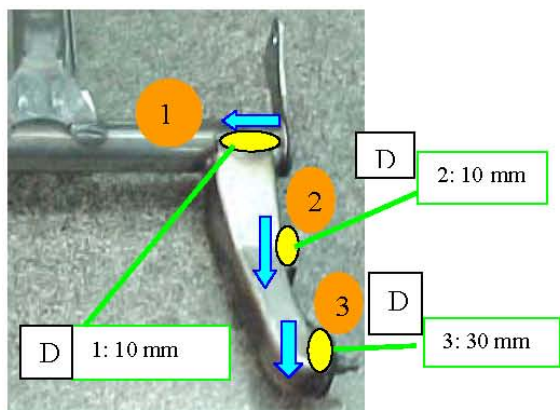


Figura 2.2.- Cordones 1, 2 y 3.

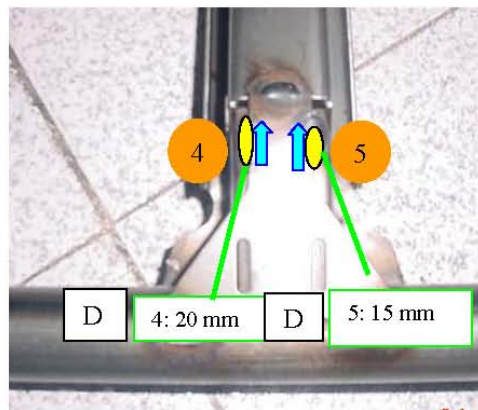


Figura 2.3.- Cordones 4 y 5.

chica al tubo-riel, los cordones 2 y 3 unen la cápsula para cinturón y la cápsula túnel a la pata chica.

El cordón 9 une la cápsula puerta con la pata larga como se muestra en la figura 2.4 y los cordones 6,7 y 8 unen la pata larga al tubo-riel según se muestra en la figura 2.5

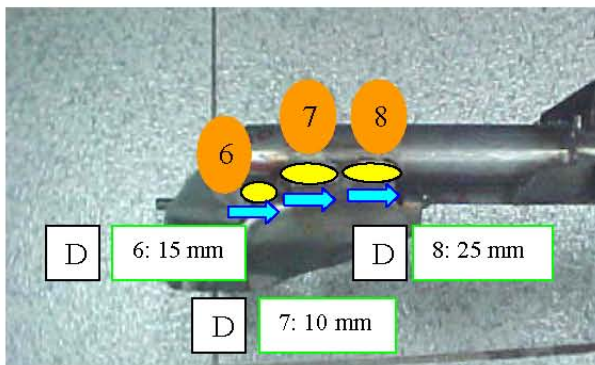


Figura 2.4.- Cordon 6,7 y 8.

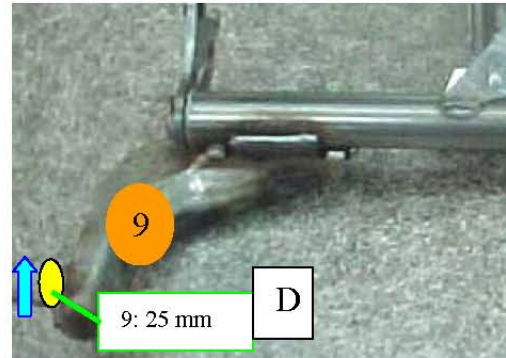


Figura 2.5.- Cordones 9.

La cápsula puerta es reforzada a la pata larga con el cordón 11 como se muestra en la figura 2.6, nótese que los cordones que unen la cápsula puerta a la pata larga son el cordón 6 y el cordón 11. El cordón 10 se aplica para reforzar la cápsula túnel con la pata chica y este cordón junto al cordón 5 cumplen con la función de mantener unida la cápsula túnel a la pata chica tal como se muestra en la figura 2.7.

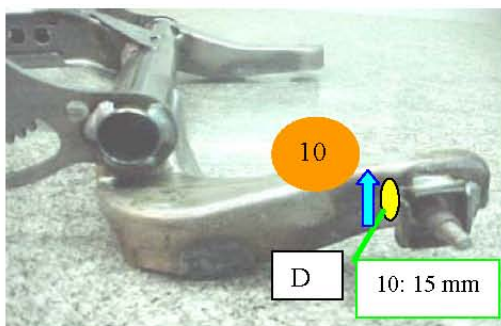


Figura 2.6.- Cordon 10

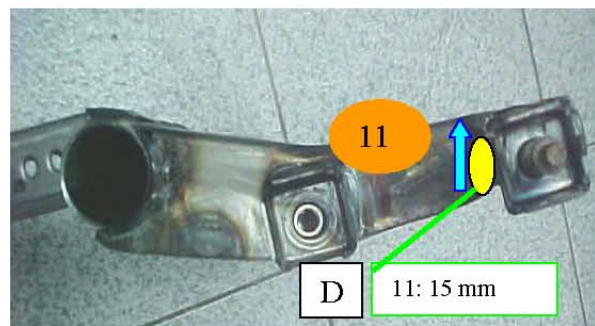


Figura 2.7.- Cordon 11.

El cordón 12 es el tercer cordón encargado (el primero fue el 5 y seguido del cordón 11) de reforzar la unión de la cápsula túnel a la pata chica como se muestra en la figura 2.8. En la

figura 2.9 se presenta el cordón 13 como refuerzo del cordón 4 en la unión de la cápsula para cinturón a la pata chica.

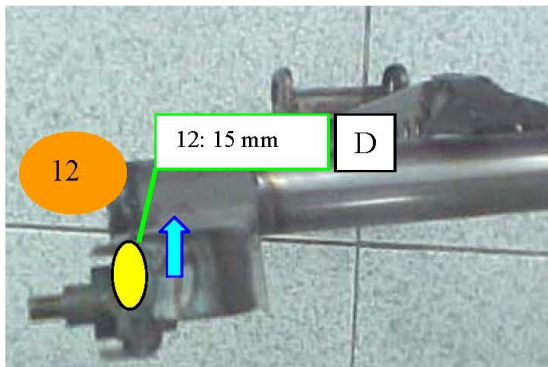


Figura 2.8.- Cordón 12

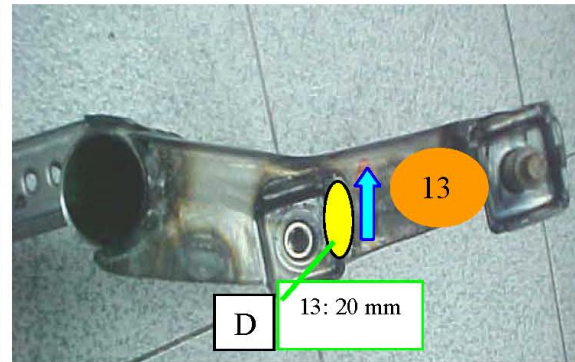


Figura 2.9.- Cordón 13.

Los cordones 14 y 15 unen de manera radial la pata chica con el tubo-riel como se muestra en la figura 2.10, note que en total son 3 cordones (cordones 3, 14 y 15) los que unen la pata chica al tubo-riel. Para reforzar a los cordones 7, 8 y 9 se aplican los cordones 16 y 17 y así se garantiza la unión de la pata larga al tubo-riel como se muestra en la figura 2.11.

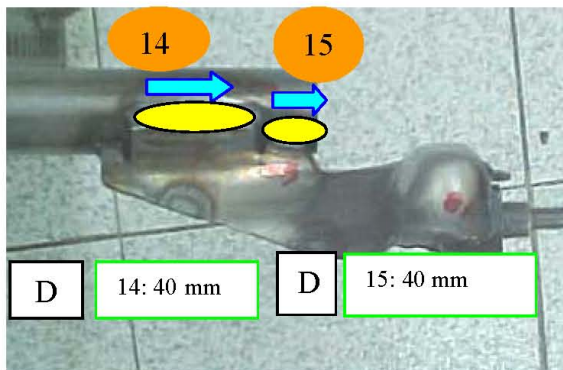


Figura 2.10.- Cordones 14 y 15.

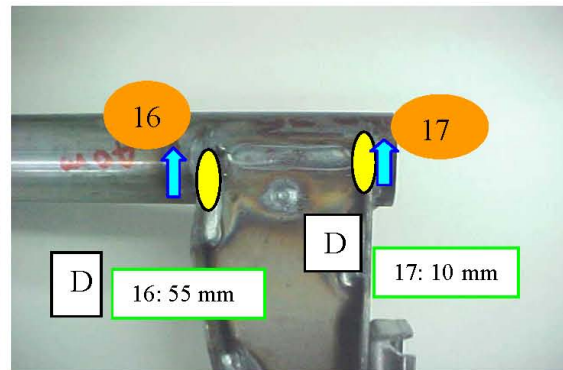


Figura 2.11.- Cordones 16 y 17.

La figura 2.12 muestra el cordón 18 que es el tercer cordón encargado (el primero fue el 6 y seguido del cordón 10) de reforzar la unión de la cápsula puerta a la pata larga. El cordón 19 refuerza la unión de la pata chica al tubo-riel como se muestra en la figura 2.13.

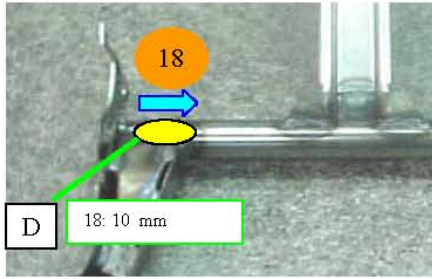


Figura 2.12.- Cordón 18.

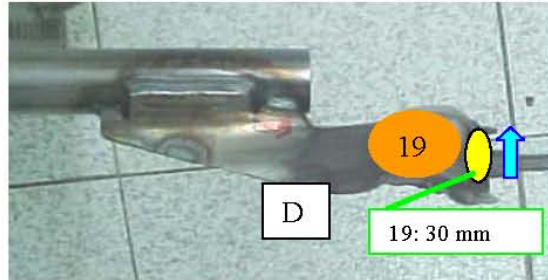


Figura 2.13.- Cordón 19.

El cordón 20 es un cordón radial que refuerza la pata larga al tubo-riel como se ve en la figura 2.14. En la figura 2.15 se muestran los 5 cordones (21-25) que unen el refuerzo pata chica a la pata chica.

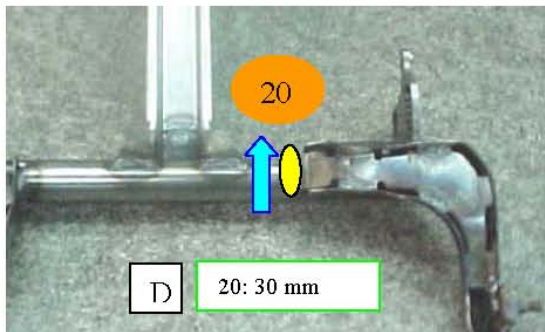


Figura 2.14.- Cordón 20.

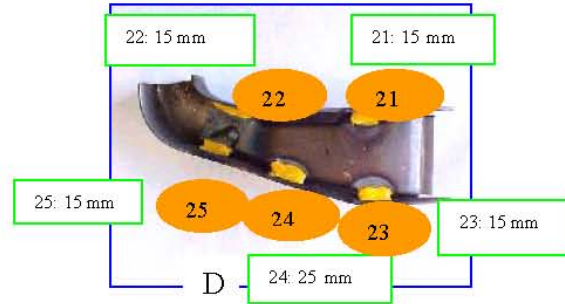


Figura 2.15.- Cordones 21, 22, 23, 24 y 25.

Los cordones 26 a 33 son aplicados para unir el refuerzo de la pata larga a la pata larga como se muestra en la figura 2.16.

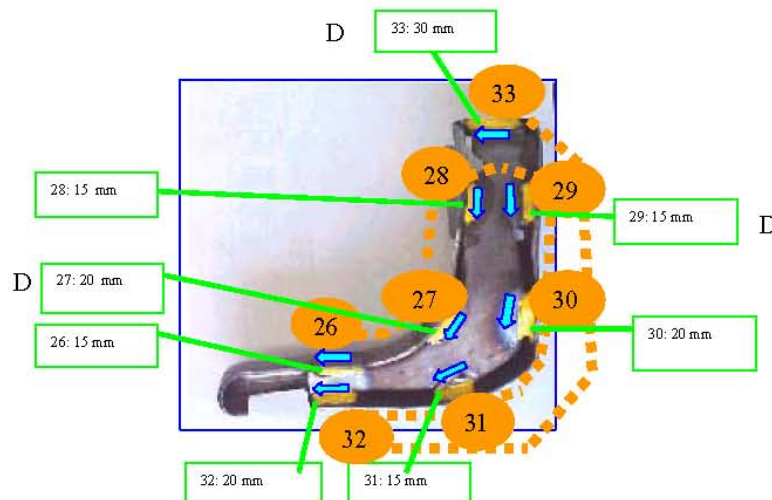


Figura 2.16.- Cordones 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 y 33.

Al momento de aplicar la soldadura el cliente no especifica si el cordón debe de ser de empuje (soldadura aplicada en contra del sentido de desplazamiento del brazo robot) o arrastre (soldadura aplicada en el mismo sentido de desplazamiento del brazo del robot) como se observa en tabla 2.2, lo que si exige es que no se afecte la geometría de la pieza (por lo que se debe de seguir la secuencia de soldadura descrita anteriormente) y que se cumpla con una penetración ≥ 0.2 mm en la lámina más delgada de la pieza. En la pieza hay láminas de 1.4 y 1.9 de espesor, siendo 1.4 el espesor crítico.

Tabla 2.2.- Especificación sobre la longitud de los 33 cordones aplicados al “Sub-ensamble inferior del SU-V6”, así como el tipo y si es de seguridad o no.

CORDÓN				
No.	Longitud (mm)	Tolerancia (mm)	Tipo	Especificación
1	10	+5	Empuje ó Arrastre	D
2	10	+5	Empuje ó Arrastre	D
3	30	+5	Empuje ó Arrastre	D
4	20	+5	Empuje ó Arrastre	D
5	15	+5	Empuje ó Arrastre	D
6	15	+5	Empuje ó Arrastre	D
7	10	+5	Empuje ó Arrastre	D
8	25	+5	Empuje ó Arrastre	D
9	25	+5	Empuje ó Arrastre	D
10	15	+5	Empuje ó Arrastre	D
11	15	+5	Empuje ó Arrastre	D
12	15	+5	Empuje ó Arrastre	D
13	20	+5	Empuje ó Arrastre	D
14	40	+5	Empuje ó Arrastre	D
15	40	+5	Empuje ó Arrastre	D
16	55	+5	Empuje ó Arrastre	D
17	10	+5	Empuje ó Arrastre	D
18	10	+5	Empuje ó Arrastre	D
19	30	+5	Empuje ó Arrastre	D
20	30	+5	Empuje ó Arrastre	D
21	15	+5	Empuje ó Arrastre	-
22	15	+5	Empuje ó Arrastre	D
23	15	+5	Empuje ó Arrastre	-
24	25	+5	Empuje ó Arrastre	-
25	15	+5	Empuje ó Arrastre	-
26	20	+5	Empuje ó Arrastre	-
27	15	+5	Empuje ó Arrastre	-
28	20	+5	Empuje ó Arrastre	-
29	15	+5	Empuje ó Arrastre	D
30	15	+5	Empuje ó Arrastre	-
31	20	+5	Empuje ó Arrastre	D
32	15	+5	Empuje ó Arrastre	-
33	30	+5	Empuje ó Arrastre	D

2.3 Descripción del proceso.

De acuerdo a SIU [2] la operación del sub-ensamble inferior trasero en la celda de trabajo, es realizada por el operario en turno, el cual debe seguir los siguientes pasos: la puesta a punto del equipo y después proceder con la secuencia de carga para finalizar con la aplicación de soldadura.

La puesta a punto del equipo consiste en:

1. Abrir hasta el tope la válvula de mezcla de gas girando la perilla en el sentido de las manecillas del reloj (así queda controlada la cantidad) como se muestra en la figura 2.17.

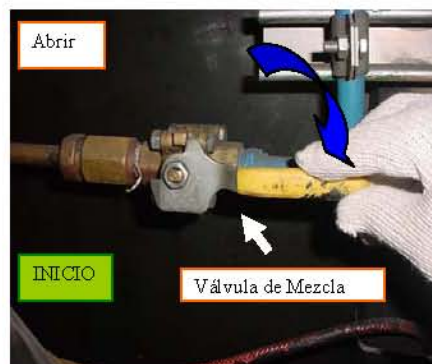


Figura 2.17.- Perilla de la válvula de gas.

2. Girar perilla de flujómetro de mezcla de gas para establecer un rango de 30 a 40 pie^3/hr . Al aplicar soldadura usando un robot, el balín del flujómetro deberá estar dentro de las marcas amarillas tal como se muestra en la figura 2.18.



Figura 2.18.- Perilla de flujómetro de mezcla de gas. Balín debe estar dentro del rango del flujo establecido (marcas amarillas)

3. Verificar que el equipo se encuentre energizado como se muestra en la figura 2.19



Figura 2.19.- Palanca de encendido. Figura 2.20.- Botón rojo 1.

4. Jalar los botones rojos 1 y 2 de los paros de emergencia como se muestra en las figuras 2.20 y 2.21 respectivamente y el botón número "4" del panel de control del operario que se ilustra en la figura 2.22 (botones 1-3 controlan el herramienta).



Figura 2.21.- Botón rojo 2.

Figura 2.22.- Panel de control del operario

5. Verificar que la puerta de la celda se encuentre cerrada (ver figura 2.23).



Figura 2.23.- Puerta de la celda.

6. Ir a la pantalla del equipo y seleccionar misceláneos y después producción como se muestra en la figura 2.24.
7. Aplicar un “reset” en el panel de control del operario botón "1", "2" y "3" (ver figura 2.22).
8. Arrancar motores en el controlador que se ilustra en la figura 2.25.



Figura 2.24.- Pantalla del equipo.



Figura 2.25.- Controlador.

9. Dar comandos en la pantalla para mover el robot al punto de seguridad.
10. En este momento el robot esta puesto en automático y sigue la programación del departamento de robótica.
11. Revisar que el herramental este limpio, libre de rebabas y/o filos cortantes en las zonas de contacto de los componentes.

La secuencia de carga deberá de realizarla el operador de la siguiente manera:

1. Tomar la pata chica con la mano izquierda y la pata larga con la derecha del “rack” (contenedor de piezas pequeño aproximadamente 30 x 90 cm.) de materia prima, y colocarlo en el herramental de acuerdo a pines de localización como se muestra en las figuras 2.30 y 2.31 respectivamente.

2. Tomar refuerzo pata larga con la mano izquierda y el refuerzo pata chica con la derecha del “rack” de materia prima, y colocarlo dentro de la pata chica y larga según el caso como se muestra en las figuras 2.26 y 2.27.



Fig. 2.26.- Pata larga con refuerzo.

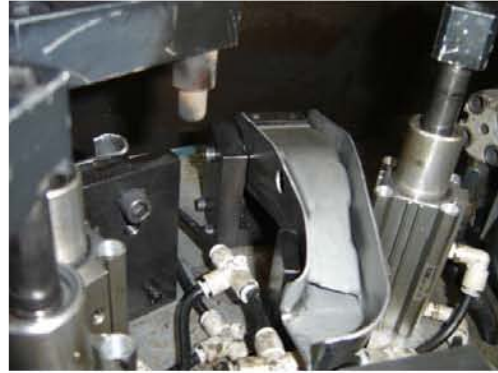


Fig. 2.27.- Pata chica con refuerzo.

3. Tomar la cápsula para cinturón y la cápsula túnel con la mano derecha y con la mano izquierda tomar la cápsula puerta del “rack” de materia prima, y colocarlos en el herramental de acuerdo a pines de localización como se ilustra en las figuras 2.28 y 2.29.



Fig. 2.28.- Cápsula para cinturón.



Fig. 2.29.- Cápsula puerta.

4. Presionar botones 1 y 2 que se ilustran en la figura 2.30, verificando que los “clamps” (abrazadera neumática que utiliza el herramental para evitar se muevan las piezas) se hayan cerrado en la zona de las patas y refuerzos y en la zona de las cápsulas. La figura 2.31 muestra la cápsula puerta dentro del herramental y la figura 2.32 ilustra como el operario verifica que los “clamps” hayan sujetado la zona de las cápsulas.

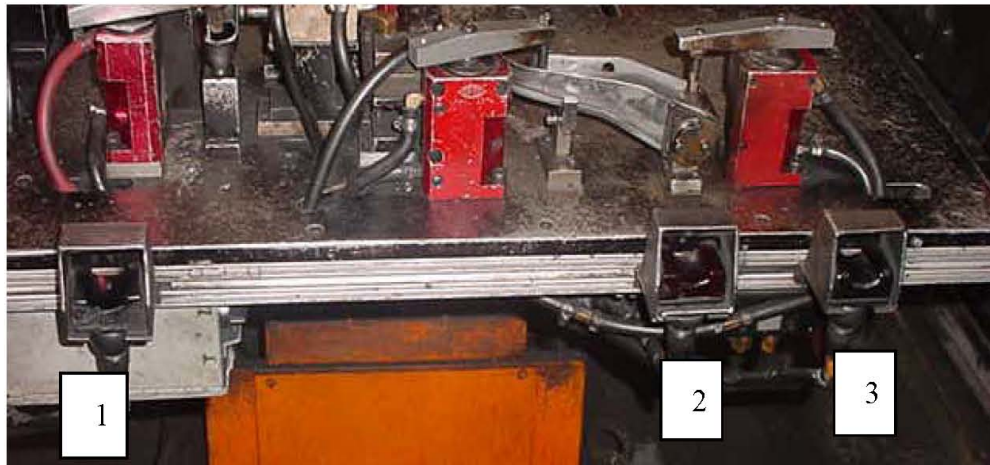


Fig. 2.30.- Panel de control del operario.



Figura 2.31.- Cápsula puerta



Figura 2.32.- “Clamps” en la zona de cápsulas.

5. Tomar el riel-tubo y colocarlo en el herramental de acuerdo a pines de localización como se muestra en la figura 2.33.

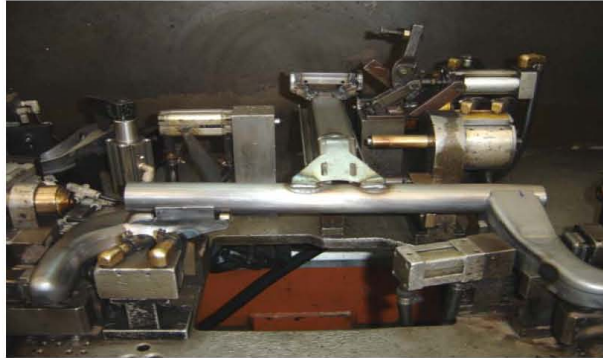


Figura 2.33.- Tubo-riel dentro de herramental.

Secuencia de proceso:

1. Seguir los 11 pasos de la puesta a punto del equipo
2. Seguir la secuencia de carga
3. Presionar 3 veces los botones 1 y 2 que se muestran en la figura 2.30 para cerrar “clamps”, verificando el ajuste de los “clamps” en los componentes.
4. Presionar botones 1 y 2 del panel de control para accionar modo automático y que gire la mesa 1 e iniciar ciclo de soldadura.
5. Repetir la secuencia de carga para la mesa 2.
6. Al girar la mesa al término del ciclo de soldadura, presionar los botones 1 y 3 para abrir los “clamps” y liberar la pieza.
7. Inspeccionar visualmente la pieza y checar que los 33 cordones no sean intermitentes. Al azar, el inspector de calidad tomará una pieza para verificar si cumple con la geometría utilizando una mesa “pasa - no pasa”.
8. Colocar el sub-ensamble inferior trasero en la rampa.
9. Repetir los pasos anteriores hasta terminar la producción y/o término del turno.

2.4 Estado actual del proceso

Según el SIU [3] la producción del “sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6” se realiza de lunes a sábado, repartida en tres turnos por día. Los primeros dos turnos cubren un horario de tiempo completo (7.5 hrs. efectivas) y el tercero sólo trabaja 2.5 horas para cumplir un promedio de 17.5 horas al día de lunes a viernes, pues los sábados se labora medio día.

Cada operario realiza su puesta a punto del equipo y en promedio un operario de tiempo completo debe concluir 158 piezas por turno y 53 piezas el operario del tercer turno. En un día normal de trabajo se debe concluir con una producción de 368 piezas aunque los últimos reportes mensuales demuestran que en realidad se está ocupando más tiempo para obtener la producción deseada, pues se producen 4 piezas menos por día en el tiempo programado.

De acuerdo a la cifra anterior se producen 368 piezas diarias, lo que equivale a 2,205 piezas por semana (6 días hábiles) y un total de 108,780 piezas por año (296 días laborables).

2.4.1 Definición del problema

El inspector de calidad de la línea lleva acabo la tarea de cerciorarse que la pieza cumpla con la geometría requerida. Para realizar esta revisión, el inspector toma la primera pieza de cada turno y la coloca sobre una mesa con las dimensiones deseada de la pieza, donde se observa si la pieza cumple con las especificaciones geométricas y autoriza la producción poniendo dicha pieza en un bastidor metálico que contiene un letrero con los siguientes datos:

- Clave de la pieza

- Descripción
- Operación
- Fecha
- Hora
- Operador
- Turno
- Aprobación

Aunque la pieza tiene una inspección de calidad de geometría como se mencionó anteriormente, actualmente no se tiene control del consumo de hilo de soldadura (metros ó kilogramos) por pieza y por tanto se desconoce la cantidad de material utilizada, provocando una falla potencial del proceso ya sea puede existir un sobreproceso para exceder las expectativas del cliente ó aún más grave al no cumplir con las especificaciones de longitud de cordones de seguridad exigidas por el cliente.

Por otra parte llegó la recomendación de Sistemas Universales Asia de ahorrar recursos de aporte de soldadura en la planta de SIU siguiendo la metodología “Six Sigma”. Pues Sistemas Universales Asia [4] en su planta de China consume anualmente 5, 046,468 metros de hilo de soldadura en sus procesos, pero después de utilizar la metodología “Six Sigma” lograron reducirlo un 18%, que equivale a un ahorro de 908,364 metros por año.

Así surge por parte del departamento de “Mejora Continua” de la planta de SIU el objetivo de optimizar el consumo de recursos de aporte de soldadura en la fabricación del “sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6” aplicado por el robot 9 de dicha planta. De acuerdo a SIU [5] los parámetros de la tabla 2.3 se encuentran controlados

gracias a un estudio previo realizado por el departamento de “Mejora Continua”. Pero no se tiene ningún control sobre las longitudes de los cordones de acuerdo a la especificación del cliente, convirtiéndose así en el objetivo principal de estudio para ahorrar material de recursos de soldadura utilizando la metodología “Six Sigma”.

Tabla 2.3 Parámetros controlados en el proceso de aplicación de soldadura en el Robot 9 de la planta de SIU.

Parámetro	Cantidad	Rango
Voltaje	24 V	23.5-25 V
Velocidad de alimentación de hilo	6 mm/s	5.5-6.5 mm/s
Tiempo de aplicación	0.15 segundos	0.1-0.2 segundos
Velocidad de desplazamiento de la antorcha	9mm/s	7-11 mm/s

Para poder cuantificar el ahorro que resultará de la realización de esta tesis, se consultó con el proveedor de materia prima en concepto de hilo de soldadura (se utiliza un hilo de soldadura denominado “Soldamatic MW 160” de calibre 1.2 mm, y este es entregado en tambos certificados por el proveedor y auditados por SIU de aproximadamente 250 kg), y se obtuvo el dato que anualmente se ocupan 5,384 kg de hilo de soldadura para el robot 9 de la planta SIU, lo que equivale a 872,306 metros de hilo (ocupando el factor de conversión de 1kg =162 metros, proporcionado por el proveedor de hilo de soldadura). El kilogramo de hilo de soldadura tiene un costo de 1.419 dólares, que multiplicado por el consumo anual de la planta SIU para el robot 9 da un costo total anual de 7,640 dólares. El objetivo principal de esta tesis es optimizar los recursos de soldadura de aporte con una reducción mínima del 10% que transformado en beneficios económicas equivale a:

764 dólares anuales de ahorro duro (ahorro duro significa que la planta SIU dejará de gastar dicha cantidad anualmente) eso sin considerar los demás recursos como son el CO₂ y la energía eléctrica (que no se tiene el dato actual de consumo pero se presentará al final de esta tesis los beneficios obtenidos). También habrá un ahorro suave (ahorro suave equivale a los recursos que no puede dejar de gastar SIU pero puede ocuparlos en otras actividades como es la disponibilidad del operario cuantificado en horas hombre) que se cuantificará al término del proyecto.

2.4.2 Identificación de variables potenciales

Ya que se determinó que el objetivo principal es el ahorro de recursos de soldadura mediante el control y cumplimiento de las longitudes de los 33 cordones aplicados al “sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6”. Es necesario ubicar todas las variables potenciales ($X_{potencial}$) que afectan el proceso y al momento de analizarlas, se observará si existe una relación considerable respecto al objetivo o no y así ir descartando las variables no son relevantes de las que si son significativas ($X_{significativa}$).

Una lluvia de ideas es útil para considerar todas estas $X_{potenciales}$ y así no excluir u omitir alguna que tenga la categoría de $X_{significativa}$. Al observar el proceso surgen condiciones que aparentemente afectan la variabilidad en la longitud de los cordones del “sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6”. Después de una lluvia de ideas se obtienen las siguientes $X_{potenciales}$ las cuales se analizarán más adelante:

1. Cordones de arrastre varían en longitud respecto a los de empuje.
2. El plan de control de soldadura no contempla longitud de cordón.
3. Con el fin de garantizar las especificaciones, se exceden las longitudes.

4. El brazo del robot aplica cordones con longitudes mayores, al no respetar los puntos de inicio y fin de aplicación del cordón programados en el “software” del robot.
5. Posición incorrecta de cordón de soldadura en la pieza metálica.
6. Variación en proceso de troquelado de los elementos provoca que se aplique más soldadura de la necesaria, porque deja pequeñas cavidades donde se filtra la soldadura al ser aplicada.
7. Las Hojas de Descripción de procesos [1] no especifican las tolerancias en la longitud de los cordones.
8. Se asume que al principio y fin de la aplicación de soldadura se podría no cumplir con la especificación del cliente (por ser puntos críticos donde no se alcance la penetración mayor a 0.2 mm) y por eso se excede las longitudes de los cordones para garantizar su satisfacción.
9. Desgaste en el herramental.
10. Desconocimiento de las especificaciones por parte del personal de robótica.
11. El inspector de calidad no libera la longitud de cordones después de ajustes o mantenimiento en el robot.
12. Al momento de hacer mantenimiento o ajustes al robot, no se considera la secuencia de aplicación de soldadura predeterminada.