

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DETERMINACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA
PLANTA DE FACILIDADES DE PRODUCCIÓN SERTECPET
PARA LA ELABORACIÓN DE RECIPIENTES A PRESIÓN BAJO
NORMA ASME Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

ESTEBAN RAFAEL VALLEJO CULQUI
estebanvallejo89@gmail.com

DIRECTOR: ING. JAIME ALFONSO CALDERÓN SEGOVIA
Jaime.alfonso@epn.ed.ec

QUITO, Noviembre 2013

DECLARACIÓN

Yo, Esteban Rafael Vallejo Culqui declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la Normativa Institucional Vigente.

Esteban Rafael Vallejo Culqui

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Esteban Rafael Vallejo Culqui, bajo mi supervisión.

ING. JAIME ALFONSO CALDERÓN SEGOVIA
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por haberme guiado durante todo este tiempo estudiantil, ya que no me dejó caer en tentaciones.

A mi familia por apoyarme en todo momento y mostrarme que no importa dónde nos encontremos, yo siempre podré contar con ellos.

De una manera muy especial le agradezco al Ingeniero José Pozo (Pepe), quien siempre me brindó una mano en todo momento, no sé cómo pagarte todo lo que has hecho por mí.

A mis incomparables amigos por saberme comprenderme en todos los momentos difíciles y alegres de mi vida, gracias a ustedes por brindarme su sincera amistad. Los llevaré en mi corazón por siempre.

A mis Ángeles en el cielo que me protegen a cada paso que doy, gracias a sus enseñanzas que me dieron de pequeño ahora estoy cosechando aquello.

A mi abuelito que aún tengo la dicha de tenerlo a mi lado, gracias a él que siempre me enseñó el valor de la amistad, sinceridad y honradez ante todo.

A la Escuela Politécnica Nacional y de manera especial a la Carrera de Ingeniería en Petróleos y al personal que la conforma.

Al Ingeniero Jaime Calderón por la apertura brindada para que este sueño se hiciera realidad, por compartir sus conocimientos y ser una persona muy paciente y comprometida con su trabajo.

A la empresa SERTECPET S.A. que me dio su confianza para realizar este proyecto de titulación, el cual cumple con las expectativas que me requirieron.

Por último a mi pandilla de primos que siempre nos hemos apoyado y estado en todo momento juntos, gracias muchachos.

Esteban

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi gran tesoro SANDRA Y KARINA, siempre me han apoyado en los momentos más difíciles y no se diga en los buenos.

De ellas aprendí los grandes valores que ahora tengo el gusto de decir, me enorgullezco de esto.

Este triunfo es para ustedes, gracias por todo.

Esteban

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA.....	IV
RESUMEN.....	XV
PRESENTACIÓN	XVII
CAPITULO I.....	1
1 GENERALIDADES.....	1
1.1 PROCESOS DE CORTE DE METALES.....	1
1.1.1 PROCESOS DE CORTE TÉRMICO EN METALES.....	2
1.1.1.1 Corte Con Oxígeno.	2
1.1.1.2 Corte con fundente químico (FOC)	3
1.1.1.3 Corte con lanza de oxígeno (LOC).....	3
1.1.1.4 Corte con polvo metálico (POC).....	4
1.1.1.5 Corte con gas oxi-combustible (OFC)	5
1.1.2 CORTE POR DESCARGA ELÉCTRICA Y ARCO ELÉCTRICO.	6
1.1.2.1 Corte Por Descarga Eléctrica Con Alambre (Edwc).	6
1.1.2.2 Corte Por Arco Eléctrico (Ac).	7
1.1.2.2.1 Corte por arco de oxígeno (AOC).....	7
1.1.2.2.2 Corte por arco con electrodo de carbono (CAC).	8
1.1.2.2.3 Corte por arco con electrodo de carbono y aire (CAC-A).....	8
1.1.2.2.4 Corte por arco con electrodo revestido (SMAC).....	9

1.1.2.2.5	Corte por arco de plasma (PAC).....	10
1.1.3	CORTE TÉRMICO POR HAZ.....	11
1.1.3.1	Corte Con Haz De Electrones (Ebc).....	11
1.1.3.2	Corte Por Haz De Laser (Lbc).....	11
1.2	PROCESOS DE ROLADO DE METALES.....	12
1.2.1	DEFINICIÓN.....	13
1.2.2	PROCESOS DE ROLADO.....	14
1.2.2.1	Rolado De Planos.....	14
1.2.2.2	Rolado De No Planos.....	15
1.2.3	EQUIPOS DE ROLADO.....	16
1.2.3.1	Roladora De Tres Rodillos.....	16
1.2.3.1.1	Roladora tipo PINCH.....	17
1.2.3.1.2	Roladora tipo ZAPATO TSIH.....	17
1.2.3.1.3	Rolado manual.....	18
1.2.3.2	Roladoras De Cuatro Rodillos.....	19
1.2.3.2.1	Roladora Neumática.....	19
1.2.3.2.2	Roladora Hidráulica.....	20
1.3	PROCESOS DE UNIÓN DE METALES.....	20
1.3.1	CLASIFICACIÓN.....	22
1.3.1.1	Soldadura Eléctrica Por Arco.....	24
1.3.1.2	Soldadura Fuerte.....	24
1.3.1.3	Soldadura Blanda.....	24
1.3.1.4	Soldadura Oxigas.....	25
1.3.1.5	Soldadura Eléctrica Por Resistencia.....	25

1.3.1.6	Soldadura Por Presión.	25
CAPITULO 2.....		26
2	PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....	26
2.1	PROCESOS DE CORTE.	26
2.1.1	PLASMA.	26
2.1.1.1	Generalidades.	26
2.1.1.2	Principio De Funcionamiento.....	26
2.1.1.3	Equipos Utilizados.....	28
2.1.1.4	Ventajas Y Desventajas Del Proceso.....	29
2.1.2	OXICORTE.....	30
2.1.2.1	Generalidades.	30
2.1.2.2	Principio De Funcionamiento.....	30
2.1.2.3	Equipos Utilizados.....	31
2.1.2.4	Ventajas Y Desventajas Del Proceso.....	32
2.2	PROCESO DE BAROLADO.	32
2.2.1	GENERALIDADES.	32
2.2.2	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	33
2.2.3	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROCESO.	34
2.3	PROCESOS DE SOLDADURA.....	34
2.3.1	SOLDADURA POR ARCO DE METAL PROTEGIDO (SMAW).....	34
2.3.1.1	Generalidades.	34
2.3.1.2	Principios De Funcionamiento.....	36
2.3.1.3	Ventajas Y Desventajas Del Proceso.....	36
2.3.2	SOLDADURA CON ARCO DE TUNGSTENO Y GAS (GTAW).....	37

2.3.2.1	Generalidades	37
2.3.2.2	Principio De Funcionamiento.....	38
2.3.2.3	Ventajas Y Desventajas Del Proceso.....	40
2.3.3	SOLDADURA POR ARCO CON NÚCLEO DE FUNDENTE (FCAW). 41	
2.3.3.1	Generalidades	41
2.3.3.2	Principios De Funcionamiento.....	41
2.3.3.3	Ventajas Y Desventajas.	42
2.3.4	SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO (SAW).....	43
2.3.4.1	Generalidades	43
2.3.4.2	Principios De Funcionamiento.....	44
2.3.4.3	Ventajas Y Desventajas.	46
CAPITULO 3.....		47
3	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS EQUIPOS DE PLANTA.	47
3.1	EQUIPOS EN PLANTA.....	47
3.2	ANÁLISIS DE DEPRECIACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	48
CAPITULO 4.....		51
4	ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN.	51
4.1	COSTO DE OPERACIÓN	52
4.1.1	COSTOS DE OPERACIÓN DE CORTE.....	52
4.1.1.1	Costo de operación para el proceso corte por plasma	52
4.1.1.1.1	Costo de insumos.	52
4.1.1.1.2	Costo de energía eléctrica.	53
4.1.1.1.3	Costo de aire comprimido.	54
4.1.1.2	Costos de operación para el proceso corte oxiacetilénico	55

4.1.1.2.1	Costo de boquillas.....	55
4.1.1.2.2	Costo de gases	55
4.1.2	COSTOS DE OPERACIÓN DE BAROLADO	56
4.1.2.1	Costo De Energía Eléctrica.	56
4.1.3	COSTOS DE OPERACIÓN DE SOLDADURA	57
4.1.3.1	Calculo de metal necesario.	57
4.1.3.2	Costos De Materiales Consumibles	68
4.1.3.2.1	Fundentes	68
4.1.3.2.2	Gas de protección.....	69
4.1.3.3	Factor Operador.....	73
4.1.3.4	Costos de la energía eléctrica.....	75
4.2	COSTO DE MANO DE OBRA.....	76
4.3	COSTOS GENERALES	78
CAPITULO 5.....		80
5	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....	80
5.1	CÁLCULO DE COSTOS DEL PROCESO DE CORTE.....	80
5.1.1	CORTE POR PLASMA.....	80
5.2	CÁLCULO DE COSTO DEL PROCESO DE BAROLADO.....	85
5.3	CÁLCULO DE COSTOS DEL PROCESO DE SOLDADURA.....	90
5.3.1	PROCESOS DE ELECTRODO CONTINUO.....	90
5.3.1.1	Proceso FCAW.....	90
5.3.1.2	Proceso SAW.....	97
5.3.2	PROCESO DE ELECTRODO SOLIDO.....	103
5.3.2.1	Proceso SMAW.....	103

5.3.2.2 Proceso GTAW	108
CAPITULO 6.....	114
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFIA.....	116
ANEXOS	119
ANEXO 1	120
ANEXO 2	121
ANEXO 3	122
ANEXO 4	123
ANEXO 5	124
ANEXO 6	125
ANEXO 7	126
ANEXO 8	127
ANEXO 9	128
ANEXO 10	129

INDICE DE TABLAS

Tabla 3-1	Equipos existentes en la planta ASME SERTECPET S.A.....	47
Tabla 3-2	Depreciación por línea recta Maquina Cortadora.....	49
Tabla 3-3	Depreciación por línea recta Maquina Baroladora	50
Tabla 3-4	Depreciación por línea recta Soldadora SAW	50
Tabla 3-5	Depreciación por línea recta Soldadora Multiprocesos.....	50
Tabla 4-1	Áreas y volúmenes de depósitos de metal de soldadura.....	58
Tabla 4-2	Áreas y pesos del depósito de metal de soldadura.....	60
Tabla 4-3	Rendimiento de Aportación.....	65
Tabla 4-4	Longitud por peso de electrodo sólido en varios tipos y tamaños. ...	67
Tabla 4-5	Consumo de fundente.....	69
Tabla 4-6	Flujo de gas por unidad de tiempo.....	70
Tabla 4-7	Factor operador.....	74
Tabla 4-8	Factores de la empresa eléctrica.....	76
Tabla 5-1	Cuadro de costos unitarios Corte por PLASMA.....	83
Tabla 5-2	Resultado proceso por plasma.....	84
Tabla 5-3	Cuadro de costos unitarios proceso BAROLADO.....	88
Tabla 5-4	Resultado proceso por BAROLADO.....	88
Tabla 5-5	Cuadro de costos unitarios proceso FCAW.....	94
Tabla 5-6	Resultados para el proceso FCAW.....	95
Tabla 5-7	Cuadro costos unitarios proceso SAW	100
Tabla 5-8	Resultados del proceso SAW	101
Tabla 5-9	Cuadro procesos unitarios proceso SMAW.....	106
Tabla 5-10	Resultados del proceso SMAW.....	106
Tabla 5-11	Cuadro procesos unitarios proceso GTAW.....	111
Tabla 5-12	Resultados del proceso SMAW.....	112

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 4-1	Velocidad de aportación SMAW.....	71
Ilustración 4-2	Velocidad de aportación SAW.....	71
Ilustración 4-3	Velocidad de aportación MIG sólido.....	72
Ilustración 4-4	Velocidad de aportación FCAW con protección.	72
Ilustración 4-5	Factor de operación.	75
Ilustración 5-1	Costo por tonelada corte por plasma.	84
Ilustración 5-2	Costo por tonelada del corte por plasma. (Ecuación de la curva)	85
Ilustración 5-3	Costo por tonelada BAROLADO.....	89
Ilustración 5-4	Costo por tonelada del BAROLADO. (Ecuación de la curva)....	89
Ilustración 5-5	Costo metro lineal por suelda con proceso FCAW.....	96
Ilustración 5-6	Costo por metro lineal del proceso FCAW. (Ecuación de la curva)	96
Ilustración 5-7	Costo metro lineal por suelda con proceso SAW.....	102
Ilustración 5-8	Costo por metro lineal del proceso SAW. (Ecuación de la curva)	102
Ilustración 5-9	Costo metro lineal por suelda con proceso SMAW.....	107
Ilustración 5-10	Costo por metro lineal del proceso SMAW. (Ecuación de la curva)	107
Ilustración 5-11	Costo metro lineal por suelda con proceso SMAW.....	112
Ilustración 5-12	Costo por metro lineal del proceso GTAW. (Ecuación de la curva)	113

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Corte con lanza de oxígeno.....	4
Figura 1-2	Corte con gas oxi-combustible.....	5
Figura 1-3	Corte por descarga eléctrica con alambre.....	6
Figura 1-4	Corte AOC con electrodo tubular.....	8
Figura 1-5	Hendidura con arco de electrodo de carbono y aire.....	9
Figura 1-6	Corte por arco de electrodo metálico recubierto.....	10
Figura 1-7	Corte por arco de plasma.....	10
Figura 1-8	Corte con haz de electrones.....	11
Figura 1-9	Corte por haz laser.....	12
Figura 1-10	Proceso de rolado.....	13
Figura 1-11	Lámina metálica de trabajo pre curvado.....	14
Figura 1-12	Lámina Metálica de trabajo Rolada.....	14
Figura 1-13	Fabricación de cilindros para tanques.....	15
Figura 1-14	Fabricación de conos para decantadores.....	15
Figura 1-15	Rolado de perfiles para pórticos.....	16
Figura 1-16	Roladora tipo PINCH.....	17
Figura 1-17	Roladora de Zapato IMCAR series TSIH.....	18
Figura 1-18	Roladora Manual.....	18
Figura 1-19	Roladora neumática.....	19
Figura 1-20	Roladora Hidráulica.....	20
Figura 2-1	Temperaturas en el arco de plasma.....	27
Figura 2-2	Diseño de la antorcha.....	27
Figura 2-3	Generador de alta frecuencia.....	28
Figura 2-4	Equipo oxigas.....	31
Figura 2-5	Principio de funcionamiento de una baroladora de 4 rodillos.....	34
Figura 2-6	Equipo de soldadura SMAW.....	35
Figura 2-7	Circuito básico de soldadura.....	35
Figura 2-8	Modo de transferencia TIG.....	38

Figura 2-9	Equipo de proceso GTAW.....	39
Figura 2-10	Circuito básico del proceso de soldadura GTAW.....	39
Figura 2-11	Equipo de proceso FCAW.....	42
Figura 2-12	Equipo de soldadura SAW.....	45
Figura 2-13	Equipo de posicionamiento instalado en planta.....	46

RESUMEN

El presente trabajo busca determinar los costos de producción de recipientes a presión fabricados en la planta ASME de la empresa SERTECPET S.A. ubicada en la ciudad del Coca, para poder realizar una estimación más exacta en un futuro de esta producción de recipientes.

En el primer capítulo se describen de manera general los diferentes procesos a analizarse, sus conceptos y definiciones que rigen los diferentes procesos, conjuntamente con las diferentes opciones para obtener resultados similares a los analizados.

En el segundo capítulos se detalla los procesos que se analizaran en los capítulos siguientes, en estos se encontraran información necesaria que ayudan a entender de mejor manera como son los diferentes procesos analizados, sus componentes y elementos necesarios para su correcto funcionamiento.

En el tercer capítulo se presenta un estudio de depreciación de las diferentes maquinarias en función del tiempo de vida útil que se las considera. Al tratarse de máquinas industriales se estima un tiempo de vida útil de 10 años. Se da el caso que en algunas máquinas el tiempo es más prolongado, pero esto dependerá del mantenimiento preventivo que se realice a las mismas.

En el cuarto capítulo se analiza las diferentes variables a tomar en cuenta para los diferentes procesos productivos, las ecuaciones que se presentan allí son en función del peso de producción y de metros de producción.

Se tiene que estar muy en cuenta del proceso que se va a analizar y seguir los pasos planteados para un pronto y exacto análisis.

En el quinto capítulo se analiza los diferentes procesos planteados y se realizan los diferentes cálculos para cada uno de los procesos, obteniendo así las curvas esperadas en función de los diferentes pesos y espesores trabajados para de

esta manera facilitar en la cotización de productos terminados, en este caso recipientes a presión.

En el sexto capítulo se explica los resultados obtenidos y las recomendaciones respectivas para el aprovechamiento de tiempos en los procesos analizados.

PRESENTACIÓN

SERTECPET S.A. ha visto la necesidad de analizar en detalle los diferentes procesos productivos que involucra en la fabricación de recipientes a presión, por lo que el siguiente proyecto analiza estos procesos y sus factores que intervienen para obtener una construcción rápida y efectiva aprovechando los mejores tiempos en producción.

Los diferentes procesos se realizan en conformidad con códigos internacionales como la ASME IX, código utilizado para los estampes de los diferentes recipientes producidos.

Se analiza en forma explícita y detallada como determinar de una manera fácil y rápida los diferentes procesos que se necesitan realizar para llegar a la construcción de los recipientes a presión.

Este proyecto resuelve los costos por kilogramos y metros lineales, para dar un mejor entendimiento y manejabilidad de los ingenieros en la planta.

CAPITULO I

1 GENERALIDADES

1.1 PROCESOS DE CORTE DE METALES.

Cuando la separación del material se debe principalmente al efecto de las altas temperaturas localizadas sobre una pequeña zona de material, se está frente a procesos de corte térmico. Los procesos de corte térmico se aplican en diferentes campos de la ingeniería mecánica, en la construcción naval, en la tecnología de procesos para la producción de componentes y para la preparación de juntas de soldadura.

Los procesos de corte térmico se clasifican en diferentes categorías de acuerdo con la norma DIN 2310.

- Por la física del proceso de corte.
- Por el grado de mecanización (manual, mecanizado, automático, etc).
- Por el tipo de fuente de energía.

Clasificación según la física del proceso de corte.

- Corte por llama de gas. El material es principalmente oxidado, los productos son limpiados por un flujo de oxígeno.
- Corte por fusión. El material es principalmente fundido y limpiados por un flujo de gas de alta velocidad.
- Corte por haz. El material principalmente es evaporado, este es transportado fuera de la ranura de corte por la expansión creada o por un gas adicional.

Los diferentes recursos energéticos para el corte térmico según la norma DIN 2310 son:

Corte térmico por gas (Oxígeno):

- Corte con fundente químico.....FOC
- Corte con lanza de oxígenoLOC
- Corte con polvo metálicoPOC
- Corte con gas Oxi-combustibleOFC

Corte térmico por descarga eléctrica y arco eléctrico:

- Corte por descarga eléctrica con alambreEDWC
- Corte por arco de oxígeno y acetileno.....OAC
- Corte por arco de electrodo de carbonoCAC
- Corte por arco de electrodo de carbono y aireCAC-A
- Corte por arco de electrodo metálico recubiertoSMAC
- Corte por arco de plasmaPAC

Corte térmico por haz:

- Corte por haz de electronesEBC
- Corte por haz de laserLBC

1.1.1 PROCESOS DE CORTE TÉRMICO EN METALES.

1.1.1.1 Corte Con Oxígeno.

El corte con oxígeno (OAC) abarca un grupo de procesos de corte empleados para separar metales mediante una reacción exotérmica de oxígeno con el metal base, es el procedimiento utilizado industrialmente para seccionar el acero al carbono, en piezas de gran espesor y diferentes formas. En el caso de algunos metales resistentes a la oxidación, la reacción puede facilitarse con el uso de un fundente químico o un polvo metálico.

1.1.1.2 Corte con fundente químico (FOC)

El corte oxi-combustible de aceros inoxidable, de fundiciones, de cobre y sus aleaciones prácticamente es imposible de realizar a causa del insuficiente calor que desprende la llama de gas y de la formación de óxidos difíciles de fundir y otros resistentes a la oxidación, como es el óxido de cromo que impide la continuación del corte.

Para cortar estos metales, al chorro de oxígeno cortante se le añade constantemente fundente químico en polvo, los cuales pueden ser sales de sodio, tales como el carbonato de sodio, el cual desprende al quemarse la cantidad de calor que a su vez reacciona con el óxido de cromo y hace de ellos un compuesto soluble facilitando el corte de estos materiales.

1.1.1.3 Corte con lanza de oxígeno (LOC)

La lanza térmica, como se observa en la figura 1-1, se trata de un tubo de acero al carbono en el cual se transmitirá un alto flujo de oxígeno.

La circulación de oxígeno se da para la ignición del acero, después de esto se corta la circulación y se trabaja con normalidad.

La combustión del tubo produce una reacción exotérmica que libera alta temperatura (3500 °C), este tipo de llama es capaz de fundir cualquier tipo de material sea ferrosos o no ferrosos

Este procedimiento llega a reemplazar a las muy conocidas perforadoras neumáticas y explosivos a un menor costo.

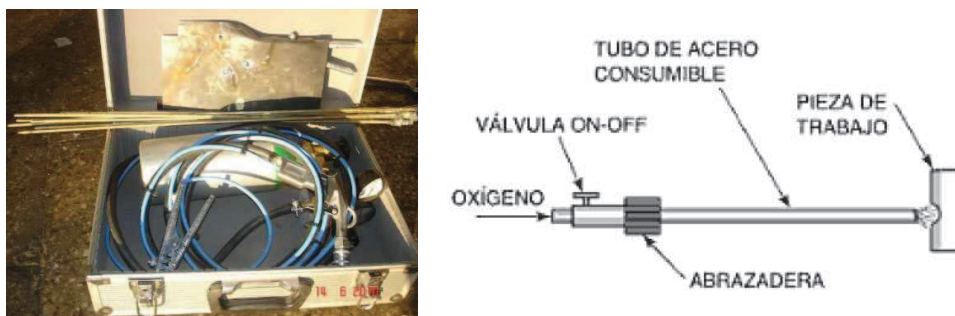


Figura 1-1 Corte con lanza de oxígeno.

1.1.1.4 Corte con polvo metálico (POC)

Con frecuencia, los materiales difíciles de cortar pueden tratarse con técnicas de soplete modificada. De esta manera el corte con polvo metálico es un método que permite efectuar el corte de aceros inoxidable, también permite el corte de hierro fundido y el corte de hormigón, este último hoy en día es el campo de aplicación más importante de dicho proceso de corte térmico.

El corte con polvo metálico es una técnica en el cual el polvo muy fino de hierro se inyecta en la llama de corte a través de una apertura especial en la punta de la antorcha de corte con gas oxi-combustible. Estas partículas de hierro se oxidan rápidamente dando lugar a un aumento repentino del calor sobre la superficie del metal, facilitando el corte con oxígeno a materiales difíciles, los oxígenos refractarios que se forman en la superficie del metal se funden y por consiguiente son expulsados de la zona de corte por el flujo de oxígeno.

El polvo de hierro cuando se introduce en la zona de corte acelera y propaga la reacción de oxidación y también la acción de fusión.

En la mayoría de los casos se emplea hierro en polvo y mezclas de polvo metálico como hierro y aluminio, en porcentajes de 85% Fe y 15% de Al.

1.1.1.5 Corte con gas oxi-combustible (OFC)

El corte con gas oxi-combustible como se observa en la figura 1-2, usa calor de combustión de ciertos gases combinado con la reacción exotérmica del metal con el oxígeno. El soplete de corte que se usa en estos procesos está diseñado para proporcionar una mezcla de gas combustible y oxígeno en las cantidades correctas y dirigir una corriente de oxígeno a la región de corte.



Figura 1-2 Corte con gas oxi-combustible.

El mecanismo principal de la remoción de material en el corte con oxígeno y gas combustible (OFC, por sus siglas en inglés) es la reacción química del oxígeno con el material base. El propósito de la combustión de oxígeno y el gas es elevar la temperatura en la región de corte hasta llegar al proceso de oxidación final. Cuando la mezcla de oxígeno y gas calienta el material de forma adecuada hasta producir el proceso de combustión, se inyecta un chorro de oxígeno en la boquilla, de tal manera que este oxígeno acelera el proceso. La combustión oxida el material y debido a la temperatura alcanzada, los óxidos se funden y luego son expulsados por la parte inferior, aprovechando el chorro de oxígeno.

1.1.2 CORTE POR DESCARGA ELÉCTRICA Y ARCO ELÉCTRICO.

Los procesos de remoción de material con descarga eléctrica retiran metal mediante una serie de descargas eléctricas discontinuas (arcos eléctricos) que producen temperaturas localizadas suficientemente altas para fundir o evaporizar el metal en la vecindad inmediata a la descarga.

1.1.2.1 Corte Por Descarga Eléctrica Con Alambre (EDWC).

El corte por descarga eléctrica con alambre (EDWC, por sus siglas en inglés), es una forma especial de corte con descarga eléctrica que usa un alambre de diámetro pequeño con electrodo para cortar un canal delgado en la pieza de trabajo, figura 1-3. La acción de corte en el EDWC se obtiene por medio de energía térmica, a partir de las descargas eléctricas entre el electrodo de alambre y la pieza de trabajo.

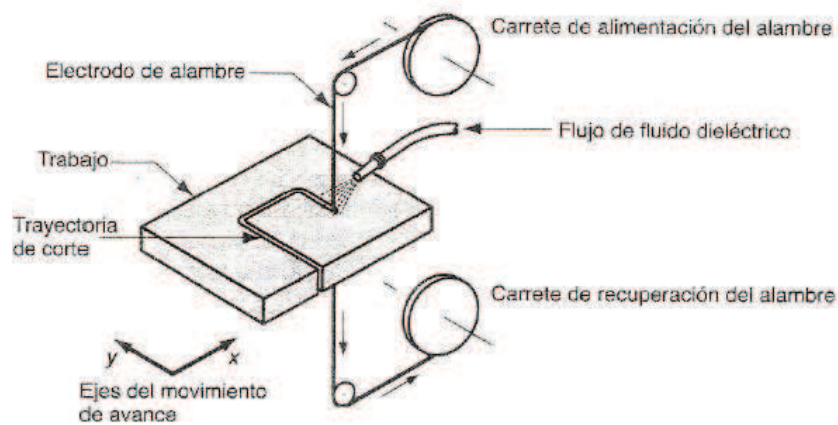


Figura 1-3 Corte por descarga eléctrica con alambre.

Los materiales que se usan para el alambre incluyen el latón, cobre, el tungsteno y el molibdeno. Los fluidos dieléctricos incluyen el agua des ionizada o aceite.

1.1.2.2 Corte Por Arco Eléctrico (AC).

Básicamente todos los metales pueden cortarse mediante técnicas basadas en el arco eléctrico, en los que el intenso calor que proviene de un arco eléctrico puede usarse para fundir virtualmente cualquier metal con el propósito de cortar. La mayoría de los procesos de corte usan el calor generado por un arco entre un electrodo y una pieza de trabajo metálica para fundir una ranura que separe la pieza. Estos procesos son en su mayoría adaptaciones de las operaciones de suelda por arco.

1.1.2.2.1 Corte por arco de oxígeno y acetileno (OAC).

El procedimiento de corte por arco de oxígeno es ampliamente utilizado, tanto para el corte en superficies como bajo el agua, esto por sus buenas características. Este método puede ser utilizado para hacer cortes de aceros al carbono, aceros aleados, de metales no ferrosos y de fundiciones.

Como se observa en la figura 1-4 el fundamento del corte es muy simple, una corriente que circula a través de un electrodo tubular metálico hueco que produce un arco que calienta el metal a cortar. Durante el corte, la extremidad del electrodo se apoya en la superficie del metal a cortar formando un ángulo de 80 a 85 grados con esta. Estos cortes pueden también realizarse con electrodos cerámicos y electrodos ordinarios revestidos. La operación de corte se efectúa al aplicar sobre esta zona caliente un chorro de oxígeno que circula por el interior del electrodo. El arco es una fuente de calor suficientemente energética para producir un corte casi instantáneo, incluso bajo el agua.

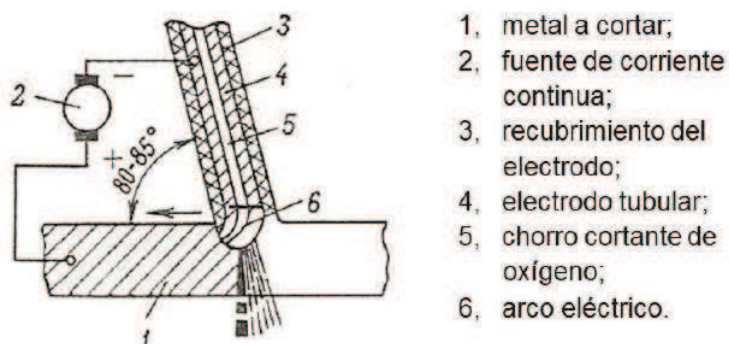


Figura 1-4 Corte AOC con electrodo tubular.

1.1.2.2.2 Corte por arco con electrodo de carbono (CAC).

El proceso emplea un arco eléctrico entre sus electrodos de carbono (grafito) y el metal base para fundir el metal que, seguidamente desaparece de la ranura de corte por gravedad o merced al impulso del arco. Como el proceso depende de la gravedad para eliminación del metal derretido, solo puede usarse en posición vertical o sobre cabeza.

1.1.2.2.3 Corte por arco con electrodo de carbono y aire (CAC-A).

El corte con arco de electrodo de carbono y aire fue una mejora del proceso con arco con electrodo de carbono. Se encontró que se podría eliminar el metal fundido utilizando un flujo de aire. Esto mejoro mucho la velocidad, la calidad y el control del proceso.

El soplete sujeta tanto el electrodo de carbono como el flujo de aire en la misma unidad. A diferencia del proceso de oxiacetilénico, el corte con arco de electrodo de carbono no requiere que el metal base reaccione con el flujo del aire, este más bien tiene la función de eliminar el metal fundido, con lo que aumenta enormemente la lista de materiales que se puede cortar: acero al carbono, acero de baja aleación, aceros inoxidables, hierro fundido que incluye hierro maleable y dúctil, aleaciones de cobre, aluminio-bronce y aluminio-níquel-bronce (aleación

especial para hélices de barcos), aleaciones de níquel, titanio, circonio, hafnio y sus aleaciones.

Es necesario que el aire se apunte debajo y detrás del electrodo y siempre en la misma dirección, obsérvese la figura 1-5. Esto asegura que el flujo de aire se dirija al punto donde el electrodo produce un arco con el metal base.

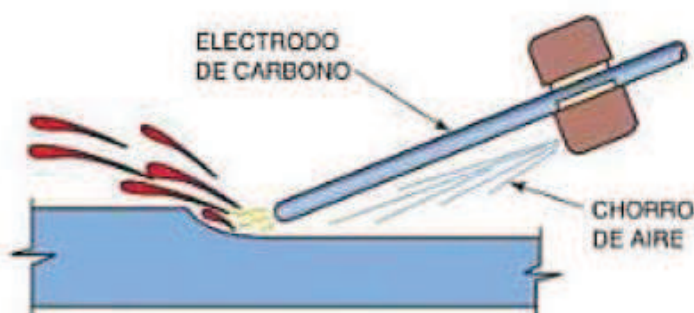


Figura 1-5 Hendidura con arco de electrodo de carbono y aire.

1.1.2.2.4 Corte por arco con electrodo revestido (SMAC).

En el corte por arco con electrodo revestido, la función principal del recubrimiento durante el corte es como un aislante eléctrico para que el electrodo pueda efectuar el corte en zonas estrechas sin hacer cortocircuito en los lados, y también funciona como estabilizador de arco, concentrando e intensificando su acción. Por lo regular se usan electrodos tipo E6010 y E6020, pero pueden lograrse cortes con prácticamente cualquier electrodo de soldadura con arco de metal protegido (SMAW). También hay en el mercado electrodos con cubiertas hechas especialmente para corte.

El SMAC se ha usado para recortar rebabas en fundiciones no ferrosas y para chatarra no ferrosa para reciclaje.

Este tipo de corte se basa en el aumento de voltaje del electrodo figura 1-6, se sube de tal modo, que en vez de soldar el material lo derrite, creando así el corte. Esto se puede lograr con un electrodo de alta penetración y subiendo el amperaje un 25% más de lo necesario.

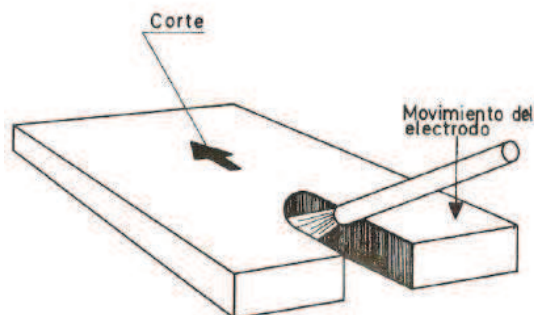


Figura 1-6 Corte por arco de electrodo metálico recubierto.¹

1.1.2.2.5 Corte por arco de plasma (PAC)

La tecnología de corte por plasma utiliza el estado de ionización de un gas como herramienta de corte. Se establece un arco entre un electrodo (polo negativo) y una boquilla por el cual pasa el gas ionizado a la plancha metálica (polo positivo). De esta forma se genera un arco eléctrico que puede alcanzar los 14000 °C y que se utiliza como herramienta de corte mecánico, figura 1-7.



Figura 1-7 Corte por arco de plasma.

El corte por plasma es un proceso térmico donde se funde el metal. La limitación que tiene este proceso es que es necesario que el material a cortar sea conductor de electricidad.

¹ GONZALES J, 1991, Manual de Soldadura con Llama.

El aire se puede utilizar en todos los procesos de corte por plasma.

El corte con plasma permite alcanzar velocidades de corte muy rápidas en todos los espesores con pequeña zona afectada térmicamente.

1.1.3 CORTE TÉRMICO POR HAZ.

1.1.3.1 Corte Con Haz De Electrones (EBC).²

El corte con haz de electrones es un proceso que emplea una gran densidad de energía (superiores a 10 kW/cm^2), el cual golpea a una pieza metálica en donde el 99% de su energía se libera en forma de calor, logrando que este material alcance su punto de fusión produciendo la evaporización instantánea en la pieza de trabajo, figura 1-8.

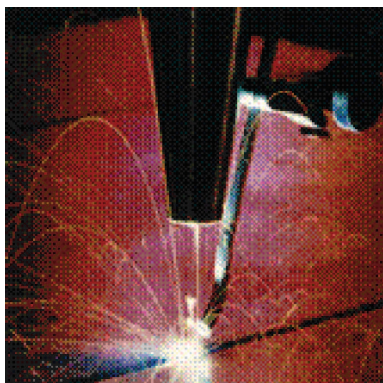


Figura 1-8 Corte con haz de electrones.

1.1.3.2 Corte Por Haz De Laser (LBC).

En el corte por haz de rayo láser se utiliza el intenso calor contenido en un rayo láser para derretir y/o vaporizar el material a cortar. El láser se consigue mediante un material activo en estado sólido, líquido o gaseoso, que al ser

²[http://www.frm.utn.edu.ar/cmateriales/Trab.%20Inves.\(alum\)/Haz%20de%20electrones/Haz%20de%20electrones-Fragapane.htm](http://www.frm.utn.edu.ar/cmateriales/Trab.%20Inves.(alum)/Haz%20de%20electrones/Haz%20de%20electrones-Fragapane.htm)

excitado por una fuente externa de energía emite radiaciones luminosas de tipo laser, figura 1-9.³

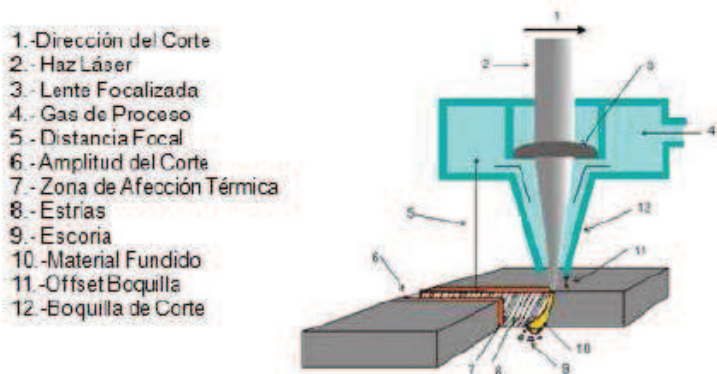


Figura 1-9 Corte por haz laser.

Las temperaturas pueden exceder de los 11000 °C.

No permite cortar materiales reflejantes (aluminio o cobre), además se requiere de una inversión elevada en comparación con el equipo oxiacetilénico, plasma o por agua, debido al costo elevado de los consumibles.

1.2 PROCESOS DE ROLADO DE METALES.⁴

Una de las más importantes operaciones del conformado mecánico es el proceso de doblado en el cual el metal es obligado a tomar una nueva forma, por movimiento y flujo plástico, figura 1-10. Estos movimientos se realizan alargando y contrayendo las dimensiones de todos los elementos de volumen en sus tres direcciones ortogonales; en donde, la forma final de la pieza será la integración de estos movimientos.

³ http://www.ecured.cu/index.php/Corte_por_l%C3%A1ser

⁴ AYALA R.; 1991, Diseño y Construcción de una Roladora con Motor; Tesis EPN.

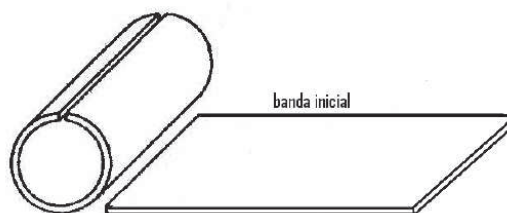


Figura 1-10 Proceso de rolado.

Además, este puede ser clasificado como un proceso de flexión pura, pues la deformación plástica ocurre debido a la aplicación de momentos de flexión.

Las operaciones de doblado o curvado se los realiza en prensas, plegadoras, maquinas formadas de varios rodillos, enderezadoras y bancos de estirado. El doblado abarca al proceso de rolado, el mismo que para su efecto utiliza rodillos.

En el proceso de rolado el doblado tiene una relación importante ya que el material a doblar es obligado a tomar curvas deseadas por medio de tres o más rodillos con el fin de obtener piezas cilíndricas.

Actualmente las operaciones de doblado son muy variadas, y su éxito depende de la tenacidad del material que ha de usarse. En operaciones simples de doblado, un lado de la pieza de trabajo se deforma bajo tensión y el otro bajo compresión; pero en el doblado a nivel industrial generalmente se combina con compresión y alargamiento.

1.2.1 DEFINICIÓN.

Se llama rolado al proceso de conformado mecánico por flexión, que consiste en deformar plásticamente láminas o perfiles metálicos al hacerlos pasar por medio de rodillos, obsérvese figura 1-11. Uno de ellos superior que se desliza verticalmente hasta que roce al material y con movimiento del resto de los rodillos hace posible su funcionamiento y a su vez el pre curvado de la pieza de trabajo.



Figura 1-11 Lámina metálica de trabajo pre curvado.



Figura 1-12 Lámina Metálica de trabajo Rolada.

Se puede notar en la figura 1-12 el final del proceso de rolado, tomando así la forma circular.

1.2.2 PROCESOS DE ROLADO

1.2.2.1 Rolado De Planos.

Se refiere al trabajo que consiste en doblar láminas utilizando un radio relativamente amplio con el propósito fundamental de obtener la forma curva deseada. Se emplea este proceso en general para la fabricación de cilindros

para tanques figura 1-13, conos para decantadores figura 1-14. Otras formas cilíndricas tales como las chimeneas de las estufas o bajantes de canales, etc.



Figura 1-13 Fabricación de cilindros para tanques.



Figura 1-14 Fabricación de conos para decantadores.⁵

1.2.2.2 Rolado De No Planos.

En esta categoría se encuentran los procesos de rolado de perfiles, figura 1-15, para lo cual las máquinas para este tipo se encuentran equipadas con soporte de apertura, cierre manual, extensiones para incorporar rodillos para el curvado

⁵ <http://www.ferremaq.com>

de perfiles, pedales para la rotación de los rodillos y protección de seguridad. El rolado de perfiles en general se emplea para la fabricación de arcos arquitectónicos, pórticos curvos, arcos para túneles, etc.



Figura 1-15 Rolado de perfiles para pórticos.⁶

1.2.3 EQUIPOS DE ROLADO.⁷

En general las roladoras son de mucha utilidad para el doblado ya sea de láminas o de perfiles metálicos, en las empresas como en los talleres mecánicos básicamente se puede encontrar formas por tres y cuatro rodillos de cuya disposición depende su clasificación.

1.2.3.1 Roladora De Tres Rodillos

Estas pueden ser de rodillos simétricos o asimétricos, el rodillo superior es fijo mientras que los otros rodillos inferiores tienen movimiento independiente uno del otro, lo que permite el pre curvado de la pieza teniendo como resultado los diámetros requeridos.

⁶ <http://www.ferremaq.com>

⁷ <http://www.incar.series.com>

1.2.3.1.1 Roladora tipo PINCH.

Esta Roladora se encuentra formada un triángulo isósceles figura 1-16, su vértice superior es el centro del rodillo del mayor diámetro, el mismo que se gradúa y transmite la fuerza de doblez.

Los rodillos inferiores son de menor diámetro que el superior, y no tiene tracción, su funcionamiento está dado por el roce con el material; estos rodillos son fijos.

En general el movimiento de estos rodillos se lo hace por medio de motores, cuya velocidad de giro de los rodillos es controlada por un sistema de engranes.



Figura 1-16 Roladora tipo PINCH.⁸

1.2.3.1.2 Roladora tipo ZAPATO TSIH.

Está formada por tres rodillos, figura 1-17, dos de los cuales transmiten el movimiento, permaneciendo fijos durante su funcionamiento y son graduables dependiendo del espesor del material; en cambio el tercer rodillo es el que da la curvatura del material gracias a su movimiento en dirección diagonal y gira solo por rozamiento con el material; la entrada se lo hace por los rodillos fijos, el movimiento es por medio de motores, cuya velocidad de giro de los rodillos es controlada por un sistema de engranes.

⁸ <http://www.dismamex.com.mx/imcar.html>

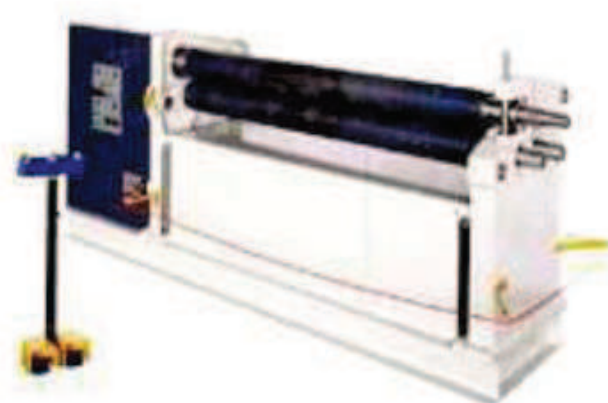


Figura 1-17 Roladora de Zapato IMCAR series TSIH.

1.2.3.1.3 Rolado manual.

Está formado por tres rodillos, su funcionamiento es manual, figura 1-18. En general el movimiento de los rodillos inferiores se los realiza por medio de una manivela, cuya velocidad de giro es controlada por el operario. En este tipo de roladoras no se necesita de un esfuerzo grande ya que el rolado se lo realiza en una lámina fina o delgada.



Figura 1-18 Roladora Manual.⁹

⁹ <http://www.maquiventa.com>

1.2.3.2 Roladoras De Cuatro Rodillos.

Este tipo de roladoras tienen el rodillo superior fijo y los tres rodillos inferiores con movimientos independientes, lo que permite el pre curvado en una sola vez teniendo como resultado diámetros perfectos.

1.2.3.2.1 Roladora Neumática.

Son roladoras de placas de cuatro rodillos, en la que se lograra el rolado correcto con la movilidad de los tres rodillos basculantes, ya que el superior se encuentra fijo. La tracción se logra con los rodillos superior e inferior, ya que los dos siguientes rodillos nos permiten el curvado para lograr diámetros exactos, véase figura 1-19.

Estos tipos de baroladoras tienen panel de mandos con los que nos ayuda a trabajar y controlar los diferentes operaciones de la maquina como velocidad, apertura, cierre, ángulos, etc.; para de esta manera lograr un trabajo de excelencia.



Figura 1-19 Roladora neumática.¹⁰

¹⁰ <http://www.dismamex.com.mx/imcar.html>

1.2.3.2.2 Roladora Hidráulica.

Son roladoras de placa de cuatro rodillos figura 1-20, en la que se lograra el rolado correcto con la movilidad de los tres rodillos basculantes, ya que el superior se encuentra fijo. La tracción se logra con los rodillos superior e inferior, ya que los dos siguientes rodillos nos permiten el curvado para lograr diámetros exactos.

Se trabaja con dos motores y reductores hidráulicos y de igual manera que la baroladora neumática tiene panel de mandos con los que nos ayuda a trabajar y controlar los diferentes operaciones de la maquina como velocidad, apertura y cierre de rodillos, variación de ángulos, etc.; para de esta manera lograr un trabajo de excelencia.



Figura 1-20 Roladora Hidráulica.

1.3 PROCESOS DE UNIÓN DE METALES.

Los procedimientos de soldadura utilizados en la manufactura y reparación han ido evolucionando de manera vertiginosa, es así que en la actualidad existen más de un centenar de procesos de soldadura, desde el más antiguo conocido como forja hasta el más moderno como el rayo láser.

Se conoce como proceso de soldadura a la unión rígida de dos o más materiales solidos sin la utilización de un elemento mecánico adicional. Este proceso puede

llevarse a cabo con o sin temperatura, con o sin presión, con o sin fusión, con o sin material de aporte, etc.

Lo primero que hay que comprender de la ciencia de soldadura es que una soldadura es ante todo un proceso de fundición de metal, análogamente a lo que se efectúa en las fundiciones, pero a una escala más reducida.

Cuando los metales se calientan hasta ponerse al rojo (820 °C) se producen 2 efectos perjudiciales.

- Tendencia a combinarse con O₂ (oxidación).
- Absorción de gases O₂, N₂, H₂, (que al ser absorbido por el metal lo fragilizan, estos gases pueden ser tolerados en pequeñísimas cantidades).

La soldadura ofrece muchas ventajas, entre ellas se encuentran.

- Estanqueidad: sellado de equipos que manejan fluidos a presión, con altas temperaturas o agentes corrosivos.
- Resistencia Mecánica: resistencia a la flexión, cortadura, fatiga, al impacto, torsión.
- Resistencia a la corrosión.
- Escaso volumen que ocupa, además en las uniones a tope permite disposiciones firme de los metales a determinadas condiciones y máxima economía.

Entre las aplicaciones de soldadura se tiene.

- Edificios, puentes y embarcaciones.
- Fabricación de electrodomésticos.
- Como medio de fabricación.
- Maquinaria y equipos agrícolas, minas, explotaciones petrolíferas, maquinas-herramientas, muebles, calderas, hornos y material ferroviario.
- Construcción naval.

- Fabricación de calderas y recipientes a presión.
- Material de transporte. Oleoductos, etc.

1.3.1 CLASIFICACIÓN.

Como soldadura se conoce, desde el empleo de resinas epoxicas para pegar, hasta la fusión de metales.

La AWS (American Welding Society) ha reconocido y clasificado los procesos de soldadura en grandes grupos, así como sus procedimientos aliados.

Los procesos de soldadura pueden ser clasificados desde diferentes puntos de vista, de acuerdo con la definición antes mencionada.¹¹

Eléctrica al arco.

- Con Electroodos Revestidos (SMAW).
- Con Electroodos Desnudos (SAW y FCAW).
- Con Gases Protectores (GTAW y GMAW).

Soldadura fuerte.

- Por difusión (DFB).
- Por inmersión (DB).
- Por horno (FB).
- Por inducción (IB).
- Por infrarrojos (IRB).
- Por resistencia (RB).

Soldadura oxi-gas.

- Oxiacetilénica (OAW).
- Oxhídrica (OHW).
- Por presión con gas (PGW).

¹¹ Folleto tecnología de soldadura; 2009, Quito-Ecuador.

- Corte oxi-acetilénico (OAC).

Soldadura eléctrica por resistencia de contacto.

- Por chispa (FW).
- Con alta frecuencia (HFRW).
- Con percusión (PEW).
- Por proyecciones o resaltes (RPW).
- Por costura (RSEW).
- Por puntos (RSW).

Soldadura por presión

- En frío (CW).
- Por difusión (DFW).
- Por exposición (EXW).
- Por forja (FOW).
- Por fricción (FRW).
- Con gas (HPW).
- Por alta energía mecánica (ROW).
- Por ultrasonidos (USW).

Soldadura blanda.

- Por inmersión (DS).
- En horno (FS).
- Por inducción (IS).
- Por infrarrojos (IS).
- Con caudín (INS).
- Con gas (INS).
- Por resistencia eléctrica (TS).
- Por onda (RS).

Otros procesos de soldadura.

- Soldadura por bombardeo de electrones (EBW).
- Soldadura por electro escoria (ESW).
- Soldadura por inducción (IW).
- Soldadura por rayos laser (LBW).
- Soldadura por aluminoterapia (TW).

1.3.1.1 Soldadura Eléctrica Por Arco.

Los procesos de soldadura eléctrica por arco son aquellos en los cuales la unión permanente de los metales se logra mediante la fusión producida por un arco voltaico que salta entre el electrodo (de carbono, revestido, alambre electrodo, tubular o de tungsteno) y las piezas de trabajo.

Es imprescindible una atmosfera protectora para el arco y pileta, la cual se obtiene por: el consumo del revestimiento del electrodo, la inyección de gases (activos o inertes), o el uso de materiales fundentes granulados.

La característica elástica de la fuente de poder que utilizan estos procesos puede ser plana (voltaje constante) o de caída (corriente constante).

1.3.1.2 Soldadura Fuerte.

En estos procesos la unión permanente de los metales se produce por el calentamiento de los mismos a una temperatura adecuada, utilizando un material de aporte que tenga la temperatura de fusión sobre los 450 °C y sea menor a la temperatura de solidificación de los metales base. El metal de aporte fundido penetra en las superficies de las piezas a soldar por capilaridad.

1.3.1.3 Soldadura Blanda

En estos procesos la unión permanentes de los metales se produce por el calentamiento de los mismos a una temperatura adecuada utilizando un material de aporte que tenga la temperatura de fusión no mayor a 450 °C y sea menor a

la temperatura de solidificación de los metales base. El metal fundido de aporte penetra entre las superficies a soldar por capilaridad.

La soldadura fuerte y la soldadura blanda son técnicas de unión térmica en las que el metal de aportación fundido fluye a lo largo de las superficies a soldar por capilaridad. Ambas técnicas tienen lugar por debajo de las temperaturas de fusión de los metales a unir.

1.3.1.4 Soldadura Oxigas.

En estos procesos la unión se produce por el calentamiento de los metales a soldar hasta la temperatura de fusión por medio de una llama producida por la combinación de un combustible y un comburente que por lo general es el oxígeno; con o sin aplicación de presión adicional y con o sin el uso de metal de aporte.

1.3.1.5 Soldadura Eléctrica Por Resistencia.

Llamada también soldadura por contacto, incluye aquellos procesos en los cuales la unión permanente de los metales se produce por fusión, mediante el calor generado por la resistencia que estos ofrecen al paso de la corriente eléctrica. El calentamiento de las partes se obtiene por el efecto JOULE:

1.3.1.6 Soldadura Por Presión.

La unión permanente de los metales se produce en estado sólido y a temperaturas esencialmente menores al punto de fusión, sin necesidad de utilizar material de aporte y en todos los casos mediante presión. El calor adicional necesario en la mayoría de procesos, se obtiene por diferentes medios.

CAPITULO 2

2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

En este capítulo se tratara sobre las máquinas y procesos específicos con los que se trabaja en la planta ASME de SERTECPET S.A.

2.1 PROCESOS DE CORTE.

2.1.1 PLASMA.

2.1.1.1 Generalidades.

El corte por plasma es un proceso que se utiliza para cortar el acero y otros metales de diferentes espesores (en ocasiones se cortan otros materiales) con una antorcha de plasma.¹²

En este proceso, se sopla un gas inerte por una boquilla, donde está formado un arco eléctrico que le ayuda al gas a pasar al cuarto estado (plasma), el cual estará suficientemente caliente para derretir el metal y lograr un corte.

2.1.1.2 Principio De Funcionamiento.

El corte por arco de plasma usa un flujo de plasma que opera a altas temperaturas situadas en el rango de 10000 a 14000 °C, para cortar metal por fusión como se muestra en la figura 2.1.

¹² <http://www.arlam.com.mx/corte-por-plasma/>

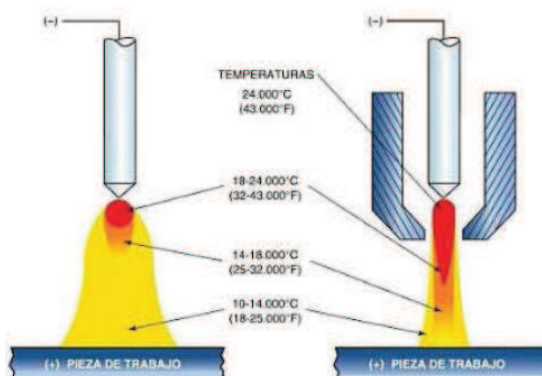


Figura 2-1 Temperaturas en el arco de plasma.

En la acción de corte se dirige el flujo de plasma a alta velocidad hacia la pieza de trabajo; esta misma acción funde e impulsa el metal fundido por la ranura. El arco de plasma se genera entre un electrodo (cátodo) dentro de la antorcha y la pieza de trabajo (ánodo). El plasma fluye a través de una boquilla, que controla y dirige el flujo de alta velocidad bien alineado con temperaturas extremadamente altas en su centro, y con el calor suficiente para cortar a través de un metal.

Los gases usados para crear el plasma en el corte por plasma incluyen el aire, el nitrógeno, el argón, el hidrogeno o una mezcla de estos. Tales fluidos se denominan los gases primarios en el proceso. Con frecuencia se dirigen gases secundarios o agua para rodear el chorro de plasma, a fin de ayudar a enfriar los componentes, confinar el arco y limpiar la ranura de metal que se forma. Como se muestra en la figura 2-2.

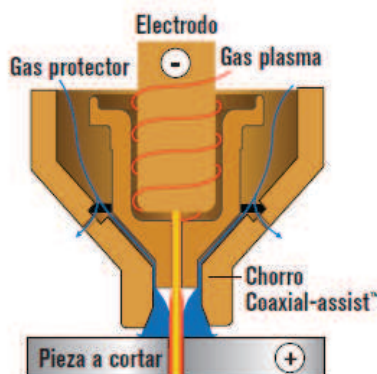


Figura 2-2 Diseño de la antorcha.

2.1.1.3 Equipos Utilizados.

El equipo necesario para este proceso consiste en un generador de alta frecuencia figura 2-3, electrodo, porta electrodo y el gas para generar la llama de calentamiento.



Figura 2-3 Generador de alta frecuencia.

GAS – PLASMA

Entre los principales gases utilizados en este procesos están el argón, nitrógeno y oxígeno, o una mezcla entre estos. En la empresa SERTECPET SA se utiliza al momento oxígeno para este proceso, con el cual se logra un corte uniforme y con los diferentes biseles que se requiere para los diferentes procesos siguientes.

ANTORCHA

En la planta de producción ASME se trabaja con una meza de corte con una antorcha en un montaje mecánico, esto ayuda mucho en la productividad continua de la planta para el aprovechamiento de tiempos y aumento de producción.

Al tener una productividad continua, los diferentes elementos que conforman la antorcha se consideran consumibles (el tiempo de vida útil va en función de las

casas fabricantes), por lo que para tener una buena calidad en los cortes es necesario el reemplazo oportuno de estos.

FUENTES DE ALIMENTACIÓN.

Para el proceso de corte por plasma es necesario utilizar una fuente de alimentación de corriente continua y con voltajes relativamente altos.

Para lograr un disparo satisfactorio el voltaje de la fuente de alimentación suele ser dos veces más el voltaje de la antorcha, por lo que estos voltajes de trabajo serán de 50-60 voltios hasta mayores de 200 voltios.

EQUIPO DE MOVIMIENTO.

Este equipo permite dar un trazado en coordenadas programables CNC, ayuda de enorme manera para dar un trabajo más eficaz y con más precisión.

2.1.1.4 Ventajas Y Desventajas Del Proceso.

Las ventajas y desventajas que presenta este proceso son:

Ventajas

- En comparación con los procesos de corte mecánicos, al trabajar con este proceso de corte por plasma no se necesita realizar mayor fuerza durante la operación, ya que al no tener contacto no se produce el movimiento o desfase de la pieza a cortar.
- En comparación con el corte oxiacetilénico, se puede trabajar a mayores velocidades ya que se alcanza niveles energéticos mayores que en el corte oxiacetilénico.
- En el corte por plasma se puede iniciarse inmediatamente la operación sin pre calentamiento, lo que es muy ventajoso en algunas aplicaciones que se requiere interrupción de corte.

- Adicionalmente, el corte con plasma es un proceso que brinda mayor productividad ya que trabaja a mayor velocidad, lo cual entrega una razón de costo-beneficio mejor que el oxicorte
- En comparación con el proceso oxiacetilénico, se tiene una zona afectada por el calor (ZAC) menor lo cual es ventajoso para conservar las propiedades del material trabajado.

Desventajas

- Este equipo presenta mayores riesgos que los equipos mecánicos tradicionales, por lo que es necesario tener todas las medidas necesarias para evitar incidentes con estos. Estos riesgos pueden ser incendios, choques eléctricos, luz intensa, humo o gases y niveles de ruido altos.
- En comparación con el oxiacetilénico, el equipo es más costoso ya que involucra más implementos para su correcto funcionamiento y seguridad del caso.

2.1.2 OXICORTE.

2.1.2.1 Generalidades.

En este proceso se elimina metal mediante la reacción química con el oxígeno a altas temperaturas. Se utiliza únicamente para materiales ferrosos.

2.1.2.2 Principio De Funcionamiento.

El proceso utiliza calor de la combustión de ciertos gases combinado con la reacción exotérmica del metal con el oxígeno de corte. La antorcha de corte que se usa en estos procesos está diseñada para proporcionar una mezcla de gas combustible y oxígeno en las cantidades correctas y dirigir una corriente de oxígeno a la región de corte. El mecanismo principal de la remoción de material en el proceso OFC es la reacción química del oxígeno con la pieza de trabajo.

El propósito de la combustión del oxígeno y el gas es elevar la temperatura en la región de corte para dar lugar a la reacción.

2.1.2.3 Equipos Utilizados.

Es el conjunto de elementos que, agrupados, permiten el paso de gases (oxígeno-acetileno) hasta un soplete en cuyo interior se produce la mezcla. La misma que en contacto con una chispa, produce una combustión, base del sistema oxiacetilénico.

En la figura 2-4 se detalla el equipo utilizado para el proceso oxigas, el cual está conformado por los siguientes elementos:



Figura 2-4 Equipo oxigas.

1. Cilindro oxígeno.
2. Cilindro acetileno.
3. Regulador para oxígeno.
4. Regulador para acetileno.
5. Mangueras de gases.
6. Válvula anti retroceso.
7. Válvula de control de gases.
8. Soplete.
9. Boquilla de soldar.

El cilindro de oxígeno es de acero; se carga generalmente a la presión de 15.16 MPa y a una temperatura aproximada de 21.11 °C.

El cilindro dispone de un tapón de seguridad, el mismo que se rompe cuando hay una presión excesiva, de igual manera se le acopla un regulador de presión de trabajo y un flujómetro con sus respectivas válvulas.

Este oxígeno no puede arder por sí solo, es necesario mezclarlo con determinadas proporciones de acetileno, hidrógeno y otros gases combustibles.

En la planta de SERTECPET se utiliza una mezcla de acetileno con oxígeno (OAC) para producir este corte deseado.

2.1.2.4 Ventajas Y Desventajas Del Proceso.

El proceso oxigas posee las siguientes ventajas:

- El equipo es portátil, económico y puede ser utilizado en toda posición.
- El proceso oxigas es normalmente usado para soldar metales de hasta 6,4 mm de espesor. Se puede utilizar también para soldar metales de mayor espesor, pero ello no es recomendable.
- Puede ser utilizado como fuente para generar calor, en ocasiones que se requiere doblar, forjar o endurecer el metal.
- Es aplicable en mayor proporción en mantenimiento, reparación, soldadura y manufacturas livianas.

2.2 PROCESO DE BAROLADO.

2.2.1 GENERALIDADES.

Según Charles Lobjois, (Tecnología de la Calderería. Editorial CEAC. Primera Edición. España. 1984), una de las más importantes operaciones del conformado mecánico es el proceso de barolado de planchas, perfiles y tubería estructural,

en el cual, dichos elementos son obligados a tomar una forma curva, cilíndrica. En algunos casos forma cónica; esto se logra por movimiento o flujo plástico mediante la aplicación de una fuerza extrema.

El barolado de tubería estructural, de secciones redonda, rectangular, etc, y perfilería en general, se hace con ayuda de dispositivos a mano o de máquinas baroladoras.

Por ejemplo, para el doblado de perfiles de acero a mano se necesita un dispositivo con forma de doblar. Según la clase de perfil y el tamaño del radio de curvatura, se puede doblar en frío o en caliente.

Debido a la forma del perfil, pueden presentarse adicionalmente tensiones por compresión y esfuerzos de tracción locales que harán difícil la operación del doblado.

2.2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

La máquina baroladora inicia su proceso, figura 2-5, cuando ingresa una plancha de una determinada dimensión, la cuál será ajustada entre el rodillo superior e inferior, verificando que la plancha se encuentre perpendicular a estos rodillos.

Una vez comprobado la ortogonalidad de la plancha, se realiza el primer dobles con el primer rodillo por don ingresa la plancha (A); ya una vez comprobado la curvatura inicial se procede al curvado total de la plancha para formar un tubo, el cual para facilidad de desmontarlo de la máquina se debe soldar en determinados puntos, pero siempre obedeciendo la abertura necesaria y establecida en el WPS pre-calificado para esta unión.

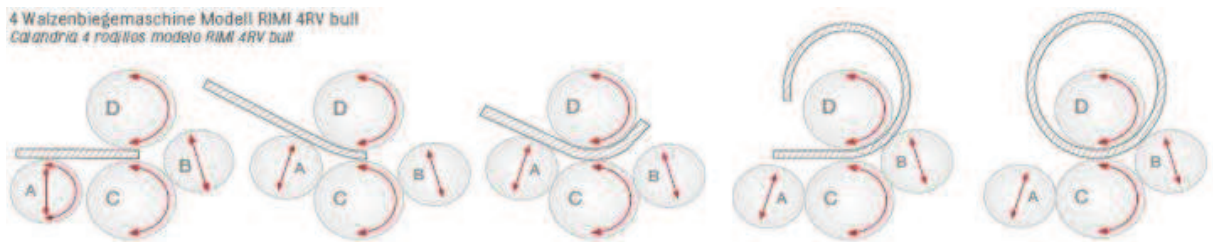


Figura 2-5 Principio de funcionamiento de una baroladora de 4 rodillos.¹³

2.2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROCESO.

Este tipo de baroladora (cuatro rodillos) es especialmente conveniente para producciones del mismo tamaño o productos rolados con bases regulares. La selección de la posición para la producción puede ser grabada, y los rodillos pueden ser prefijos para rolar. Esta máquina tiene la ventaja de rolar largas o grandes planchas de metal, aparte de obtener la pieza en una sola pasada. Una desventaja de esta máquina es que el costo de fabricación se incrementa en un 20-30 % en comparación a otro tipo de baroladoras.

2.3 PROCESOS DE SOLDADURA.

2.3.1 SOLDADURA POR ARCO DE METAL PROTEGIDO (SMAW).

2.3.1.1 Generalidades.

La soldadura por arco de metal protegido (Shielded Metal Arc Welding, SMAW) es la unión de metales, que se produce por la existencia de calor de un arco eléctrico entre un electrodo en la superficie del metal base que se está soldando.

¹³<http://www.grupoidemet.com.mx/SERTOM%20Italy%20Roladoras%20de%20placa%20a%20geometria%20variable%20elevado%20performance.html>

La soldadura por arco de metal es el proceso más ampliamente utilizado en comparación con todos los procesos por arco figura 2-6. Aprovecha el calor para derretir el material base y la punta de un electrodo consumible cubierto. El electrodo y la pieza forman parte de un circuito eléctrico.



Figura 2-6 Equipo de soldadura SMAW.

Este equipo de soldadura figura 2-7 comienza con la fuente de potencia eléctrica e incluye los cables de soldadura, un porta electrodos, una conexión con el material base, el material a soldar y un electrodo de soldadura por arco. Uno de los dos cables de la fuente de potencia se conecta al material; el otro se conecta al porta electrodo.

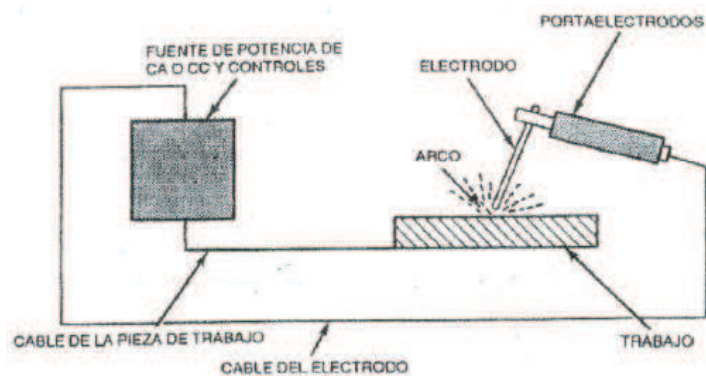


Figura 2-7 Circuito básico de soldadura.

2.3.1.2 Principios De Funcionamiento.

La soldadura por arco de metal protegido es por mucho el más ampliamente utilizado de los procesos de soldadura por arco. Aprovecha el calor del arco para derretir el metal base y la punta de un electrodo consumible cubierto.

La soldadura se da inicio cuando se enciende un arco eléctrico entre el electrodo y el material base generando un calor que va a ayudar a que se derrita el electrodo y el material base. En la punta del electrodo se forman con rapidez pequeños glóbulos de metal fundido, los cuales se transmiten a través del chorro del arco hasta el charco de soldadura fundido.

De esta forma se deposita metal de aporte conforme el electrodo se va consumiendo. El arco se mueve sobre la pieza con una longitud de arco y velocidad de desplazamiento apropiadas, derritiendo y fusionando una porción de metal base y añadiendo continuamente metal de aporte.

El proceso requiere una corriente ideal para derretir el electrodo y una cantidad adecuada de material base, es necesario además un espacio entre la punta del electrodo y el charco de soldadura para tener una coalescencia adecuada entre estos.

2.3.1.3 Ventajas Y Desventajas Del Proceso.

Se establecen las siguientes ventajas para el proceso:

- El equipo es mucho más sencillo, económico y portátil.
- Se puede aplicar en áreas de acceso limitado.
- El electrodo cubierto proporciona el metal de aporte y el mecanismo para proteger el material y el metal de soldadura contra una oxidación perjudicial durante la soldadura.
- No es necesario la utilización de gas ni un fundente granular.

- Al no trabajar con gas, ni con un fundente granular; este proceso es muy conveniente para trabajar en áreas abiertas donde existirá presencia de vientos y corrientes de aire.
- Este proceso es muy versátil, pudiéndose aplicar para la mayor parte de los metales de uso común.
- Es un proceso ampliamente utilizado en la industria, más que todo para soldaduras de producción, mantenimiento y reparación.
- Este proceso no es recomendable para metales de bajo punto de fusión, ya que el intenso calor del arco es muy alto para ellos.
- Este proceso no es apropiado para metales reactivos (titanio, zirconio, etc.), ya que se necesita una protección alta para evitar la oxidación en las uniones entre estos metales.
- En comparación con otros procesos de electrodos continuos, este tiene una tasa de aportación baja ya que al momento de soldar se debe desechar una parte de este electrodo (cola) y cambiarlo por uno nuevo.

2.3.2 SOLDADURA CON ARCO DE TUNGSTENO Y GAS (GTAW).

2.3.2.1 Generalidades

La soldadura con electrodo de tungsteno bajo la protección de gas (Gas Tungsten Arc Welding, GTAW), es un proceso en el que se utiliza un electrodo de tungsteno, no consumible.

Como se muestra en la figura 2-8 durante todo el proceso la zona del electrodo, el arco y el área que rodea al baño de fusión, están protegidos de la atmósfera por un gas inerte. Si es necesario aportar material de relleno, debe de hacerse desde un lado del baño de fusión.¹⁴

¹⁴ <http://www.esab.com/es/sp/education/proceso-gtaw-tig.cfm>

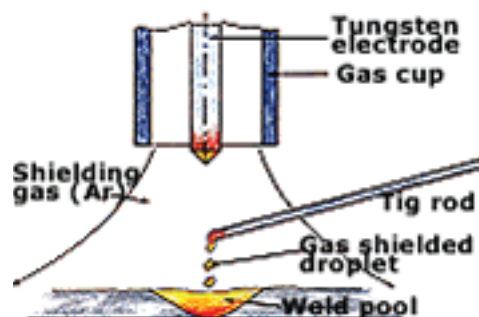


Figura 2-8 Modo de transferencia TIG.¹⁵

Se considera a este proceso como una soldadura de gran calidad ya que no se produce escoria, debido a esto se elimina la posibilidad de inclusiones producidas por escoria.

Este proceso es aplicable principalmente para soldar materiales como son Aluminio y aceros inoxidable, procesos en los cuales es necesario una buena calidad de soldadura.

2.3.2.2 Principio De Funcionamiento.

La soldadura eléctrica por arco en atmosfera inerte con electrodo de tungsteno (TIG), es un proceso en el cual la unión permanente de los metales, se produce calentándolos hasta su temperatura de fusión por medio de un arco voltaico producido entre un electrodo de tungsteno no consumible y las piezas de trabajo o metal base, figura 2-9. La atmosfera protectora de la zona del arco se obtiene inyectando gas inerte, puede o no agregarse metal de aporte a la junta, cuando se trata de soldar laminas.

¹⁵ <http://www.esab.com/es/sp/education/proceso-gtaw-tig.cfm>



Figura 2-9 Equipo de proceso GTAW.

La configuración del proceso GTAW tiene en común cuatro componentes básicos como se muestra en la figura 2-10;

- Soplete.
- Electrodo.
- Fuente de potencia para soldadura.
- Gas protector.

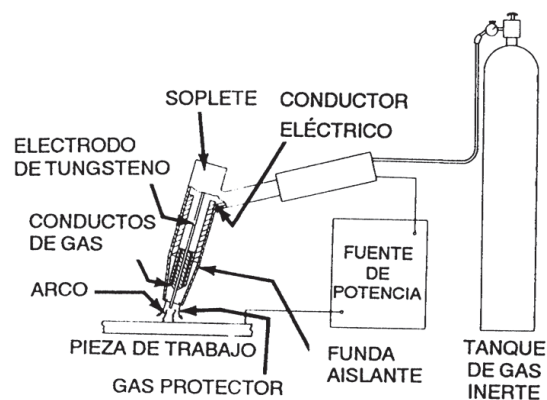


Figura 2-10 Circuito básico del proceso de soldadura GTAW.¹⁶

¹⁶ Folleto tecnología de soldadura; 2009, Quito-Ecuador.

2.3.2.3 Ventajas Y Desventajas Del Proceso.

La ventaja que nos ofrece este proceso son:

- Produce soldaduras de alta calidad y libre de defectos.
- Existe baja presencia de salpicaduras, en comparación con otros procesos.
- Dependiendo la aplicación en la que se encuentre el proceso, se podrá trabajar con metal de aporte o sin él.
- Se puede llegar a soldaduras de altas velocidades.
- Puede usar fuentes de potencia de costo relativamente bajo.
- Control preciso de las variables de soldadura.
- Tiene una amplia aplicación en cuanto a soldadura de metales se refiere.
- Se puede controlar por separado tanto la adición de calor, como las adiciones de metal de aporte.
- Al ser una soldadura limpia, no se requiere limpieza final.

Entre las limitaciones que se opone en el proceso:

- Tasas de aportación bajas.
- Ese requiere más destreza por parte del soldador, en comparación con los otros procesos de soldadura.
- Para espesores de más de 10 mm de espesor, resulta muy costoso realizar este proceso.
- No es apto para zonas donde existe presencia de corrientes de aire.

Entre los problemas potenciales del proceso están:

- Si se llegara a tener contacto el electrodo con el charco de soldadura, se podría producir inclusiones de tungsteno.
-

- Si no se mantiene un escudo de gas protector alrededor del metal de aporte, se puede tener contaminación en el proceso.
- Puede haber golpe o desviación del arco, como en otros procesos.

2.3.3 SOLDADURA POR ARCO CON NÚCLEO DE FUNDENTE (FCAW).

2.3.3.1 Generalidades.

La soldadura por arco con núcleo de fundente (Flux Cored Arc Welding, FCAW) es un proceso en el que se aprovecha el arco con el electrodo continuo, para de esta manera tener un mayor aprovechamiento en la producción.

En este proceso tiene la característica de que el fundente se encuentra dentro del electrodo, y a su vez se encuentra protegido con un gas protector.

De todos los métodos comunes de soldadura, el FCAW es el que mantiene más concentrado el material que se está transfiriendo a través del arco. La mayor parte de los tipos FCAW son semiautomáticos, necesitando normalmente maquinas con un factor de servicio del 100%.

2.3.3.2 Principios De Funcionamiento.

Consiste en un electrodo tubular de metal de aporte compuesto, al que se aplica una protección de gas en el arco, figura 2-11. En la protección del arco y del metal líquido (pileta) puede utilizarse adicionalmente una protección exterior de gas activo (CO₂), o mezcla de otros gases activos para producir mayor penetración en la soldadura.

Casi siempre se usa corriente continua a polaridad inversa. Con corriente alterna el arco se extingue cuando el voltaje pasa por cero, si se emplea la onda normal senoidal de 60 ciclos. Con corriente continua a polaridad inversa, se presenta los problemas de proyecciones y de arco errático. Estos problemas proceden en gran parte del arco de los gases de proyección: Ar, CO₂, o mezclas de ambos.

El arco eléctrico en soldadura FCAW tiene otras interesantes características. Emplea una fina varilla con elevado amperaje, por ejemplo de 0,076 mm (0,030 pulg) y 200 A. Como comparación, 200 A serían alrededor del límite de la intensidad para un electrodo de 3/16 de pulgada (4,8 mm) o sea, 1/5 de pulgada de diámetro. El uso de tan altas corrientes con finas varillas, da una elevada velocidad de fusión de hasta 2,5 m/min (100 pulg/min). A tal velocidad, la varilla no puede ser aportada manualmente.



Figura 2-11 Equipo de proceso FCAW.

2.3.3.3 Ventajas Y Desventajas.

Básicamente los equipos utilizados en este proceso de soldadura son los mismos utilizados en el proceso MAG (GMAW), únicamente se diferencia en el tipo de electrodo utilizado.

- Es un proceso semiautomático, pero se puede emplear en procesos mecánicos y automáticos.
- Al utilizar este proceso es como si se combinara las características de varios procesos: SMAW, GMAW y de SAW.

- Al formarse una capa de protección alrededor del charco de soldadura, se evita que ingrese nitrógeno del aire.
- Al tener una protección no solo con el gas aplicado, sino también con los ingredientes vaporizados del fundente, los cuales desplazan el aire para así formar una capa de escoria; se convierte en un método muy aplicado para trabajos de campo.

Los beneficios del proceso FCAW se obtienen al combinarse tres características generales:

- La alta productividad al utilizarse un alambre continuo.
- Las cualidades metalúrgicas que pueden derivarse de un fundente.
- La escoria que ayuda a la contención y moldeo de la soldadura.

Como desventajas de este proceso se tiene:

- El equipo es de mayor costo,
- La configuración de este equipo es un poco más compleja que los otros; ya que se debe controlar además de las variables normales, la alimentación del electrodo.
- Este equipo genera grandes emisiones de gases contaminantes, por lo que es necesario tener una buena protección hacia estos (si se trabaja bajo cubierta), excepto cuando se trabaja en campo abierto.
- Se requiere la eliminación de escoria al término de cada pasada, proceso que involucra pérdida de tiempos.

2.3.4 SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO (SAW).

2.3.4.1 Generalidades.

La soldadura por arco sumergido (Submerged Arc Welding, SAW), se forma entre la pieza de trabajo y el electrodo, en la que ambos estarán cubiertos por un

fundente granular. Este fundente forma una capa que ayuda a evitar la oxidación al tener en contacto el charco de soldadura con el medio ambiente.

El proceso SAW es generalmente utilizado de forma automatizada, pero puede ser aplicado para procesos manuales.

En la planta de producción ASME de SERTECPET S.A. se cuenta con dos equipos de soldadura SAW, uno de ellos cuenta con alimentación de dos electrodos al instante, con los que se trata de aumentar la producción haciéndola más rápida con ahorro de tiempo.

2.3.4.2 Principios De Funcionamiento.

En la soldadura por arco sumergido el electrodo se alimenta hacia la pieza de forma continua y con velocidad controlada en función del tipo de material a soldar, espesor de la pieza e intensidad de corriente, para mantener constante la longitud del arco. En todo momento se está aportando flux en la cantidad y a la velocidad necesarias a la soldadura, de forma que el calor producido por el arco funde progresivamente parte de este flux. Como resultado, se forma un manto fundente que flota sobre el baño de soldadura, proporcionando así mayor protección al cordón.

El alambre es alimentado desde un rollo o carrete que contiene el metal de aporte, véase Figura 2-12.



Figura 2-12 Equipo de soldadura SAW.

La soldadura por arco sumergido es un proceso muy versátil capaz de soldar con corrientes hasta 20000 amperios de c.a. o c.c., empleando uno o varios alambres o tiras de metal de aporte. Es posible usar fuentes de potencia tanto de c.a. como de c.c. en la misma soldadura simultáneamente.

Se detallan a continuación algunos factores que ayudan a determinar si este proceso conviene utilizarlo;

- Propiedades mecánicas que debe tener la unión.
- Composición química que debe tener.
- Espesor a ser soldado.
- Facilidad de trabajo.
- Cantidad de pases que se realizara.

Al utilizarse un fundente sobre el charco de soldadura, es necesario que la zona en la que se esté trabajando permanezca horizontal hasta que se produzca una solidificación completa del charco de soldadura.

Existen muchos tipos de fijadores y equipos de posicionamiento dependiendo del tipo de unión que se requiera realizar. En la figura 2-13 se presenta un tipo de fijador, con el cual se trabaja en la planta.



Figura 2-13 Equipo de posicionamiento instalado en planta.

2.3.4.3 Ventajas Y Desventajas.

Se presentan algunas ventajas del proceso de soldadura SAW.

- Altas tasas de aportación.
- Alta penetración.
- Alto factor de operación.
- Soldaduras de bajo contenido de hidrogeno.
- Altas velocidades de soldadura.
- Buena apariencia del cordón.
- Excelente calidad de soldadura.

Y algunas desventajas del proceso:

- Portabilidad requiere de un fundente externo.
- Soldadura plana u horizontal, solamente. Debido a que el fundente trabaja por gravedad.
- Es necesario un adiestramiento en el proceso.
- Se requiere uniones cerradas.
- En fundente es abrasivo y desgastara partes de equipos automáticos.
 - El fundente necesita de un buen almacenamiento y protección.

CAPITULO 3

3 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS EQUIPOS DE PLANTA.

La elaboración de este análisis se basa en el supuesto que la depreciación es una función del tiempo y no del uso, de este modo se contempla un decline en igual cantidad por cada año de operación de las maquinarias.

Se realiza este tipo de análisis de depreciación (depreciación lineal), ya que en la gerencia de la empresa SERTECPET S.A., no se ha visto la necesidad de realizar otro tipo de cálculo que no sea éste.

Este análisis se lo realizará a los equipos de corte, barolado, y soldadura (SAW, multiprocesos).

3.1 EQUIPOS EN PLANTA.

En la siguiente tabla 3-1 se detallan los equipos que hasta el momento se encuentran operativos en la planta.

Tabla 3-1 Equipos existentes en la planta ASME SERTECPET S.A...

Asunto	Descripción	Cantidad	Valor unitario [USD]	Total [USD]
Equipo de corte	LC-927 D30	1	228,675.0	228675
Maquina Roladora	MH332E	1	460,737.5	460737.5
Equipo de suelda SAW	CaB 300 S,ESAB	2	119,121.85	238243.7
Equipos Multiprocesos (SMAW , GTAW, FCAW):	XMT 350 CC/CV	18	6,850.00	123300

Al tratarse que equipos industriales como se indica en el anexo 4, se considerara un tiempo de vida útil de 10 años para realizar su análisis.

3.2 ANÁLISIS DE DEPRECIACIÓN DE LOS EQUIPOS.

Se considerara como premisa el no tener un valor de salvamento al final de su vida útil, este valor de cero a sido implantado por la empresa SERTECPET S.A., con lo que se tiene los siguientes análisis para las diferentes maquinarias presentadas en la planta ASME.

Para el equipo de corte avaluado a un costo de 228 675.00 USD se calcula su depreciación para cada año estimado (10 años).

$$Cuota\ depreciación = \frac{Costo\ del\ activo}{Años\ vida\ útil}$$

Reemplazando;

$$Cuota\ depreciación = \frac{228675.00}{10}$$

Por lo que se tiene;

$$Cuota\ depreciación = 22867.50$$

Este será el valor por año de depreciación de la maquina cortadora.

Ahora se calculara la depreciación acumulada en cada año de operación de la máquina,

$$Depreciacion\ acumulada = Cuota\ depreciación + depreciación\ del\ año\ anterior$$

Reemplazando se tiene,

$$Depreciación\ acumulada = 22867.50 + 0$$

Por lo tanto,

$$Depreciación\ acumulada = 22867.50$$

Con lo que finalmente se tiene el valor neto en libros.

$$\text{Valor neto en libros} = \text{Valor del activo} - \text{Depreciación acumulada}$$

Reemplazando se tiene;

$$\text{Valor neto en libros} = 228675 - 22867.50$$

Por lo tanto,

$$\text{Valor neto en libros} = 205807.50$$

Con estos ejemplos de cálculo se determina para cada año que se utiliza la máquina, con lo que se obtiene la tabla 3-2 para la maquina cortadora;

Tabla 3-2 Depreciación por línea recta Maquina Cortadora.

Año	Cuota depreciación [USD]	Depreciación acumulada [USD]	Valor neto en libros [USD]
1	22,867.50	22,867.50	205,807.50
2	22,867.50	45,735.00	182,940.00
3	22,867.50	68,602.50	160,072.50
4	22,867.50	91,470.00	137,205.00
5	22,867.50	114,337.50	114,337.50
6	22,867.50	137,205.00	91,470.00
7	22,867.50	160,072.50	68,602.50
8	22,867.50	182,940.00	45,735.00
9	22,867.50	205,807.50	22,867.50
10	22,867.50	228,675.00	-

Es necesario realizar el mismo tipo de cálculo para cada equipo operativo en la planta, costo que se aplicará en capítulos siguientes para determinar el costo total de la producción del bien.

Se determinan a continuación en las tablas 3-3, 3-4 y 3-5 para las maquinas Baroladora, para soldadura SAW y las maquinas multiprocesos respectivamente;

Tabla 3-3 Depreciación por línea recta Máquina Baroladora

Año	Cuota depreciación [USD]	Depreciación acumulada [USD]	Valor neto en libros [USD]
1	46,073.75	46,073.75	414,663.75
2	46,073.75	92,147.50	368,590.00
3	46,073.75	138,221.25	322,516.25
4	46,073.75	184,295.00	276,442.50
5	46,073.75	230,368.75	230,368.750
6	46,073.75	276,442.50	184,295.000
7	46,073.75	322,516.25	138,221.250
8	46,073.75	368,590.00	92,147.500
9	46,073.75	414,663.75	46,073.750
10	46,073.75	460,737.50	-

Tabla 3-4 Depreciación por línea recta Soldadora SAW

Año	Cuota depreciación [USD]	Depreciación acumulada [USD]	Valor neto en libros [USD]
1	11,912.19	11,912.19	107,209.67
2	11,912.19	23,824.37	95,297.48
3	11,912.19	35,736.56	83,385.30
4	11,912.19	47,648.74	71,473.11
5	11,912.19	59,560.93	59,560.925
6	11,912.19	71,473.11	47,648.740
7	11,912.19	83,385.30	35,736.555
8	11,912.19	95,297.48	23,824.370
9	11,912.19	107,209.67	11,912.185
10	11,912.19	119,121.85	-

Tabla 3-5 Depreciación por línea recta Soldadora Multiprocesos.

Año	Cuota depreciación [USD]	Depreciación acumulada [USD]	Valor neto en libros [USD]
1	685.00	685.00	6,165.00
2	685.00	1,370.00	5,480.00
3	685.00	2,055.00	4,795.00
4	685.00	2,740.00	4,110.00
5	685.00	3,425.00	3,425.000
6	685.00	4,110.00	2,740.000
7	685.00	4,795.00	2,055.000
8	685.00	5,480.00	1,370.000
9	685.00	6,165.00	685.000
10	685.00	6,850.00	-

CAPITULO 4

4 ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN.

Los modelos de cálculo se han derivado de los modelos generales de cálculo utilizados en los procesos de fabricación. Para el cálculo se toman en cuenta cuatro categorías que componen el costo total de producción, estas son: el costo de depreciación del equipo, el costo de mano de obra, costos generales y los costos de operación, siendo este último donde se verá la diferencia entre los diferentes procesos.

La ecuación para el costo total de producción es:

$$C_{TOTAL}[\$/m] = C_D + C_{OP} + C_{MO} + C_{GEN} \quad (4.1)$$

Dónde:

C_{TOTAL} : Costo total por hora.

C_D : Costo de depreciación de la inversión.

C_{OP} : Costo de operación.

C_{MO} : Costo de mano de obra.

C_{GEN} : Costos generales.

Cada análisis que enfrenta el diseñador tiene sus propias características, por lo que se presenta a continuación un modelo fácil y práctico para cualquier tipo de aplicación, con fórmulas de costos de fácil entendimiento y utilización.

4.1 COSTO DE OPERACIÓN

Se presenta formas de análisis prácticas para los diferentes procesos analizados: procesos de corte, barolado y cualquier tipo de proceso de suelda.

4.1.1 COSTOS DE OPERACIÓN DE CORTE.

En general el proceso de corte se lo analizara en función del tiempo en el cual está operando la máquina, esto se lo realizara con la ayuda del costo de depreciación de la maquinaria analizado en el capítulo anterior.

4.1.1.1 Costo de operación para el proceso corte por plasma

El cálculo del costo de operación es específico para cada proceso, en este caso comprende costos de insumos, costos de energía eléctrica, costos de consumo de aire comprimido; de la siguiente manera.

$$C_{OPP}[\$/Ton] = C_I[\$/Ton] + C_E[\$/Ton] + C_A[\$/Ton] \quad (4.2)$$

Dónde:

C_{OPP} : Costos de operación para el proceso de corte por arco de plasma.

C_C : Costo de Insumos.

C_E : Costo de energía eléctrica.

C_A : Costo del aire comprimido.

4.1.1.1.1 Costo de insumos.

Para determinar los costos de los insumos del proceso de corte por plasma, se verán involucrados todos los implementos necesarios para realizar este proceso con la satisfacción y seguridad del caso, entre los elementos más utilizados se tiene boquillas, electrodos, anillos, capuchones y escudos frontales de deflector.

4.1.1.1.2 Costo de energía eléctrica.

$$C_E [\$/h] = u_E [\$/\text{kW} - \text{h}] * E [\text{kW}] \quad (4.3)$$

$$E [\text{kW}] = \frac{V [\text{V}] * I [\text{A}] * \text{COS } \varphi}{1000} \quad (4.4)$$

Dónde:

C_E : Costos de energía eléctrica por hora.

u_E : Costo unitario de energía eléctrica.

E : Consumo de potencia eléctrica.

V : Voltaje promedio de línea durante el proceso.

I : Intensidad de corriente durante el proceso.

$\text{Cos } \varphi$: Factor de potencia.

El factor de potencia es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica para convertirla en trabajo. Este factor puede tomar valores entre 0 y 1, lo que significa que:



En elementos como lámparas incandescentes (resistivas), la tensión y la corriente están en fase por lo que se tiene un factor de potencia unitaria, pero en cargas inductivas como motores y transformadores la intensidad se encuentra retrasada respecto a la tensión por lo que se suele tener factores entre 0.8 y 0.9.¹⁷

¹⁷ <http://es.scribd.com/doc/149748644/Circuitos-Elctricos-1ra-Ed-Jesus-Fraile-Mora>

En este caso como se va a trabajar con maquinaria inductiva se toma un valor de factor de potencia 0,85.

Para obtener el costo de la energía eléctrica en la unidad que se requiere estandarizar en un costo por tonelada mensual trabajada [\$/Ton]. Por lo cual es necesario dividir el costo obtenido [\$/h] por el peso trabajado en planta durante el mes en esta máquina [Ton/mes].

$$C_e[\$/Ton] = \frac{C_E[\$/h] * HT[h] * M[Dias]}{P[Ton/mes]} \quad (4.5)$$

Dónde:

Ce: Costo de la energía eléctrica por tonelada.

C_E : Costo de la energía eléctrica por hora.

HT: Horas trabajadas al día.

M: Días del mes.

P: Peso trabajado durante el mes.

4.1.1.1.3 Costo de aire comprimido.

Que entra al equipo a una presión de alrededor de 110 psi y un flujo de 260 l/min (15.6 m³/h).

$$C_A[\$/h] = P [kW] * u_E [$/kWh] \quad (4.6)$$

Dónde:

C_A : Costo de aire comprimido por hora.

P: Potencia del compresor (kW)

u_E : Costo unitario de energía eléctrica.

4.1.1.2 Costos de operación para el proceso corte oxiacetilénico

En el proceso de corte oxiacetilénico las variables que se utilizan no son diferentes al anterior proceso, los factores que se toman en cuenta son el costo de boquillas (vida promedio 20-30 horas) y costo de gases, quedando el modelo matemático de la siguiente manera:

$$C_{OP0}[\$/Ton] = C_B[\$/Ton] + C_G[\$/Ton] \quad (4.7)$$

Dónde:

C_{OP0} : Costos de operación para el proceso de corte oxiacetilénico.

C_b : Costo de boquillas.

C_G : Costo del gas.

4.1.1.2.1 Costo de boquillas

Este insumo es un rubro muy importante para ser tomado en cuenta ya que se gastan en incluso menos de un día, al no resistir la obstrucción ni calor.

$$C_B[\$/h] = \frac{u_B[\$]}{t_B[h]} \quad (4.8)$$

Dónde:

C_B : Costos de boquillas por hora.

u_B : Costo unitario de la boquilla.

t_B : Tiempo de vida útil de la boquilla.

4.1.1.2.2 Costo de gases

Los fabricantes de boquillas dan los consumos requeridos para sus productos.

$$C_G[\$/Ton] = C_{OC}[\$/Ton] + C_{AC}[\$/h] \quad (4.9)$$

Dónde:

C_G : Costos de gases por tonelada.

C_{OC} : Costo de consumo de oxígeno de corte.

C_{AC} : Costos de consumo de acetileno.

4.1.2 COSTOS DE OPERACIÓN DE BAROLADO

Para realizar la evaluación del proceso de barolado, se va a determinar por la ecuación (4.10)

$$C_B[\$/Ton] = C_{MO}[\$/Ton] + C_{EE}[\$/Ton] \quad (4.10)$$

Dónde:

C_B : Costo de barolado.

C_{MO} : Costo de mano de obra.

C_{EE} : Costo de energía eléctrica.

4.1.2.1 Costo De Energía Eléctrica.

$$C_E[\$/h] = u_E[\$/kW - h] * E[kW] \quad (4.11)$$

Dónde:

C_E : Costo de la energía eléctrica.

U_e : Unitario de energía eléctrica dada por la empresa eléctrica.

E : Potencia del motor [kW]

Al momento se cuenta con el valor de la potencia instalada en planta de la maquinaria, por lo que es necesario multiplicarlo por el unitario del precio de la energía eléctrica suministrada por la Empresa Eléctrica.

$$C_e[\$/Ton] = \frac{C_E[\$/h]*HT[h]*M[Dias]}{P[Ton/mes]} \quad (4.12)$$

4.1.3 COSTOS DE OPERACIÓN DE SOLDADURA

El costo exclusivo de soldadura se lo determina con la ecuación (4.13)

$$C_{TS} [\$/m] = C_E[\$/m] + C_F[\$/m] + C_G[\$/m] + C_{MO}[\$/m] + C_{TEE}[\$/m] \quad (4.13)$$

Dónde:

CTS: Costo total de soldadura.

CE: Costo del electrodo.

CF: Costo del fundente.

CG: Costo del gas.

CTEE: Costo total de energía eléctrica.

4.1.3.1 Calculo de metal necesario.

El costo del material se basa en la cantidad de metal de soldadura depositado para completar la unión, ya sea tipo o estándar con se presentan en las tablas 4-1 y 4-2. Este es el cálculo el cual se utiliza para determinar la cantidad de metal de soldadura para aplicaciones como soldadura de relleno y revestimiento; esta presentado la información para usarlo con acero, pero se lo puede aplicar para otros metales aplicando su determinada densidad.

Tabla 4-1 Áreas y volúmenes de depósitos de metal de soldadura.¹⁸

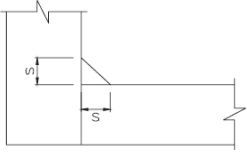
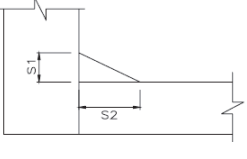
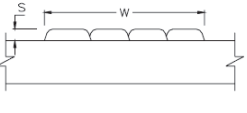
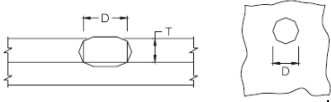
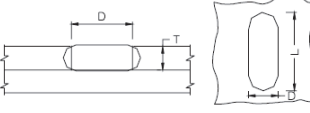
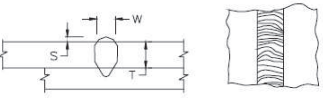
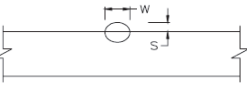
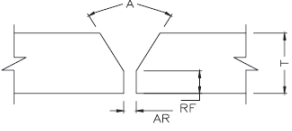
SOLDADURA	DISEÑO	FORMULA PARA EL ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL
CHAFLAN		$CSA = \frac{S^2}{2}$
CHAFLAN (DESIGUALES)		$CSA = \frac{S_1 * S_2}{2}$
DE REVESTIMIENTO		$CSA = S * W$
DE TAPON		$V = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * T$ La fórmula obtiene el volumen de metal de soldadura para cada soldadura.
DE RANURA		$V = \left[\pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 + (L - D) * D \right] * T$ La fórmula obtiene el volumen de metal de soldadura para cada soldadura.
DE COSTURA AL ARCO		$CSA = \frac{1}{2WS}$
CORDON RECTA		$CSA = \frac{1}{2WS}$
EN V SIMPLE		$CSA = (T - RF)^2 * \tan\left(\frac{A}{2}\right) + AR * T$

Tabla 4-1 Áreas y volúmenes de depósitos de metal de soldadura.(Cont)

SOLDADURA	DISEÑO	FORMULA PARA EL ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL
EN V DOBLADA		$CSA = \frac{(2R + T)^2 - \pi(R + T)^2}{2}$
U DOBLE		$CSA = \frac{1}{2}(T - 2R - RF)^2 \tan \frac{A}{2} + 2R(T - 2R - RF) + \pi R^2 + AR * T$
EN V DOBLE		$CSA = \frac{1}{2}(T - RF)^2 \tan \left(\frac{A}{2}\right) + AR * T$
BISEL SENCILLO		$CSA = \frac{1}{2}(T - RF)^2 \tan A + AR * T$
BISEL DOBLE		$CSA = \frac{1}{4}(T - RF)^2 \tan A + AR * T$
U SENCILLA		$CSA = (T - R - RF)^2 \tan \frac{A}{2} + 2R(T - R - RF) + \frac{1}{2}\pi R^2 + AR * T$
BISEL DOBLADO		$CSA = \frac{(2R + T)^2 - \pi(R + T)^2}{4}$

Tabla 4-2 Áreas y pesos del depósito de metal de soldadura.

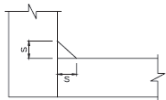
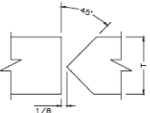
SOLDADURA	DISEÑO	t en pulg.	CSA en cm ²	Dep. teórico soldadura, kg/m	CSA c/ref. en cm ²	Dep. soldadura c/refuerzo, kg/m
CHAFLAN (LADOS IGUALES)		1/8	0,052	0,040	0,058	0,045
		3/16	0,116	0,091	0,129	0,100
		1/4	0,200	0,158	0,219	0,174
		5/16	0,316	0,249	0,348	0,274
		3/8	0,416	0,355	0,497	0,391
		7/16	0,619	0,486	0,684	0,537
		1/2	0,806	0,634	0,890	0,698
		9/16	1,019	0,801	1,123	0,881
		5/8	1,258	0,989	1,387	1,087
		3/4	1,813	1,430	1,994	1,569
		7/8	2,471	2,240	2,645	2,465
		1	3,230	2,540	3,550	2,798
BISEL DOBLE		5/8	1,135	0,895	1,361	1,073
		3/4	1,510	1,190	1,814	1,429
		7/8	1,942	1,530	2,329	1,834
		1	2,420	1,910	2,900	2,290
		1-1/4	3,530	2,780	4,230	3,330
		1-1/2	4,840	3,820	5,810	4,580
		1-3/4	6,350	5,010	7,620	6,010
		2	8,060	6,350	9,680	7,620
		2-1/2	10,10	9,540	1,450	11,45
		3	16,94	13,34	2,030	16,01

Tabla 4-2 Áreas y pesos del depósito de metal de soldadura. (Cont)

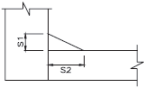

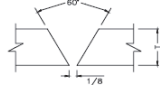
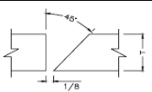
SOLDADURA	DISEÑO	t en pulg.	CSA en cm ²	Dep. teórico soldadura, kg/m	CSA c/ref. en cm ²	Dep. soldadura c/refuerzo, kg/m
CHAFLAN (LADOS DES- IGUALES)		1/4X3/8	0,303	0,239	0,335	0,262
		3/8X1/2	0,606	0,476	0,665	0,523
		1/2X5/8	1,006	0,790	1,110	0,869
		5/8X3/4	1,510	1,190	1,665	1,305
		3/4X1	2,419	1,900	2,660	2,090
RECTA		1/8	0,103	0,080	0,123	0,097
		5/32	0,123	0,097	0,148	0,116
		3/16	0,148	0,116	0,174	0,140
		7/32	0,174	0,137	0,206	0,164
		1/4	0,200	0,157	0,239	0,188
		9/32	0,226	0,177	0,271	0,213
		5/16	0,252	0,197	0,303	0,236
V SENCILLA		1/4	0,432	0,340	0,477	0,374
		3/8	0,826	0,573	0,910	0,629
		1/2	1,329	1,050	1,465	1,151
		5/8	1,968	1,550	2,168	1,706
		3/4	2,700	2,130	2,970	2,346
		1	4,530	3,570	4,980	3,930
BISEL SENCILLO		1/4	0,406	0,321	0,445	0,353
		3/8	0,755	0,543	0,832	0,597
		1/2	1,213	0,956	1,335	1,051
		5/8	1,941	1,530	2,135	1,682
		3/4	2,419	1,910	2,660	2,100
		1	4,030	3,180	4,430	3,500

Tabla 4-2 Áreas y pesos del depósito de metal de soldadura. (Cont)

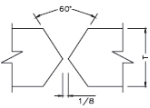
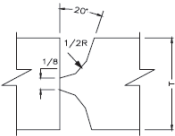
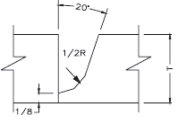
SOLDADURA	DISEÑO	t en pulg.	CSA en cm ²	Dep. teórico soldadura, kg/m	CSA c/ref. en cm ²	Dep. soldadura c/refuerzo, kg/m
V DOBLE		3/4	1,652	1,300	1,981	1,564
		1	2,670	2,120	3,210	1,704
		1-1/4	3,920	3,090	4,710	3,710
		1-1/2	5,41	4,270	6,490	5,120
		1-3/4	7,130	5,610	8,550	6,740
		2	9,060	7,130	10,900	8,550
		2-1/4	11,24	8,870	13,480	10,590
		2-1/2	14,26	11,230	17,110	13,480
		2-3/4	16,32	12,850	19,590	15,430
		3	19,21	15,140	23,050	18,170
		3-1/2	25,60	20,180	30,740	24,210
4	36,30	28,530	43,510	34,230		
V DOBLE		1	2,323	1,830	2,790	2,198
		1-1/4	2,820	2,220	3,380	2,670
		1-1/2	3,800	3,000	4,560	3,600
		1-3/4	4,700	3,700	5,640	4,440
		2	5,650	4,450	6,770	5,340
		2-1/4	6,630	5,230	7,970	6,280
		2-1/2	7,680	6,060	9,220	7,270
		2-3/4	8,780	6,920	10,530	8,300
		3	9,900	7,810	11,880	9,370
		3-1/2	12,32	9,710	14,780	11,650
4	14,92	11,750	17,910	14,100		

Tabla 4-2 Áreas y pesos del depósito de metal de soldadura. (Cont)

SOLDADURA	DISEÑO	t en pulg.	CSA en cm ²	Dep. teórico soldadura, kg/m	CSA c/ref. en cm ²	Dep. soldadura c/refuerzo, kg/m
J SENCILLA		1/2	1,161	0,916	1,277	1,007
		3/4	1,684	1,330	1,852	1,460
		1	2,640	2,080	2,900	2,290
		1-1/4	3,740	2,950	4,120	3,250
		1-1/2	4,990	3,940	5,490	4,350
		1-3/4	6,380	5,030	7,020	5,550
		2	7,930	6,250	8,720	6,870
		2-1/4	9,620	7,580	10,58	2,450
		2-1/2	11,45	9,020	12,59	9,920

La nomenclatura utilizada en las diferentes zonas de soldadura son:

A: Ángulo del surco o bisel.

CSA: Área de la sección transversal.

D: Diámetro de las soldaduras de tapón o de punto al arco.

L: Longitud de la soldadura de ranura.

R: Radio (se usa en los biseles en J y U).

AR: Abertura de raíz.

RF: Cara de la soldadura.

S: Tamaño del chaflán, del cordón, o de la soldadura de bisel cuando no hay penetración completa.

T: Espesor.

W: Ancho del recubrimiento.

El espesor se basa en una unión de 1 [m] de longitud, y el consumo de metal (acero) de soldadura está en 1 kg por metro lineal de soldadura. Esto se calcula mediante la ecuación (4.14)

$$PDS (kg/m) = CSA (cm^2) * \delta_m \left(\frac{kg}{cm^3} \right) * 100 \quad (4.14)$$

Dónde:

PDS: Peso del depósito de soldadura.

CSA: Área de la sección transversal.

δ_m : Densidad del metal de aporte.

La constante $\delta_m = 0,00785$ es el peso en [kg] de 100 [cm³] de acero. Los datos pueden servir para cualquier metal empleando según su densidad.

Para determinar el peso real de soldadura necesario en la junta a unirse, se aplica la siguiente formula (4.15).

$$PMAN [kg/m] = \frac{PDS [kg/m]}{1-PTE} \quad (4.15)$$

Dónde:

PMAN: Peso del metal de aporte necesario.

PDS: Peso del depósito de soldadura.

PTE: Pérdida total de electrodos.

Para la determinación del peso de material de aporte necesaria para el proceso, se lo puede hacer de manera aproximada utilizando el rendimiento de material de aporte como se muestra en la ecuación (4.16).

$$PMAN [kg/m] = \frac{PDS [kg/m]}{RMA [\%]} \quad (4.16)$$

Dónde:

PMAN: Peso del metal de aporte necesario.

PDS: Peso del depósito de soldadura.

RMA: Rendimiento del metal de aporte.

Para determinar los diferentes rendimientos de cada proceso, se encuentra representado en la tabla 4-3, en la cual se especifica de manera general estos porcentajes.

Tabla 4-3 Rendimiento de Aportación.¹⁹

PROCESO	RENDIMIENTO DE APORTACIÓN [%]
Electrodo manual	60 – 70
MIG solido	90
FCAW con protección	83
FCAW sin protección	79
TIG	95
Arco sumergido	98

La eficacia de aportación o rendimiento del material de aporte y del proceso tienen un efecto importante sobre el costo del metal de soldadura depositado.

El costo del material de aporte se puede calcular de distintas maneras. La más común se basa en el costo por metro de soldadura, como se puede ver en la ecuación (4.17).

$$CE [$/m] = \frac{Ce [$/kg] * PDS [kg/m]}{RMA [\%]} \quad (4.17)$$

Dónde:

¹⁹ INDURA: Manual de Soldadura.

CE: Costo del electrodo por metro.

Ce: Costo del electrodo por kilogramo.

PDS: Peso del depósito de soldadura.

RMA: Rendimiento del metal de aporte.

Hay otro método para calcular la cantidad de metal de soldadura necesario cuando se usen procesos de alambre continuo. Es de acuerdo para la soldadura en un solo paso. Se necesitan tres cálculos sencillos, pero el resultado final es el costo del electrodo por metro de soldadura.

El primer paso es determinar la cantidad de electrodo usado, expresada como [kg/h], aplicando la ecuación (4.18).

$$PEN [kg/h] = \frac{VAE [m/min]*60}{LE [m/kg]} \quad (4.18)$$

Dónde:

PEN: Peso de electrodo necesario.

VAE: Velocidad de alimentación del electrodo.

LE: Longitud de electrodo por kilogramo.

Para lo cual la longitud de alambre-electrodo por eso se basa en la tabla:

Tabla 4-4 Longitud por peso de electrodo sólido en varios tipos y tamaños.²⁰

Diámetro de alambre [in]	METROS DE METAL POR KILOGRAMO [m/kg]								
	Al	Aluminio 100 % Bronce	Bronce al Si	Cobre	Cu - Ni	Mg	Ni	Acer o Suave	Acero Inox.
0,02	1809	648	575	547	556	2820	553	620	611
0,025	1245	444	396	377	381	1937	381	429	422
0,03	805	288	257	243	247	1251	246	277	272
0,035	592	211	189	179	182	921	181	204	200
0,04	453	162	144	137	139	704	138	156	154
3/64	358	128	114	108	110	558	109	123	121
1/16	189	62	59,7	57	58	294	57,5	65	64
5/64	118	42,2	37,7	35,7	36,3	184	36,1	40,8	40
3/32	84	30	28,5	25,4	25,8	131	25,7	29	28,5
1/8	46,1	16,5	14,7	13,9	14,1	71	14	15,9	15,6
5/32	29,6	10,6	9,43	8,93	9,1	46	9,05	10,1	10
3/16	21	7,5	6,7	6,37	6,48	32,8	6,42	7,26	7,09
1/4	11,5	4,13	3,69	3,46	3,57	17,9	3,52	3,96	3,91

Los kilogramos por hora del electrodo que se usa no toman en cuenta el rendimiento o factor de velocidad de depósito porque se está midiendo realmente el material consumido. El factor 60 son los minutos en una hora, que convierte minutos a horas.

La segunda parte es determinar o medir la velocidad de avance de soldadura y expresarla como metros por hora. Normalmente, los procedimientos de soldadura dan la velocidad de recorrido o avance en metros o pulgadas por minutos.

²⁰ Bazar, C; 1998, Determinación de Electrodo y Calculo de Costos de Soldadura al Arco Asistidos por Computadora.

La tercera parte es determinar el peso del metal de soldadura por metro de soldadura, como se demuestra en la ecuación (4.19). Este dato se deberá multiplicar por el precio del electrodo [\$/kg] para obtener el costo del electrodo en [\$/m] equivalente a un pase de soldadura.

$$PMAN [kg/m] = \frac{PEN [kg/h]}{VA [m/h]} \quad (4.19)$$

Dónde:

PMAN: Peso del metal de aporte necesario.

PEN: Peso de electrodo necesario.

VA: Velocidad de avance.

$$CEUP [$/m] = PMAN[kg/m] * Ce[$/kg] \quad (4.20)$$

Dónde:

CEUP: Costo del electrodo por metro en un solo pase.

PMAN: Peso del metal de aporte necesario.

Ce: Costo del electrodo por kilogramo.

4.1.3.2 Costos De Materiales Consumibles

4.1.3.2.1 Fundentes

Para casos en los que se es necesario usar fundente como es el caso de arco sumergido, se puede relacionar con el peso del metal de soldadura depositado y calcularse mediante la ecuación (4.21).

$$CF [$/m] = Cf[$/kg] * PDS [kg/m] * RF[%] \quad (4.21)$$

Dónde:

- CF: Costo del fundente por metro.
- Cf: Costo del fundente por kilogramo.
- PDS: Peso del depósito de soldadura.
- RF: Relación de fundente.

Generalmente en procesos de arco sumergido se utiliza un kilogramo de fundente por cada kilogramo de electrodo depositado, pero puede variar dependiendo de la tensión del arco utilizado; estos valores se detallan en la tabla 4-5.

Tabla 4-5 Consumo de fundente.²¹

CONSUMO DE FUNDENTE [kg fundente/kg de electrodo]	VOLTAJE [V]
0,65 – 0,70	30
0,9	34
1,25	38

La cantidad de fundente efectivamente empleado por kg de alambre depositado en un proceso de arco sumergido, fluctúa del 80 al 100 % de su uso.

4.1.3.2.2 Gas de protección

Cuando se usa gas de protección su costo se debe agregar a los materiales. El costo del gas se relaciona con el tiempo necesario para ejecutar la soldadura. El gas de protección generalmente se usa a un flujo especificado y se mide en metros cúbicos por hora. La cantidad de gas de protección usada sería el producto del tiempo necesario para ejecutar la soldadura multiplicada por el caudal de salida del gas. Entonces, el costo del gas se puede calcular de dos

²¹ MANUAL DE SOLDADURA ESAB; Materiales de Aporte y Equipos para la Soldadura Manual y Automática.

modos. Generalmente, el costo del gas se basa en el costo por metro de la soldadura, y se calcula usando la ecuación (4.22).

$$CG [$/m] = \frac{PDS[kg/m] * Cg [$/m^3] * FG [m^3/h]}{VD [kg/h]} \quad (4.22)$$

Dónde:

CG: Costo del gas.

PDS: Peso de metal depositado.

Cg: Precio del gas.

FG: Flujo de gas.

VD: Velocidad de aportación.

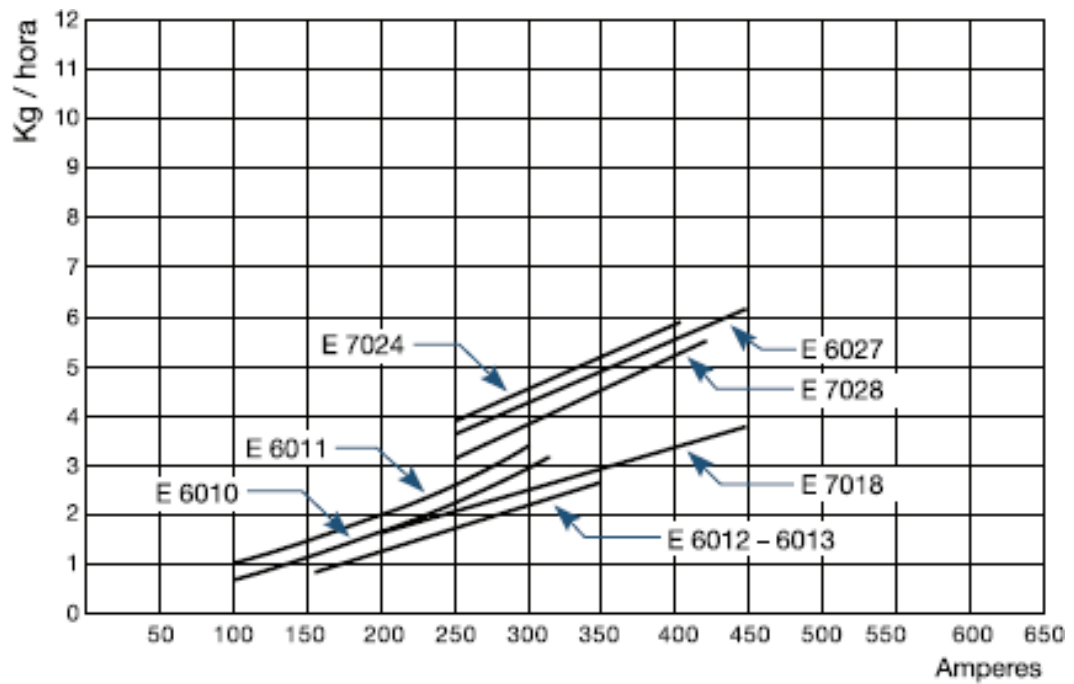
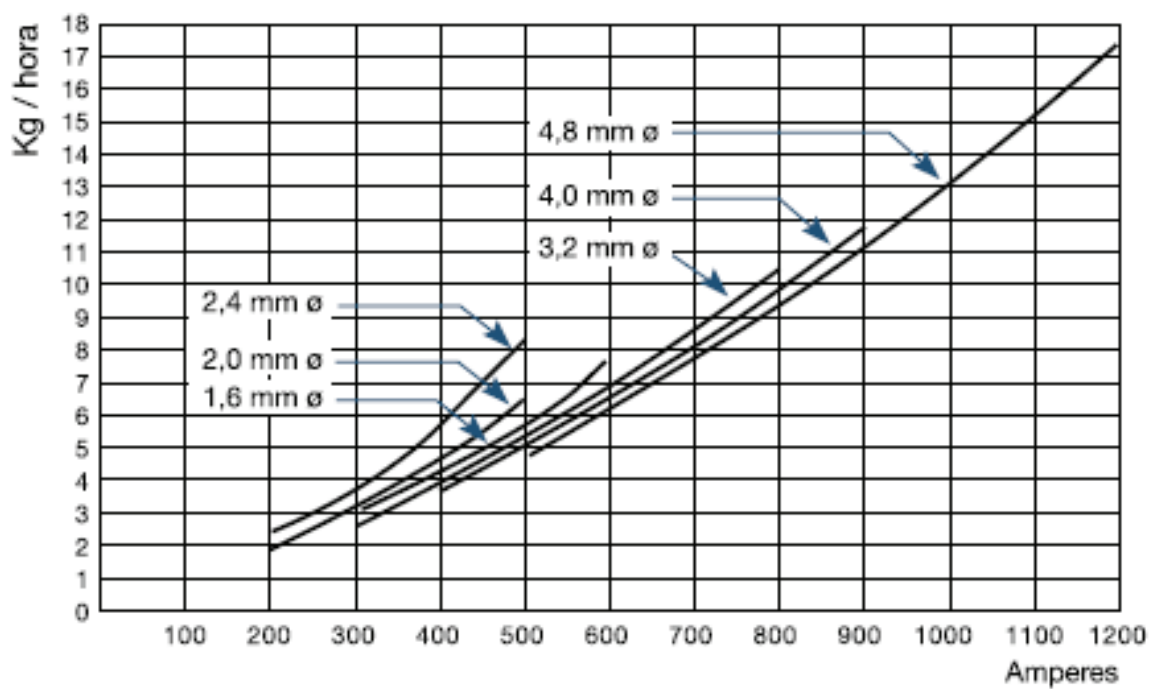
El caudal de salida de gas se especifica en la siguiente tabla 4-6, dependiendo del procedimiento de soldadura que se aplique.

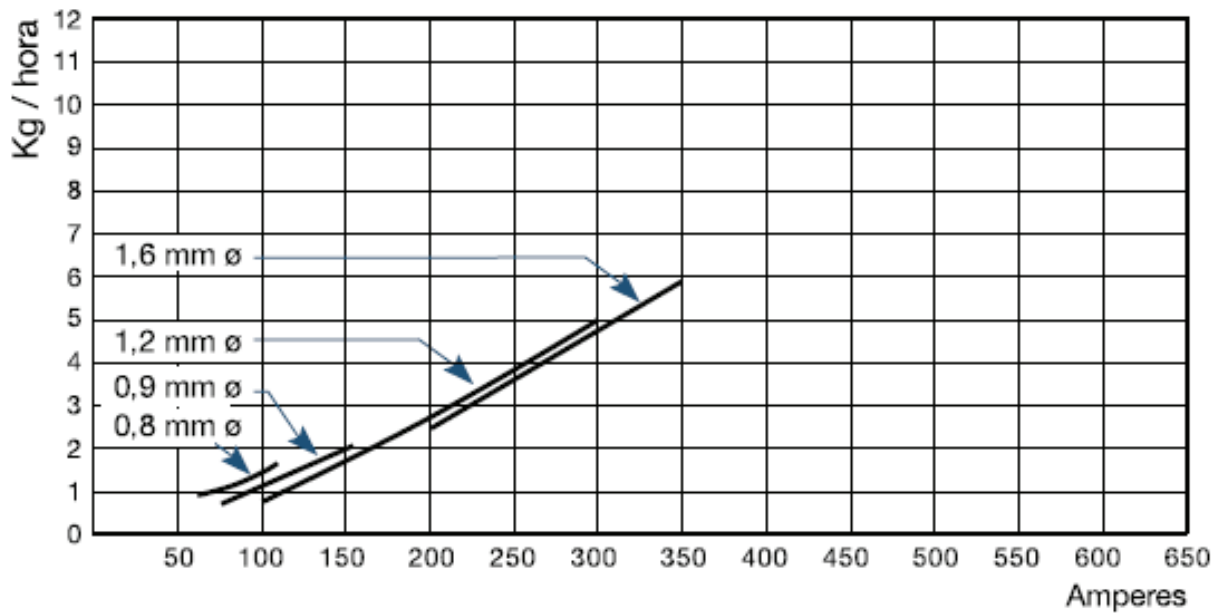
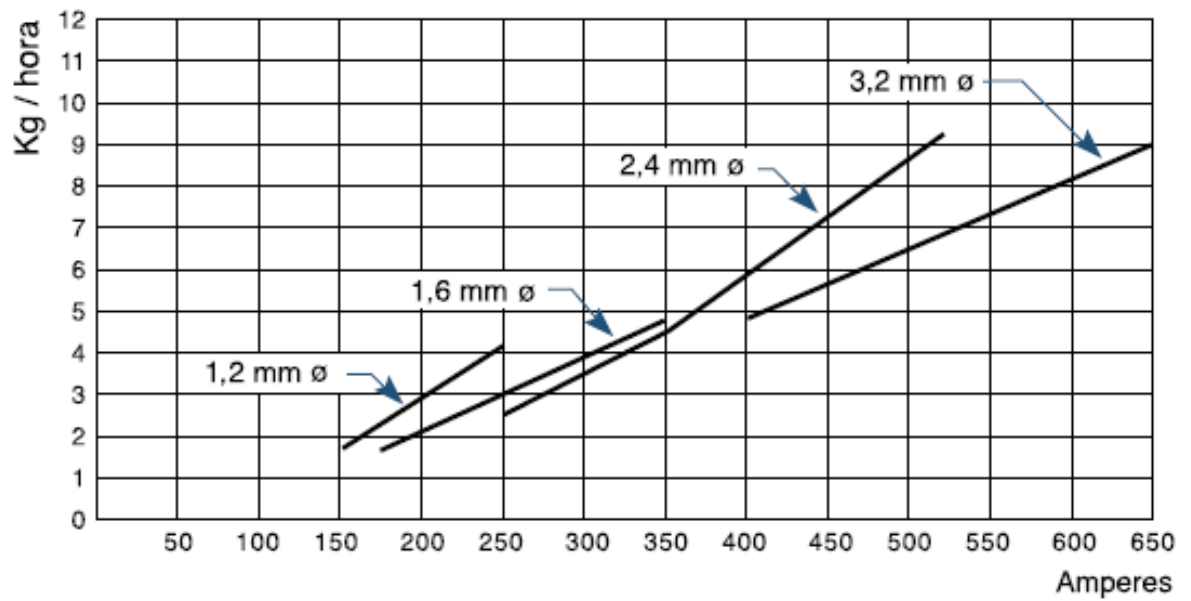
Tabla 4-6 Flujo de gas por unidad de tiempo.²²

PROCESO	FLUJO DE GAS [m³/h]
MIG sólido	0,8 – 1,2
MIG tubular	1,0 – 1,4
TIG	0,5 – 1,0

Las siguientes ilustraciones 4-1, 4-2, 4-3 y 4-4 se muestran un resumen de las velocidades de aportación de los diferentes procesos de soldadura;

²² INDURA; Manual de Soldadura.

Ilustración 4-1 Velocidad de aportación SMAW²³Ilustración 4-2 Velocidad de aportación SAW²⁴²³ INDURA; Manual de Soldadura.²⁴ INDURA; Manual de Soldadura.

Ilustración 4-3 Velocidad de aportación MIG sólido²⁵Ilustración 4-4 Velocidad de aportación FCAW con protección.²⁶

²⁵ INDURA; Manual de Soldadura.

²⁶ INDURA; Manual de Soldadura.

Al calcular el costo para hacer una soldadura de punto, una soldadura pequeña, o para una parte estrecha, se usa el costo de gas por minuto de operación. Este se basa en el tiempo necesario para ejecutar la soldadura y se puede calcular mediante la ecuación (4.23).

$$CG [$/min] = \frac{PG [$/m^3] * FG [m^3/h] * TS [min]}{60} \quad (4.23)$$

Dónde:

CG: Costo del gas.

PG: Precio del gas.

FG: Flujo de gas.

TS: Tiempo de soldadura.

4.1.3.3 Factor Operador.

Cuando se realiza una construcción soldada hay dos tipos de factores que se deben tomar en cuenta, estos son el tiempo en el que el operador que está efectivamente depositando material y los tiempos accesorios. Al primero se lo conoce como duración de arco, y viene a ser el tiempo en que el soldador está depositando metal en la junta. Entre los tiempos accesorios se tiene: tiempo de ensamble, de posicionamiento y de preparación de la junta. Cuando retira un montaje de su posición o limpia una soldadura, el operador está necesariamente ejecutando reiteradas operaciones. Cuando cambia electrodos, cuando se mueve de un lugar a otro o cuando se detiene a tomar alguna bebida, él no está soldando. Las horas totales trabajadas son siempre mayores que las que las horas empleadas únicamente en soldar, y la relación entre las horas pasadas soldando y las horas totales trabajadas es conocida como factor operador.

El factor operador o ciclo de trabajo en la soldadura al arco es la razón entre la duración de arco y un período especificado de tiempo tabla 4-7. Elevar la

duración de arco incrementa la cantidad de metal de aporte depositado; por tanto incrementa la eficiencia de la operación de soldadura. Sin embargo otras operaciones que un soldador o un operador de máquina tiene que desempeñar tales como limpiar piezas, cargar accesorios o soldar por puntos, pueden bajar el factor operador.

Un elevado factor operador ni indica necesariamente bajo costo porque el procedimiento de soldadura puede requerir de una duración de arco.

Tabla 4-7 Factor operador.²⁷

PROCESO	FACTOR DE OPERADOR [%]
Electrodo Manual	5 – 30
MIG sólido	10 – 60
FCAW	10 – 60
TIG	5 – 20
Arco sumergido	50 – 100

El factor operador puede elevarse con el uso de posicionadores y accesorios, y con procesos semiautomáticos y automáticos de soldadura donde el soldador o el operador de la maquina no desempeñan otras tareas, tales como cincelado y cambio de electrodos.

Se presenta la ilustración 4-5, en la que se presenta de manera general un factor de operador para cada uno de los procesos ya sea manual, semiautomático, a máquina, o automático.

²⁷ INDURA; Manual de Soldadura.

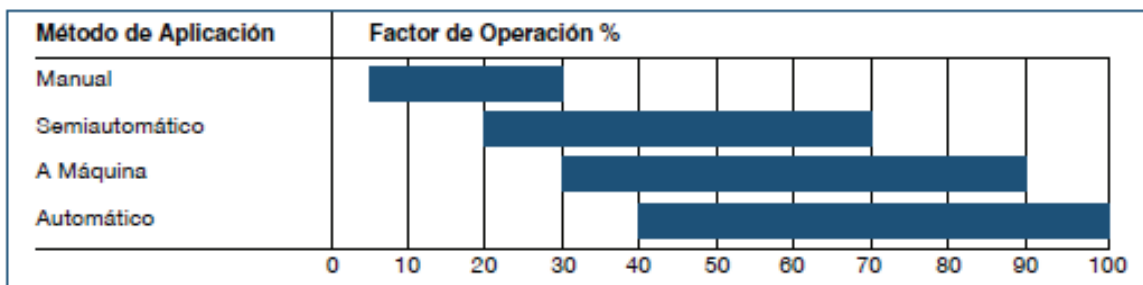


Ilustración 4-5 Factor de operación.

4.1.3.4 Costos de la energía eléctrica.

El costo de energía eléctrica es una pequeña parte del costo del depósito del metal de soldadura y, en la mayoría de los casos, es inferior al 1% del total. Será necesario conocer el costo de energía, expresado en dólares por kilovatio hora (\$/kW-h), si se requiere para una estimación del costo total.

Se debe establecer una ecuación en la cual se establezca el área de trabajo en la que se va trabajar y por tanto las diferentes variables a tomar en cuenta para una estimación de costos correcta. En este caso se usa la ecuación (4.24).

$$CEE [$/m] = \frac{TE [$/kWh] * V [V] * I [A] * PDS \left[\frac{kg}{m} \right] * 60}{100000 * VD \left[\frac{kg}{h} \right] * FO [\%] * EFE [\%]} \quad (4.24)$$

Dónde:

CEE: Costo de energía eléctrica por metro.

TE: Tarifa eléctrica.

V: Voltaje.

I: Amperaje.

PDS: Peso del depósito de soldadura.

- VD: Velocidad de depósito.
- FO: Factor de operador.
- EFE: Eficiencia de la fuente de energía.

A continuación en la tabla 4-8 se muestra el costo de servicio de distribución eléctrica, al igual que otros factores como la participación de costo de generación eléctrica, transmisión y distribución.

Tabla 4-8 Factores de la empresa eléctrica.²⁸

EMPRESAS	GENERACIÓN	TRANSMISIÓN	DISTRIBUCIÓN	GENERACIÓN	TRANSMISIÓN	DISTRIBUCIÓN
	USD/kWh	USD/kWh	USD/kWh	%	%	%
Ambato	4,098	0,504	4.118	49.09	5.78	45.13
Esmeraldas	4,098	0,504	3,668	60.51	6.09	33.40
Quito	4,098	0,504	3,057	57.22	6.58	36.20
Sucumbíos	4,098	0,504	6.048	45.53	4.73	49.74

4.2 COSTO DE MANO DE OBRA

Los costos de mano de obra se basan en los tiempos que toma llevar a cabo todos los pasos en la fabricación. Estos pasos pueden ser agrupados dentro del tiempo de arco, corte, doblado, etc.; tiempo de manipulación y diversos tiempos en el lugar de trabajo.

La base para calcular el costo de mano de obra en dólares por metro se expresa en la ecuación (4.25). El factor operador que se muestra es el mismo que el ciclo

²⁸ <http://www.conelec.gob.ec>

de la jornada, que es el porcentaje del equipo de arco contra el tiempo total pagado.

$$CMO [$/m] = \frac{SS [$/h]}{VA [m/h]*FO [\%]} \quad (4.25)$$

Dónde:

CMO: Costo mano de obra.

SS: Sueldo de soldador u operador de soldadura.

VA: Velocidad de avance.

FO: Factor de operador.

Cada uno de los elementos de ésta fórmula requiere un profundo análisis. La tarifa de pago por hora al soldador se puede incluir en la fórmula; sin embargo, en la mayoría de casos, las compañías prefieren sectorizar la tarifa de pago para cubrir prestaciones, como el costo de seguro, vacaciones, días festivos, etc. Este es un factor que se debe determinar y estar de acuerdo con los sistemas de contabilidad de cada compañía.

Cuando no se disponga de un catálogo de procedimientos de soldadura, o si la velocidad del recorrido implica más de un paso, se usa la ecuación (4.26).

$$CMO [$/m] = \frac{SS [$/h]*PDS [kg/m]}{VD [kg/h]*FO [\%]} \quad (4.26)$$

Dónde:

CMO: Costo de mano de obra.

SS: Sueldo del soldador u operador.

PDS: Peso del depósito de soldadura.

VD: Velocidad de depósito.

FO: Factor de operador.

Para evaluar el costo de mano de obra se tiene los parámetros del sueldo del operador (soldador) que debe ser controlado de acuerdo a las horas en las que trabaja. Los pesos del depósito de soldadura están especificados en la tabla 4-1 y 4-2, dependiendo del tipo de material con el que se esté trabajando. La velocidad de depósito es el peso del metal de aporte depositado en una cantidad de tiempo; este es un nuevo factor, el cual está expresada en kilogramos por hora [kg/h].

La relación entre la velocidad de fusión y el peso del metal de aporte fundido se puede determinar mediante la ecuación (4.27)

$$VD [kg/h] = \frac{VF [m/min]*60}{LE [m/kg]*RMA [%]} \quad (4.27)$$

Dónde:

VD: Velocidad de depósito.

VF: Velocidad de fusión.

LE: Longitud de electrodo por kilogramo.

RMA: Rendimiento del material de aporte.

4.3 COSTOS GENERALES

Los costos generales son los costos de muchos elementos u operaciones en la fábrica y en la oficina, no directamente asignables al trabajo o a las construcciones soldadas. Estos costos son repartidos a proporciones entre todos los trabajos que se estén haciendo en la planta o en un departamento. Las principales categorías pueden incluir algo o todo de lo siguiente.

- Salarios de los ejecutivos de la planta, supervisores, inspectores, personal de mantenimiento, conserjes y otros.

- Margen de beneficios para los empleados, tales como seguros de vida y servicio médico, seguridad social y fondo de contribuciones para pensiones de jubilación.
- Renta y depreciación de la planta, facilidades.
- Costo de depreciación o de arrendamiento de los equipos de la planta incluyendo máquinas de soldar, equipo de manipulación, grúas aéreas y todo otro equipo que no esté cargado directamente al trabajo o a una construcción soldada específica.
- Costos de mantenimiento de los edificios, terrenos, etc.
- Todos los impuestos de la planta, estado real, equipo y planillas de pagos.
- Calefacción, luz, agua y otros servicios públicos utilizados en las operaciones de la planta.
- Pequeñas herramientas, como son llaves de tuercas, martillos de cincelar y para electrodos, piquetas, instrumentos de control de calidad en soldadura, etc.
- Equipos de seguridad y contra incendios.
- Departamentos de prueba incluyendo laboratorios de química, de metalurgia y de procesamientos de datos.

Todas las empresas tienen algún sistema para manejar y determinar los costos generales. La asignación de los costos por costos generales es usualmente una función del departamento de contabilidad.

CAPITULO 5

5 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN

Al analizar las diferentes variables parecería que no es sencillo, pero todas las expresiones que se presentaron en capítulos anteriores se reducen con la utilización de tablas e ilustraciones que se presentaran en este capítulo.

Se presentara por partes los distintos pasos para el cálculo de los diferentes costos de los procesos.

5.1 CÁLCULO DE COSTOS DEL PROCESO DE CORTE.

5.1.1 CORTE POR PLASMA.

Como primer cálculo se tiene utilizando la depreciación calculada en el capítulo 3 (22867,50 \$/año), pero hay que determinar el costo para el mes.

$$\text{Depreciación mensual} = \frac{22867.50}{12}$$

Se tiene,

$$\text{Depreciación mensual} = 1905,63$$

Y este valor dividiéndolo para el peso mensual trabajado nos da;

$$\text{Costo depreciación} = 4.15 \text{ [$/Ton]}$$

Calculo de la energía eléctrica se lo hace con la ecuación (4.3), que se determinó en el capítulo anterior.

$$C_E[\$/h] = u_E[\$/kW - h] * E[kW] \quad (4.3)$$

Donde se tiene;

$$C_E[\$/h] = 7.149[\$/kW - h] * 10.62[kW]$$

Con lo que se tiene,

$$C_E[\$/h] = 75.92$$

Y dividiendo para el peso mensual trabajado, nos da;

$$\text{Costo energía eléctrica} = \frac{75.92 [\$/h]}{459.54 [Ton/mes]}$$

Por lo tanto;

$$\text{Costo energía eléctrica} = 39.66 [\$ / Ton]$$

Costo del aire comprimido se lo realiza aplicando la ecuación (4.6)

$$C_A[\$/h] = P [kW] * u_E [\$ / kWh] \quad (4.6)$$

Donde teniendo la potencia y el costo de energía eléctrica de la zona;

$$C_A[\$/h] = 11.01 [kW] * 7.149 [\$ / kWh] \quad (5.1)$$

Se tiene;

$$C_A[\$/h] = 78.71 \quad (5.2)$$

Y este valor dividiéndolo para el peso mensual trabajado nos da;

$$\text{Costo Aire} = \frac{78.71}{459.54}$$

Por lo tanto;

$$\text{Costo Aire} = 1.037$$

Para determinar el costo de mano de obra se determinara para el mes de trabajo en la planta, estos valores de sueldo de los operadores, se expresa detalladamente en el anexo 5 y anexo 6;

$$Sueldo = 7.36[\$/h] * 300[h]$$

Se tiene;

$$Sueldo = 1104.61 \left[\frac{\$}{mes} \right]$$

Y este valor dividiéndolo para el peso mensual trabajado nos da;

$$Costo\ mano\ de\ obra = \frac{1104.61}{459.54}$$

Por lo tanto;

$$Costo\ mano\ de\ obra = 2.40 \text{ [}/Ton]$$

Se calcula a continuación los costos generales indirectos,

$$Sueldo = 21.76[\$/h] * 120 [h]$$

Se tiene;

$$Sueldo = 813.29 \left[\frac{\$}{mes} \right]$$

Y este valor dividiéndolo para el peso mensual trabajado nos da;

$$Costo\ Indirectos = \frac{813.29}{459.54}$$

Por lo tanto;

$$Costo\ indirectos = 1.77 \text{ [}/Ton]$$

Los insumos que se utiliza para este proceso están alrededor de 300 [\$] al mes, por lo que hay que dividirlo para el peso y se tendrá el costo por tonelada.

$$\text{Costo insumos} = \frac{300}{459.54}$$

Se tiene,

$$\text{Costo insumos} = 0.653$$

Sumando todas estas cantidades, se tiene.

$$\text{Total proceso} = 4.15 + 39.66 + 1.037 + 2.40 + 1.77 + 0.653$$

Donde;

$$\text{Total proceso} = 49.68 \text{ [$/Ton]}$$

Se presenta a continuación la tabla 5-1 de costos unitarios para el proceso por Plasma, que ayuda para realizar los diferentes cálculos para este proceso.

Tabla 5-1 Cuadro de costos unitarios Corte por PLASMA.

PROCESO	Corte por plasma		
Ton/mes	459.54		
DEPRECIACIÓN			
Annual [\$/año]	Mensual [\$/mes]	Ton / mes	[\$/Ton]
22,867.50	1,905.63	459.54	4.15
COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA			
Potencia [kW]	Ue [\$/kW-h]	[\$/mes]	[\$/Ton]
10.62	7.149	18228.09	39.66
COSTO DE AIRE COMPRIMIDO			
Potencia [kW]	Ue [\$/kW-h]	[\$/mes]	[\$/Ton]
11.01	7.149	18894.97858	1.037
MANO DE OBRA			
Horas por mes	Sueldo por hora	Sueldo mensual	[\$/Ton]
300	7.36	1104.61	2.40
COSTOS INDIRECTOS			
Horas por mes	Sueldo por hora	Sueldo mensual	[\$/Ton]
120	21.76	813.29	1.77
INSUMOS			
Costo			\$/Ton
300			0.653

TOTAL [\$/Ton]	49.68
----------------	-------

Aplicando el mismo procedimiento para varios pesos de placas se puede obtener la tabla 5-2 que se presenta a continuación.

Tabla 5-2 Resultado proceso por plasma.

TABLA DE RESULTADOS	
Ton/mes	\$/Ton
235.62	95.90
237.05	95.33
348.00	65.27
350.40	64.83
397.81	57.22
398.40	57.14
459.54	49.68
479.32	47.67
506.30	45.18
587.20	39.10
704.00	32.79

Graficando los resultados obtenidos en la tabla 5-2, se obtiene la ilustración 5-1.

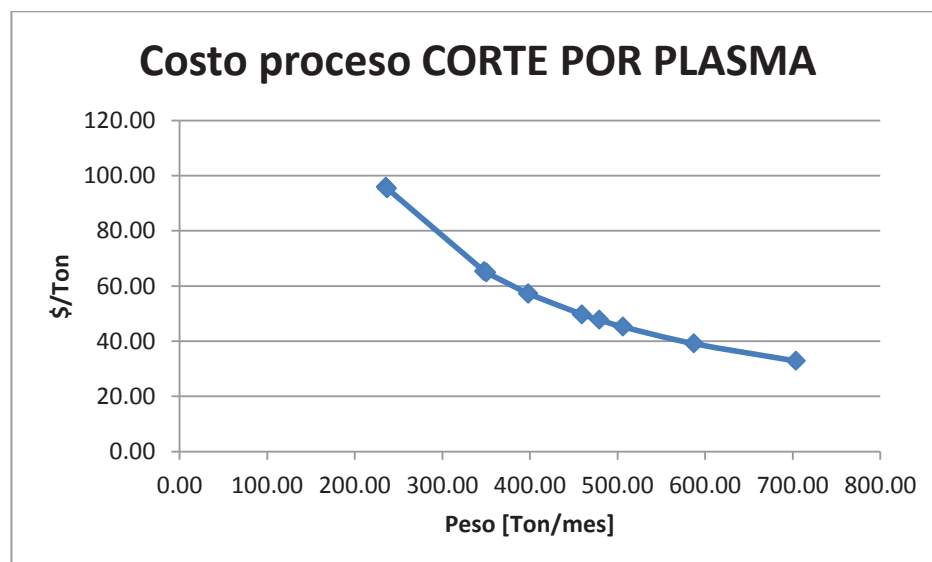


Ilustración 5-1 Costo por tonelada corte por plasma.

Se presenta a continuación la ecuación de la curva del proceso CORTE POR PLASMA la cual es: $Y = 0.0003 X^2 - 0.4535 X + 189.62$, ecuación que se obtiene de la ilustración 5-2.

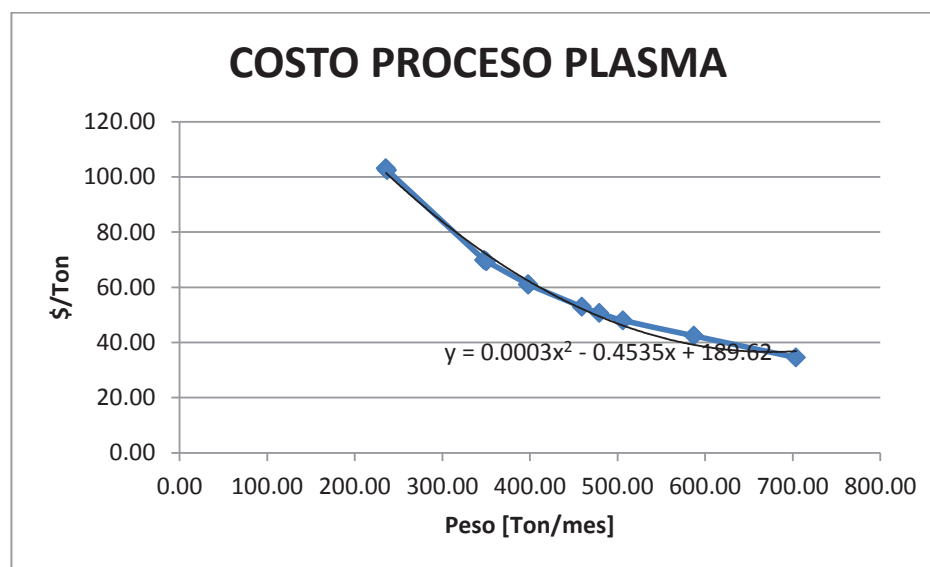


Ilustración 5-2 Costo por tonelada del corte por plasma. (Ecuación de la curva)

5.2 CÁLCULO DE COSTO DEL PROCESO DE BAROLADO.

Como primer cálculo se tiene utilizando la depreciación calculada en el capítulo 3 (46073.75 \$/año), pero hay que determinar el costo para el mes.

$$\text{Depreciación mensual} = \frac{46073.75}{12}$$

Se tiene,

$$\text{Depreciación mensual} = 3839.48$$

Y este valor dividiéndolo para el peso mensual trabajado nos da;

$$\text{Costo depreciación} = 21.54 \text{ [$/Ton]}$$

Calculo de la energía eléctrica se lo hace con la ecuación (4.11).

$$C_E[\$/h] = u_E[\$/kW - h] * E[kW] \quad (4.11)$$

Donde se tiene;

$$C_E[\$/h] = 7.149[\$/kW - h] * 18[kW]$$

Con lo que se tiene,

$$C_E[\$/h] = 128.68$$

Y dividiendo para el peso mensual trabajado, nos da;

$$\text{Costo energía eléctrica} = \frac{128.68 [\$/h] * 5 * 30}{459.54 [Ton/mes]}$$

Por lo tanto;

$$\text{Costo energía eléctrica} = 108.26 [\$/Ton]$$

Para determinar el costo de mano de obra se determinara para el mes de trabajo en la planta;

$$\text{Sueldo} = 7.36[\$/h] * 300[h]$$

Se tiene;

$$\text{Sueldo} = 1104.61 \left[\frac{\$}{mes} \right]$$

Y este valor dividiéndolo para el peso mensual trabajado nos da;

$$\text{Costo mano de obra} = \frac{1104.61}{178.68}$$

Por lo tanto;

$$\text{Costo mano de obra} = 6.20 [\$/Ton]$$

Se calcula a continuación los costos generales indirectos,

$$Sueldo = 21.76[\$/h] * 120 [h]$$

Se tiene;

$$Sueldo = 813.29 \left[\frac{\$}{mes} \right]$$

Y este valor dividiéndolo para el peso mensual trabajado nos da;

$$Costo Indirectos = \frac{813.29}{178.29}$$

Por lo tanto;

$$Costo indirectos = 4.56 [\$ / Ton]$$

Los insumos que se utiliza para este proceso están alrededor de 300 [\$] al mes, por lo que hay que dividirlo para el peso y se tendrá el costo por tonelada.

$$Costo insumos = \frac{300}{178.29}$$

Se tiene,

$$Costo insumos = 1.68$$

Sumando todas estas cantidades, se tiene.

$$Total proceso = 21.54 + 108.26 + 6.20 + 4.56 + 1.68$$

Donde;

$$Total proceso = 142.24 [\$ / Ton]$$

Se presenta a continuación la tabla 5-3 de costos unitarios para el proceso de Barolado, que ayuda para realizar los diferentes cálculos para este proceso.

Tabla 5-3 Cuadro de costos unitarios proceso BAROLADO.

PROCESO	Barolado		
Ton/mes	178.29		
DEPRECIACIÓN			
Annual [\$/anio]	Mensual [\$/mes]	Ton / mes	[\$/Ton]
46073.75	3,839	178.29	21.54
COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA			
Potencia [kW]	Ue [\$/kW-h]	[\$/mes]	[\$/Ton]
18	7.149	19302.3	108.263
MANO DE OBRA			
Horas por mes	Sueldo por hora	Sueldo mensual	[\$/Ton]
300	7.3640625	1104.61	6.20
COSTOS INDIRECTOS			
Horas por mes	Sueldo por hora	Sueldo mensual	[\$/Ton]
120	21.76	813.29	4.56
INSUMOS			
Costo			\$/Ton
300			1.68
TOTAL [\$/Ton]			142.24

Aplicando el mismo procedimiento para varios pesos de placas se puede obtener la tabla 5-4 que se presenta a continuación.

Tabla 5-4 Resultado proceso por BAROLADO

RESULTADOS	
Ton/mes	\$/Ton
40.58	624.93
79.40	319.39
82.33	308.02
88.35	287.04
98.92	256.37
103.97	243.91
178.29	142.24
185.42	136.77
186.00	136.34
189.60	133.75
300.00	84.53

Graficando los resultados obtenidos en la tabla 5-4, se obtiene la ilustración 5-3.

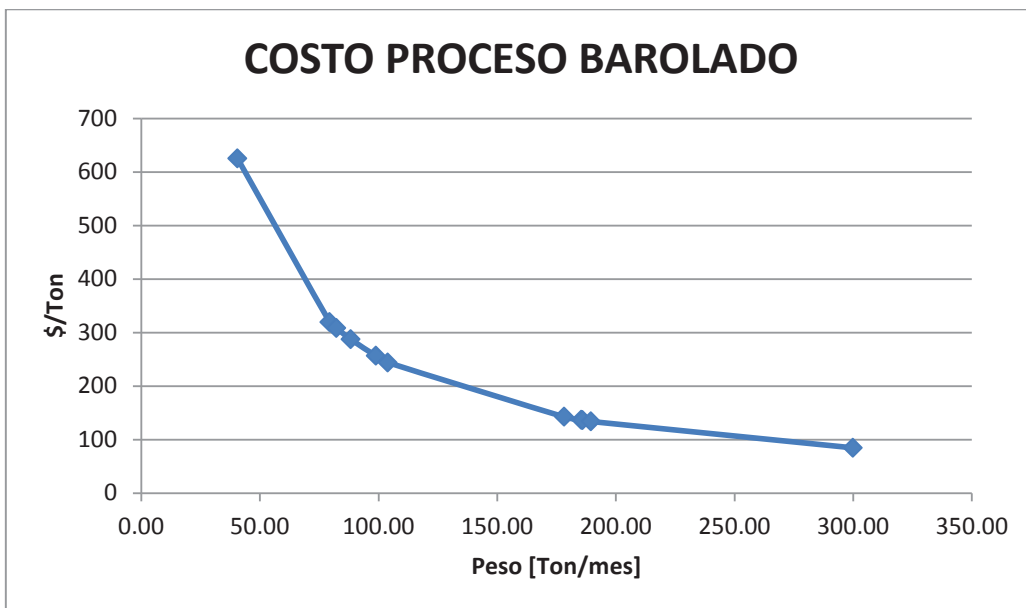


Ilustración 5-3 Costo por tonelada BAROLADO.

Se presenta a continuación la ecuación de la curva del proceso BAROLADO la cual es: $Y = 25355/x$, ecuación que se obtiene de la ilustración 5-4.

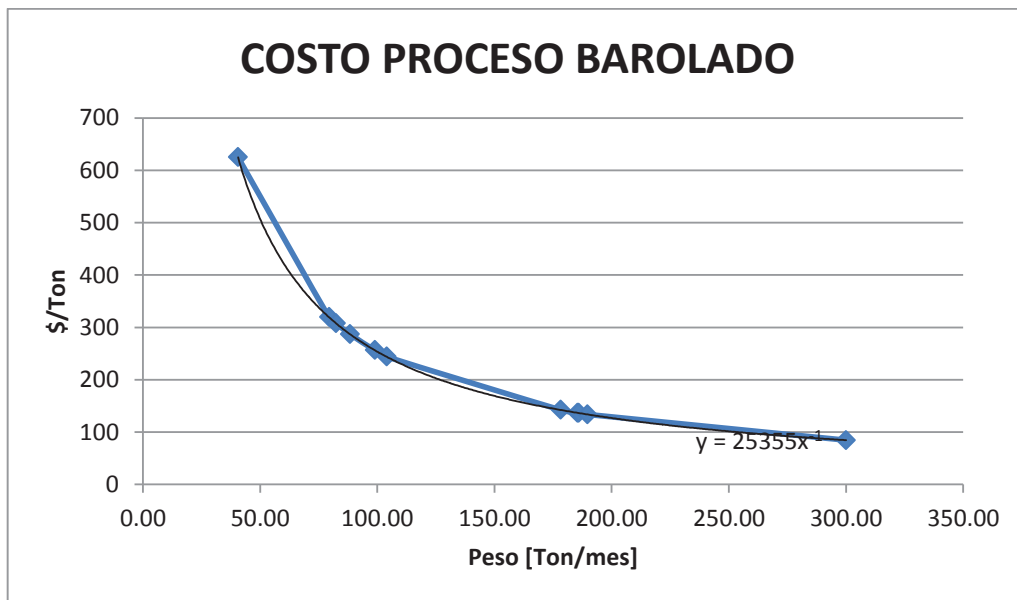


Ilustración 5-4 Costo por tonelada del BAROLADO. (Ecuación de la curva)

5.3 CÁLCULO DE COSTOS DEL PROCESO DE SOLDADURA.

Para el cálculo de costos del proceso de soldadura se aplica la ecuación general (4.13), en la cual hay que saber cuándo se utilizan los diferentes rubros.

$$C_{TS} [$/m] = C_E [$/m] + C_F [$/m] + C_G [$/m] + C_{MO} [$/m] + C_{TEE} [$/m] \quad (4.13)$$

Dónde:

CTS: Costo total de soldadura.

CE: Costo del electrodo.

CF: Costo del fundente.

CG: Costo del gas.

CTEE: Costo total de energía eléctrica.

Para simplificar los cálculos se separara en dos procesos, de electrodo continuo y de electrodo sólido.

5.3.1 PROCESOS DE ELECTRODO CONTINUO.

Se procederá como primera instancia al cálculo para el proceso FCAW y consecutivamente con el proceso SAW.

5.3.1.1 Proceso FCAW.

Comenzaremos calculando el costo del electrodo por metro a utilizar, para lo cual es necesario determinar el peso necesario del electrodo a utilizar en la junta, para lo cual se utilizara la ecuación (4.18).

$$PEN [kg/h] = \frac{VAE [m/min]*60}{LE [m/kg]} \quad (4.18)$$

Teniendo como dato la velocidad de alimentación del electrodo (336 [mm/min]) y la longitud del electrodo a utilizarse, este último esta tabulado Tabla 4-7, el cual es 139 [m/kg].

$$PEN [kg/h] = \frac{0.336 [m/min] * 60}{139 [m/kg]}$$

Donde se tiene que,

$$PEN [kg/h] = 0.145$$

Ahora hay que determinar el peso de metal por metro de soldadura (ecuación 4.19), el cual al multiplicar por el costo del electrodo por kilogramo (ecuación 4.20), obtendremos el costo del electrodo por metro de soldadura en función del espesor que se requiere.

$$PMAN [kg/m] = \frac{PEN [kg/h]}{VA [m/h]} \quad (4.19)$$

Y

$$CEUP [$/m] = PMAN[kg/m] * Ce[$/kg] \quad (4.20)$$

Obtenemos;

$$CEUP [$/m] = \frac{PEN [kg/h]}{VA [m/h]} * Ce[$/kg]$$

Utilizando la velocidad de avance, medida anteriormente 241 [mm/min] o 20.16 [m/h] y el costo del electrodo 10.37 [\$/kg], se obtiene el costo del electrodo por metro;

$$CEUP [$/m] = \frac{0.145 [kg/h]}{20.16 [m/h]} * 10.37[$/kg]$$

Por lo tanto;

$$CEUP [$/m] = 0.075$$

Al tratarse del proceso FCAW, se debe tener en cuenta que se va a utilizar gas de protección, para lo cual se aplica la ecuación (4.22) para determinar esto,

$$CG [$/m] = \frac{PDS[kg/m] * Cg [$/m^3] * FG [m^3/h]}{VD [kg/h]} \quad (4.22)$$

Se comenzara determinando el peso del metal depositado aplicando la siguiente ecuación (4.14);

$$PDS (kg/m) = CSA (cm^2) * \delta_m \left(\frac{kg}{cm^3} \right) * 100 \quad (4.14)$$

El área de sección transversal “CSA” se determinara utilizando valores tabulados en la tabla 4-3 y 4-4, y con la densidad del acero 0,00785 [kg/cm²], se obtiene;

$$PDS (kg/m) = 1.329(cm^2) * 0.00785 \left(\frac{kg}{cm^3} \right) * 100$$

Donde se tiene que;

$$PDS (kg/m) = 1.043$$

Ahora teniendo el costo del gas a utilizarse 18 [\$/m³], el flujo del gas utilizado 17 [l/min] o 1.02 [m³/h] y teniendo la velocidad de aportación 5.8 [kg/h] (utilizar valores de ilustración 4-4), se tiene por lo tanto;

$$CG [$/m] = \frac{1.043[kg/m] * 18 \left[\frac{\$}{m^3} \right] * 1.02 [m^3/h]}{5.8 [kg/h]}$$

Por lo tanto;

$$CG [$/m] = 3.302$$

Se procederá a calcular el costo de energía eléctrica aplicando la ecuación (4.24);

$$CEE [$/m] = \frac{TE[$/kWh] * V[V] * I[A] * PDS \left[\frac{kg}{m} \right] * 60}{100000 * VD \left[\frac{kg}{h} \right] * FO[\%] * EFE[\%]} \quad (4.24)$$

Teniendo valores de la tarifa eléctrica de la zona 7.149 [\$/kW-h], el voltaje de trabajo de la maquina 23.8 V, el amperaje 295 A, peso del depósito de soldadura ya calculado, la velocidad de depósito ya determinado anteriormente, factor del operador 40 % y la eficiencia de la fuente de energía 87 %; se obtiene el siguiente resultado;

$$CEE [$/m] = \frac{7.149 [$/kWh] * 23.8 [V] * 295 [A] * 1.043 \left[\frac{kg}{m} \right] * 60}{100000 * 5.8 \left[\frac{kg}{h} \right] * 50 [\%] * 87 [\%]}$$

Donde se tiene que;

$$CEE [$/m] = 12.45$$

Hay que determinar el costo de la mano de obra que se requiere emplear para este proceso. Para este caso se utilizara la ecuación (4.30) presentada a continuación;

$$CMO [$/m] = \frac{SS [$/h] * PDS [kg/m]}{VD [kg/h] * FO [\%]} \quad (4.26)$$

Teniendo los datos del sueldo del soldador 4.16 [\$/h], peso depositado de soldadura calculado anteriormente, velocidad de depósito y factor de operador establecido previamente para este proceso, se tiene que;

$$CMO [$/m] = \frac{4.16 [$/h] * 1.043 [kg/m]}{5.8 [kg/h] * 50 [\%]}$$

Entonces;

$$CMO [$/m] = 1.497$$

Tomando como dato lo ya determinado en el capítulo 3 (depreciación de maquinaria) solo nos queda por aumentar la depreciación correspondiente para esta maquinaria, pero enfocando el análisis para saber el costo por metro de esto;

$$\text{Depreciación} = 0.48 \text{ [$/h]}$$

Y el tiempo que fue medido en la realidad. Con esto se tiene el costo por metro de suelda.

$$\text{Depreciación final} = 0.48 \text{ [$/h]} * 0.069 \text{ [h/m]}$$

Por lo tanto;

$$\text{Depreciación final} = 0.033 \text{ [$/m]}$$

Por lo tanto el costo total del proceso FCAW es,

$$C_{TS} \text{ [$/m]} = 0.075 \text{ [$/m]} + 3.302 \text{ [$/m]} + 12.45 \text{ [$/m]} + 1.497 \text{ [$/m]} + 0.033 \text{ [$/m]}$$

Se tiene,

$$C_{TS} \text{ [$/m]} = 17.36$$

Se presenta a continuación la tabla 5-5 de costos unitarios para el proceso FCAW, que ayuda para realizar los diferentes cálculos para este proceso.

Tabla 5-5 Cuadro de costos unitarios proceso FCAW.

OPERACION		FCAW				vae
Material		A 36				
Espesor [mm]		1/2				
V. alimentación [mm/min]		336				
V. avance [mm/min]		241				
Voltaje [V]		23.8				
Corriente [A]		295				
Diámetro [mm]		1.2				
Flujo del gas [l/min]		17				
COSTO DEL ELECTRODO						
VAE [m/min]	LE [m/kg]	PEN [kg/h]	VA [m/h]	Ce [\$/kg]	CEUP [\$/m]	
0.336	139	0.15	20.16	10.37	0.075	
COSTO DE GAS DE PROTECCIÓN						
CSA [cm ²]	PDS [kg/m]	Cg [\$/m ³]	FG [m ³ /h]	VD [kg/h]	CG [\$/m]	
1.329	1.04	18	1.02	5.8	3.302	
COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA						

VD [kg/h]	TE [\$/kWh]	PDS [kg/m]	FO [%]	EFE [%]	CEE [\$/m]
5.8	7.149	1.04	50%	87%	12.453
COSTO DE MANO DE OBRA					
SS [\$/h]	PDS [kg/m]	VD [kg/h]	FO [%]	CMO [\$/m]	
4.16	1.04	5.8	50%	1.497	
DEPRECIACION					
Costo [\$/h]	Tiempo [h/m]			CD [\$/m]	
0.48	0.0692			0.033	
COSTO TOTAL [\$/m]					17.36

Aplicando el mismo procedimiento para varios espesores, se tiene la tabla 5-6;

Tabla 5-6 Resultados para el proceso FCAW.

RESULTADO		
Espesor		Costo de suelta [\$/mm]
[pulg]	[mm]	
1/4	6.35	5.37
1/3	7.9375	7.77
3/8	9.525	10.16
1/2	12.7	17.36
5/8	15.875	24.09
3/4	19.05	39.12
1	25.4	64.82
1 1/8	28.575	79.88
1 1/4	31.75	152.6

Graficando los resultados obtenidos en la tabla 5-6, se obtiene la ilustración 5-5.

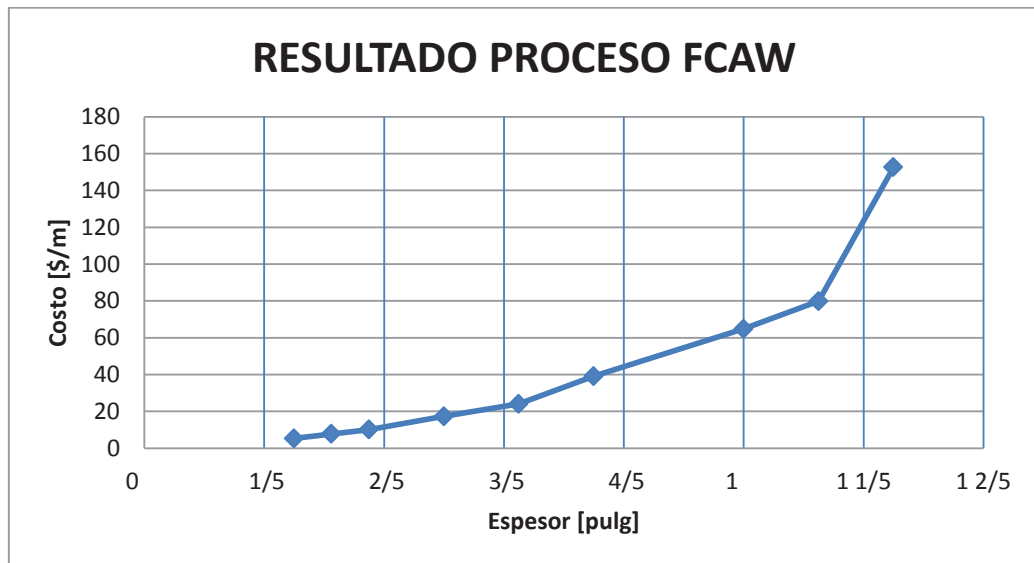


Ilustración 5-5 Costo metro lineal por suelda con proceso FCAW.

Se presenta a continuación la ecuación de la curva del proceso FCAW la cual es: $Y = 160.99 X^2 - 118.24 X + 30.48$, ecuación que se obtiene de la ilustración 5-6.

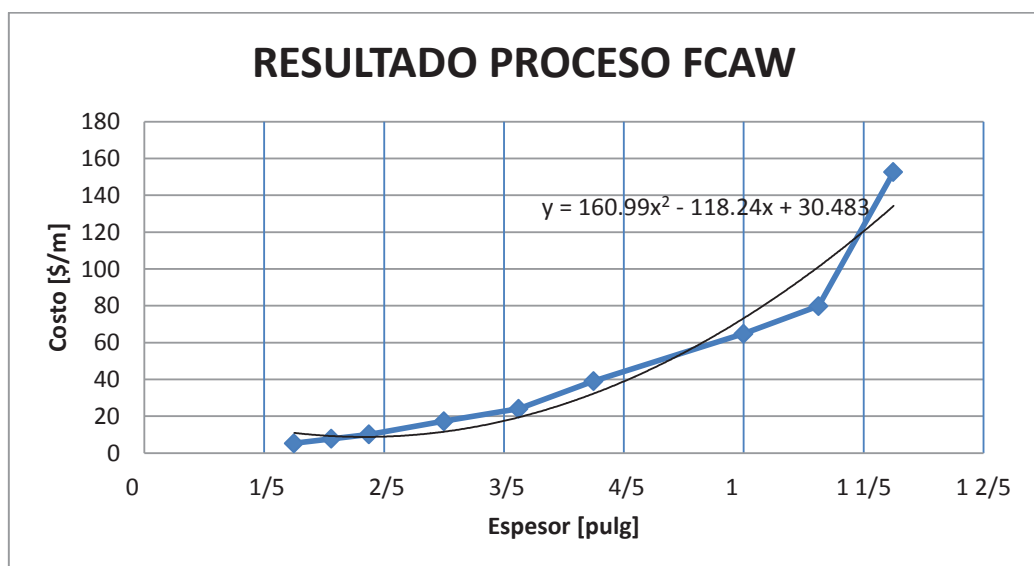


Ilustración 5-6 Costo por metro lineal del proceso FCAW. (Ecuación de la curva)

5.3.1.2 Proceso SAW.

Comenzaremos calculando el costo del electrodo por metro a utilizar, para lo cual es necesario determinar el peso necesario del electrodo a utilizar en la junta, para lo cual se utilizara la ecuación (4.18).

$$PEN [kg/h] = \frac{VAE [m/min]*60}{LE [m/kg]} \quad (4.18)$$

Teniendo como dato la velocidad de alimentación del electrodo (300 [mm/min]) y la longitud del electrodo a utilizarse, este último esta tabulado Tabla 4-7, el cual es 14.7 [m/kg].

$$PEN [kg/h] = \frac{0.3[m/min] * 60}{14.7 [m/kg]}$$

Donde se tiene que,

$$PEN [kg/h] = 1.43$$

Ahora hay que determinar el peso de metal por metro de soldadura (ecuación 4.19), el cual al multiplicar por el costo del electrodo por kilogramo (ecuación 4.20), obtendremos el costo del electrodo por metro de soldadura en función del espesor que se requiere.

$$PMAN [kg/m] = \frac{PEN [kg/h]}{VA [m/h]} \quad (4.19)$$

Y

$$CEUP [$/m] = PMAN[kg/m] * Ce[$/kg] \quad (4.20)$$

Obtenemos;

$$CEUP [$/m] = \frac{PEN [kg/h]}{VA [m/h]} * Ce[$/kg]$$

Utilizando la velocidad de avance, medida anteriormente 37.96[mm/min] o 2.28[m/h] y el costo del electrodo 176.6 [\$/kg], se obtiene el costo del electrodo por metro;

$$CEUP [$/m] = \frac{1.43 [kg/h]}{2.28 [m/h]} * 76.6 [$/kg]$$

Por lo tanto;

$$CEUP [$/m] = 48.046$$

Al tratarse del proceso SAW es necesario utilizar un fundente para su proceso, este es el TF-565, este rubro se lo calcula con la ecuación (4.21),

$$CF [$/m] = Cf[$/kg] * PDS [kg/m] * RF[%] \quad (4.21)$$

Se comenzara determinando el peso del metal depositado aplicando la siguiente ecuación (4.14);

$$PDS (kg/m) = CSA (cm^2) * \delta_m \left(\frac{kg}{cm^3} \right) * 100 \quad (4.14)$$

El área de sección transversal "CSA" se determinara utilizando valores presentados en la tabla 4-3 y 4-4 (1.329 cm²), y con la densidad del acero 0,00785 [kg/cm²], se obtiene;

$$PDS (kg/m) = 1.329(cm^2) * 0.00785 \left(\frac{kg}{cm^3} \right) * 100$$

Donde se tiene que;

$$PDS (kg/m) = 1.043$$

Y con el costo del fundente 2.11 [\$/kg], se tiene;

$$CF [$/m] = 2.11 [$/kg] * 1.043 [kg/m] * 1[%]$$

Se tiene;

$$CF [$/m] = 0.022$$

Se procederá a calcular el costo de energía eléctrica aplicando la ecuación (4.24);

$$CEE [$/m] = \frac{TE [$/kWh] * V [V] * I [A] * PDS \left[\frac{kg}{m} \right] * 60}{100000 * VD \left[\frac{kg}{h} \right] * FO [\%] * EFE [\%]} \quad (4.24)$$

Teniendo valores de la tarifa eléctrica de la zona 7.149 [\$/kW-h], el voltaje de trabajo de la maquina 28 V, el amperaje 520 A, peso del depósito de soldadura ya calculado, la velocidad de depósito ya determinado anteriormente, factor del operador 95 % y la eficiencia de la fuente de energía 87 %; se obtiene el siguiente resultado;

$$CEE [$/m] = \frac{7.149 [$/kWh] * 28 [V] * 520 [A] * 1.043 \left[\frac{kg}{m} \right] * 60}{100000 * 5.6 \left[\frac{kg}{h} \right] * 90 [\%] * 87 [\%]}$$

Donde se tiene que;

$$CEE [$/m] = 14.86$$

Por ultimo hay que determinar el costo de la mano de obra que se requiere emplear para este proceso. Para este caso se utilizara la ecuación (4.26) presentada a continuación;

$$CMO [$/m] = \frac{SS [$/h] * PDS [kg/m]}{VD [kg/h] * FO [\%]} \quad (4.26)$$

Teniendo los datos del sueldo del soldador 9.81 [\$/h], peso depositado de soldadura calculado anteriormente, velocidad de depósito y factor de operador establecido previamente para este proceso, se tiene que;

$$CMO [$/m] = \frac{9.81 [$/h] * 1.043 [kg/m]}{5.6 [kg/h] * 90 [\%]}$$

Entonces;

$$CMO [$/m] = 2.031$$

Tomando como dato lo ya determinado en el capítulo 3 (depreciación de maquinaria) solo nos queda por aumentar la depreciación correspondiente para esta maquinaria, pero enfocando el análisis para saber el costo por metro de esto;

$$\text{Depreciación} = 4.14[\$/h]$$

Y el tiempo que fue medido en la realidad. Con esto se tiene el costo por metro de suelda.

$$\text{Depreciación final} = 4.14 [\$/h] * 0.439 [h/m]$$

Por lo tanto;

$$\text{Depreciación final} = 1.81 [\$/m]$$

Por lo tanto el costo total del proceso SAW es,

$$C_{TS} [\$/m] = 49.04[\$/m] + 0.022 [\$/m] + 14.85 [\$/m] + 2.031 [\$/m] + 1.81[\$/m]$$

Se tiene,

$$C_{TS} [\$/m] = 66.77$$

Se presenta a continuación la tabla 5-7 de costos unitarios para el proceso SAW, que ayuda para realizar los diferentes cálculos para este proceso.

Tabla 5-7 Cuadro costos unitarios proceso SAW

OPERACION	SAW				
Material	A 36				
Espesor [mm]	1/2				
V. avance [mm/min]	37.96				
V. alimentación [mm/min]	350				
Voltaje [V]	28				
Corriente [A]	520				
Diámetro [mm]	3.2				
COSTO DEL ELECTRODO					
VAE [m/min]	LE [m/kg]	PEN [kg/h]	VA [m/h]	Ce [\$/kg]	CEUP [\$/m]

0.35	14.7	1.43	2.28	76.6	48.046
COSTO DEL FUNDENTE					
CSA [cm ²]	δm [kg/cm ³]	PDS [kg/m]	Cf [\$/kg]	RF [%]	CF [\$/m]
1.329	0.00785	1.04	2.11	1.00%	0.022
COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA					
VD [kg/h]	TE [\$/kWh]	PDS [kg/m]	FO [%]	EFE [%]	CEE [\$/m]
5.6	7.149	1.04	90%	87%	14.859
COSTO DE MANO DE OBRA					
SS [\$/h]		PDS [kg/m]	VD [kg/h]	FO [%]	CMO [\$/m]
9.81		1.04	5.6	90%	2.031
DEPRECIACION					
Costo [\$/h]		Tiempo [h/m]			CD [\$/m]
4.14		0.439			1.816
COSTO TOTAL [\$/m]					66.774

Aplicando el mismo procedimiento para varios espesores de placas, se obtiene la tabla 5-8;

Tabla 5-8 Resultados del proceso SAW

RESULTADO		
Espesor		Costo de suelda [\$/m]
[pulg]	[mm]	
1/4	6.35	37.36
3/8	9.525	51.77
1/2	12.7	66.77
5/8	15.875	85.39
3/4	19.05	99.74
1	25.4	148.95
1 1/8	28.575	161.74
1 1/4	31.75	179.37

Graficando los resultados obtenidos en la tabla 5-8, se obtiene la ilustración 5-7.

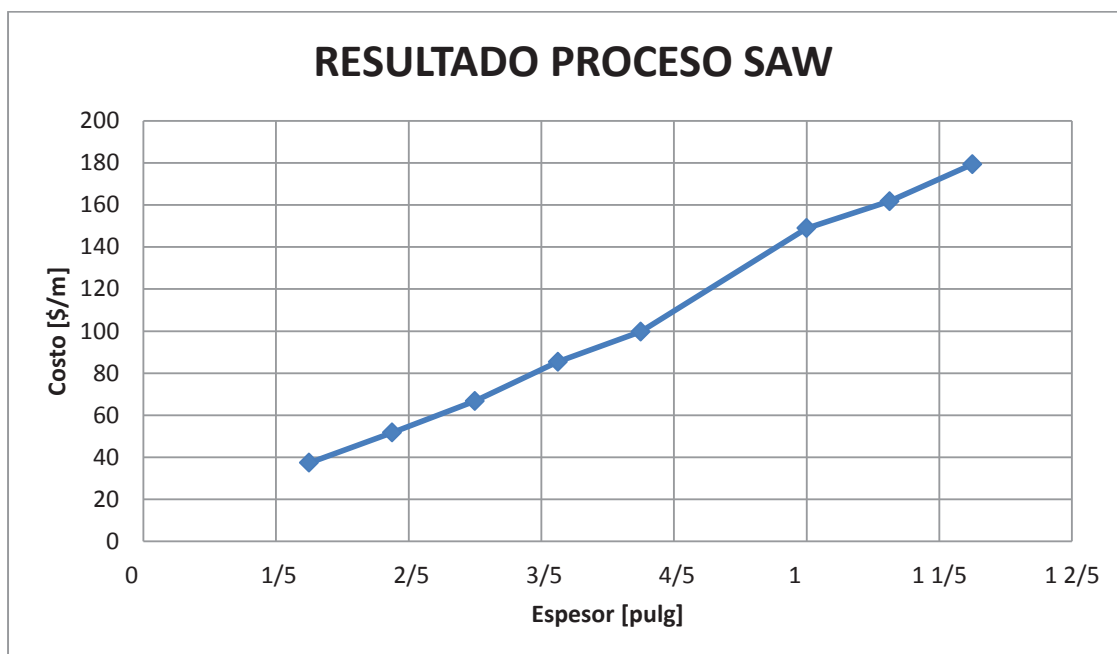


Ilustración 5-7 Costo metro lineal por suelda con proceso SAW.

Se presenta a continuación la ecuación de la curva del proceso SAW la cual es: $Y = -88.109 X^3 + 216.92 X^2 - 13.564 X + 29.586$, ecuación que se obtiene de la ilustración 5-8.

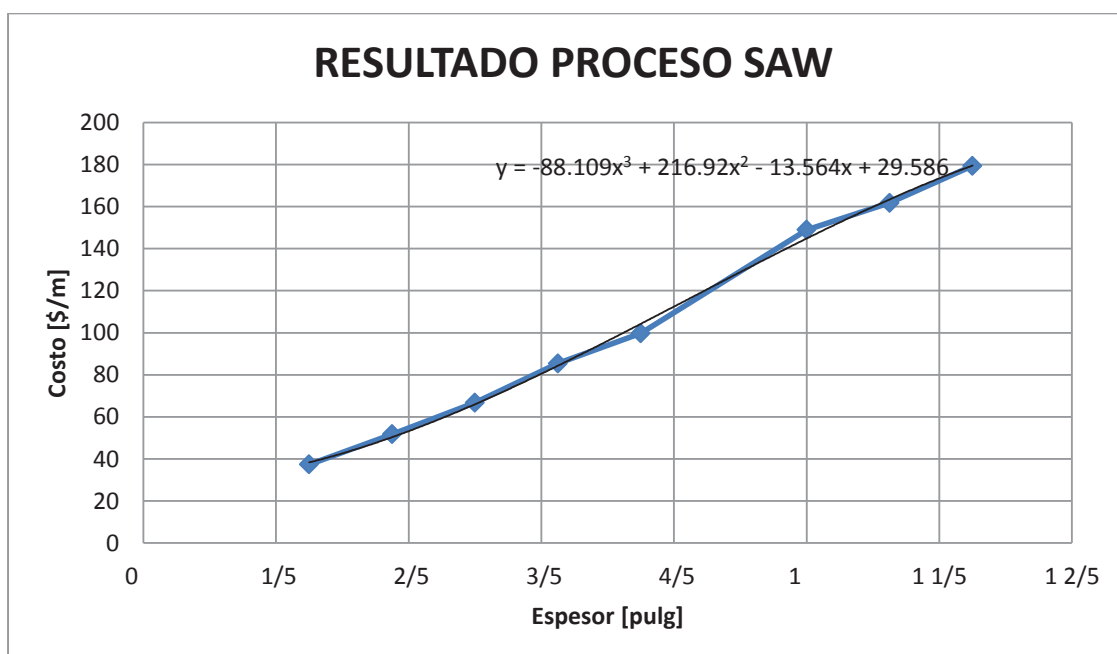


Ilustración 5-8 Costo por metro lineal del proceso SAW. (Ecuación de la curva)

5.3.2 PROCESO DE ELECTRODO SOLIDO.

5.3.2.1 Proceso SMAW.

Se comenzara calculando el costo del electrodo por metro de soldadura, para lo cual utilizaremos la ecuación (4.14),

$$PDS (kg/m) = CSA (cm^2) * \delta_m \left(\frac{kg}{cm^3} \right) * 100 \quad (4.14)$$

El área de sección transversal “CSA” se determinara utilizando valores presentados en la tabla 4-3 y 4-4 (1.329 cm^2), y con la densidad del acero $0,00785 \text{ [kg/cm}^2]$, se obtiene;

$$PDS (kg/m) = 1.329(cm^2) * 0.00785 \left(\frac{kg}{cm^3} \right) * 100$$

Donde se tiene que;

$$PDS (kg/m) = 1.043$$

Ahora es necesario determinar el peso necesario de aporte que se necesita, para lo cual requeriremos utilizar la ecuación (4.16),

$$PMAN [kg/m] = \frac{PDS [kg/m]}{RMA [\%]} \quad (4.16)$$

Hay que tomar en cuenta que en el proceso SMAW no se consume en su totalidad los electrodos, quedando así material consumible sin utilizar, para los diferentes procesos se encuentran tabulados el rendimiento promedio que se tiene ante estos procesos (tabla 4-6), teniendo así un 60% de este para el proceso SMAW.

$$PMAN [kg/m] = \frac{1.043 [kg/m]}{60 [\%]}$$

$$PMAN [kg/m] = 1.74$$

Este valor al ser multiplicado por el precio del electrodo por kilogramo (6.21 [\$/kg]), se obtendrá el costo total;

$$CE [$/m] = Ce [$/kg] * PMAN [kg/m]$$

$$CE [$/m] = 6.21 [$/kg] * 1.74 [kg/m]$$

$$CE [$/m] = 10.79$$

Se procederá al cálculo de la energía eléctrica, para lo cual se utilizara la ecuación (4.24)

$$CEE [$/m] = \frac{TE [$/kWh] * V [V] * I [A] * PDS \left[\frac{kg}{m} \right] * 60}{100000 * VD \left[\frac{kg}{h} \right] * FO [\%] * EFE [\%]} \quad (4.24)$$

Teniendo valores de la tarifa eléctrica de la zona 7.149 [\$/kW-h], el voltaje de trabajo de la maquina 80 V, la corriente 175 A, el peso del depósito de soldadura ya calculado, la velocidad de depósito 1.7[kg/h], factor del operador 15 % y la eficiencia de la fuente de energía 80 %; se obtiene el siguiente resultado;

$$CEE [$/m] = \frac{7.149 [$/kWh] * 80 [V] * 175 [A] * 1.043 \left[\frac{kg}{m} \right] * 60}{100000 * 1.7 \left[\frac{kg}{h} \right] * 15 [\%] * 80 [\%]}$$

Donde se te tiene que;

$$CEE [$/m] = 0.031$$

Hay que determinar el costo de la mano de obra que se requiere emplear para este proceso. Para este caso se utilizara la ecuación (4.26) presentada a continuación;

$$CMO [$/m] = \frac{SS [$/h] * PDS [kg/m]}{VD [kg/h] * FO [\%]} \quad (4.26)$$

Teniendo los datos del sueldo del soldador 4.16 [\$/h], peso depositado de soldadura calculado anteriormente, velocidad de depósito y factor de operador establecido previamente para este proceso, se tiene que;

$$CMO [$/m] = \frac{4.16 [$/h] * 1.043 [kg/m]}{1.7 [kg/h] * 15 [\%]}$$

Entonces;

$$CMO [$/m] = 0.17$$

Tomando como dato lo ya determinado en el capítulo 3 (depreciación de maquinaria) solo nos queda por aumentar la depreciación correspondiente para esta maquinaria, pero enfocando el análisis para saber el costo por metro de esto;

$$\text{Depreciación} = 0.24 [$/h]$$

Y el tiempo que fue medido en la realidad. Con esto se tiene el costo por metro de suelda.

$$\text{Depreciación final} = 0.24 [$/h] * 0.224 [h/m]$$

Por lo tanto;

$$\text{Depreciación final} = 0.053 [$/m]$$

Por lo tanto el costo total del proceso SMAW es,

$$C_{TS} [$/m] = 10.79 [$/m] + 0.031 [$/m] + 0.17 [$/m] + 0.053 [$/m]$$

Se tiene,

$$C_{TS} [$/m] = 11.052$$

Se presenta a continuación la tabla 5-9 de costos unitarios para el proceso SMAW, que ayuda para realizar los diferentes cálculos para este proceso.

Tabla 5-9 Cuadro procesos unitarios proceso SMAW.

OPERACIÓN		SMAW				
Material		516 Gr 70				
Espesor [mm]		1/2				
V. avance [mm/min]		75.27				
Voltaje [V]		80				
Corriente [A]		175				
Diámetro [mm]		3.175				
COSTO DEL ELECTRODO						
CSA [cm ²]	δm [kg/cm ³]	PDS [kg/m]	RMA [%]	Ce [\$/kg]	CE [\$/m]	
1.329	0.00785	1.043265	60.00%	6.21	10.798	
COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA						
VD [kg/h]	PDS [kg/m]	FO [%]	EFE [%]	TE [\$/kWh]	CEE [\$/m]	
1.7	1.043265	15	80	7.149	0.031	
COSTO DE MANO DE OBRA						
SS [\$/h]		PDS [kg/m]	VD [kg/h]	FO [%]	CMO [\$/m]	
4.16		1.043265	1.7	15	0.170	
DEPRECIACIÓN						
Costo [\$/h]		Tiempo [h/m]			CD [\$/m]	
0.24		0.221425092			0.053	
COSTO TOTAL [\$/m]					11.052	

Aplicando el mismo procedimiento para varios espesores de placas, se obtiene la tabla 5-10;

Tabla 5-10 Resultados del proceso SMAW.

RESULTADO		
Espesor		Costo de suelda [\$/mm]
[pulg]	[mm]	
1/4	6.35	3.57
[5/16]	7.9375	5.27
3/8	9.525	6.82
1/2	12.7	10.99
3/4	19.05	22.5
1	25.4	37.94

Graficando los resultados obtenidos en la tabla 5-10, se obtiene la ilustración 5-9.

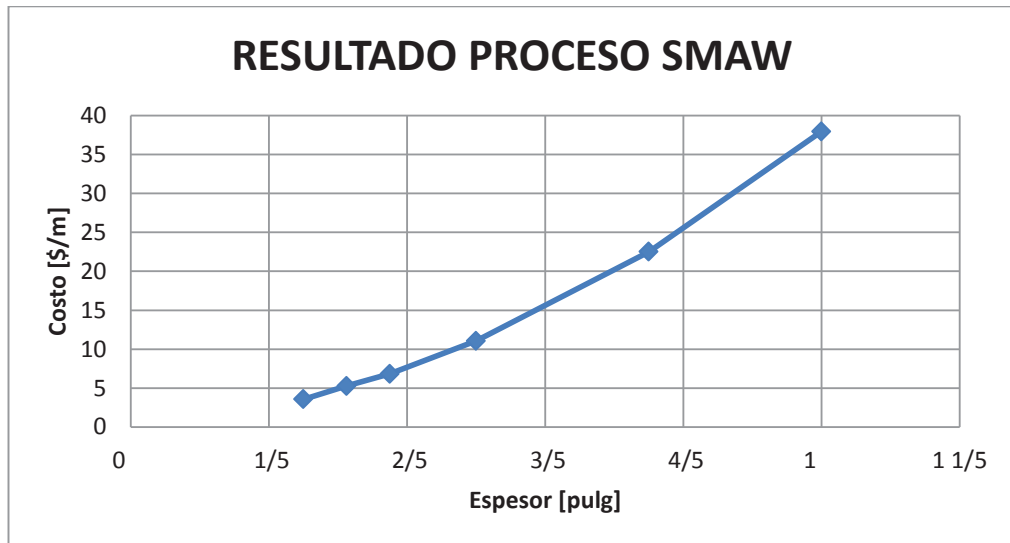


Ilustración 5-9 Costo metro lineal por suelda con proceso SMAW.

Se presenta a continuación la ecuación de la curva del proceso SMAW la cual es: $Y = 32.048 X^2 + 5.6563 X + 0.2328$, ecuación que se obtiene de la ilustración 5-10.

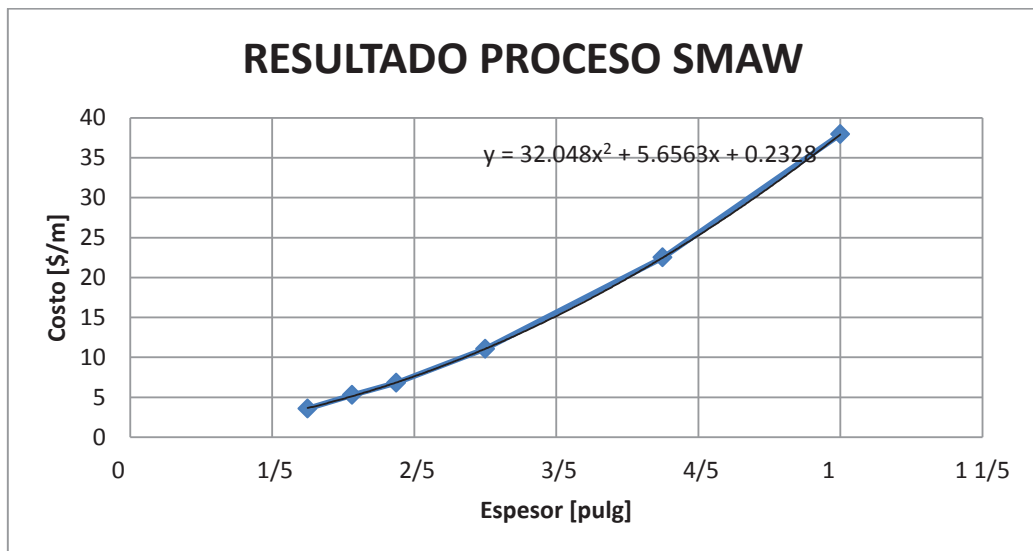


Ilustración 5-10 Costo por metro lineal del proceso SMAW. (Ecuación de la curva)

5.3.2.2 Proceso GTAW

Se comenzara calculando el costo del electrodo por metro de soldadura, para lo cual utilizaremos la ecuación (4.14),

$$PDS (kg/m) = CSA (cm^2) * \delta_m \left(\frac{kg}{cm^3} \right) * 100 \quad (4.14)$$

El área de sección transversal “CSA” se determinara utilizando valores presentados en la tabla 4-3 y 4-4 (1.329 cm^2), y con la densidad del acero $0,00785 \text{ [kg/cm}^2]$, se obtiene;

$$PDS (kg/m) = 1.329(cm^2) * 0.00785 \left(\frac{kg}{cm^3} \right) * 100$$

Donde se tiene que;

$$PDS (kg/m) = 1.043$$

Ahora es necesario determinar el peso necesario de aporte que se necesita, para lo cual requeriremos utilizar la ecuación (4.16),

$$PMAN [kg/m] = \frac{PDS [kg/m]}{RMA [\%]} \quad (4.16)$$

Hay que tomar en cuenta que en el proceso GTAW no se consume en su totalidad los materiales de aporte, quedando así material consumible sin utilizar, para los diferentes procesos se encuentran tabulados el rendimiento promedio que se tiene ante estos procesos (tabla 4-6), teniendo así un 95% de este para el proceso SMAW.

$$PMAN [kg/m] = \frac{1.043 [kg/m]}{95 [\%]}$$

$$PMAN [kg/m] = 1.097$$

Este valor al ser multiplicado por el precio del electrodo por kilogramo (6.21 [\$/kg]), se obtendrá el costo total;

$$CE [$/m] = Ce [$/kg] * PMAN [kg/m]$$

$$CE [$/m] = 36 [$/kg] * 1.097 [kg/m]$$

$$CE [$/m] = 39.53$$

Al tratarse del proceso GTAW, se debe tener en cuenta que se va a utilizar gas de protección, para lo cual se aplica la ecuación (4.22) para determinar esto,

$$CG [$/m] = \frac{PDS[kg/m] * Cg [$/m^3] * FG [m^3/h]}{VD [kg/h]} \quad (4.22)$$

Teniendo el costo del gas a utilizarse 3.47 [\$/m³], el flujo del gas utilizado 17 [l/min] o 1.02 [m³/h] y teniendo la velocidad de aportación 0.73 [kg/h], se tiene por lo tanto;

$$CG [$/m] = \frac{1.043[kg/m] * 3.47 \left[\frac{\$}{m^3} \right] * 1.02 [m^3/h]}{0.73 [kg/h]}$$

Por lo tanto;

$$CG [$/m] = 0.51$$

Se procederá al cálculo de la energía eléctrica, para lo cual se utilizara la ecuación (4.24)

$$CEE [$/m] = \frac{TE[$/kWh] * V[V] * I[A] * PDS \left[\frac{kg}{m} \right] * 60}{100000 * VD \left[\frac{kg}{h} \right] * FO[\%] * EFE[\%]} \quad (4.24)$$

Teniendo valores de la tarifa eléctrica de la zona 7.149 [\$/kW-h], el voltaje de trabajo de la maquina 19.2 V, la corriente 178 A, el peso del depósito de soldadura ya calculado, la velocidad de depósito 0.73 [kg/h], factor del operador 17 % y la eficiencia de la fuente de energía 51 %; se obtiene el siguiente resultado;

$$CEE [$/m] = \frac{7.149 [$/kWh] * 19.2 [V] * 178 [A] * 1.043 \left[\frac{kg}{m} \right] * 60}{100000 * 0.73 \left[\frac{kg}{h} \right] * 17 [\%] * 51 [\%]}$$

Donde se tiene que;

$$CEE [$/m] = 241.64$$

Ahora hay que determinar el costo de la mano de obra que se requiere emplear para este proceso. Para este caso se utilizara la ecuación (4.26) presentada a continuación;

$$CMO [$/m] = \frac{SS [$/h] * PDS [kg/m]}{VD [kg/h] * FO [\%]} \quad (4.26)$$

Teniendo los datos del sueldo del soldador 4.16 [\$/h], peso depositado de soldadura calculado anteriormente, velocidad de depósito y factor de operador establecido previamente para este proceso, se tiene que;

$$CMO [$/m] = \frac{4.16 [$/h] * 1.043 [kg/m]}{0.73 [kg/h] * 17 [\%]}$$

Entonces;

$$CMO [$/m] = 34.97$$

Tomando como dato lo ya determinado en el capítulo 3 (depreciación de maquinaria) solo nos queda por aumentar la depreciación correspondiente para esta maquinaria, pero enfocando el análisis para saber el costo por metro de esto;

$$\text{Depreciación} = 0.24 [$/h]$$

Y el tiempo que fue medido en la realidad. Con esto se tiene el costo por metro de suelda.

$$\text{Depreciación final} = 0.24 [$/h] * 1.18 [h/m]$$

Por lo tanto;

$$\text{Depreciación final} = 0.28 \text{ [$/m]}$$

Por lo tanto el costo total del proceso GTAW es,

$$C_{TS} \text{ [$/m]} = 39.53 \text{ [$/m]} + 0.51 \text{ [$/m]} + 34.97 \text{ [$/m]} + 0.28 \text{ [$/m]}$$

Se tiene,

$$C_{TS} \text{ [$/m]} = 316.65$$

Se presenta a continuación la tabla 5-11 de costos unitarios para el proceso GTAW, que ayuda para realizar los diferentes cálculos para este proceso.

Tabla 5-11 Cuadro procesos unitarios proceso GTAW.

OPERACIÓN		TIG			
Material		516 Gr 70			
Espesor [mm]		1/2			
V. avance [mm/min]		14.12			
Voltaje [V]		19.2			
Corriente [A]		178			
Diámetro [mm]		3.32			
Flujo del gas [l/min]		17			
COSTO DEL ELECTRODO					
CSA [cm ²]	δm [kg/cm ³]	PDS [kg/m]	RMA [%]	Ce [\$/kg]	CE [\$/m]
1.329	0.00785	1.043265	95.00%	36	39.53
COSTO DE GAS DE PROTECCIÓN					
VD [kg/h]		PDS [kg/m]	FG [m ³ /h]	Cg [\$/m ³]	CG [\$/m]
0.73		1.043265	0.102	3.47	0.51
COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA					
VD [kg/h]	PDS [kg/m]	FO [%]	EFE [%]	TE [\$/kWh]	CEE [\$/m]
0.73	1.043265	17.00%	51.00%	7.149	241.64
COSTO DE MANO DE OBRA					
SS [\$/h]		PDS [kg/m]	VD [kg/h]	FO [%]	CMO [\$/m]
4.16		1.043265	0.73	17.00%	34.97
DEPRECIACIÓN					
Costo [\$/h]		Tiempo [h/m]			CD [\$/m]
0.24		1.180			0.28

COSTO TOTAL [\$/m]	316.65
---------------------------	---------------

Aplicando el mismo procedimiento para varios espesores de placas, se obtiene la tabla 5-12;

Tabla 5-12 Resultados del proceso SMAW.

RESULTADO		
Espesor		Costo de suelda [\$/mm]
[pulg]	[mm]	
2/9	5.5372	25.87
1/4	6.35	71.1
1/3	8.5598	86.43
1/2	12.7	279.44
5/8	15.875	608.6

Graficando los resultados obtenidos en la tabla 5-10, se obtiene la ilustración 5-11.

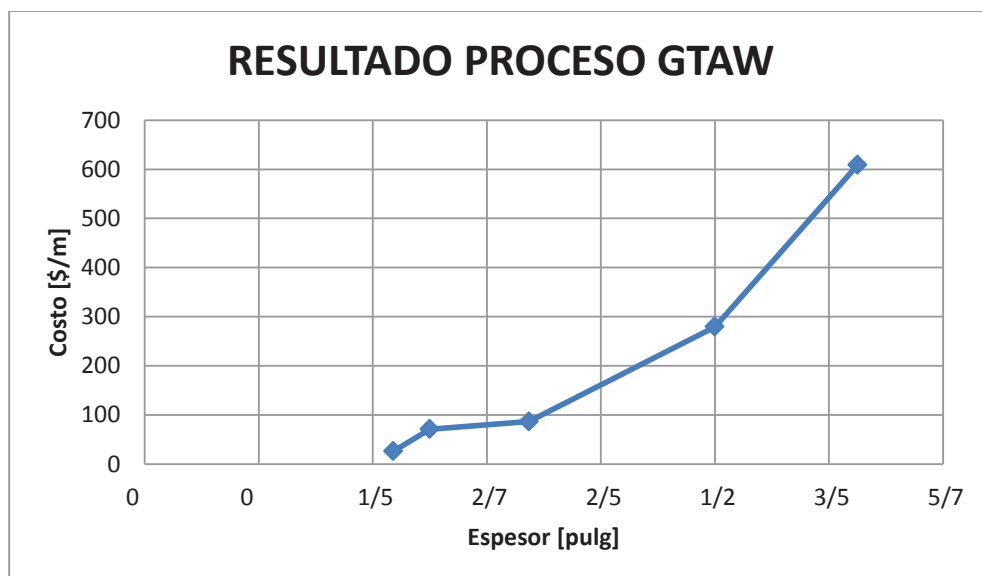


Ilustración 5-11 Costo metro lineal por suelda con proceso GTAW.

Se presenta a continuación la ecuación de la curva del proceso GTAW la cual es: $Y = 3866.38 X^2 - 1902.4 X + 280.35$, ecuación que se obtiene de la ilustración 5-12.

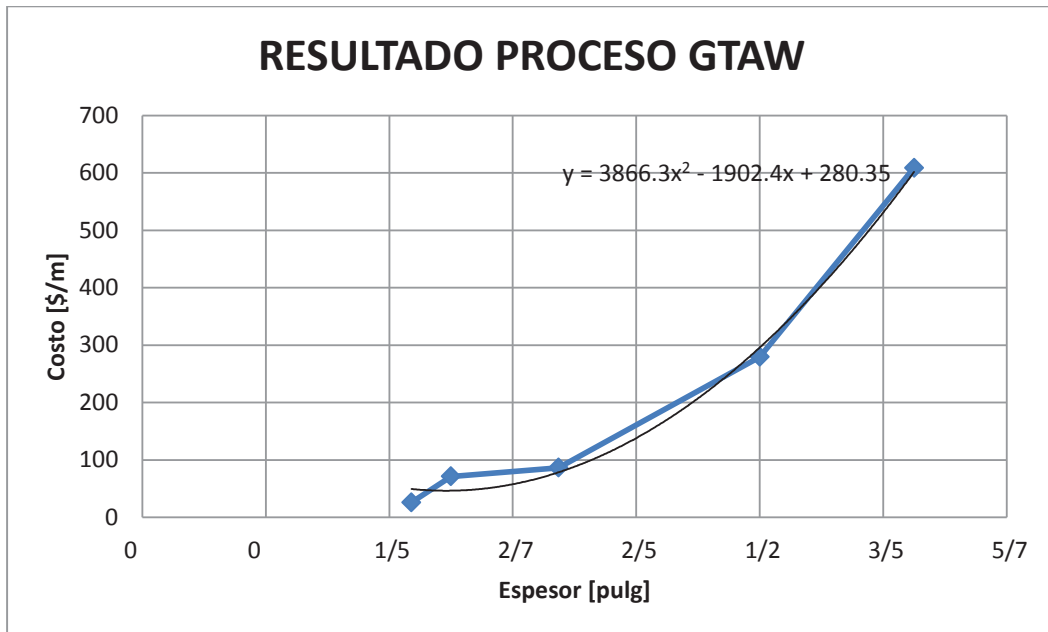


Ilustración 5-12 Costo por metro lineal del proceso GTAW. (Ecuación de la curva)

CAPITULO 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se pudo determinar la curva de corte por proceso PLASMA, en la cual como es de esperarse si se tiene una mayor producción en esta máquina, se tendrá un costo de producción bajo, de lo contrario éste costo se elevará cosa que no es bueno para la empresa.
- Se obtuvo la curva del proceso de BAROLADO, en la que en función del peso por mes trabajado en esta máquina tenemos una función decreciente, lo cual es correcto ya que a más peso trabajado en este proceso, se tendrá un menor costo de producción. Al momento se tiene elevados costos, pero esto se debe al alto tiempo empleado para cumplir el proceso.
- En procesos de soldadura se tiene una curvatura creciente, contraria al proceso de corte y barolado, lo cual indica que a mayores producciones se tendrá un consumo similar de los consumibles, electricidad, etc.; por esto el alto costo.
- Se obtuvo la curva en el proceso FCAW, en el cual se da el análisis de costos por metro de soldadura en función de los diferentes espesores estudiados, en los cuales se ve un crecimiento este costo.
- Al analizar el proceso de electrodo continuo SAW, se observa un crecimiento continuo hasta llegar a un espesor de 1 pulgada, en donde baja su crecimiento continuo hasta 62.14 [\$/m]. De ahí llega a su valor máximo de 64.67 [\$/m] en un espesor de 1 ¼ de pulgada.
- En el proceso de electrodo solido SMAW, se observa un crecimiento continuo de la curva, valor esperado en función de los diferentes espesores analizados en la planta.

- En el proceso de electrodo solido GTAW, se observa una curvatura creciente, curva esperada pero se nota un crecimiento muy pronunciado por lo que se concluye que se está produciendo un costo superior a los anteriores analizados.
- Se nota unas curvas crecientes en los procesos de corte y barolado, y al contrario curvas decrecientes en los procesos de soldadura. Esto es muy comprensible, ya que la soldadura depende de los metros lineales a los que se aplique y esto no va a disminuir su costo puesto que a mayor soldadura aplicada hay más utilización de consumibles lo que aumenta al costo final. Y en los procesos de corte y barolado no se tiene consumibles de tan alto costo como en el proceso de soldadura, motivo por el cual es recomendable tener procesos continuos para disminuir el costo final.

RECOMENDACIONES

- Se debe optimizar los tiempos de producción con una mejor estructuración de los procesos, ya que al momento se pierde tiempos durante el transporte, ubicación y manejo de las planchas.
- Se recomienda tener más placas muestra para que en el proceso de BAROLADO para tener una mejor percepción de las curvaturas deseadas.
- Se recomienda dar un mantenimiento continuo para que las diferentes maquinas no pierdan su precisión y así mejorar los tiempos de producción.
- Al trabajar en varios procesos que implican mucho riesgo para los soldadores, se recomienda utilizar todo el equipo de seguridad necesario para evitar pérdidas humanas.
- Se recomienda ampliar el área de almacenamiento para los diferentes tanques, ya que al no tener mucha movilidad de las planchas, se pierde en productividad y tiempo de entrega.

BIBLIOGRAFIA

1. BAZAR C.; “Determinación de electrodos y cálculo de costos de soldadura al arco asistidos por computadora”; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; UNIVERSIDAD DE PIURA; Perú; 1998.
2. CALUPIÑA J, OÑA R; “Mejoramiento de los parámetros de trabajo para una máquina de corte por plasma y oxiacetilénica tipo CNC-4000 marca HUGONG WELDER”; Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico; ESCUELA POLITECNICA NACIONAL; Quito; 2012.
3. CRIOLLO S.; “Determinación de los costos de soldadura por arco sumergido, en la producción de elementos estructurales”; Proyecto previo a la obtención de título de ingeniero mecánico; ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL; Quito; 2011.
4. Folleto tecnología de soldadura; 2009, Quito-Ecuador.
5. GANGOTENA R; “Análisis del doblado con rodillo”; Tesis EPN 1986.
6. GONZALES J, “Manual de Soldadura con Llama”, Editorial CEAC, Sexta edición, España, 1991.
7. HORMWITZ H.; “Soldadura: Aplicaciones y Practica”; Alfa omega; México; 1990.
8. http://books.google.com.ec/books?id=gilYI9_KKAoC&pg=PA392&lpg=PA392&dq=proceso+de+doblado+de+laminas+metalicas&source=bl&ots=mn9LBUozLy&sig=ay6stB8mLnLGz6qqCArxvyNAgtg&hl=es&sa=X&ei=oHltUYWvBJPQ9AS3noCQDQ&sqi=2&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false
pag 392.
9. <http://books.google.com.ec/books?id=rHynAxzh0iEC&pg=PA502&dq=metal+de+soldadura&hl=es-419&sa=X&ei=lf0kUbjMoWO8wTL1oGYAg&ved=0CDkQ6AEwAg#v=onepage&q=metal%20de%20soldadura&f=false>.
10. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/798/6/Capitulo%204.pdf>
11. <http://es.scribd.com/doc/14977688/Materiales-fundentes>

12. <http://mercury.kau.ac.kr/welding/Welding%20Technology%20I%20-%20Welding%20Processes/Chapter%2012%20-%20Thermal%20Cutting.pdf>
13. http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0718-025X2004000100006&script=sci_arttext
14. <http://teopracticassoldadura.blogspot.com/2008/07/soldadura-gtaw-tig-conceptos-bsicos.html>
15. <http://www.acienciasgalilei.com/public/forobb/viewtopic.php?p=16726>
16. <http://www.arlam.com.mx/corte-por-plasma/>
17. <http://www.aws.org/wj/esp/2009/10/wjesp1009-38.pdf>
18. http://www.canbus.galeon.com/soldadura/soldadura_tig.htm
19. <http://www.dismamex.com.mx/imcar.html>
20. <http://www.duerosoldadura.es/tema8.php>
21. http://www.ecured.cu/index.php/Corte_por_l%C3%A1ser
22. http://www.ecured.cu/index.php/Corte_por_l%C3%A1ser
23. http://www.ecured.cu/index.php/Corte_por_plasma
24. <http://www.esab.com/es/sp/education/proceso-gtaw-tig.cfm>
25. <http://www.esab.com/es/sp/education/procesos-saw.cfm>
26. [http://www.frm.utn.edu.ar/cmateriales/Trab.%20Inves.\(alum\)/Haz%20de%20electrones/Haz%20de%20electrones-Fragapane.htm](http://www.frm.utn.edu.ar/cmateriales/Trab.%20Inves.(alum)/Haz%20de%20electrones/Haz%20de%20electrones-Fragapane.htm)
27. <http://www.gerencie.com/efectos-financieros-de-la-depreciacion.html>
28. <http://www.grupoidemet.com.mx/SERTOM%20Italy%20Roladoras%20de%20Oplaca%20a%20gemoetria%20variable%20elevado%20performance.html>
29. http://www.indura.net/_file/file_425_lanzas%20t%C3%A9rmicas.pdf
30. <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/304/Cap3.pdf>
31. <http://www.maquiventa.com>
32. http://www.metalactual.com/revista/14/Soldadura_TIG.pdf
33. http://www.obtesol.es/index.php?option=com_content&task=view&id=121&Itemid=32
34. <http://www.pymesfuturo.com/depreciacion.htm>
35. <http://www.quiminet.com/articulos/que-es-el-proceso-de-rolado-2555669.htm>

36. <http://www.slideshare.net/guest43eb75/clasificacion-de-los-procesos-de-soldadura-2719818>
37. <http://www.slideshare.net/patriciaular/preentacin-de-soldadura>
38. <http://www.sri.gob.ec/web/guest/depreciacion-acelarada-de-activos-fijos>
39. http://www.tecnoficio.com/soldadura/soldadura_de_plasma.php
40. JANAPETOV M.; 1985; "Soldadura y Corte de Metales"; 2da edición; editorial MIR; Moscú.
41. BRIEN, R; 1996; "*Manual de Soldadura American Welding Society*"; Octava edición; Tomo I,II,III; México.
42. MEJIA D.; 2011; "Estudio del proceso de rolado de láminas metálicas y su incidencia en el tiempo de operación en la fabricación de tanques inoxidables en la empresa INOX-TEC en la ciudad de Latacunga"; Seminario de graduación 2010, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO; Ambato.
43. PATTON J.; 1982, "Ciencia y técnica de la soldadura"; URMO; España.
44. Tutorial 44/2010; "La técnica del corte.
45. Wick Benedict Veilleux, Tool and Manufacture Engineers Handbook.1998; Editorial McGraw-Hill, Quinta edición, USA.

ANEXOS

ANEXO 1

LINDE ECUADOR S.A.
QUITO - AV. SHYRIS 334 Y AV. ELOY ALFARO
EDIF. PARQUE CENTRAL PISO 3 OFIC. 801
R.U.C. 090021007001
CONTRIBUYENTE ESPECIAL

SUCURSAL
110 - QUITO SUR
Calle 584C Y EDE Lote 2-PARQUE IND. SUR
MIR 1112854607

CENTRO DE ATENCIÓN AL CLIENTE
COTIZACIÓN N° 0233

ESTEBAN VALLEJO

QUITO, 4 de Octubre de 2013

ESTEBAN VALLEJO

Ciudad : Av. 12 de octubre y panza

QUITO

Teléfono: 90000000

R.U.C. 00000000

De mi consideración

Por medio de la presente y en atención a su pedido sirvase encontrar la cotización detallada a continuación:

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	% RCTO
261220004	C-10E 6010 DE 18 3 25/MM-KG	20.00	KG	5.25	105.00	
261310004	B-10 E 7010 DE 18 3 25/MM-KG	20.00	KG	6.21	124.20	
263020000	ALAMBRE ARCO SUMERGIDO 18 (3 25)	15.00	KG	4.78	71.25	

SUBTOTAL \$	300.45
DESCUENTOS \$	0.00
Sub Total base I.V.A. 0% \$	0.00
Sub T. base I.V.A. (100%) \$	300.45
I.V.A. (100%) \$	30.05
TOTAL A PAGAR - DOLARES	\$ 330.50

Nota:

CONDICIONES DE LA OFERTA:

Forma de Pago: CONTADO

Entrega: PREVIA VERIFICACION DE STOCK

Validez: 8 DIAS

Sin otro particular le reiteramos nuestro constante afán de servicio

Atentamente:

DIEGO LOPEZ

AGENTE CRC

ANEXO 2

<p>INDURA ECUADOR S.A. Av. 27 100 y 101 - QUITO Cde : QUITO Tel : 228 400 Email : ventas@indura.com.ec</p> <p>CC CONSUMIDOR FINAL</p> <p>QUITO 00000000000000</p> <p>Atención : Teléfono/Fax : (02) 2280700 N° Solicitud de Cotización : ,</p>	<p>Cotización</p> <p>Fecha: 08.10.2013 Número de Cotización: 11695817 Clave: 49 4005059</p>																																																								
<p>De nuestra consideración: De acuerdo a lo solicitado por Dds., nos es grato presentar nuestra oferta por lo siguiente:</p>	<table border="0"> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Quito</td> <td>(F)</td> <td>01-4000000-001</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Guayaquil Sur</td> <td>(F)</td> <td>04-1500725</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Shushupe</td> <td>(F)</td> <td>04-2300041 240 150</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Eloy</td> <td>(F)</td> <td>07-2010000</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Narra</td> <td>(F)</td> <td>06-2901100</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Cuenca</td> <td>(F)</td> <td>07-4000700 001</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Morona</td> <td>(F)</td> <td>06-2600200 001</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Machala</td> <td>(F)</td> <td>07-3000000</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Arcatazu</td> <td>(F)</td> <td>01-7000000</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Santo Domingo</td> <td>(F)</td> <td>02-3700000</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Oriente</td> <td>(F)</td> <td>06-2000000</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Amagosta</td> <td>(F)</td> <td>07-4000000</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Cuenca B</td> <td>(F)</td> <td>07-4100000</td> </tr> <tr> <td>Supermarket</td> <td>Shibuya</td> <td>(F)</td> <td>2730000</td> </tr> </table>	Supermarket	Quito	(F)	01-4000000-001	Supermarket	Guayaquil Sur	(F)	04-1500725	Supermarket	Shushupe	(F)	04-2300041 240 150	Supermarket	Eloy	(F)	07-2010000	Supermarket	Narra	(F)	06-2901100	Supermarket	Cuenca	(F)	07-4000700 001	Supermarket	Morona	(F)	06-2600200 001	Supermarket	Machala	(F)	07-3000000	Supermarket	Arcatazu	(F)	01-7000000	Supermarket	Santo Domingo	(F)	02-3700000	Supermarket	Oriente	(F)	06-2000000	Supermarket	Amagosta	(F)	07-4000000	Supermarket	Cuenca B	(F)	07-4100000	Supermarket	Shibuya	(F)	2730000
Supermarket	Quito	(F)	01-4000000-001																																																						
Supermarket	Guayaquil Sur	(F)	04-1500725																																																						
Supermarket	Shushupe	(F)	04-2300041 240 150																																																						
Supermarket	Eloy	(F)	07-2010000																																																						
Supermarket	Narra	(F)	06-2901100																																																						
Supermarket	Cuenca	(F)	07-4000700 001																																																						
Supermarket	Morona	(F)	06-2600200 001																																																						
Supermarket	Machala	(F)	07-3000000																																																						
Supermarket	Arcatazu	(F)	01-7000000																																																						
Supermarket	Santo Domingo	(F)	02-3700000																																																						
Supermarket	Oriente	(F)	06-2000000																																																						
Supermarket	Amagosta	(F)	07-4000000																																																						
Supermarket	Cuenca B	(F)	07-4100000																																																						
Supermarket	Shibuya	(F)	2730000																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Material Descripción</th> <th style="text-align: center;">Cantidad</th> <th style="text-align: center;">Precio</th> <th style="text-align: center;">%Descto.</th> <th style="text-align: center;">\$Descto.</th> <th style="text-align: center;">Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2000114 ALAMBRE DE CEN 1/32 12.5 mm</td> <td style="text-align: center;">25.00 KD</td> <td style="text-align: right;">\$ 1.85</td> <td style="text-align: center;">20.00-</td> <td style="text-align: right;">\$ 18.18</td> <td style="text-align: right;">\$ 76.82</td> </tr> <tr> <td>2000115 ALAMBRE DE CEN 1/8</td> <td style="text-align: center;">25.00 KD</td> <td style="text-align: right;">\$ 1.85</td> <td style="text-align: center;">20.00-</td> <td style="text-align: right;">\$ 18.18</td> <td style="text-align: right;">\$ 76.82</td> </tr> <tr> <td>2000116 ALAMBRE DE CEN 1/16</td> <td style="text-align: center;">25.00 KD</td> <td style="text-align: right;">\$ 1.85</td> <td style="text-align: center;">20.00-</td> <td style="text-align: right;">\$ 18.18</td> <td style="text-align: right;">\$ 76.82</td> </tr> <tr> <td>1009484 VAINILLA TDE 214-5 1/16 EXPORT</td> <td style="text-align: center;">1.00 KD</td> <td style="text-align: right;">\$ 48.00</td> <td style="text-align: center;">20.00-</td> <td style="text-align: right;">\$ 9.60</td> <td style="text-align: right;">\$ 38.40</td> </tr> <tr> <td>1009485 VAINILLA TDE 214-5 1/16 EXPORT</td> <td style="text-align: center;">1.00 KD</td> <td style="text-align: right;">\$ 48.00</td> <td style="text-align: center;">20.00-</td> <td style="text-align: right;">\$ 9.60</td> <td style="text-align: right;">\$ 38.40</td> </tr> <tr> <td>1009486 VAINILLA TDE 214-5 1/8 EXPORT</td> <td style="text-align: center;">1.00 KD</td> <td style="text-align: right;">\$ 48.00</td> <td style="text-align: center;">20.00-</td> <td style="text-align: right;">\$ 9.60</td> <td style="text-align: right;">\$ 38.40</td> </tr> <tr> <td>1021762 BARRILES 4-3901 DE 1/4"</td> <td style="text-align: center;">15.00 KD</td> <td style="text-align: right;">\$ 15.37</td> <td style="text-align: center;">20.00-</td> <td style="text-align: right;">\$ 31.11</td> <td style="text-align: right;">\$ 124.44</td> </tr> </tbody> </table>		Material Descripción	Cantidad	Precio	%Descto.	\$Descto.	Total	2000114 ALAMBRE DE CEN 1/32 12.5 mm	25.00 KD	\$ 1.85	20.00-	\$ 18.18	\$ 76.82	2000115 ALAMBRE DE CEN 1/8	25.00 KD	\$ 1.85	20.00-	\$ 18.18	\$ 76.82	2000116 ALAMBRE DE CEN 1/16	25.00 KD	\$ 1.85	20.00-	\$ 18.18	\$ 76.82	1009484 VAINILLA TDE 214-5 1/16 EXPORT	1.00 KD	\$ 48.00	20.00-	\$ 9.60	\$ 38.40	1009485 VAINILLA TDE 214-5 1/16 EXPORT	1.00 KD	\$ 48.00	20.00-	\$ 9.60	\$ 38.40	1009486 VAINILLA TDE 214-5 1/8 EXPORT	1.00 KD	\$ 48.00	20.00-	\$ 9.60	\$ 38.40	1021762 BARRILES 4-3901 DE 1/4"	15.00 KD	\$ 15.37	20.00-	\$ 31.11	\$ 124.44								
Material Descripción	Cantidad	Precio	%Descto.	\$Descto.	Total																																																				
2000114 ALAMBRE DE CEN 1/32 12.5 mm	25.00 KD	\$ 1.85	20.00-	\$ 18.18	\$ 76.82																																																				
2000115 ALAMBRE DE CEN 1/8	25.00 KD	\$ 1.85	20.00-	\$ 18.18	\$ 76.82																																																				
2000116 ALAMBRE DE CEN 1/16	25.00 KD	\$ 1.85	20.00-	\$ 18.18	\$ 76.82																																																				
1009484 VAINILLA TDE 214-5 1/16 EXPORT	1.00 KD	\$ 48.00	20.00-	\$ 9.60	\$ 38.40																																																				
1009485 VAINILLA TDE 214-5 1/16 EXPORT	1.00 KD	\$ 48.00	20.00-	\$ 9.60	\$ 38.40																																																				
1009486 VAINILLA TDE 214-5 1/8 EXPORT	1.00 KD	\$ 48.00	20.00-	\$ 9.60	\$ 38.40																																																				
1021762 BARRILES 4-3901 DE 1/4"	15.00 KD	\$ 15.37	20.00-	\$ 31.11	\$ 124.44																																																				
<p>Total Neto</p>					<p>\$ 464,64</p>																																																				
<p>Condiciones Generales</p> <p>Valores Netos, No incluyen IVA Validos de la cotización hasta el 02.11.2013. Forma de pago: contado inmediato en efectivo. Plazo de entrega Pedidos ingresados hasta las 12:00 se despacharán en la tarde del mismo día. Pedidos ingresados después de las 12:00 se despacharán en la mañana del día siguiente.</p> <p>JOSON COELLO RUIZ CENTRO SERVICIO AL CLIENTE</p>																																																									
<p>CONFIRMA LA RECEPCION DE ESTOS PRODUCTOS Y SERVICIOS EN EL MOMENTO DE ENTREGA DEL CLIENTE</p>																																																									

ANEXO 3

Costos de materiales consumibles utilizados en los equipos de planta.

EQUIPOS	MATERIALES	SERIE	MARCA	COSTO	UNIDADES
plasma	Anillo distribuidor	HT 220994 12012 105A	HYPERTHERM	25.5	\$/u
	Electrodo	HT 220842 40713	HYPERTHERM	11.42	\$/u
	Boquilla	HRT 220990	HYPERTHERM	7.86	\$/u
	Capuchón de retención	65/85/105 A 220854 43312	HYPERTHERM	44.86	\$/u
	Escudo frontal deflector	HT-220047 13712 ED	HYPERTHERM	17.89	\$/u
	Tanques de aire	10 m ³	INDE	5.2	\$/m ³
FCAW	Electrodo D=1.2 mm	AWS E-70T-4	INDURA	10.37	\$/kg
	Argón	10 m ³	INDE	18	\$/m ³
SAW	Electrodo (EM-12 K) 1/8"		INDURA	76.6	\$/kg
	Fundente TF-565		TIEN TAI	2.11	\$/kg
SMAW	E 6010		AGA	5.25	\$/KG
	E 7018		AGA	6.21	\$/kg
TIG	Electrodo 7S-6 D=1/8"	AWS ER 316L	INDURA	36	\$/KG
	CO2	10 m ³	INDE	3.47	\$/m ³

ANEXO 4

Reglamento de Aplicación de la Ley de Régimen Tributario Interno

Art. 28.- Gastos generales deducibles

Bajo las condiciones descritas en el artículo precedente y siempre que no hubieren sido aplicados al costo de producción, son deducibles los gastos previstos por la Ley de Régimen Tributario Interno, en los términos señalados en ella y en este reglamento, tales como:

(...)

6. Depreciaciones de activos fijos.

c) En casos de obsolescencia, utilización intensiva, deterioro acelerado u otras razones debidamente justificadas, el respectivo Director Regional del Servicio de Rentas Internas podrá autorizar depreciaciones en porcentajes anuales mayores a los indicados, los que serán fijados en la resolución que dictará para el efecto. Para ello, tendrá en cuenta las Normas Ecuatorianas de Contabilidad y los parámetros técnicos de cada industria y del respectivo bien. Podrá considerarse la depreciación acelerada exclusivamente en el caso de bienes nuevos, y con una vida útil de al menos cinco años, por tanto, no procederá para el caso de bienes usados adquiridos por el contribuyente. Tampoco procederá depreciación acelerada en el caso de bienes que hayan ingresado al país bajo regímenes suspensivos de tributos, ni en aquellos activos utilizados por las empresas de construcción que apliquen para efectos de sus registros contables y declaración del impuesto el sistema de "obra terminada", previsto en la Ley de Régimen Tributario Interno.

Mediante este régimen, la depreciación no podrá exceder del doble de los porcentajes señalados en letra a).

(a) La depreciación de los activos fijos se realizará de acuerdo a la naturaleza de los bienes, a la duración de su vida útil y la técnica contable. Para que este gasto sea deducible, no podrá superar los siguientes porcentajes:

(I) Inmuebles (excepto terrenos), naves, aeronaves, barcasas y similares 5% anual.

(II) Instalaciones, maquinarias, equipos y muebles 10% anual.

(III) Vehículos, equipos de transporte y equipo caminero móvil 20% anual.

(IV) Equipos de cómputo y software 33% anual.

En caso de que los porcentajes establecidos como máximos en este Reglamento sean superiores a los calculados de acuerdo a la naturaleza de los bienes, a la duración de su vida útil o la técnica contable, se aplicarán estos últimos.

b) Cuando el contribuyente haya adquirido repuestos destinados exclusivamente al mantenimiento de un activo fijo podrá, a su criterio, cargar directamente al gasto el valor de cada repuesto utilizado o depreciar todos los repuestos adquiridos, al margen de su utilización efectiva, en función a la vida útil restante del activo fijo para el cual están destinados, pero nunca en menos de cinco años. Si el contribuyente vendiere tales repuestos, se registrará como ingreso gravable el valor de la venta y, como costo, el valor que faltare por depreciar. Una vez adoptado un sistema, el contribuyente solo podrá cambiarlo con la autorización previa del respectivo Director Regional del Servicio de Rentas Internas.

		% ANUAL	AÑOS
I	Inmuebles, naves, aeronaves, barcasas y similares	5%	20
II	Instalaciones, maquinarias, equipos y muebles	10%	10
III	Vehículos, equipos de transporte, y equipo caminero móvil	20%	5
IV	Equipo de cómputo y software	33%	3.03

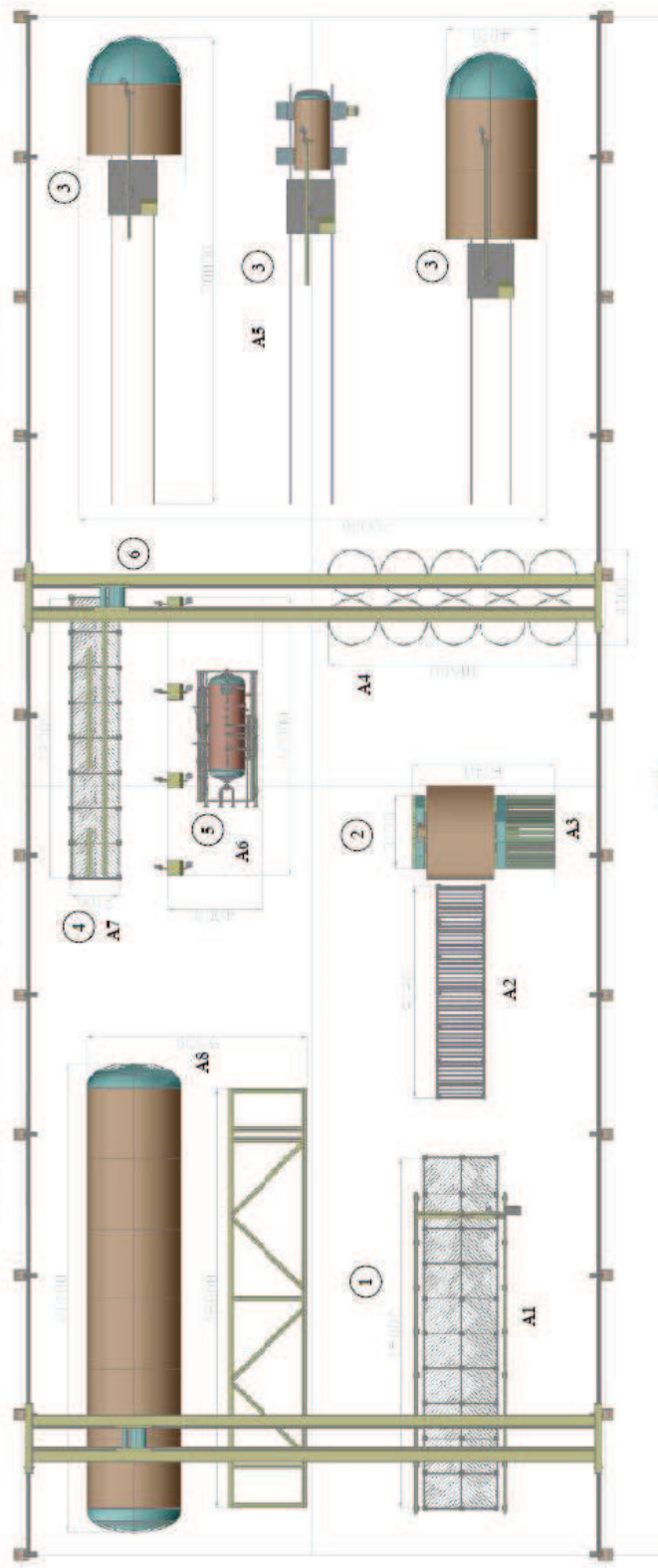
ANEXO 5

Tabla de sueldos de cada empleado involucrado en la planta de producción ASME de SERTECPET S.A.

FUNCION	Sueldo mensual	Sueldo anual	13er sueldo	14to sueldo	Vacaciones	Aportación IESS (12.15%)	Aportación personal IESS (9.35%)	TOTAL ANNUAL (USD)	TOTAL MENSUAL (USD)
Jefe de calidad	1400	16800	1400	318	700	170.1	130.9	19519	1626.58
Jefe de producción	2000	24000	2000	318	1000	243	187	27748	2312.33
Supervisor	1100	13200	1100	318	550	133.65	102.85	15404.5	1283.71
Operador de equipo	900	10800	900	318	450	109.35	84.15	12661.5	1055.13
Ayudante	600	7200	600	318	300	72.9	56.1	8547	712.25
Operador de equipo SAW	1300	15600	1300	318	650	157.95	121.55	18147.5	1512.29



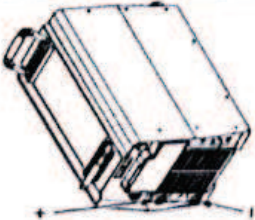
ANEXO 7

VISTA SUPERIOR PLANTA DE PRODUCCION RECIPIENTES



ANEXO 8

Parámetros dados por la fábrica de la maquina soldadora XMT 350 CC/CV. Multiprocesos.

 ARC WELDING can cause Electromagnetic Interference. To reduce possible interference, keep weld cables as short as possible, close together, and down low, such as on the floor. Locate welding operation 100 meters from any sensitive electronic equipment. Be sure this welding machine is installed and grounded according to this manual. If interference still occurs, the user must take extra measures such as moving the welding machine, using shielded cables, using line filters, or shielding the work area.		Weld Cable Size** and Total Cable (Copper) Length in Weld Circuit Not Exceeding***												
		100 ft (30 m) or Less	150 ft (45 m)	200 ft (60 m)	250 ft (70 m)	300 ft (90 m)	350 ft (105 m)	400 ft (120 m)	10 - 100% Duty Cycle					
 Weld Output Terminals Turn off power before connecting to weld output terminals. Do not use worn, damaged, undersized, or poorly spliced cables.		10 - 60% Duty Cycle	60 - 100% Duty Cycle											
 Output Receptacles														
100	4	4	4	4	3	2	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
150	3	3	3	2	1	1/0	2/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0	3/0
200	3	2	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
250	2	1	1	1/0	2/0	3/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
300	1	1/0	1/0	2/0	3/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
350	1/0	2/0	2/0	3/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
400	1/0	2/0	2/0	3/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
500	2/0	3/0	3/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0
600	3/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0	4/0

ANEXO 9

Equipo de Plasma.

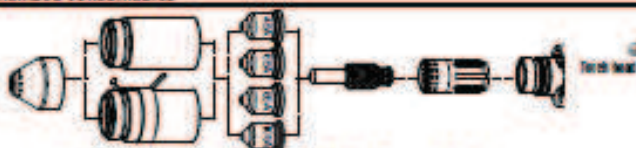
Hypertherm

powermax IGBT

Duramax machine torch consumables

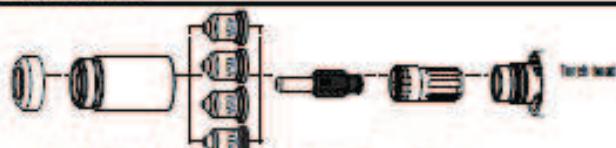


Mechanized consumables



	Nozzle	Retaining cap	Nozzle	Electrode	Swirl ring
45 A	220817*	220854	220841*	220840*	220894
65 A	220817*	220854	220818*	220840*	220894
85 A	220817*	220854	220816*	220840*	220894
105 A	220893*	220854	220890*	220840*	220894
Wire	220853				

Unshielded consumables



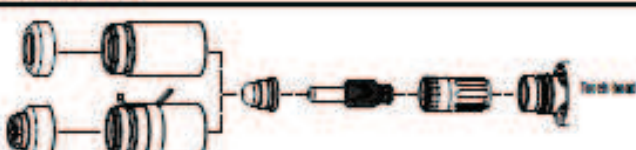
	Nozzle/Deflector	Retaining cap	Nozzle	Electrode	Swirl ring
45 A	220855	220854	220841*	220840*	220894
65 A	220855	220854	220818*	220840*	220894
85 A	220855	220854	220816*	220840*	220894
105 A	220855	220854	220890*	220840*	220894

Gouging consumables



	Nozzle	Retaining cap	Nozzle	Electrode	Swirl ring
65 AMP A	220798	220854	220797*	220840*	220894
105 A	220798	220854	220901*	220840*	220894

FineCut consumables



	Nozzle/Deflector	Retaining cap	Nozzle	Electrode	Swirl ring
45 A	220855	220854	220930*	220840*	220894
Wire	220845	220853			



Series 2: Correct Power max system

Duramax series

Duramax robotic series

All-in-one and FineCut kits are available, see pages 25-26 or visit: www.hypertherm.com/consumablekits.

*Consumables available in a bulk package option, see page 27 for bulk package information.

New CopperPlus longer life electrode available for Duramax torches. Please refer to the back cover of the catalog for additional information. CopperPlus part number 220777.

ANEXO 10

Equipo SAW.

Technical data

	LAF 605	LAF 1000	LAF 1250	LAF 1600
Voltage, 3 ph 50 Hz, V	400/415	400/415/500	400/415/500	400/415/500
Voltage, 3 ph 60 Hz, V	480	480/492/500	480/492/500	480/492/500
Current A 100% 50 Hz 90% 60%	50	94/94/50	99/99/51	100/100/100
Current A 100% 60 Hz 90% 60%	50	94/94/50	99/99/51	100/100/100
Cable area mm ² 50 Hz 60 Hz	4x16 4x16	4x16	3x25+25/2x25+25/2x25+16 3x25+25/2x25+25/2x25+16	3x70+25/3x70+25/2x70+25 3x70+25/3x70+25/2x70+25
Fuse size A 50 Hz 60 Hz	03 03	03	125/125/60 100/100/60	100/100/125 100/100/125
Maximum load at: 100% duty cycle AV 90% duty cycle AV 60% duty cycle AV	900/44 -- 900/44	900/44 -- 1000/44	1200/44 -- --	1000/44 -- --
Setting range AV MIG/MAG CAV	50/17-400/94 90/21-800/94	50/13-1000/40 40/22-1000/40	60/13-1000/44 40/22-1000/44	-- 40/22-1000/40
Open circuit voltage, V	54	52	51	54
Open circuit power, W	150	145	220	220
Efficiency	0,84	0,84	0,87	0,86
Power factor	0,96	0,95	0,96	0,97
Endorsement class	EP20	EP23	EP25	EP25
Dimensions L x W x H mm	678x480x130	640x528x160	774x588x140	774x588x140
Weight, kg	220	230	490	380
Application class	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ordering information	0457 302 990	0450 321 001	0450 322 090	0456 324 900

Compliment technical data	LAF 1000M	LAF 1250M	LAF 1600M
Voltage, 3 ph 50 Hz, V	230/400/415/500	230/400/415/500	230/400/415/500
Voltage, 3 ph 60 Hz, V	230/400/492/500	230/400/492/500	230/400/492/500
Current A 100% 50 Hz 90% 60%	111/94/54/52 130/90/60/50 130/90/60/50	171/99/60/50 -- --	100/100/100/100 -- --
Current A 100% 60 Hz 90% 60%	111/94/54/52 130/90/60/50 130/90/60/50	171/99/60/50 -- --	100/100/100/100 -- --
Cable area mm ² 50 Hz 60 Hz	4x32/4x16/4x16/4x16 4x32/4x16/4x16/4x16	3x70+25/2x25+25/2x25+16 3x70+25/2x25+25/2x25+16	3x120+25/3x70+25/2x70+25 3x120+25/3x70+25/2x70+25
Fuse size A 50 Hz 60 Hz	125/125/60/60 125/125/60/60	100/125/125/60 100/100/100/60	100/100/100/125 100/100/100/125
Application class	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ordering information	0450 321 992	0450 322 001	0456 324 001
For more technical information, see LAF 1000, LAF 1250 and LAF 1600.			

Ordering information	
Control cable 15 m	0450 300 891
Control cable 22 m	0450 300 891
Control cable 32 m	0450 300 892
Control cable 50 m	0450 300 893
Control cable 75 m	0450 300 894
Control cable 100 m	0450 300 895
Set of wheels LAF 605	0457 707 890

These welding power sources comply with the requirements of EN 60974-1 and IEC 974-1. The symbol indicates that the welding power source may be used in areas with an increased electrical hazard, i.e. areas where the electrical hazard is increased due to damp and/or the proximity to earthed metal objects. Equipment marked EP 20 is designed for indoor and outdoor use.

© ESAB AB 2008. All rights reserved.

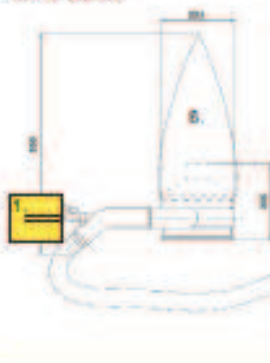
ESAB reserves the right to change specifications without notice.

Approved according to the ISO 9001 system.

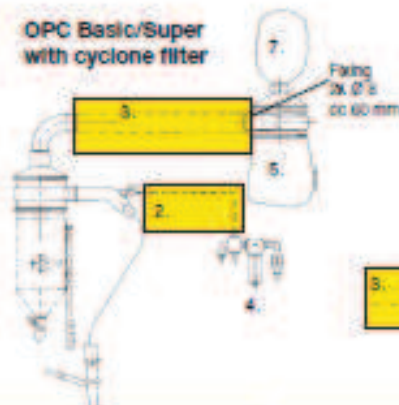


Technical data

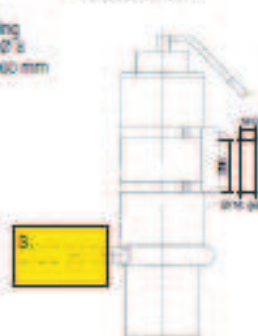
OPC Basic



OPC Basic/Super with cyclone filter



Tedak filter



OPC recovery units		Basic	Super
Airflow capacity (4 min)			
at working pressure	0.4 MPa	175	225
at working pressure	0.5 MPa	225	270
at working pressure	0.6 MPa	250	300
Max working pressure MPa		0.6	0.6
Max suction height m*			
at working pressure	0.4 m	0.8	1.0
at working pressure	0.5 m	0.8	1.2
at working pressure	0.6 m	0.8	1.4
Sound level (dB) at work		70	72
Max working temperature		130	150
Short term temperature**		170*	190*
Net weight total unit			

* Suction height with normal flux bead and a welding speed of 100 cm/min
 ** Tested with preheated flux to temperature max 220 °C and weld object temperature max 350 °C.

- The system of OPC Basic/Super consists of:**
- Ejector
 - Cyclone
 - Filter bag / cyclone / Tedak filter with fixing arrangement
 - Securing strap
 - Suction hose
 - 4 pos suction nozzles (for butt welds, normal and large fillet weld, left and right)
 - Nozzle bracket for D00/D36 contact systems

Accessories OPC Basic/Super

4. Air central	0417 714 880
5. Plastic bag	0190 865 004
6. Filter bag	0155 965 001
7. Filter bag	0332 446 001
Cyclone filter	0379 538 880
Tedak filter	0453 706 881

Ordering Information

OPC Basic 0148 140 880	1. Air pressure hose 3/8" 0190 343 104 Max 50 meters	
OPC Basic with cyclone filter 0802 415 882	2. Air pressure hose 1/2" 0190 343 106 Max 50 meters	3. Filter tube diam. 63 mm 0193 125 003 Max 12 meters
OPC Basic with Tedak filter 0802 415 883		
OPC Super with cyclone filter 0802 415 882		
OPC Super with Tedak filter 0802 415 883		

Complete system

ESAB reserves the right to change specifications without notice

Approved according to the ISO 9001 system



ESAB AB
 Box 6036,
 S-402 17 Göteborg
 Sweden
 Tel: +46 31 82 90 00
 Telex: +46 01 82 90 00
 www.esab.com

Photo: S. Madsen - 2018 © ESAB Group. Drawing: 01 000 111111