



# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**



## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **ANÁLISIS TECNO-ECONÓMICO DE CONSUMIBLES EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA GMAW, SAW PARA LA FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS DE LA EMPRESA SEDEMI**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**LOYA RIVERA JONATHAN DAVID**  
[jonathan.loya@epn.edu.ec](mailto:jonathan.loya@epn.edu.ec)

**DIRECTOR: ING. BARRAGAN CAMPOS GALO HOMERO M. Sc.**  
[homero.barragan@epn.edu.ec](mailto:homero.barragan@epn.edu.ec)

**Quito, Septiembre 2020**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Loya Rivera Jonathan David, bajo mi supervisión.

---

Ing. Homero Barragán, M. Sc.

## DECLARACIÓN

Yo, **Jonathan David Loya Rivera**, 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 mis derechos de propiedad intelectual correspondiente 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.



---

Jonathan David Loya Rivera

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mis padres Eduardo y Victoria, mis hermanos Alexander y Hugo por ser los pilares de mi vida con su apoyo incondicional durante mi formación personal y profesional.

Este triunfo es para ustedes, gracias por todo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por ser mi guía y levantarme en los momentos difíciles.

Agradezco a mis padres, Eduardo y Victoria que han estado siempre apoyándome en todas las etapas de mi vida, por ser ejemplos a seguir y que me inculcaron los valores de vida necesarios para poder terminar esta etapa de vida.

A mis hermanos Alexander y Hugo por confiar en mí con su apoyo total.

Agradezco a la Empresa SEDEMI por brindarme la oportunidad de realizar el presente proyecto en especial al Ing. Santiago Proaño gerente de producción que me abrió las puertas de la empresa, al Ing. Cristhian Aguirre jefe de Armado y Soldadura, Ing. Darwin Cañizares especialista de soldadura, Ing. Javier Ávalos y compañeros del área de Armado y Soldadura, quienes con sus conocimientos y experiencias fueron la guía fundamental para la realización del presente proyecto.

También agradezco a mi director de tesis Ing. Homero Barragán M Sc. quien, con su ayuda incondicional, dirección y guía pude realizar el presente proyecto.

Finalmente agradezco a la Escuela Politécnica Nacional, a los profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica por compartir sus conocimientos y experiencias dentro y fuera del aula a lo largo de mi formación profesional, muchas gracias por todo.

# Contenido

CERTIFICACIÓN .....	i
DECLARACIÓN .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivo General .....	2
Objetivos Específicos .....	2
1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Definiciones de Soldadura GMAW .....	3
1.2. Ventajas del Proceso GMAW .....	4
1.3. Limitaciones del Proceso GMAW .....	4
1.4. Definiciones de Soldadura SAW.....	4
1.5. Ventajas del Proceso SAW.....	5
1.6. Limitaciones del Proceso SAW.....	6
1.7. Tipos de Juntas .....	6
1.7.1. Juntas de esquina .....	6
1.7.2. Juntas a Tope.....	7
1.7.3. Juntas en T.....	7
1.8. Tipos de Cordón.....	7
1.8.1. Cordón de Ranura .....	7
1.8.2. Cordón de Filete.....	8
1.9. Materiales de aporte para SAW.....	8
1.9.1. Electrodos.....	8
1.9.2. Fundentes.....	9
1.9.2.1. Fundentes aglomerados.....	9
1.9.2.2. Fundentes neutros.....	10
1.10. Especificaciones para el proceso SAW .....	10
1.10.1. Electrodos de acero al carbono y fundentes.....	11
1.10.2. Electrodos de aceros de baja aleación y fundentes .....	11
1.11. Sistema de clasificación según AWS de electrodos y fundentes.....	11
1.12. Características y propiedades del metal depositado SAW .....	13
1.12.1. Composición del Fundente .....	13
1.12.2. Granulometría del fundente.....	13
1.13. Manejo de Fundente.....	13

1.14.	Influencia de los parámetros de soldadura en SAW .....	15
1.14.1.	Parámetros principales de soldadura en SAW .....	16
1.14.2.	Parámetros secundarios de soldadura en SAW .....	20
1.15.	Preparación y diseño de la junta .....	21
1.16.	Proceso MIG/MAG (GMAW).....	22
1.17.	Variables del proceso GMAW.....	22
1.18.	Gases de Protección .....	26
1.18.1.	Factores que afectan en la elección del gas de protección .....	27
1.19.	Consumibles GMAW .....	27
1.20.	Designación del alambre para GMAW de acuerdo AWS.....	28
1.21.	Factores Económicos y de Productividad.....	30
1.21.1.	Análisis de Costes .....	30
1.22.	Propósitos y aplicación de la estimación de costes .....	30
1.23.	Costes de Fabricación .....	30
1.23.1.	Materiales Utilizados.....	31
1.23.2.	Mano de Obra.....	31
1.23.3.	Pequeñas herramientas, accesorios y utillajes .....	31
1.24.	Costes Generales.....	31
1.25.	Costes de Soldeo .....	32
1.26.	Costes de Mano de Obra.....	32
1.26.1.	Tiempo de Arco .....	33
1.26.2.	Tiempo de Manejo .....	33
1.26.3.	Tiempos Varios.....	33
1.27.	Factor de Operación .....	33
1.28.	Ayudante .....	34
1.29.	Costes de Materiales.....	34
1.29.1.	Costes del metal de aportación .....	35
1.29.1.1.	Determinación de la cantidad de metal depositado .....	35
1.29.1.2.	Cálculo de importe de material .....	36
1.29.1.3.	Estimación del coste de material de aporte .....	36
1.30.	Cálculo de longitud de consumible por unidad de peso (LC).....	36
1.31.	Consumible Suministrado (CS) .....	37
1.32.	Consumo de metal de aportación (CA).....	37
1.33.	Costes de los gases de protección .....	37
1.34.	Coste del fundente .....	38
1.35.	Cálculo de costes de mano de obra .....	39
1.35.1.	Costes de mano de obra por unidad de longitud de soldadura .....	39

1.35.2.	Costes de mano de obra de soldadura en pasada simple .....	39
1.35.3.	Costes de mano de obra por kilo de metal depositado .....	39
1.36.	Costes energéticos en soldadura .....	40
1.36.1.	Costes de energía por unidad de longitud .....	40
1.36.2.	Costes de energía por kilo de metal depositado .....	40
2.	METODOLOGIA .....	42
2.1.	Alcance del trabajo de titulación .....	42
2.2.	Equipos utilizados para el desarrollo del estudio Tecno-Económico .....	43
2.3.	CÁLCULOS .....	45
2.4.	Cantidad de Metal Depositado .....	49
2.5.	Importe de Material .....	51
2.6.	Coste de material de aporte .....	56
2.7.	Longitud de consumible por unidad de peso .....	62
2.8.	Consumible suministrado .....	63
2.9.	Consumo de metal de aportación (CA) .....	65
2.10.	Costes de los gases de protección .....	66
2.10.1.	Cálculo de coste de gas por unidad de longitud de soldadura .....	66
2.10.2.	Cálculo de coste de gas por kilo de metal depositado .....	67
2.10.3.	Cálculo de consumo de gas .....	69
2.11.	Coste del Fundente .....	69
2.12.	Rendimiento de aportación .....	71
2.12.1.	Rendimiento de aportación de la máquina T-Master 2500 .....	71
2.12.2.	Rendimiento de aportación de la máquina T-Master 4000 .....	73
2.12.3.	Rendimiento de aportación en la máquina GMAW .....	75
2.13.	Cálculos de Tiempos en la fabricación de Vigas y Cajones Metálicos .....	77
2.14.	Factor de Operación .....	79
2.14.1.	Factor de Operación para SAW-SINGLE .....	80
2.14.2.	Factor de Operación para SAW-TWIN .....	81
2.14.3.	Factor de Operación para GMAW .....	82
2.15.	Costes de Mano de Obra .....	85
2.15.1.	Costes de mano de obra por unidad de longitud de soldadura .....	85
2.15.2.	Costes de mano de obra de soldadura en pasada simple .....	87
2.15.3.	Costes de mano de obra por kilo de metal depositado .....	88
2.16.	Costes energéticos en soldadura .....	89
2.16.1.	Costes de energía por unidad de longitud .....	89
2.16.2.	Costes de energía por kilo de metal depositado .....	90
2.17.	Costes de depreciación de las máquinas SAW y GMAW .....	91

2.17.1.	Costes de depreciación SAW – SINGLE .....	91
2.17.2.	Costes de depreciación SAW – TWIN .....	92
2.17.3.	Costes de depreciación GMAW .....	93
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	95
3.1.	Resultados.....	95
3.1.1.	Costes totales por metro lineal de soldadura para el proceso SAW-SINGLE.....	95
3.1.2.	Costes totales por metro lineal de soldadura para el proceso SAW-TWIN.....	95
3.1.3.	Costes totales por metro lineal de soldadura para el proceso GMAW .....	96
3.1.4.	Material de aporte total para la máquina T-MASTER 2500 .....	97
3.1.5.	Material de aporte total para la máquina T-MASTER 4000 .....	97
3.1.6.	Material de aporte total para la máquina GMAW .....	98
3.1.7.	Factor de Operación .....	99
3.1.8.	Rendimiento de aportación.....	100
3.2.	Discusión.....	101
3.2.1.	Costes totales por metro lineal de los procesos SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW ..	101
3.2.2.	Material de aporte para SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW .....	102
3.2.3.	Pérdidas de consumibles.....	102
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	104
4.1.	Conclusiones.....	104
4.2.	Recomendaciones.....	106
	Referencias Bibliográficas .....	107
	ANEXOS .....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Proceso GMAW.....	3
Figura 1.2. Proceso SAW.....	5
Figura 1.3. Junta de Esquina.....	6
Figura 1.4. Junta a Tope con placa de respaldo. ....	7
Figura 1.5. Junta en T. ....	7
Figura 1.6. Cordón de Ranura.....	8
Figura 1.7. Cordón de Filete.....	8
Figura 1.8. Consumibles del proceso SAW: a) Alambre electrodo EM12K, b) Fundente neutro 429. .....	13
Figura 1.9. Equipos de alimentación de Fundente: a) Tolvas, b) Tanques. ....	14
Figura 1.10. Equipo de recuperación de Fundente. ....	14
Figura 1.11. Cálculo de material de soldadura necesario. ....	14
Figura 1.12. Cálculo de material de soldadura depositado en juntas a tope V y X. ....	15
Figura 1.13. Cálculo de material de soldadura depositado en junta a tope T y T con chaflán. ....	15
Figura 1.14. Intensidad o corriente de soldadura. ....	16
Figura 1.15. Relación que existe entre WFS y la corriente de soldadura para distintos diámetros de electrodos.....	17
Figura 1.16. Longitud de Arco en soldeo con SAW.....	17
Figura 1.17. Diámetro del electrodo en función de la densidad de corriente.....	18
Figura 1.18. Causas que produce el aumento de diámetro del electrodo. ....	19
Figura 1.19. Distancia del electrodo a la boquilla. ....	20
Figura 1.20. Efecto de tasa de deposición SAW. ....	21
Figura 1.21. Preparación de diseño de junta SAW y GMAW. ....	21
Figura 1.22. Máximo permisible sin respaldo en SAW.....	22
Figura 1.23. Curva de intensidad Vs. Velocidad de alimentación: Acero al carbono.....	23
Figura 1.24. a) Conexión corriente continua electrodo negativo (CCEN) o (CCPD), b) Conexión corriente continua electrodo positivo (CCEP) o (CCPI).....	24
Figura 1.25. Efecto en la fijación de distintos parámetros en la longitud de arco y cordón de soldadura.....	24
Figura 1.26. Longitud de Alambre. ....	25
Figura 1.27. Longitud de arco apropiado para obtener buena transferencia. ....	25
Figura 1.28. Orientación del alambre: a) técnica de arrastre, b) técnica de empuje. ....	26
Figura 1.29. Soportes de suministro de alambre: a) bobinas plásticas, b) bobinas metálicas. ....	28
Figura 1.30. Alambre macizo de acero al carbono utilizados en la planta SEDEMI. ....	29
Figura 2.1. Junta en T Alma-Patín para el proceso SAW-SINGLE.....	45
Figura 2.2. Junta en T Alma-Patín para el proceso SAW-TWIN.....	46

Figura 2.3. Junta a Tope de soldadura de ranura cuadrada con placa de respaldo-CJP.....	47
Figura 2.4. Junta a Tope de soldadura de ranura en V simple con placa de respaldo-CJP.....	48
Figura 2.5. Junta en Esquina de soldadura de ranura de bisel simple con placa de respaldo-CJP. .....	48
Figura 2.6. Junta en Esquina de soldadura de ranura de bisel simple-PJP. ....	48
Figura 2.7. Importe de Material Vs Tamaño de Filete en SAW-SINGLE.....	51
Figura 2.8. Importe de Material Vs Tamaño de Filete en SAW-TWIN.....	52
Figura 2.9. Importe de Material Vs Espesor Depositado – 2C ranura cuadrada. ....	54
Figura 2.10. Importe de Material Vs Espesor Depositado – 2C ranura V simple.....	55
Figura 2.11. Importe de Material Vs Espesor Depositado – 4 placas con ranura de bisel simple - CJP. ....	55
Figura 2.12. Importe de Material Vs Espesor Depositado – 4 placas con ranura de bisel simple - PJP.....	56
Figura 2.13. Coste de Importe de Material Vs Tamaño de Filete en SAW-SINGLE.....	57
Figura 2.14. Coste de Importe de Material Vs Tamaño de Filete en SAW-TWIN.....	58
Figura 2.15. Coste de Importe de Material Vs Espesor depositado-2C ranura cuadrada. ....	60
Figura 2.16. Coste de Importe de Material Vs Espesor depositado-2C ranura V simple.....	61
Figura 2.17. Coste de Importe de Material Vs Espesor depositado - 4 placas con ranura de bisel simple - CJP. ....	61
Figura 2.18. Coste de Importe de Material Vs Espesor depositado - 4 placas con ranura de bisel simple - PJP. ....	62
Figura 2.19. Consumos Semanales de Alambre Electrodo Sólido 2.4 mm SAW-SINGLE.....	72
Figura 2.20. Consumos Semanales de Alambre Electrodo Sólido 2.4 mm SAW-TWIN.....	74
Figura 2.21. Consumos Semanales de Alambre Electrodo Sólido 1.2 mm GMAW.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Rango de Intensidades de acuerdo con el diámetro para SAW. ....	9
Tabla 1.2. Tabla de especificaciones de electrodos y fundentes-Norma Europea (EN).....	10
Tabla 1.3. Tabla de especificaciones de Electrodos y Fundentes-Norma Americana AWS.....	11
Tabla 1.4. Clasificación de electrodos y fundentes según la AWS A5-17. ....	11
Tabla 1.5. Propiedades Mecánicas. ....	12
Tabla 1.6. Composición química de Electrodos. ....	12
Tabla 1.7. Datos de Soldadura alambre electrodo ER70S-6: AWS A5-18. ....	29
Tabla 1.8. Propiedades Mecánicas del alambre electrodo para GMAW. ....	30
Tabla 1.9. Límites de Factor de Operación para los métodos de soldeo. ....	34
Tabla 1.10. Rendimientos de Aportación. ....	35
Tabla 1.11. Ecuaciones de análisis de costes en los procesos de soldadura SAW y GMAW.....	41
Tabla 2.1. Equipos Utilizados. ....	44
Tabla 2.2. Tamaño de Pierna en SAW-SINGLE.....	45
Tabla 2.3. Tamaño de Pierna en SAW-TWIN.....	46
Tabla 2.4. Tamaño de espesor depositado en GMAW.....	47
Tabla 2.5. Cantidad de metal depositado en SAW-SINGLE.....	49
Tabla 2.6. Cantidad de metal depositado en SAW-TWIN. ....	49
Tabla 2.7. Cantidad de metal depositado en cajones 2C-Ranura Cuadrada con GMAW. ....	49
Tabla 2.8. Cantidad de metal depositado en cajones 2C-Ranura V Simple con GMAW.....	50
Tabla 2.9. Cantidad de metal depositado en cajones 4 placas-Ranura bisel simple-CJP con GMAW. ....	50
Tabla 2.10. Cantidad de metal depositado en cajones 4 placas-Ranura bisel simple-PJP con GMAW.....	50
Tabla 2.11. Importe de Material para SAW-SINGLE. ....	51
Tabla 2.12. Importe de Material para SAW-TWIN.....	52
Tabla 2.13. Importe de Material para GMAW-Cajones 2C ranura cuadrada.....	53
Tabla 2.14. Importe de Material para GMAW-Cajones 2C ranura V simple.....	53
Tabla 2.15. Importe de Material para GMAW-Cajones 4 placas-CJP. ....	53
Tabla 2.16. Importe de Material para GMAW-Cajones 4 placas-PJP.....	54
Tabla 2.17. Coste de material de aporte para SAW-SINGLE.....	56
Tabla 2.18. Coste de material de aporte para SAW-TWIN.....	57
Tabla 2.19. Coste de material de aporte para GMAW-2C ranura cuadrada.....	58
Tabla 2.20. Coste de material de aporte para GMAW-2C ranura V simple.....	59
Tabla 2.21. Coste de material de aporte para GMAW-4 placas ranura bisel simple - CJP. ....	59
Tabla 2.22. Coste de material de aporte para GMAW-4 placas ranura bisel simple - PJP. ....	60
Tabla 2.23. Longitud de consumible por unidad de peso para SAW-SINGLE. ....	62

Tabla 2.24. Longitud de consumible por unidad de peso para SAW-TWIN. ....	63
Tabla 2.25. Longitud de consumible por unidad de peso para GMAW. ....	63
Tabla 2.26. Consumible Suministrado SAW-SINGLE. ....	64
Tabla 2.27. Consumible Suministrado SAW-TWIN. ....	64
Tabla 2.28. Consumible Suministrado GMAW. ....	64
Tabla 2.29. Consumo de material de aportación SAW-SINGLE. ....	65
Tabla 2.30. Consumo de material de aportación SAW-TWIN. ....	65
Tabla 2.31. Consumo de material de aportación GMAW. ....	66
Tabla 2.32. Cálculo del coste de gas por unidad de longitud de soldadura GMAW. ....	67
Tabla 2.33. Cálculo del coste de gas por kilo de metal depositado en GMAW. ....	68
Tabla 2.34. Cálculo del consumo de gas en GMAW. ....	69
Tabla 2.35. Datos de Filetes para SAW-SINGLE y SAW-TWIN. ....	70
Tabla 2.36. Cálculo del Coste de Fundente para SAW-SINGLE y SAW-TWIN. ....	70
Tabla 2.37. Cálculo del Consumo de Fundente para SAW-SINGLE y SAW-TWIN. ....	71
Tabla 2.38. Cantidad de rollos de alambre electrodo utilizados por semana para SAW-SINGLE. ....	71
Tabla 2.39. Cálculo rendimiento de aportación en SAW-SINGLE. ....	72
Tabla 2.40. Rendimiento de aportación en SAW-SINGLE. ....	73
Tabla 2.41. Cantidad de rollos de alambre electrodo utilizados por semana para SAW-TWIN. ....	74
Tabla 2.42. Rendimiento de aportación en SAW-TWIN. ....	75
Tabla 2.43. Cantidad de rollos de alambre electrodo utilizados por semana para GMAW. ....	76
Tabla 2.44. Rendimiento de aportación en GMAW. ....	76
Tabla 2.45. Cálculo de Tiempos SAW SINGLE. ....	77
Tabla 2.46. Cálculo de Tiempos SAW TWIN. ....	78
Tabla 2.47. Cálculo de Tiempos GMAW-Cajones 2C-Ranura Cuadrada. ....	78
Tabla 2.48. Cálculo de Tiempos GMAW-Cajones 2C-Ranura V Simple. ....	78
Tabla 2.49. Cálculo de Tiempos GMAW-Cajones 4 placas-Ranura bisel simple-CJP. ....	79
Tabla 2.50. Cálculo de Tiempos GMAW-Cajones 4 placas-Ranura bisel simple-PJP. ....	79
Tabla 2.51. Actividades realizadas con tiempos para la fabricación de vigas con SAW-SINGLE. ....	80
Tabla 2.52. Tiempos de fabricación de la viga FEV 17 en la T-Master SINGLE. ....	80
Tabla 2.53. Factor de Operación en la fabricación de vigas en la T-Master SINGLE. ....	81
Tabla 2.54. Tiempos de fabricación de la viga FS-31 en la T-Master TWIN. ....	81
Tabla 2.55. Factor de Operación en la fabricación de vigas en la T-Master TWIN. ....	82
Tabla 2.56. Tiempos de fabricación de Cajón con 2 C y placa de respaldo. ....	82
Tabla 2.57. Tiempos de fabricación de Cajón de 4 placas con placa de respaldo CJP (1). ....	83
Tabla 2.58. Tiempos de fabricación de Cajón de 4 placas con placa de respaldo CJP (2). ....	84
Tabla 2.59. Tiempos de fabricación de Cajón de 4 placas con placa de respaldo PJP (1). ....	84
Tabla 2.60. Tiempos de fabricación de Cajón de 4 placas con placa de respaldo PJP (2). ....	84

Tabla 2.61. Factor de Operación en la fabricación de cajones metálicos con GMAW. ....	85
Tabla 2.62. Costes de mano de obra por unidad de longitud de soldadura. ....	86
Tabla 2.63. Costes de mano de obra de soldadura en pasada simple. ....	87
Tabla 2.64. Costes de mano de obra por kilo de metal depositado. ....	88
Tabla 2.65. Costes de energía por unidad de longitud. ....	89
Tabla 2.66. Costes de energía por kilo de metal depositado. ....	90
Tabla 2.67. Costes de máquinas soldadoras por hora. ....	91
Tabla 2.68. Cálculo de coste de depreciación de la máquina SAW-SINGLE. ....	91
Tabla 2.69. Cálculo de coste promedio de depreciación de la máquina por metro lineal SAW-SINGLE. ....	92
Tabla 2.70. Cálculo de coste de depreciación de la máquina SAW-TWIN. ....	92
Tabla 2.71. Cálculo de coste promedio de depreciación de la máquina por metro lineal SAW-TWIN. ....	93
Tabla 2.72. Cálculo de coste de depreciación de la máquina GMAW – 2C. ....	93
Tabla 2.73. Cálculo de coste de depreciación de la máquina GMAW – 4 placas CJP. ....	93
Tabla 2.74. Cálculo de coste de depreciación de la máquina GMAW – 4 placas PJP. ....	94
Tabla 2.75. Cálculo de coste promedio de depreciación de la máquina por metro lineal GMAW – 2C y 4 placas. ....	94
Tabla 3.1. Costes Totales T-MASTER 2500. ....	95
Tabla 3.2. Costes Totales T-MASTER 4000. ....	96
Tabla 3.3. Costes Totales GMAW. ....	96
Tabla 3.4. Material de Aporte T-MASTER 2500. ....	97
Tabla 3.5. Material de Aporte T-MASTER 4000. ....	98
Tabla 3.6. Material de Aporte GMAW. ....	98
Tabla 3.7. Factor de Operación T-MASTER 2500. ....	99
Tabla 3.8. Factor de Operación T-MASTER 4000. ....	99
Tabla 3.9. Factor de Operación GMAW. ....	99
Tabla 3.10. Rendimiento de Aportación T-Master 2500. ....	100
Tabla 3.11. Rendimiento de Aportación T-Master 4000. ....	100
Tabla 3.12. Rendimiento de Aportación GMAW. ....	100
Tabla 3.13. Factor de Operación. ....	103

## RESUMEN

La industria metalmecánica en Ecuador está en continuo desarrollo de procesos metalmecánicos, por lo tanto, el presente proyecto plantea realizar el análisis tecno-económico de consumibles en los procesos de soldadura GMAW, SAW para la fabricación de estructuras metálicas de la empresa SEDEMI.

SEDEMI tiene una cantidad significativa de proyectos en estructuras metálicas, por lo tanto, se debe establecer el uso adecuado de consumibles de soldadura (alambres electrodos, fundentes, tipos de gases), así como el control de mano de obra y energía. La calidad y productividad son los estándares de la industria moderna para ser competitivos dentro de un mercado muy limitado.

En el proyecto, el estudio se realiza con datos reales de consumo de consumibles de soldadura de los procesos de soldadura GMAW, SAW, para dos tipos de estructuras vigas y cajones metálicos a través del desarrollo de hojas electrónicas de Excel, con lo que se puede analizar el consumo por metro lineal de los materiales consumibles.

Con lo anteriormente mencionado, se podrá determinar la productividad real de soldadura, tanto en la fabricación de secciones tipo I y cajón, para que el factor de operación de los procesos mencionados se incremente, disminuyendo tiempos muertos en el proceso de soldadura, para así obtener una mayor productividad y calidad de los productos de la empresa SEDEMI.

### **Palabras clave:**

procesos metalmecánicos, análisis tecno-económico, consumibles de soldadura, productividad.

## **ABSTRACT**

The metalworking industry in Ecuador is in continuous development of metalworking processes, therefore, the present project proposes to carry out the techno-economic analysis of consumables in welding processes GMAW, SAW for the manufacture of metal structures of the company SEDEMI.

SEDEMI has a signification number of projects in metallic structures, therefore, the adequate use of welding consumables (electrode wires, fluxes, types of gases) must be established, as well as the control of labor and energy. Quality and productivity are the standard of modern industry to be competitive in a very limited market.

In the project, the study is done with real data of consume of consumables of the welding processes GMAW, SAW, for two types of structures, beams and metal boxes through the development of electronic Excel sheets, with which the consumption per linear meter of consumables materials can be analyzed.

With the aforementioned, the real productivity of welding can be determined, both in manufacturing of type I and box sections, so that the operating factor of the mentioned processes increases, decreasing downtime in the welding process, in order to obtain greater productivity and quality of the products of the SEDEMI company.

### **Keywords:**

Metal-mechanical processes, techno-economic analysis, welding consumables, productivity.

# **“ANÁLISIS TECNO-ECONÓMICO DE CONSUMIBLES EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA GMAW, SAW PARA LA FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS DE LA EMPRESA SEDEMI”**

## **INTRODUCCIÓN**

La industria metalmeccánica del país está en continuo desarrollo de procesos metalmeccánicos, la empresa SEDEMI tiene una cantidad significativa de proyectos en estructuras metálicas. Debido a la alta competencia que existe en el mercado local, SEDEMI debe establecer el uso adecuado de consumibles de soldadura (alambres electrodos, fundentes, tipos de gases) en los procesos de soldadura GMAW y SAW en la fabricación metalmeccánica a fin de mantener su competitividad.

La calidad y la productividad son los criterios de la industria moderna para ser competitivos dentro de un mercado muy limitado. Todas las variables de soldadura deben ser analizadas para mejorar los tiempos de respuesta en la ejecución de proyectos.

SEDEMI, tiene diversidad de productos metalmeccánicos que ofrece al medio local, sin embargo, el mayor producto que se fabrica son las estructuras metálicas, por eso la importancia de realizar este estudio tecno-económico de los consumibles de los procesos GMAW, SAW.

Por lo tanto, el presente proyecto plantea resolver el problema del manejo y uso de consumibles de soldadura, mediante el análisis de datos reales de consumo obtenidos en los procesos de soldadura y a través del desarrollo de hojas electrónicas de Excel, para la fabricación de secciones tipo I y secciones tipo cajón, con los procesos de soldadura mencionados, con juntas de soldadura en T, Esquina y Tope realizando soldaduras de penetración parcial (PJP) y penetración completa (CJP), bajo la norma de soldadura estructural para el acero, 2015 y WPS propios de la empresa.

Con lo anteriormente mencionado, se podrá determinar la productividad real de soldadura y conocer los costos reales, tanto para la fabricación de secciones tipo I y secciones tipo cajón, para que el factor de operación de los procesos mencionados se incremente, disminuyendo los tiempos de cada proceso de soldadura, entre otras variables importantes, para así lograr obtener una mayor productividad y calidad de los productos de la empresa SEDEMI.

## **Objetivo General**

Realizar el análisis tecno-económico de consumibles en los procesos de soldadura GMAW, SAW para la fabricación de estructuras metálicas de la empresa SEDEMI.

## **Objetivos Específicos**

- Determinar los requerimientos de consumibles de soldadura de los procesos GMAW, SAW en la fabricación de estructuras metálicas.
- Implementar un sistema de control de uso de consumibles de los procesos de soldadura GMAW, SAW, en la fabricación de estructuras metálicas.
- Determinar las pérdidas de consumibles de los procesos de soldadura GMAW, SAW, en la fabricación de estructuras metálicas.

# 1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se revisa las definiciones de los procesos de soldadura GMAW y SAW, que son utilizados en la fabricación de secciones tipo I y secciones tipo cajón. Además, se realiza la conceptualización de las ventajas y limitaciones de los procesos GMAW y SAW bajo estudio, posiciones de soldadura, tipos de juntas, tipos de cordón, tipos de biseles, materiales de aporte para GMAW y SAW.

Se describe la maquinaria existente en la empresa para llevar a cabo el trabajo, del proceso de soldadura GMAW y el proceso SAW, así como las variables existentes para cada tipo de procedimiento con la que cuenta las máquinas para los procesos de soldadura GMAW y SAW.

También se describe las formulas con las que se analiza los factores económicos y de productividad real de la empresa, con análisis y estimación de costes.

## 1.1. Definiciones de Soldadura GMAW

La soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding) o soldadura MIG/MAG (Metal Inert Gas/ Metal Active Gas) es un proceso de soldadura donde el calor necesario para la unión es producido por un arco eléctrico entre el electrodo continuo consumible y la pieza a soldar. (Aracil Cadenas, 2012)

“La protección del arco eléctrico y del baño de fusión se obtiene mediante un gas o mezcla de gases” (Aracil Cadenas, 2012).

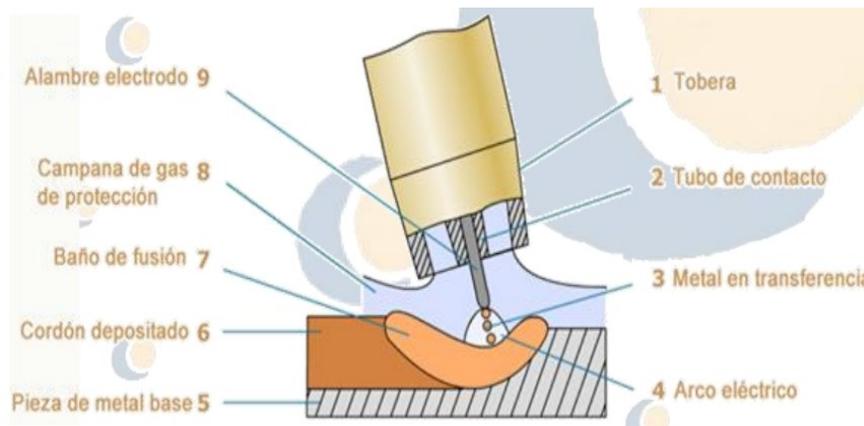


Figura 1.1. Proceso GMAW.  
Fuente: (Cesol-Soldeo MIG/MAG, 2012, p.01)

“El electrodo es un alambre sólido desnudo que se alimenta de forma continua automáticamente, y se convierte en el metal depositado según se consume” (Aracil Cadenas, 2012).

“El electrodo, metal fundido, arco y zonas adyacentes del metal base quedan protegidos de la contaminación de gases atmosféricos mediante un flujo de gas que se sitúa por la boquilla de la pistola, concéntricamente al electrodo” (Aracil Cadenas, 2012).

“Con la elección del consumible y gas de protección adecuados, pueden soldarse con este proceso de soldadura, todo tipo de metales y aleaciones que son utilizadas comercialmente” (Aracil Cadenas, 2012).

“GMAW es utilizado para soldar los principales metales como, el acero al carbono, aluminio, cobre y acero inoxidable” (Aracil Cadenas, 2012).

## **1.2. Ventajas del Proceso GMAW**

Las aplicaciones de este proceso están basadas en las siguientes ventajas (Aracil Cadenas, 2012):

- La soldadura puede hacerse en todas las posiciones, una característica que no tiene la soldadura SAW (Aracil Cadenas, 2012).
- “Las velocidades de aportación son mucho más elevadas que las obtenidas con el proceso de electrodo revestido SMAW” (Aracil Cadenas, 2012).
- En comparación con el proceso de electrodo revestido, por utilizar una alimentación continua de electrodo, se logran velocidades de soldadura y deposición más elevadas, con incrementos de productividad (Aracil Cadenas, 2012).
- Proceso apto para lograr soldaduras de gran longitud sin interrupciones.
- La limpieza es mínima después de la soldadura debido a que no produce escoria, en el caso del proceso MIG (Aracil Cadenas, 2012).

## **1.3. Limitaciones del Proceso GMAW**

Las limitaciones de este proceso son (Aracil Cadenas, 2012):

- En comparación con el proceso SMAW, el equipo utilizado es de mayor complejidad (Aracil Cadenas, 2012).
- “Mayor dificultad que el proceso de electrodo revestido para acceder a uniones de difícil acceso ya que es necesario aproximar la pistola a la unión entre 10 y 20 mm, para asegurar que la soldadura este protegida por el gas” (Aracil Cadenas, 2012).
- “La soldadura debe protegerse del viento y corrientes de aire que puedan arrastrar el gas de protección, lo cual limita la utilización del proceso dentro de la planta, a no ser que se proteja adecuadamente la zona de soldadura” (Aracil Cadenas, 2012).

## **1.4. Definiciones de Soldadura SAW**

SAW, proceso de soldadura por arco sumergido, el cual consiste en un proceso por arco resultado de la fusión entre el electrodo continuo, macizo, protegido de la escoria generada por el fundente, granulado o en polvo, con el que se alimenta al arco y el metal base en la zona de soldadura. (Lázaro Martín, 2012)

“SAW permite depositar grandes volúmenes de metal de soldadura de excelente calidad (tasas de aportación alrededor de 50 kg/h) a bajo coste para una amplia gama de aplicaciones” (Lázaro Martín, 2012).

El sistema es totalmente automático y permite obtener grandes rendimientos de producción (Lázaro Martín, 2012).

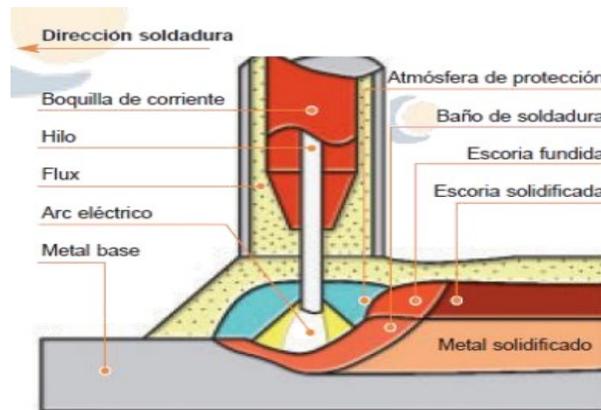


Figura 1.2. Proceso SAW.

Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.01)

El arco eléctrico se establece entre el electrodo metálico y la pieza a soldar. Como electrodos pueden utilizarse uno o varios alambres o hilos simultáneamente (Lázaro Martín, 2012)

En la empresa SEDEMI, se tiene la maquina T-Mater 2500 que utiliza 2 rollos de alambre electrodo conocido como proceso single, mientras que la T-Master 4000 utiliza 4 rollos de alambre electrodo conocido como proceso twin.

El fundente protege el arco y el baño de fusión de la atmosfera circundante, de tal manera que ambos permanecen invisibles durante el proceso. Parte del fundente se funde con un papel similar al del recubrimiento en los electrodos revestidos: protege el arco, lo estabiliza, genera una escoria de viscosidad y tensión superficial adecuados. (Lázaro Martín, 2012)

## 1.5. Ventajas del Proceso SAW

Las aplicaciones de este proceso están basadas en las siguientes ventajas (Lázaro Martín, 2012):

- “Es un proceso muy versátil y se utiliza para unir aceros al carbono, de baja aleación, inoxidable y aleaciones de níquel” (Lázaro Martín, 2012).
- Permite depositar grandes volúmenes de metal de soldadura de excelente calidad, a bajo coste para una amplia gama de aplicaciones (Lázaro Martín, 2012).
- “Alta productividad de soldadura en plano” (Lázaro Martín, 2012).
- “Proceso de alta velocidad y precisión” (Lázaro Martín, 2012).
- Los parámetros de soldeo se ajustan adecuadamente.
- El arco opera bajo la capa de fundente con lo que se evita salpicaduras (Lázaro Martín, 2012).

- El fundente aporta elementos de aleación de soldadura.
- El fundente opera como desoxidante, eliminando contaminantes del baño fundido y produce soldaduras sanas con óptimas propiedades mecánicas (Lázaro Martín, 2012).
- Proceso de soldadura que puede ser utilizado en áreas expuestas al viento.
- La penetración es superior que en otros procesos (Lázaro Martín, 2012).
- Material de protección para soldadores y ayudantes es mínimo (Lázaro Martín, 2012).
- Proceso utilizado en procesos automáticos, por lo que no presentan errores humanos (Lázaro Martín, 2012).
- “El arco eléctrico no es visible y los humos son inferiores a los que se producen en otros tipos de procesos de soldadura” (Lázaro Martín, 2012).

## 1.6. Limitaciones del Proceso SAW

Las limitaciones de este proceso son:

- La posición de soldadura está restringida a plana y horizontal para evitar derrames de fundente (Lázaro Martín, 2012).
- Indispensable el uso de un dispositivo para el almacenamiento, alimentación y recogida del fundente (Lázaro Martín, 2012).
- El tiempo de preparación en este proceso es mayor que otros (Hernández, 2007).
- Las juntas requieren la utilización de anillos de respaldo (Lázaro Martín, 2012).
- “Equipos muy costosos, así como la instalación se puede convertir en compleja” (Hernández, 2007).

## 1.7. Tipos de Juntas

Las juntas son las distintas disposiciones de arreglo y orientación de las partes a ser soldadas, para así poder aplicar la soldadura en condiciones seguras y adecuadas.

### 1.7.1. Juntas de esquina

Las juntas de esquina son soldaduras hechas entre dos partes situadas en un ángulo de  $90^\circ$ . Estas pueden ser de medio traslape, de esquina a esquina, o de inserción completa y pueden prepararse para formar un solo bisel, una sola V o ranuras en U simple. (Materiales, 2012)

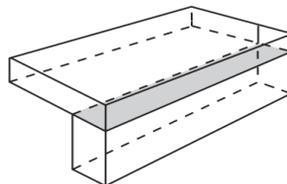


Figura 1.3. Junta de Esquina.  
Fuente: (AWS A3.0M, 2010, p64)

## 1.7.2. Juntas a Tope

La junta a tope es la comprendida entre los planos de las superficies de las dos partes. Las juntas a tope pueden ser simples, cuadradas, biseladas, ranuras en J simple o doble, ranura en U simple o doble, y en V o doble V. (Materiales, 2012)

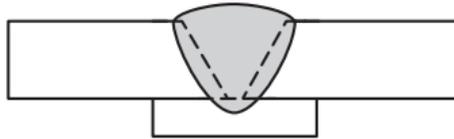


Figura 1.4. Junta a Tope con placa de respaldo.  
Fuente: (AWS A3.0M, 2010, p72)

## 1.7.3. Juntas en T

“Son las juntas formadas por dos partes situadas en un ángulo recto el uno del otro, formando una T, estos elementos pueden ser de un solo bisel, doble bisel, de una sola J o doble” (Materiales, 2012).

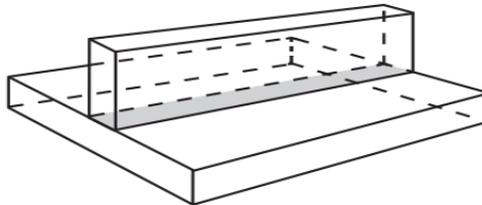


Figura 1.5. Junta en T.  
Fuente: (AWS A3.0M, 2010, p64)

Para el presente estudio se utilizarán tres tipos de juntas, la junta de esquina, junta a tope y la junta en T.

## 1.8. Tipos de Cordón

Cordón de soldadura es el depósito, que sirve como mecanismo de unión o coalescencia entre las partes a unir.

### 1.8.1. Cordón de Ranura

“Son los cordones realizados entre el espacio que queda entre dos piezas de metal a unir. Estos cordones se emplean en muchas combinaciones dependiendo de la accesibilidad, de la economía, del diseño y del proceso de soldadura que se aplique” (Materiales, 2012).

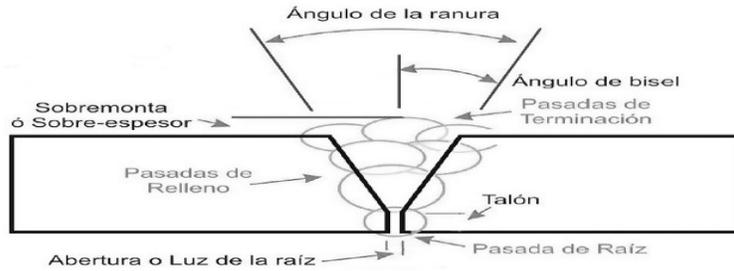


Figura 1.6. Cordón de Ranura.  
Fuente: (Terminología de Juntas Soldadas, 2016)

## 1.8.2. Cordón de Filete

Este tipo de cordones se los realiza con mayor rapidez en comparación a los de ranura. Las juntas soldadas de filete son simples de preparar desde el punto de vista de preparación y ajuste de borde, sin embargo, a veces se requieren de más soldadura para unir las partes a ser soldadas. (Materiales, 2012)

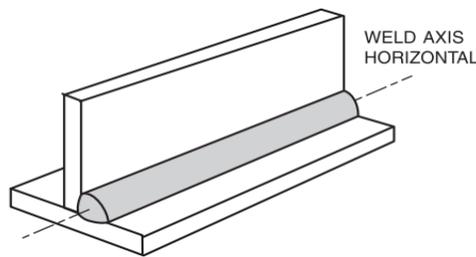


Figura 1.7. Cordón de Filete.  
Fuente: (AWS A3.0M, 2010, p86)

Una técnica empleada en la realización de cordones de ranura y filete es la técnica ondeada, en donde a los cordones se los hace con movimiento hacia uno y otro lado (Materiales, 2012).

## 1.9. Materiales de aporte para SAW

Los materiales de aporte para el proceso SAW son electrodos y fundentes.

### 1.9.1. Electrodo

“En soldadura existen electrodos para soldar aceros al carbono, de contenido alto de carbono, de baja aleación, de aleaciones de níquel y aleaciones especiales” (Lázaro Martín, 2012).

Los electrodos son suministrados en forma de alambre sólido o tubular con fundente. Normalmente se presentan enrollados en carretes de 10 a 500 kg de peso, mientras que el fleje se suministra en bobinas (Lázaro Martín, 2012).

Los electrodos de acero se recubren de cobre, lo cual evita la corrosión, mejora el contacto eléctrico y disminuye el rozamiento del hilo con el dispositivo de alimentación. El diámetro del electrodo tiene un rango de variación entre 1,6 – 6,4 [mm]. (Lázaro Martín, 2012)

A continuación, se presenta la tabla 1.1 de la gama de intensidades utilizadas en el proceso SAW.

Tabla 1.1. Rango de Intensidades de acuerdo con el diámetro para SAW.

Tamaño Electrodo		I (A)	V (V)
in	mm		
1/16	1.6	250-350	26-29
5/64	2.0	300-400	26-29
3/32	2.4	350-450	27-30
-	2.5	350-450	27-30
7/64	2.8	400-500	27-30
-	3.0	400-500	27-30
1/8	3.2	425-525	27-30
5/32	4.0	475-575	27-30
3/16	4.8	525-625	27-30
-	5.0	550-650	27-30
7/32	5.6	575-675	28-31
-	6.0	625-725	28-31
1/4	6.4	700-800	28-31

Fuente: (ASME Boiler & Pressure Vessel Code, 2015, p.460)

Se debe mencionar, que en la empresa SEDEMI para el proceso de soldeo SAW se utiliza rollos de alambre de electrodo de 2.4 mm de diámetro, con peso de 25 kg por rollo, los cuales se especifican de acuerdo a la norma AWS A5.17.

## 1.9.2. Fundentes

La Norma AWS-A5.17 clasifica a los fundentes para el proceso SAW, que son compuestos minerales mezclados, entre los cuales se encuentran:  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $Li_2O$ ,  $FeO$ ,  $ZrO_2$ , y  $CaF_2$ .

### 1.9.2.1. Fundentes aglomerados

“Es el tipo de fundente más utilizado en la industria, el cual tiene materias primas como óxidos de hierro, productos químicos como silicatos, fluoruros, carbonatos” (Lázaro Martín, 2012).

Los objetivos de estas sustancias son: formar la escoria, desoxidación, ionización, etc. El proceso de elaboración es con aglomerante cerámico, el cual requiere un secado a temperaturas relativamente elevadas. Después del secado, se tamizan para conseguir la granulometría deseada, los fundentes aglomerados se consideran cerámicos porque no han sido fundidos. (Lázaro Martín, 2012)

“Su superficie es muy porosa por lo que es recomendable que su embalaje sea hermético, además, pueden requerir un resecado antes de usarlos o el mantenimiento en ámbitos secos” (Lázaro Martín, 2012).

Los fundentes aglomerados tienen las siguientes características (Lázaro Martín, 2012):

- “Aporte de mayor cantidad de elementos en el metal depositado” (Lázaro Martín, 2012).
- “Se pueden utilizar con hilos no aleados” (Lázaro Martín, 2012).
- El consumo de fundente es menor (Lázaro Martín, 2012).

“La ventaja esencial es su baja densidad y la intensidad máxima está en el rango de 800 y 1200 amperios, en función de la naturaleza de sus componentes” (Lázaro Martín, 2012).

### 1.9.2.2. Fundentes neutros

Este tipo de fundentes son utilizados ampliamente ya que pueden usarse en una sola pasada como para multi-pasada, sobre todo en los casos de un solo fundente para una amplia gama de aplicaciones, además, no producen cambios significativos en la composición química del metal depositado, incluso aunque se produzcan variaciones importantes de voltaje de arco, durante la soldadura. (Lázaro Martín, 2012)

En SEDEMI, se utiliza el Fundente 429 que es un fundente neutro, diseñada para soldaduras de una pasada o múltiples pasadas.

## 1.10. Especificaciones para el proceso SAW

“En este apartado se estudiarán las dos especificaciones de uso más utilizadas: la especificación europea (EN), y la americana o American Welding Society” (Lázaro Martín, 2012).

Tabla 1.2. Tabla de especificaciones de electrodos y fundentes-Norma Europea (EN).

Clasificación de Fundentes por Arco Sumergido	ISO 14174
Clasificación de Electrodos/Combinaciones Electrodo/Fundente de aceros no aleados y de Grano Fino	ISO 14171

Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.17)

Tabla 1.3. Tabla de especificaciones de Electroodos y Fundentes-Norma Americana AWS.

Electrodos de acero al carbono y fundentes	AWS-A.5.17
Electrodos de aceros de baja aleación y fundentes	AWS-A.5.23
Electrodos de aceros inoxidables	AWS-A.5.9

Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.17)

### 1.10.1. Electroodos de acero al carbono y fundentes

“La clasificación de electrodos se basa en la composición química, mientras que el fundente se basa en las propiedades del metal depositado obtenido con cada fundente específico” (Lázaro Martín, 2012).

### 1.10.2. Electroodos de aceros de baja aleación y fundentes

Los depósitos de baja aleación se obtienen gracias al uso de electrodos de acero de baja aleación y con contenido de elementos de aleación en el fundente (Lázaro Martín, 2012).

“Electrodos de acero aleado, son utilizados normalmente con fundente neutro. Los fundentes que contienen elementos de aleación se usan normalmente con un electrodo de acero al carbono” (Lázaro Martín, 2012).

## 1.11. Sistema de clasificación según AWS de electrodos y fundentes

La American Welding Society tiene la siguiente clasificación para electrodo/fundente de aceros al carbono, para soldaduras de aceros por arco sumergido (Lázaro Martín, 2012):

Tabla 1.4. Clasificación de electrodos y fundentes según la AWS A5-17.

F	X	X	X-	E	XXX
---	---	---	----	---	-----

Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.19)

**F** = Indica Fundente.

**X** = “Indica la carga mínima de rotura del metal depositado en múltiplos de 10.000 psi (7 kg/mm<sup>2</sup>). Este código toma valores de 6 o 7 como se indica en la Tabla 1.5” (Lázaro Martín, 2012).

**X** = “Es el tratamiento térmico aplicado a la probeta de metal depositado, para ensayo de clasificación según la siguiente clave” (Lázaro Martín, 2012):

“A: Sin Tratamiento.”

“P: Recocido a 620 ± 15 °C durante una hora”.

**X-** = “Indica la temperatura más baja a la cual el metal depositado otorga una energía de impacto mínima de 20 ft.lb. (27 J) en un ensayo de resiliencia Charpy-V según la clave siguiente” (Lázaro Martín, 2012):

- 0: 0 °F (-18 °C)
- 2: -20 °F (-29 °C)
- 4: -40 °F (-40 °C)
- 5: -50 °F (-46 °C)
- 6: -60 °F (-51 °C)
- 8: -80 °F (-62 °C)

**E** = Indica electrodo

**XXX** = “Clasificación del electrodo utilizado, variable según su composición química, como se indica en la Tabla 1.6” (Lázaro Martín, 2012).

Tabla 1.5. Propiedades Mecánicas.

Fundente	Carga de Rotura		Límite Elástico min.		Alargamiento
	psi	kg/mm2	psi	kg/mm2	%min.
<b>F6XX-EXXX</b>	60.000-80.000	42-56	48.000	34	22
<b>F7XX-EXXX</b>	70.000-95.000	49-67	58.000	40	22

Fuente: (ASME Boiler & Pressure Vessel Code, 2015, p.464)

En la tabla 1.6. se muestra la composición química de electrodos en donde:  
**L** = de bajo manganeso; **M** = de medio manganeso; **H** = de alto manganeso

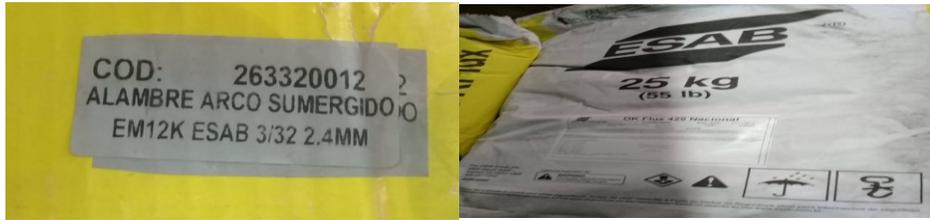
Tabla 1.6. Composición química de Electrodos.

Electrodo	%C	%Mn	%Si	%S	%P	%Cu
<b>De Bajo Manganeso</b>						
<b>EL8</b>	0.10	0.25/0.60	0.07	0.030	0,035	0.35
<b>EL8K</b>	0.10	0.25/0.60	0.10/0.25	0.030	0,035	0.35
<b>EL12</b>	0.05/0.15	0.25/0.60	0.07	0.030	0,035	0.35
<b>De Medio Manganeso</b>						
<b>EM11K</b>	0.07/0.15	1.00/1.50	0.65/0.85	0.030	0.025	0.35
<b>EM12</b>	0.06/0.15	0.80/1.25	0.10	0.030	0.030	0.35
<b>EM12K</b>	0.05/0.15	0.80/1.25	0.10/0.35	0.030	0.030	0.35
<b>EM13K</b>	0.06/0.16	0.90/1.40	0.35/0.75	0.030	0.030	0.35
<b>EM14K</b>	0.06/0.19	0.90/1.40	0.35/0.75	0.025	0.025	0.35
<b>EM15K</b>	0.10/0.20	0.80/1.25	0.10/0.35	0.030	0.030	0.35
<b>De Alto Manganeso</b>						
<b>EHK10</b>	0.07/0.15	1.30/1.70	0.05/0.25	0.025	0.025	0.35
<b>EH11K</b>	0.07/0.15	1.40/1.85	0.80/1.15	0.030	0.030	0.35
<b>EH12K</b>	0.06/0.15	1.50/2.00	0.25/0.65	0.025	0.025	0.35
<b>EH14</b>	0.10/0.20	1.70/2.20	0.10	0.030	0.030	0.35

Fuente: (ASME Boiler & Pressure Vessel Code, 2015, p.455)

El Fundente y electrodos utilizados en el proceso SAW en la empresa SEDEMI son:

- Fundente neutro 429.
- Alambre electrodo EM12K.



a) Alambre electrodo EM12K

b) Fundente neutro 429

Figura 1.8. Consumibles del proceso SAW: a) Alambre electrodo EM12K, b) Fundente neutro 429.

Fuente: (Propia)

## 1.12. Características y propiedades del metal depositado SAW

“Se debe estudiar los diferentes factores que influyen en la naturaleza, características y comportamiento de los materiales depositados en la soldadura por arco sumergido” (Lázaro Martín, 2012).

### 1.12.1. Composición del Fundente

En la soldadura por arco sumergido, SAW, las reacciones entre el metal líquido y el fundente son parecidas a los que se producen en la fabricación del acero entre el metal y la escoria, eliminación de impurezas, transferencia de elementos como Mn y Si. (Lázaro Martín, 2012)

### 1.12.2. Granulometría del fundente

“Con el empleo de fundente granulométrico muy fino, es necesario prestar atención especial al sistema de alimentación y recuperación, ya que, cuando está siendo aspirado, el sistema de vacío puede separar las partículas más finas” (Lázaro Martín, 2012).

“En este caso, solo las partículas gruesas volverían a la alimentación para volver a utilizarse lo que puede producir problemas en la composición química del metal depositado” (Lázaro Martín, 2012).

## 1.13. Manejo de Fundente

En el equipo de soldadura, se debe considerar los equipos de manejo de fundente, tanto el de alimentación del mismo a la antorcha de forma constante y las condiciones de secado y limpieza, como de recuperación y reciclaje del fundente no fundido. (Lázaro Martín, 2012)

“La característica de estos equipos es que permiten un gran ahorro en el consumo y contribuyen a la calidad resultante de la soldadura como consecuencia de su uso” (Lázaro Martín, 2012).

“Los equipos de secado y alimentación de fundente lo podemos encontrar de dos formas distintas, tolvas y tanques” (Lázaro Martín, 2012):



Figura 1.9. Equipos de alimentación de Fundente: a) Tolvas, b) Tanques.  
Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.26)

“Los equipos de recuperación de fundente tienen la función de extraer mediante aspiración por vacío el fundente no fundido” (Lázaro Martín, 2012).



Figura 1.10. Equipo de recuperación de Fundente.  
Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.26)

“Un factor imprescindible es el cálculo de los costes de consumibles de soldadura que son necesarios para rellenar la junta Fig 1.11, el resultado de esto, depende del volumen de junta que la soldadura debe rellenar” (Lázaro Martín, 2012).

Es muy importante en este punto, considerar los diseños de juntas Fig 1.12 que son recomendables para usar en este proceso de soldadura que se caracteriza por una penetración en el metal base muy superior a lo que se obtienen con otros procesos de soldadura por arco. (Lázaro Martín, 2012)

En juntas a tope:



Figura 1.11. Cálculo de material de soldadura necesario.  
Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.26)



Figura 1.12. Cálculo de material de soldadura depositado en juntas a tope V y X.  
Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.27)

En juntas en T:



Figura 1.13. Cálculo de material de soldadura depositado en junta a tope T y T con chaflán.  
Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.27)

“El consumo de fundente está relacionado con la cantidad de hilo necesario para rellenar la junta y también con la recuperación máxima de fundente no fundido” (Lázaro Martín, 2012).

### 1.14. Influencia de los parámetros de soldadura en SAW

“Podemos mencionar los diferentes parámetros que varían en el resultado de una soldadura en el proceso de arco sumergido, SAW, de la siguiente manera” (Lázaro Martín, 2012):

#### Parámetros Principales

“La variación de estos parámetros en pequeña proporción afecta en gran medida el resultado de la soldadura” (Lázaro Martín, 2012).

- “Corriente de soldadura” (Lázaro Martín, 2012).
- “Voltaje de arco” (Lázaro Martín, 2012).
- “Polaridad” (Lázaro Martín, 2012).
- “Diámetro del electrodo” (Lázaro Martín, 2012).
- “Velocidad de avance de soldadura” (Lázaro Martín, 2012).

## Parámetros secundarios

“La variación de estos parámetros producirá efectos en el resultado de soldadura que pueden ser utilizados para optimizar el proceso” (Lázaro Martín, 2012).

- “Modo de soldadura: corriente constante o voltaje constante” (Lázaro Martín, 2012).
- “Altura de fundente” (Lázaro Martín, 2012).
- “Longitud libre del electrodo (Electrical Stick Out o ESO)” (Lázaro Martín, 2012).
- “Posición del electrodo o arco de soldadura” (Lázaro Martín, 2012).
- “Posición de la pinza de masa” (Lázaro Martín, 2012).
- “Preparación de la unión o junta” (Lázaro Martín, 2012).
- “Soporte, respaldo o backing” (Lázaro Martín, 2012).

### 1.14.1. Parámetros principales de soldadura en SAW

#### Corriente de soldadura

La intensidad de corriente, determina el factor de aportación y caracteriza la forma exterior del cordón. Si los otros parámetros permanecen constantes, un incremento en la corriente de soldadura no resulta en una mayor anchura del cordón, sino en una cantidad mayor de material aportado, además, actúa sobre la forma interior, influyendo en la penetración. (Lázaro Martín, 2012)

El incremento de la intensidad, aumenta las pérdidas por combustión de Mn y Si, disminuyendo así, su contenido de metal aportado (Lázaro Martín, 2012).



Figura 1.14. Intensidad o corriente de soldadura.  
Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.32)

“Características del incremento de la intensidad de corriente, conservando constantes el resto de parámetros” (Lázaro Martín, 2012):

- “Se incrementa la penetración” (Lázaro Martín, 2012).
- “Incrementa la densidad de corriente” (Lázaro Martín, 2012).
- “Incrementa la velocidad de alimentación del electrodo” (Lázaro Martín, 2012).
- “Incrementa la tasa de deposición” (Lázaro Martín, 2012).

Características de elevación de la intensidad en exceso (Lázaro Martín, 2012):

- “Provoca un arco errático” (Lázaro Martín, 2012).
- “Se producen mordeduras” (Lázaro Martín, 2012).
- “El cordón de soldadura se hace muy delgado” (Lázaro Martín, 2012).

La intensidad de soldadura está directamente relacionada con la velocidad de alimentación del alambre electrodo (WFS = Wire Feed Speed), a mayor velocidad de alimentación del alambre electrodo “WFS” la fuente de corriente proporciona una mayor corriente para fundirlo, para el trabajo en modo de voltaje constante. (Lázaro Martín, 2012)

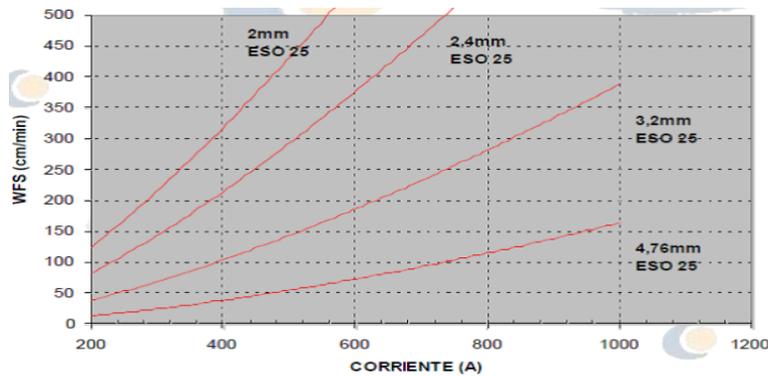


Figura 1.15. Relación que existe entre WFS y la corriente de soldadura para distintos diámetros de electrodos.

Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.33)

### Tensión o Voltaje

Aumentado la tensión del arco, aumenta la cantidad de escoria fundida, incrementándose el contenido de Mn y Si en el metal de aporte. Por otro lado, variando la tensión se modifica la longitud de arco, que influye especialmente en el ancho y la altura del cordón. (Lázaro Martín, 2012)

Para este tipo de fuentes, se debe considerar las pérdidas de voltaje desde la fuente de corriente por la ley de OHM, pues así, se evita el calentamiento excesivo de los elementos de conducción de corriente eléctrica hasta el arco y también es necesario utilizar diámetros de cables recomendados para la longitud de conducción que se necesite, como se muestra en la figura 1.16. (Lázaro Martín, 2012)



Figura 1.16. Longitud de Arco en soldeo con SAW.

Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.34)

Características con voltaje excesivo (Lázaro Martín, 2012):

- Causan mordeduras.
- Aumenta la tendencia a soplo magnético: a un aumento de velocidad de soldadura se debe mantener un voltaje bajo (Lázaro Martín, 2012).

“La intensidad de soldadura y el voltaje guardan relación, cuando se suelda a elevadas intensidades, la velocidad de alimentación de alambre electrodo (WFS) es elevada” (Lázaro Martín, 2012).

Si el voltaje es demasiado bajo, el electrodo choca contra el baño de fusión antes de poder fundirse en el arco, razón por la cual, se provoca una inestabilidad del arco ya que, si se trabaja en el modo de voltaje constante, la fuente de corriente compensará de forma brusca el voltaje bajo que se produce en esa situación. (Lázaro Martín, 2012)

### Polaridad de la corriente

“La polaridad tiene un efecto en el tipo de cordón de soldadura que se obtiene” (Lázaro Martín, 2012).

- Trabajo con corriente continua y polaridad del electrodo positiva (Lázaro Martín, 2012):
  - “Es la forma más usual de trabajar con arco sumergido” (Lázaro Martín, 2012).
  - Mayor resistencia a la porosidad (Lázaro Martín, 2012).
  - La soldadura resulta con un aspecto más suave (Lázaro Martín, 2012).
- Polaridad del electrodo negativa (Lázaro Martín, 2012):
  - Aumento de la tasa de deposición (hasta un 30%).
  - Menor penetración (Lázaro Martín, 2012).

### Diámetro del electrodo

“En el proceso SAW, el diámetro del electrodo tiene influencia en la densidad de corriente, así como en los límites de corriente que se emplean para fundir el electrodo de forma estable” (Lázaro Martín, 2012).



Figura 1.17. Diámetro del electrodo en función de la densidad de corriente.

Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.39)

Características al aumento del diámetro del electrodo (Lázaro Martín, 2012):

- “Produce menor penetración a una corriente establecida” (Lázaro Martín, 2012).
- “El arco se puede desestabilizar y es más difícil establecer de nuevo el arco” (Lázaro Martín, 2012).
- “Riesgo de perforar las chapas cuando se utiliza corriente elevada” (Lázaro Martín, 2012).
- Es aceptable usar niveles de corriente más elevadas (Lázaro Martín, 2012).

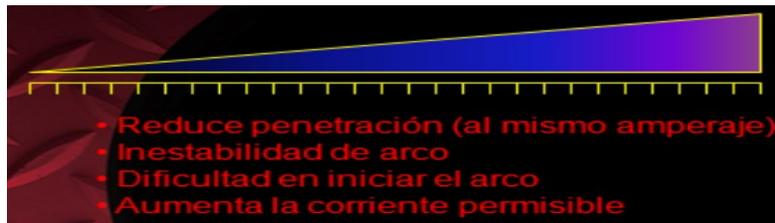


Figura 1.18. Causas que produce el aumento de diámetro del electrodo.

Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.39)

### **Velocidad de avance o velocidad de soldeo**

“La velocidad de avance tiene que tener un equilibrio, la cual no debe ser muy lenta o muy excesiva, además, determina cuanto tiempo el arco actúa por unidad de longitud” (Lázaro Martín, 2012).

“Este parámetro produce un efecto sobre todos los parámetros de soldadura que se apliquen en el arco y como este afecta al metal sobre el que dicho arco está establecido” (Lázaro Martín, 2012).

Características al aumento de la velocidad de soldadura (Lázaro Martín, 2012):

- La penetración disminuye.
- El tamaño de cordón se reduce (Lázaro Martín, 2012).

“A una velocidad de soldeo demasiado grande la penetración disminuye, porque como el calor es insuficiente, el arco no puede actuar el tiempo suficiente para llegar a penetrar” (Lázaro Martín, 2012).

Características de velocidad excesivamente lenta (Lázaro Martín, 2012):

- Se produce un cordón en forma de sombrero que es susceptible a fisuraciones con inclusiones de escoria, propenso a agrietarse.
- La penetración es mayor.
- “El tamaño de baño excesivo puede resultar rugoso, con salpicaduras e inclusiones de escoria” (Lázaro Martín, 2012).

## 1.14.2. Parámetros secundarios de soldadura en SAW

### Altura de Fundente

“Este parámetro de altura de fundente debe ser la justa, para cubrir la luz del arco” (Lázaro Martín, 2012).

- “Altura de fundente demasiado baja” (Lázaro Martín, 2012):
  - “Se producen destellos” (Lázaro Martín, 2012).
  - “Se produce poros” (Lázaro Martín, 2012).
  - “Puede tropezar la boquilla con la escoria” (Lázaro Martín, 2012).
- Altura de fundente excesiva (Lázaro Martín, 2012):
  - “El cordón puede resultar muy estrecho” (Lázaro Martín, 2012).
  - “El arco se puede ahogar” (Lázaro Martín, 2012).

### Distancia del electrodo a la boquilla

Es la distancia del electrodo, desde la boquilla de corriente hasta la superficie de metal base, denominada “Stick-Out Eléctrico” o “ESO”. Para aplicaciones normales de soldadura con arco simple y otras aplicaciones con multi-arcos, la distancia normal es de 20 a 30 mm. (Lázaro Martín, 2012)

“ESO, se define en función de la intensidad, el diámetro del electrodo, la velocidad de soldadura y el tamaño del baño fundido” (Lázaro Martín, 2012).

“Cuando se aumenta el ESO, y el resto de parámetros se mantiene constante, aumenta la tasa de deposición, debido a que aumenta la resistencia eléctrica del hilo, que depende de la longitud del electrodo” (Lázaro Martín, 2012).

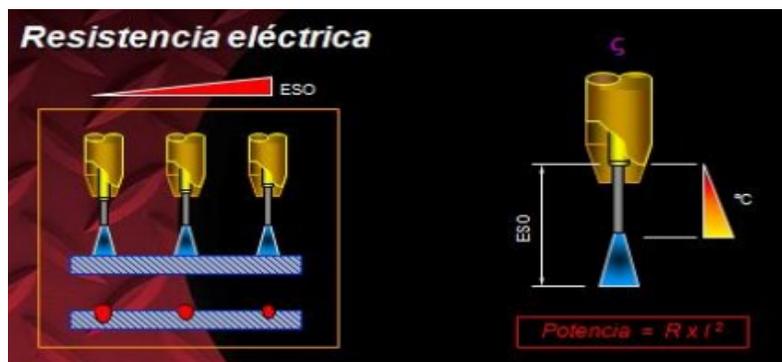


Figura 1.19. Distancia del electrodo a la boquilla.  
Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.42)

“Se debe tener en cuenta que, a un aumento de ESO, debe aumentarse el voltaje de arco para compensar la pérdida que se produce en el hilo ( $\Delta V=RI$ )” (Lázaro Martín, 2012).

“El efecto del aumento de la tasa de deposición en función del stick-out se utiliza en una técnica especial, denominada “long stick-out”, en la que, añadiendo una antorcha, se aumenta la cantidad de material depositado” (Lázaro Martín, 2012).

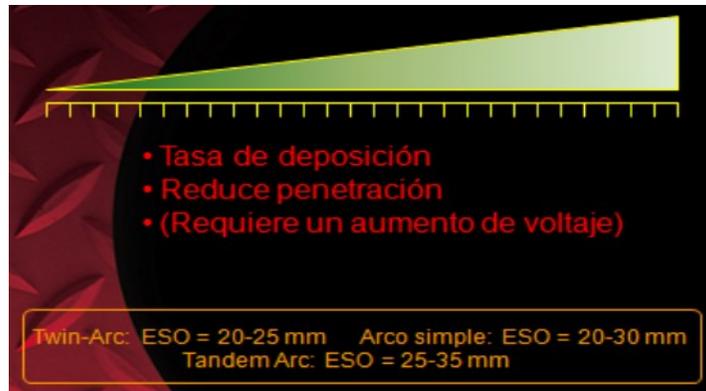


Figura 1.20. Efecto de tasa de deposición SAW.  
Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.43)

### Posición e inclinación del electrodo o arco de soldadura

SAW se caracteriza por un baño grande con un enfriamiento muy lento debido a la gruesa capa de escoria que le protege, el efecto de la gravedad, así como adelantamientos de escoria en las soldaduras, son factores que deben controlarse mediante un control de parámetros anteriores. (Lázaro Martín, 2012)

### 1.15. Preparación y diseño de la junta

“La preparación de bordes, es importante en la soldadura por arco sumergido. El talón debe estudiarse con detalle para permitir soportar las fuertes densidades de corrientes y la gran penetración características de este proceso de soldadura” (Lázaro Martín, 2012).

La figura 1.21 muestra, los diseños de junta recomendados en función de los espesores y tipo de unión. Es necesario mencionar, que, si existe demasiada separación en las juntas, en lugar de soldar, el arco atravesará por completo, por ello, es necesario usar bien talones de profundidad adecuado en sus diferentes formas. (Lázaro Martín, 2012)



Figura 1.21. Preparación de diseño de junta SAW y GMAW.  
Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.47)



Figura 1.22. Máximo permisible sin respaldo en SAW.  
Fuente: (Cesol-Soldeo por Arco Sumergido, 2012, p.48)

## 1.16. Proceso MIG/MAG (GMAW)

“La soldadura GMAW (MIG/MAG), soldadura con gas inerte-activo es un proceso de soldadura donde el calor necesario para la unión se produce por un arco eléctrico entre el electrodo continuo consumible y la pieza a soldar” (Aracil Cadenas, 2012).

“La protección del arco eléctrico y del baño de fusión se obtiene mediante mezcla de gases entre argón (MIG) y CO<sub>2</sub> (MAG)” (Aracil Cadenas, 2012).

## 1.17. Variables del proceso GMAW

Las variables que tienen mayor influencia en el proceso GMAW, son las siguientes (Aracil Cadenas, 2012):

- “Intensidad” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Polaridad” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Voltaje de arco” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Velocidad de soldadura” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Longitud del alambre o Extensión del electrodo” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Orientación de alambre” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Posición de soldadura” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Diámetro del electrodo” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Gas de protección” (Aracil Cadenas, 2012).

### Intensidad

Con las otras variables del proceso en forma constante, la intensidad varía de forma lineal con la velocidad de alimentación del alambre en el rango inferior de intensidades, mientras tanto, para intensidades elevadas se pierde la proporcionalidad, debido al incremento de resistencia del circuito por calentamiento en la extensión del electrodo. (Aracil Cadenas, 2012)

“Se puede mencionar que, a un incremento de diámetro del alambre, con la misma velocidad de alimentación, es necesario una mayor intensidad” (Aracil Cadenas, 2012).

“La relación entre la velocidad de alimentación y la intensidad está afectada por la diferente composición química del alambre, puntos de fusión y la resistividad de cada metal” (Aracil Cadenas, 2012).

“Se puede observar en la figura 1.23, manteniendo constante las otras variables, un incremento de la intensidad, tiene como resultado los siguientes puntos” (Aracil Cadenas, 2012):

- “A un incremento de intensidad, se tiene, un incremento en la profundidad y anchura de la penetración” (Aracil Cadenas, 2012).
- “A un incremento de intensidad, se tiene, un incremento en la velocidad de aportación” (Aracil Cadenas, 2012).
- “A un incremento de intensidad, se tiene, un incremento de diámetro del electrodo” (Aracil Cadenas, 2012).

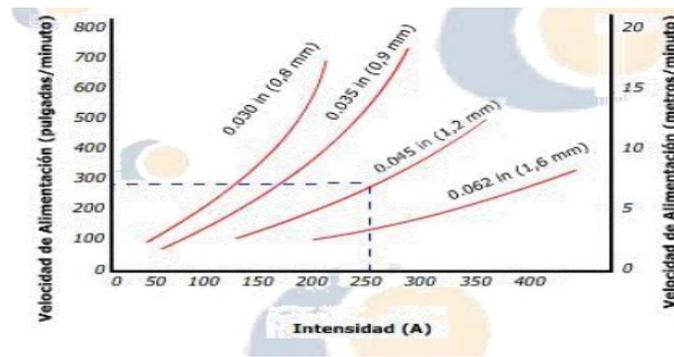


Figura 1.23. Curva de intensidad Vs. Velocidad de alimentación: Acero al carbono.

Fuente: (Cesol-Soldeo MIG/MAG, 2012, p.31)

## Polaridad

“Este parámetro es utilizado para definir la conexión eléctrica de la pistola con relación a los polos de la fuente de alimentación de corriente continua” (Aracil Cadenas, 2012).

Cuando la pistola está conectada al polo negativo figura 1.24 (a), la polaridad se define como corriente continua de electrodo negativo (CCEN), o corriente continua de polaridad directa (CCPD), mientras que, cuando la pistola está conectada al polo positivo figura 1.24 (b), la polaridad se define como corriente continua electrodo positivo (CCEP), o de polaridad inversa (CCPI). (Aracil Cadenas, 2012)

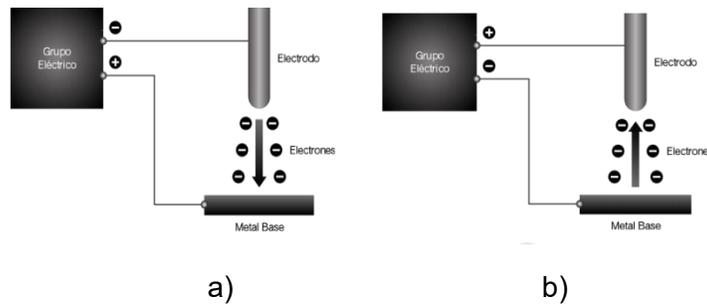


Figura 1.24. a) Conexión corriente continua electrodo negativo (CCEN) o (CCPD), b) Conexión corriente continua electrodo positivo (CCEP) o (CCPI).

Fuente: (Cesol-Soldeo MIG/MAG, 2012, p.32)

En la mayoría de aplicaciones MIG, se utiliza la corriente continua de polaridad inversa (CCPI), con esta conexión, se obtienen un amplio rango de intensidades, un arco estable, transferencia de metal suaves, cordones con adecuadas características y con una penetración adecuada. (Aracil Cadenas, 2012)

### Voltaje de arco o longitud de arco

“Son términos diferentes, pero están relacionados, ya que un aumento o disminución del voltaje de arco, produce un aumento o disminución proporcional de la longitud de arco” (Aracil Cadenas, 2012).

“El voltaje de arco no solo depende de la longitud de arco, sino que también depende de otras variables como el gas de protección, composición, diámetro de alambre electrodo” (Aracil Cadenas, 2012).

“Cuando se incrementa la longitud de arco, la superficie cubierta por el arco en la superficie será mayor, produciendo una zona fundida más amplia, menos profunda y un cordón más plano y más ancho” (Aracil Cadenas, 2012).

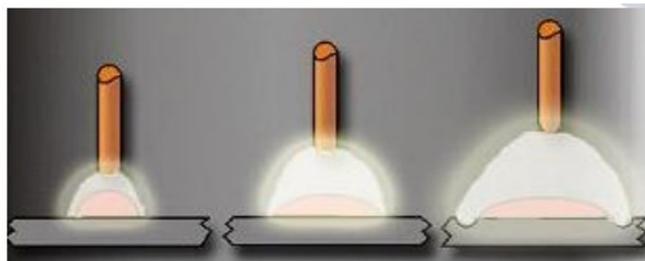


Figura 1.25. Efecto en la fijación de distintos parámetros en la longitud de arco y cordón de soldadura.

Fuente: (Cesol-Soldeo MIG/MAG, 2012, p.32)

### Velocidad de soldadura

“Es la velocidad lineal a la cual, el arco se mueve a lo largo de la unión, conservando constante el resto de variables, la penetración es máxima para los valores intermedios de la velocidad de soldadura” (Aracil Cadenas, 2012).

Cuando se tiene velocidades bajas de soldadura, la cantidad de material aportado y el calor por unidad de longitud del cordón, aumentan. Sin embargo, a velocidades muy bajas, la penetración disminuye porque el arco incide sobre el baño fundido de tamaño grande, en lugar de hacerlo sobre el material base. (Aracil Cadenas, 2012)

### Longitud de alambre o Extensión del electrodo

“Es la distancia que existe entre el extremo de la punta de contacto y el extremo del alambre, figura 1.26, al aumentar la longitud del alambre, se aumenta la resistencia eléctrica y se eleva la temperatura del alambre” (Aracil Cadenas, 2012).

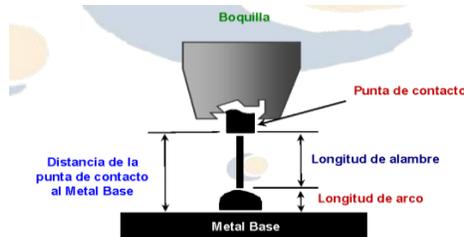


Figura 1.26. Longitud de Alambre.

Fuente: (Cesol-Soldeo MIG/MAG, 2012, p.23)

Con un incremento en la resistencia eléctrica del alambre, se produce una mayor caída de voltaje, desde la punta de contacto al metal base, con lo cual el equipo disminuye la intensidad, reduce la velocidad de fusión del alambre y disminuye la longitud de arco. (Aracil Cadenas, 2012)

“La variable de longitud de alambre, tiene influencia en el modo de transferencia que se establece, la transferencia por arco corto, se obtendrá menores longitudes de alambre” (Aracil Cadenas, 2012).

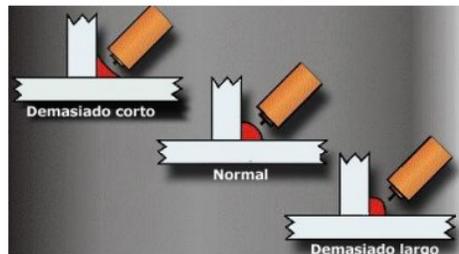


Figura 1.27. Longitud de arco apropiado para obtener buena transferencia.

Fuente: (Cesol-Soldeo MIG/MAG, 2012, p.33)

### Diámetro del Electrodo

“La velocidad de respuesta del electrodo a los cambios de la longitud de arco es mayor cuando es menor el diámetro del electrodo, puesto que la fusión es fácil cuando menor es el diámetro” (Aracil Cadenas, 2012).

“Lo que mejora la capacidad de autorregulación y en consecuencia el arco es más estable con pequeños diámetros de electrodo” (Aracil Cadenas, 2012).

“Al disminuir el diámetro del electrodo, se tiene mayor profundidad de penetración ya que aumenta la densidad de corriente y disminuye la sección del cono del arco” (Aracil Cadenas, 2012).

### Orientación del alambre

En el proceso GMAW, la orientación del alambre respecto a la dirección de avance a soldar, afecta a la penetración y al tipo de cordón, por lo tanto, la orientación del alambre afecta en mayor medida que el voltaje de arco o la velocidad de soldadura. (Aracil Cadenas, 2012)

“Cuando el electrodo apunta en dirección opuesta a la soldadura, se denomina técnica de arrastre, mientras que, cuando el electrodo apunta en la dirección de soldadura, se denomina técnica de empuje, como se indica en la figura 1.28” (Aracil Cadenas, 2012).

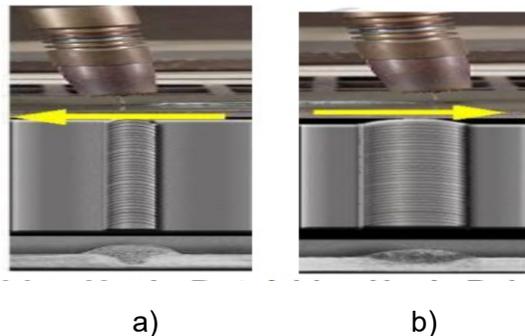


Figura 1.28. Orientación del alambre: a) técnica de arrastre, b) técnica de empuje.

Fuente: (Cesol-Soldeo MIG/MAG, 2012, p.34)

## 1.18. Gases de Protección

“Las funciones principales del gas de protección, es desplazar el aire de la zona de soldadura para así proteger al metal fundido, el baño de fusión y electrodo, para así evitar su contaminación” (Aracil Cadenas, 2012).

“Además, las funciones del gas de protección son influir en” (Aracil Cadenas, 2012):

- El tipo de transferencia de metal (Aracil Cadenas, 2012).
- Estabilidad del arco (Aracil Cadenas, 2012).
- La cantidad y calidad de los humos (Aracil Cadenas, 2012).
- Las propiedades mecánicas (Aracil Cadenas, 2012).
- La penetración y tamaño de cordón (Aracil Cadenas, 2012).
- La velocidad de soldadura (Aracil Cadenas, 2012).
- Los costos de soldadura (Aracil Cadenas, 2012).
- La cantidad de energía que pasa a través del arco eléctrico (Aracil Cadenas, 2012).

El dióxido de carbono CO<sub>2</sub> - (MAG), junto con las mezclas de argón-oxígeno (MIG), son los gases más empleados en la soldadura de aceros, debido a sus buenas características en velocidad de soldadura, penetración y formación de depósitos con buenas características mecánicas, junto a su coste bajo. (Aracil Cadenas, 2012)

En la empresa SEDEMI, como suministro de gas de protección es utilizado MIX20, para el proceso GMAW, con 20% de CO<sub>2</sub> y 80% de Argón.

### **1.18.1. Factores que afectan en la elección del gas de protección**

“Los factores que afectan la elección del gas de protección son” (Aracil Cadenas, 2012):

- “Tipo de proceso, manual o automático y tipo de transferencia” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Material a soldar” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Espesor del material” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Posición de soldadura” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Material de aportación” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Penetración y propiedades mecánicas requeridas” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Velocidad de soldeo” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Humos, aspecto final y costos” (Aracil Cadenas, 2012).

Se conoce que los gases inertes puros protegen al metal depositado de las reacciones con el aire, pero no son adecuados para todas las aplicaciones, por tal razón, utilizando cantidades controladas de gases activos con inertes, se obtiene un arco más estable y una transferencia sin salpicaduras. (Aracil Cadenas, 2012)

Se debe mencionar que el gas activo CO<sub>2</sub> con Ar, es el utilizado en el proceso de soldadura GMAW en la empresa SEDEMI.

### **1.19. Consumibles GMAW**

“La elección del consumible apropiado para una aplicación debe tener como objetivo producir un metal soldado con las siguientes características” (Aracil Cadenas, 2012):

- “Las propiedades mecánicas y físicas deben ser iguales o superiores a las del metal base” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Obtener un metal soldado de calidad, con la utilización de un alambre adecuado que tenga los desoxidantes necesarios para dejar un metal soldado libre de defectos” (Aracil Cadenas, 2012).
- “Los rollos de electrodo pueden ser presentados en bobinas plásticas y bobinas metálicas figura 1.29” (Aracil Cadenas, 2012).

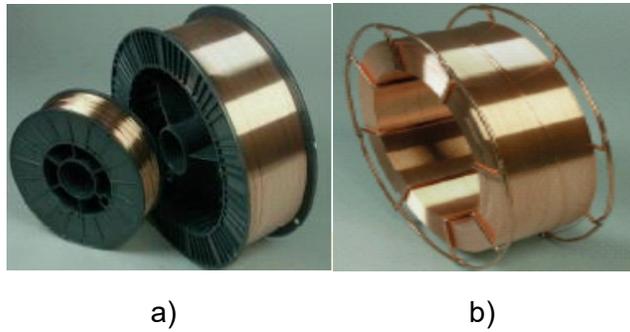


Figura 1.29. Soportes de suministro de alambre: a) bobinas plásticas, b) bobinas metálicas.  
Fuente: (Cesol-Soldeo MIG/MAG, 2012, p.48)

Los alambres utilizados son de diámetro pequeño (0.6; 0.8; 1.0; 1.2; 1.6; 2.0; 3.0 y 3.2 mm) y son suministrados en bobinas metálicas o de plástico de 5 a 15 kg (Aracil Cadenas, 2012).

“El tensionado del alambre debe ser diferente, dependiendo de la aplicación que puede ser manual o automática, para esto se debe considerar la norma de aceros al carbono la AWS A 5.18” (Aracil Cadenas, 2012).

“Por sus pequeños diámetros, la relación superficie/volumen es muy alta, por lo que pequeñas capas de polvo, suciedad, grasas, pueden suponer una cantidad importante en relación con el volumen aportado, por esta razón, es de gran importancia la limpieza” (Aracil Cadenas, 2012).

“Alambres de acero al carbono y de baja aleación, poseen un recubrimiento de cobre que mejora el contacto eléctrico, resistencia a la corrosión y disminuye el rozamiento con los distintos elementos del sistema de alimentación” (Aracil Cadenas, 2012).

## 1.20. Designación del alambre para GMAW de acuerdo AWS

La figura 1.30 muestra el resumen de las especificaciones de AWS, de alambres macizos de acero al carbono.

Alambre electrodo utilizado para el proceso GMAW en planta es: ER70S-6 y la norma utilizada es la AWS A5.18.

Linde de calidad Premium, alambre producido a partir de varilla desoxidada con contenidos altos en Mn y Si, para garantizar mejor calidad en el cordón de soldadura.



Figura 1.30. Alambre macizo de acero al carbono utilizados en la planta SEDEMI.  
Fuente: (propia)

El recubrimiento asegura a una vida útil mayor de los consumibles, asegurando buena conductividad eléctrica, reduce la fricción durante las soldaduras de alta velocidad.

Aplicaciones:

- Estructuras de acero.
- Puentes.
- Tubería, recipientes a presión.
- Fabricación de vehículos, transporte pesado.

Características:

- Excelente estabilidad de arco.
- Baja distorsión.
- Bajo potencial de oxidación.

Beneficios:

- Bajo en salpicaduras.
- ZAT menor.
- Mayor productividad.

Tabla 1.7. Datos de Soldadura alambre electrodo ER70S-6: AWS A5-18.

<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Amperaje (A)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
0,9	130 - 260	17 – 30
1,2	140 - 370	18 – 31
<b>Gases de protección: Ar/CO2 o CO2</b>		
<b>Flujo de gas: 16 - 22 lt/min</b>		
<b>Corriente: DC+</b>		
<b>Posiciones: Todas</b>		

Fuente: (The Linde Group, 2018, p1)

Tabla 1.8. Propiedades Mecánicas del alambre electrodo para GMAW.

	Y.S	T.S	EL.	Temperatura	CN-Impact Value
	N/mm2 (lbs/in2)	N/mm2 (lbs/in2)	(%)	°C (°F)	J(ft.lbs)
<b>CO2</b>	430 (62,400)	540 (78,400)	28	-29°C; -20°F	70 (52)
<b>80%Ar/ 20%CO2</b>	517 (75,025)	587 (85,220)	27,6	-30°C; -22°F	132 (97)

Fuente: (The Linde Group, 2018, p1)

## 1.21. Factores Económicos y de Productividad.

### 1.21.1. Análisis de Costes

En soldadura, como en cualquier otro sector de fabricación, es hacer un producto con la mejor rentabilidad, no es lógico que la empresa vendiese un componente soldado a un precio inferior, a lo que cueste fabricarlo.

El precio de venta se suele establecer, exceptuando grandes trabajos en serie que no son evaluados y por eso la importancia de realizar el estudio tecno-económico para la fabricación de las secciones Tipo I y secciones Tipo Cajón junto con la estimación de costes de los materiales involucrados en los procesos de soldadura GMAW y SAW.

El análisis de costes es una predicción de los gastos en la fabricación de un producto, o la implementación de nuevos procesos y operaciones.

### 1.22. Propósitos y aplicación de la estimación de costes

- Proporcionar información que pueda ser utilizada para la determinación del precio de venta de productos soldados.
- “Conocer si un determinado producto puede fabricarse y comercializarse, con beneficio, considerando los precios existentes en el mercado” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Determinar el valor de inversión en herramientas y equipos para fabricar un producto con uno u otro proceso de soldadura” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Conocer los métodos, procesos y materiales más económicos en la fabricación de un producto” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Establecer la base para una reducción de costes, indicando los ahorros conseguidos, cambiando los métodos o procesos” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Predeterminar normas de fabricación a ser empleadas al inicio de la fabricación para el control de constes de operación” (López Palomo & Rosell González, 2013).

### 1.23. Costes de Fabricación

Los costes de fabricación en soldadura son el conjunto de actividades, materiales y equipos utilizados que inciden en la fabricación de un producto, (López Palomo & Rosell González, 2013) como:

- Materiales utilizados.
- Mano de obra, directa e indirecta.
- Costos unitarios por uso de pequeñas herramientas, accesorios y utillajes (López Palomo & Rosell González, 2013).

### **1.23.1. Materiales Utilizados**

Son los elementos que forman parte del producto acabado, que están relacionados con el producto en términos de unidades de material por producto fabricado. Además, se debe incluir los materiales consumidos durante la fabricación, para que el coste por unidad pueda ser estimado con precisión.

### **1.23.2. Mano de Obra**

Es la actividad realizada durante la fabricación de un producto. Este tipo de coste incluye la mano de obra de los soldadores y todos los costes de mano de obra directa (transporte, levantamiento de planchas, biselado, apuntalado, etc.) (López Palomo & Rosell González, 2013).

### **1.23.3. Pequeñas herramientas, accesorios y utillajes**

Son elementos necesarios en el proceso de fabricación y que implican gasto y deben cargarse al producto, considerando el coste de utilización de los mismos.

## **1.24. Costes Generales**

“Son los costes de la mano de obra indirecta, materiales y gastos de fabricación que no son fáciles de adjudicar a un producto o servicio directamente” (López Palomo & Rosell González, 2013).

En los gastos generales se tiene, instalaciones, energía, equipamientos, aire, servicios de fabricación, mano de obra indirecta.

Normalmente los factores a considerar en costes generales son:

- Salarios de directores, supervisores, inspectores y personal.
- Beneficios indirectos de los empleados como contribución a la seguridad social, seguros médicos y de vida, fondos de pensiones.
- Costes de mantenimiento.
- Calefacción, luz, agua, energía necesaria para el funcionamiento de talleres y oficinas.
- Equipo de seguridad, equipos de protección personal “EPP” y de contraincendios.
- Depreciación o costes de alquiler del equipamiento (López Palomo & Rosell González, 2013).

## 1.25. Costes de Soldeo

Para definir los costes de fabricación de un componente soldado, se debe tener definido los costes de soldeo. Para los costes de soldeo se incluyen los elementos básicos siguientes (López Palomo & Rosell González, 2013):

- Mano de Obra.
- Materiales.
- Gastos Generales (López Palomo & Rosell González, 2013).

En la estimación de los costes de soldeo intervienen muchos factores, los cuales sirven para llevar a cabo la estimación de los costes de soldeo. Estas variables para obtener los costes de soldeo son (López Palomo & Rosell González, 2013):

- Electrodo o Varilla (tipo y dimensión).
- “Coste del metal de aporte” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Tiempo de soldadura” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- Factor de operación.
- “Rendimiento de deposición” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Tipo de Unión” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Tipo de Soldadura” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Dimensión de la Soldadura” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Tipo de protección” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Caudal del gas protector” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Consumo y coste de fundente” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Tensión del arco” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Rendimiento de la fuente de energía” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Costes de mano de obra” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- Gastos generales.
- Coste del gas de protección.
- Coste de la energía eléctrica.
- Coste de la preparación de bordes.
- Costes del posicionado.
- “Costes del acabado de la soldadura” (López Palomo & Rosell González, 2013).
- “Costes de inspección” (López Palomo & Rosell González, 2013).

El procedimiento de soldeo es el punto inicial para la estimación de costes ya que este define un alto porcentaje de las variables a considerar y facilita una base para su repetitividad y consistencia durante la producción.

## 1.26. Costes de Mano de Obra

Son los costes de las actividades realizadas por el soldador que se basa en el tiempo necesario para efectuar todos los pasos requeridos en la fabricación de un conjunto soldado (López Palomo & Rosell González, 2013). Estos son:

- Tiempo de arco.
- Tiempo de manejo.

- Tiempos varios (utilización de puente grúa, preparación de biseles, transporte, apuntalado, amolado) (López Palomo & Rosell González, 2013).

### **1.26.1. Tiempo de Arco**

Este tiempo depende de factores controlados por la fuente de energía y asociados al equipamiento disponible.

- Velocidad de alimentación del consumible (manual o mecanizada).
- Tensión del arco.
- Corriente de soldeo.
- Velocidad de avance.
- Tipo de corriente.
- Polaridad (López Palomo & Rosell González, 2013).

### **1.26.2. Tiempo de Manejo**

El tiempo de manejo se calcula con precisión solo en operaciones repetitivas.

- Recogida de piezas.
- Situación de las piezas en sus utillajes.
- Amarre y posicionado de las piezas antes y durante el soldeo.
- Retirada del conjunto soldado (López Palomo & Rosell González, 2013).

### **1.26.3. Tiempos Varios**

En tiempos varios, se incluyen actividades que no se repiten y que son difíciles de medir, pero que abarcan un coste. En estos tiempos se incluye: marcado, aplicación de productos anti salpicaduras, punteado de las chapas testigo, limpieza durante y después de la soldadura, colocación de placas soporte, movimientos para posicionar el conjunto entre pasadas y cualquier otra variable que no esté involucrada en la soldadura (López Palomo & Rosell González, 2013).

Con todo lo anteriormente descrito, no siempre es fácil determinar con exactitud el tiempo total de soldeo. Una forma de aproximarse lo máximo posible a la realidad, es en base al cálculo del factor de operación del propio proceso de soldeo (López Palomo & Rosell González, 2013).

## **1.27. Factor de Operación**

“El factor de operación o ciclo de trabajo por arco, es el porcentaje del tiempo de arco real durante un tiempo establecido (minutos, horas, jornadas de trabajo) dividido para el tiempo total de proceso” (López Palomo & Rosell González, 2013).

“Cuanto mayor sea el porcentaje de tiempo (factor de operación), mayor será la cantidad de metal de soldadura depositado y más elevado el rendimiento de operación de soldeo” (López Palomo & Rosell González, 2013).

Por lo tanto, el factor de operación es un parámetro que debe ser siempre lo más alto posible.

Un factor de operación será alto si se utilizan accesorios, procesos de soldeo semiautomáticos o automáticos en los que el soldador u operador de la máquina, no realice tareas como retirada de escoria y cambios de electrodo.

En ausencia de estudios y datos fiables los factores de operación se pueden estimar con la siguiente tabla 1.9 (López Palomo & Rosell González, 2013).

Tabla 1.9. Límites de Factor de Operación para los métodos de soldeo.

<b>Métodos de Soldeo</b>	<b>Límites de Factor de Operación (%)</b>
Manual	30 a 50
Semiautomática	40 a 80
Mecanizado	60 a 90
Automática	60 a 100

Fuente: (Factores Económicos de Productividad- Cesol, 2013, p.06)

El factor de operación real depende de:

- El tipo y dimensión de la soldadura.
- Posición de soldeo.
- Los utillajes empleados.
- La situación de la soldadura.
- Condiciones operativas varias (López Palomo & Rosell González, 2013).

Una determinación del factor de operación puede efectuarse mediante estudios de tiempo o por la instalación de registros de tiempo.

## **1.28. Ayudante**

Puede ser más económico proporcionar al soldador un ayudante que le prepare el trabajo. Cada operación que el soldador tenga que efectuar, distinta a la ejecución de soldadura, causa una disminución de tiempo de arco y, por lo tanto, el factor de operación disminuye. No es un factor extraño para un soldador emplear el 50% de su tiempo en la preparación del trabajo, por lo tanto, si el soldador tiene a su disposición un ayudante y utillajes adicionales, la producción puede incrementar.

El ayudante puede situar las piezas sobre los utillajes mientras el soldador puede estar soldando en otros utillajes, además, el soldeo de pases múltiples, el ayudante puede retirar la escoria y limpiar la unión de elementos perjudiciales, mientras el soldador deposita material en otra unión o en otro lugar de la misma unión.

## **1.29. Costes de Materiales**

Los costos de materiales, hacen referencia a aquellos productos que van a quedar incorporados en el producto final (López Palomo & Rosell González, 2013).

En el caso de los costes de materiales de soldadura, se basan en materiales de aportación, no siendo estos los únicos materiales consumibles, también se debe considerar materiales

característicos del propio soldeo, como los fundentes, gases de protección, respaldos cerámicos, insertos consumibles o no consumibles, etc.

El material base no es considerado a la hora de estimar los costes de soldeo, ya que estos son considerados en los costes de material de proceso completo de fabricación.

La forma más común de referenciar los costes de material de soldadura es con relación al metro de soldadura (López Palomo & Rosell González, 2013).

### 1.29.1. Costes del metal de aportación

Para conocer el coste de metal de aportación, lo primero que se necesita es conocer el consumo del metal de aportación, ya que, conociendo este consumo, bastará con multiplicarlo por el coste del aporte (López Palomo & Rosell González, 2013).

“En este punto, es necesario hablar del rendimiento de aportación ya que proporciona el tanto por ciento, en peso, de material de aporte depositado, con respecto del material de aporte empleado” (López Palomo & Rosell González, 2013).

Este rendimiento de aportación disminuirá conforme aumentan las pérdidas de metal de aporte por las puntas de los electrodos, escorias, vaporizaciones en el arco, proyecciones, etc. La cantidad de pérdidas por puntas de electrodos pueden afectar el rendimiento significativamente (López Palomo & Rosell González, 2013).

Tabla 1.10. Rendimientos de Aportación.

Proceso	Rendimiento de aportación
Soldeo manual con electrodo revestido (35,5 mm de longitud)	55-65%
Soldeo manual con electrodo revestido (45,7 mm de longitud)	60-70%
Soldeo con electrodo tubular con relleno de fundente	80-90%
Soldeo por arco sumergido	95-99%
Soldeo MIG/MAG	90-97%

Fuente: (Factores Económicos de Productividad- Cesol, 2013, p.09)

Para estimar de mejor manera la comprensión en el cálculo del coste de metal de aportación, se deben describir los principales cálculos a seguir para determinar los costes de material de aportación:

#### 1.29.1.1. Determinación de la cantidad de metal depositado

La cantidad de metal depositado por unidad de longitud se calcula mediante el producto del área de soldadura por la densidad de metal de aporte.

El diseño de una unión requiere la adición de metal de aporte en una sección geométrica transversal. El área de la sección transversal de una unión soldada puede dividirse, en una o más áreas geométricas sencillas (López Palomo & Rosell González, 2013).

La cantidad de metal depositado se calcula con la ecuación 1.1.

$$MD = A \cdot D \quad (1.1.)$$

$MD$  = Cantidad de metal depositado (kg/m)

$A$  = Área de la sección de unión (m<sup>2</sup>)

$D$  = Densidad del metal de aporte del acero 7850 (kg/m<sup>3</sup>)

### 1.29.1.2. Cálculo de importe de material

En este punto se puede decir, que no todo el material de aporte empleado entra a formar parte de la soldadura, ya que existen pérdidas, por lo que el consumo de metal de aportación, será mayor que el material de aporte depositado al realizar la unión (López Palomo & Rosell González, 2013). Además, el peso del metal de aporte requerido por unidad de longitud de soldadura depende del rendimiento de deposición (López Palomo & Rosell González, 2013).

$$CA = \frac{MD}{RD} \quad (1.2.)$$

$CA$  = Consumo de material de aportación (kg/m)

$MD$  = Metal depositado (kg/m)

$RD$  = Rendimiento de deposición, expresado en valor decimal (%)

### 1.29.1.3. Estimación del coste de material de aporte

El coste del metal de aportación se basa en el coste por unidad de longitud de soldadura.

$$MA = PA \cdot CA \quad (1.3.)$$

$MA$  = Coste del material de aportación (\$/m)

$PA$  = Precio del material de aportación (\$/kg)

$CA$  = Consumo de material de aportación (kg/m)

En los procesos de soldadura continua MIG/MAG, SAW, se calcula el consumo de material de aportación basándose en los propios parámetros de control del proceso, es decir, estimar los costes en función de la operativa del propio proceso, en lugar de considerar la configuración de la unión (López Palomo & Rosell González, 2013).

## 1.30. Cálculo de longitud de consumible por unidad de peso (LC)

Para realizar este cálculo es necesario conocer la densidad del material de aportación "acero", así como el área de la sección transversal del consumible utilizado, que es parte de información del fabricante (López Palomo & Rosell González, 2013).

$$LC \left( \frac{\text{cm}}{\text{kg}} \right) = \frac{1}{A \cdot D} \quad (1.4.)$$

LC = Longitud de consumible por unidad de peso (cm/kg)  
 A = Área de la sección del consumible (cm<sup>2</sup>)  
 D = Densidad del metal de aportación (kg/cm<sup>3</sup>)

### 1.31. Consumible Suministrado (CS)

Representa peso del alambre utilizado por unidad de tiempo, en función de la velocidad de alimentación de alambre (VA) y la longitud de consumible por unidad de peso 1.4 (López Palomo & Rosell González, 2013).

$$CS \left( \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) = \frac{60 \cdot VA(\text{cm/min})}{LC(\text{cm/kg})} \quad (1.5.)$$

CS = Consumible suministrado (kg/h)  
 VA = Velocidad de alimentación de alambre (cm/min)  
 LC = Longitud de consumible por unidad de peso (cm/kg)

### 1.32. Consumo de metal de aportación (CA)

Para calcular el consumo de metal de aportación se calcula utilizando la ecuación 1.5. y utilizando la velocidad de soldeo VS, que puede estar especificada en el procedimiento de soldeo, o bien determinado mediante pruebas (López Palomo & Rosell González, 2013).

$$CA \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) = \frac{CS(\text{kg/h})}{0,6 \cdot VS(\text{cm/min})} \quad (1.6.)$$

CA = Consumo de metal de aportación (kg/m)  
 CS = Consumible suministrado (kg/h)  
 VS = Velocidad de soldeo (cm/min)

### 1.33. Costes de los gases de protección

En procesos MIG/MAG, se consumen gases de protección, que generan un coste adicional que se tendrá que tener en cuenta.

El coste de los gases de protección está relacionado con la velocidad de soldeo VS, o el tiempo de arco necesario para efectuar la unión. El gas es utilizado con un determinado caudal, que viene medido por los caudalímetros. El coste de gas por unidad de longitud de soldadura se calcula con la ecuación 1.7 (López Palomo & Rosell González, 2013).

$$CG \left( \frac{\$}{\text{m}} \right) = \frac{100 \cdot PG \cdot CP}{60 \cdot VS} \quad (1.7.)$$

$CG$  = Coste del gas (\$/m)  
 $PG$  = Precio del gas (\$/m<sup>3</sup>)  
 $CP$  = Caudal del gas de protección (m<sup>3</sup>/hora)  
 $VS$  = Velocidad de soldeo (cm/min)

Además, se tiene otras ecuaciones adicionales para determinar los costes de proceso de soldeo GMAW:

Calculo de coste del gas por kilo de metal depositado (CGMD):

$$CGMD \left( \frac{\$}{kg} \right) = \frac{PG \cdot CP}{VD} \quad (1.8.)$$

$PG$  = Precio del gas (\$/m<sup>3</sup>)  
 $CP$  = Caudal del gas de protección (m<sup>3</sup>/h)  
 $VD$  = Velocidad de deposición (kg/h)

Consumo de gas (CVG):

$$CVG \left( \frac{m^3}{kg} \right) = \frac{CP}{VD} \quad (1.9.)$$

$CVG$  = Consumo de gas (m<sup>3</sup>/kg)  
 $CP$  = Caudal del gas de protección (m<sup>3</sup>/h)  
 $VD$  = Velocidad de deposición (kg/h)

### 1.34. Coste del fundente

“Para conocer el coste de fundente es necesario conocer el concepto de relación de fundente como la relación existente entre el peso de fundente utilizado y peso de metal depositado” (López Palomo & Rosell González, 2013).

“En arco sumergido (SAW), se utiliza normalmente un kilo de fundente por cada kilo de alambre electrodo depositado, lo que supone una relación de fundente de uno” (López Palomo & Rosell González, 2013).

El coste de fundente puede calcularse con la ecuación 1.10.

$$CF = PF \cdot CA \cdot RF \quad (1.10.)$$

$CF$  = Coste del fundente (\$/m)  
 $PF$  = Precio del fundente (\$/kg)  
 $CA$  = Consumo de material de aportación (kg/m)  
 $RF$  = Relación de fundente

### 1.35. Cálculo de costes de mano de obra

“El coste de mano de obra se basa en el precio hora que se paga al soldador. Los soldadores requieren cumplir ciertos requisitos, basados en datos normalizados de tiempos de soldadura establecidos en centímetros por minuto” (López Palomo & Rosell González, 2013).

#### 1.35.1. Costes de mano de obra por unidad de longitud de soldadura

Para el cálculo de costes por unidad de longitud de soldadura, se lo realiza con la ecuación 1.11 (López Palomo & Rosell González, 2013).

$$MO = \frac{CS*MD}{VD*FO} \quad (1.11.)$$

*MO* = Coste de mano de obra (\$/m)

*CS* = Coste de soldador (\$/h)

*MD* = Metal depositado (kg/m)

*VD* = Velocidad de deposición (kg/h)

*FO* = Factor de operación (%)

#### 1.35.2. Costes de mano de obra de soldadura en pasada simple

Para el cálculo de costes de mano de obra en pasada simple, se lo realiza con la ecuación 1.12 (López Palomo & Rosell González, 2013).

$$MO = \frac{1*CS}{60*VT*FO} \quad (1.12.)$$

*MO* = Coste de mano de obra (\$/m)

*CS* = Coste de soldador (\$/h)

*VT* = Velocidad de soldeo (m/min)

*FO* = Factor de operación (%)

#### 1.35.3. Costes de mano de obra por kilo de metal depositado

Para el cálculo de costes de mano de obra, por kilo de metal depositado (MOMD) se lo realiza mediante la ecuación 1.13 (López Palomo & Rosell González, 2013).

$$MOMD = \frac{MO}{VD*FO} \quad (1.13.)$$

*MOMD* = Coste de mano de obra (\$/kg)

*MO* = Coste de mano de obra (\$/h)

VD= Velocidad de deposición (kg/h)  
FO= Factor de operación (%)

### 1.36. Costes energéticos en soldadura

El coste de energía eléctrica es un gasto que se genera en el funcionamiento de equipos de soldadura SAW y GMAW, es decir la empresa que se dedica a soldadura, tendrá costes energéticos derivados del propio proceso, iluminación y equipos varios (amoladora, pirómetro, biseladora, etc.).

#### 1.36.1. Costes de energía por unidad de longitud

Para realizar el cálculo de coste de consumo eléctrico de la fuente de energía, lo que se tiene que tener claro es la eficiencia energética del propio equipo de soldeo, que relaciona la energía consumida y la energía verdadera empleada en la realización de las soldaduras.

La ecuación 1.14 estima los costes de energía de los procesos de soldadura SAW y GMAW.

$$CE = \frac{TE \cdot V \cdot I \cdot CA}{1000 \cdot VD \cdot FO \cdot EE} \quad (1.14.)$$

CE = Coste eléctrico (\$/m)  
TE = Tarifa eléctrica (\$/kWh)  
V = Tensión o voltaje de soldeo (V)  
I = Intensidad de corriente de soldeo (A)  
CA = Consumo de metal de aportación (kg/m)  
VD = Velocidad de deposición (kg/h)  
FO = Factor de operación (%)  
EE = Eficiencia de la fuente de energía (valor decimal)

#### 1.36.2. Costes de energía por kilo de metal depositado

Para el cálculo de costes de energía por kilo de metal depositado se lo realiza mediante la ecuación 1.15.

$$CEMD = \frac{TE \cdot V \cdot I}{1000 \cdot VD} \quad (1.15.)$$

CEMD = Coste eléctrico (\$/kg)  
TE = Tarifa eléctrica (\$/kWh)  
V = Tensión o voltaje de soldeo (V)  
I = Intensidad de corriente de soldeo (A)  
VD = Velocidad de Deposición (kg/h)

Tabla 1.11. Ecuaciones de análisis de costes en los procesos de soldadura SAW y GMAW.

<b>Ecuaciones de Análisis de Costes</b>	<b>Unidades</b>	<b>Número de Ecuación</b>
$MD = A \cdot D$	kg/m	(1.1.)
$CA = \frac{MD}{RD}$	kg/m	(1.2.)
$MA = PA \cdot CA$	\$/m	(1.3.)
$LC = \frac{1}{A \cdot D}$	cm/kg	(1.4.)
$CS = \frac{60 \cdot VA}{LC}$	kg/h	(1.5.)
$CA = \frac{CS}{0,6 \cdot VS}$	kg/m	(1.6.)
$CG = \frac{100 \cdot PG \cdot CP}{60 \cdot VS}$	\$/m	(1.7.)
$CG \cdot MD = \frac{PG \cdot CP}{VD}$	\$/kg	(1.8.)
$CVG = \frac{CP}{VD}$	m <sup>3</sup> /kg	(1.9.)
$CF = PF \cdot CA \cdot RF$	\$/m	(1.10.)
$MO = \frac{CS \cdot MD}{VD \cdot FO}$	\$/m	(1.11.)
$MO = \frac{1 \cdot CS}{60 \cdot VT \cdot FO}$	\$/m	(1.12.)
$MOMD = \frac{MO}{VD \cdot FO}$	\$/kg	(1.13.)
$CE = \frac{TE \cdot V \cdot I \cdot CA}{1000 \cdot VD \cdot FO \cdot EE}$	\$/m	(1.14.)
$CE \cdot MD = \frac{TE \cdot V \cdot I}{1000 \cdot VD}$	\$/kg	(1.15.)

Fuente: (Propia)

## 2. METODOLOGIA

En el capítulo anterior se realizó una descripción general sobre los métodos de soldadura SAW y GMAW que son utilizados en la empresa SEDEMI. Además, se realizó la descripción de todos los consumibles de los procesos de soldadura SAW y GMAW que son utilizados en la fabricación de las secciones tipo I y secciones tipo Cajón.

En este capítulo se identifica el sistema a implementar para establecer un sistema de control de uso de consumibles de los procesos de soldadura SAW, GMAW, en la fabricación de las secciones tipo I y secciones tipo Cajón.

El depósito de material de aporte es de forma continua, ya que el objetivo de este estudio es determinar el consumo de materiales consumibles por metro lineal de soldadura en los procesos SAW, GMAW y también establecer las pérdidas de consumibles para ambos procesos.

Para el importe de material se determina el requerimiento de metal de aporte por metro de longitud (kg/m), el ciclo de servicio "Factor de Operación" con la toma de tiempos de operación para las secciones tipo I, secciones tipo Cajón y se determinará el costo unitario para cada proceso y por actividad (\$/m, kg/h, h).

### 2.1. Alcance del trabajo de titulación

SEDEMI, es una empresa que se dedica a la fabricación de vigas tipo I y cajones metálicos, que son utilizados para la construcción de estructuras metálicas de edificios, plantas industriales, puentes, etc. Por eso la importancia de cuantificar los tiempos que lleva la fabricación de vigas tipo I y cajones metálicos.

Para el presente trabajo, se considera el consumo de los materiales consumibles por metro lineal (alambres electrodos, fundentes, tipos de gases) y el factor de operación para los procesos SAW y GMAW.

La densidad del material de aporte acero, es una constante igual a  $7850 \text{ kg/m}^3$ , necesaria para conocer la cantidad de metal depositado en la fabricación de las vigas tipo I y cajones metálicos. Con la densidad de material de aporte conocido y el área de soldadura a realizar se podrá obtener la cantidad de material depositado por metro lineal de soldadura.

A través de, la medición de los pesos de los rollos de alambre electrodo tanto para el proceso GMAW, SAW, se puede determinar el rendimiento de aportación del alambre electrodo en los procesos GMAW, SAW con la relación entre los pesos del alambre electrodo al principio y al final de la jornada de trabajo.

Con lo anteriormente mencionado, se podrá obtener el importe de material que es el requerimiento de material por metro de longitud (kg/m). El importe de material es una variable que depende del tipo de junta, tipo de soldadura, abertura de raíz, talón, ángulo de ranura, espesor y especificación de material, proceso de soldadura SAW o GMAW.

También, se podrá determinar el ciclo de servicio de cada proceso, "Factor de operación", que es la relación entre el tiempo soldeo o tiempo de arco real, sobre el tiempo total de las

otras operaciones de soldeo (traslado, reposo, repelado, limpieza, biselado, unión) tiempo de no arco.

Una determinación del factor de operación puede efectuarse mediante estudios de tiempo o por la instalación de registros de tiempo.

También, se determina el costo unitario de cada proceso y actividad, con el costo de la mano de obra de los soldadores, costo de consumibles gases y fundentes, costes de energía.

Para la soldadura de cajones y vigas se toma los datos de tipo de junta, tipo de soldadura, abertura de raíz, talón, ángulo de ranura, espesor de material, especificación de material y proceso de soldadura, para establecer la cantidad de material de aporte necesario para la soldadura.

Además, este estudio se lo realiza mediante la recopilación de datos de voltaje, intensidad de corriente, polaridad, velocidad de alimentación de alambre, velocidad de avance, tipos de gases, electrodos y fundentes, los mismos que se encuentran en los WPS propios de la empresa SEDEMI.

Por último, se utiliza hojas de Excel para realizar los respectivos cálculos mediante las ecuaciones formuladas en el capítulo anterior, para así poder determinar los requerimientos de consumibles de soldadura, implementar un sistema de control de uso de consumibles y determinar las pérdidas de los mismos, en la fabricación de vigas tipo I y cajones metálicos.

## **2.2. Equipos utilizados para el desarrollo del estudio Tecno-Económico**

Para el desarrollo de los datos a tomar se utilizó diferentes equipos de la empresa:

- Balanza: equipo utilizado para medir el peso de los alambres electrodos.
- Flexómetro: es utilizado para medir las longitudes de soldeo.
- Galgas: son instrumentos utilizados para medir perfiles de soldadura.
- Calibrador: es utilizado para verificar los espesores de las placas en que se deposita el material de aporte.
- Cronometro: utilizado para medir los tiempos de soldadura para los dos procesos bajo estudio.

Las máquinas de soldadura para la realización de vigas son:

- T-Mater de 2500: utilizada para la fabricación de vigas con el proceso de arco sumergido SAW-SINGLE, 2 alambres electrodos.
- T-Mater de 4000: utilizado para la fabricación de vigas con el proceso de arco sumergido SAW-TWIN, 4 alambres electrodos.

Y para la realización de los cajones se utiliza las máquinas de soldadura GMAW de la planta, con todos los insumos de máquina.

Tabla 2.1. Equipos Utilizados.

Equipo	Capacidad	Apreciación	Marca	Foto	Vigencia de la certificación
<b>Balanza</b>	100 kg	± 0,02 (kg)	Ohaus		26/12/2019
<b>Flexometro</b>	8 m	± 1 mm	Stanley		N/A
<b>Galgas</b>	0 - 3/4"	0,125"	G.A.L		N/A
<b>Calibrador</b>	0 -150 mm / 0 - 6 "	mm/"	INSIZE		N/A
<b>Cronómetro</b>	24 h	seg	Samsung		N/A
<b>T-Master 2500</b>	650-950 mm/min	N/A	TBM		2010
<b>T-Master 4000</b>	650-1000 mm/min	N/A	TBM		2010
<b>Máquina GMAW</b>	350 Amp, 34 V, ciclo de trabajo 60%	N/A	INVERTEC		2001

Fuente: (Propia)

## 2.3. CÁLCULOS

El presente capítulo tiene como objetivo realizar el análisis tecno-económico de los consumibles utilizados en los procesos SAW y GMAW, para la fabricación de vigas tipo “I” y cajones metálicos, respectivamente que la empresa SEDEMI realiza.

Este estudio se lo realiza mediante la recopilación de datos del proceso de armado y soldadura, entre otras variables importantes para obtener una mayor productividad y calidad en la fabricación de las secciones tipo I y secciones tipo cajón.

Para la toma de tiempos estimados en la fabricación de las secciones tipo I y secciones tipo cajón se determina las actividades del proceso de armado y soldadura de las vigas tipo I y cajones metálicos.

Además, en este capítulo se utiliza cada una de las fórmulas planteadas en el capítulo 1, para así obtener un sistema de control, adecuado de uso de consumibles de los procesos de soldadura SAW, GMAW, utilizados en la fabricación de las secciones tipo I y secciones tipo cajón y también se determina las pérdidas de consumibles de los procesos bajo estudio.

Tabla 2.2. Tamaño de Pierna en SAW-SINGLE.

DATOS					
Componentes: Vigas					
PROCESO	TIPO DE CORDÓN	ESPESOR DE PLANCHA	TAMAÑO DE PIERNA DE SOLDADURA (mm)	TAMAÑO DE PIERNA DE SOLDADURA (m)	Longitud (m)
SAW	Filete	6	5	0,005	1
SAW	Filete	8	6	0,006	1
SAW	Filete	10	8	0,008	1

Fuente: (Propia)

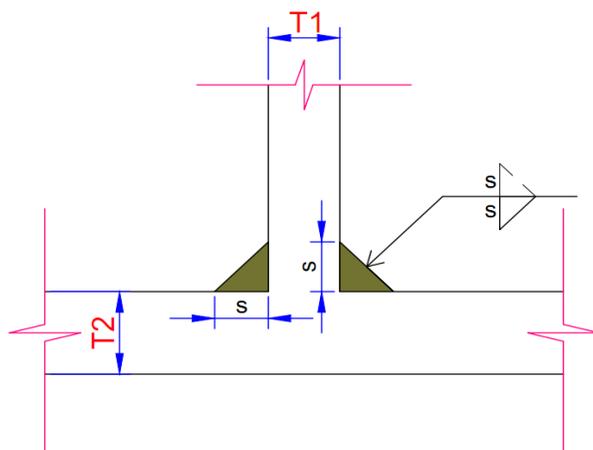


Figura 2.1. Junta en T Alma-Patín para el proceso SAW-SINGLE.

Fuente: (Propia)

Tabla 2.3. Tamaño de Pierna en SAW-TWIN.

DATOS					
Componentes: Vigas					
PROCESO	TIPO DE CORDÓN	ESPESOR DE PLANCHA	TAMAÑO DE PIERNA DE SOLDADURA (mm)	TAMAÑO DE PIERNA DE SOLDADURA (m)	Longitud (m)
SAW	Filete	10	8	0,008	1
SAW	Filete	12	9	0,009	1
SAW	Filete	15	11	0,011	1

Fuente: (Propia)

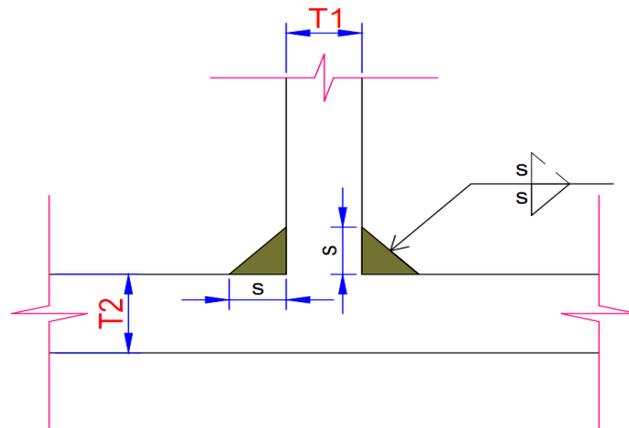


Figura 2.2. Junta en T Alma-Patín para el proceso SAW-TWIN.  
Fuente: (Propia)

Tabla 2.4. Tamaño de espesor depositado en GMAW.

DATOS										
Componentes: Cajones Metálicos										
PROCESO	Espesor (mm)	Espesor (m)	PB =S (m m)	Bisel (°)	Apertura de Raíz (mm)	X1 (m m)	X2 (m m)	Área (mm <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)
Componentes: Cajones 2C-Ranura Cuadrada										
GMAW	6	0,006	-	-	4	-	-	24	0,000024	1
GMAW	8	0,008	-	-	6	-	-	48	0,000048	1
GMAW	10	0,010	-	-	8	-	-	80	0,000080	1
GMAW	12	0,012	-	-	10	-	-	120	0,000120	1
Componentes: Cajones 2C-Ranura V Simple										
GMAW	15	0,015	-	22,5	6	6,2	6,2	183,2	0,00018	1
GMAW	18	0,018	-	22,5	6	7,5	7,5	242,2	0,00024	1
GMAW	20	0,020	-	22,5	6	8,3	8,3	285,7	0,00029	1
Componentes: Cajones 4 placas-Ranura Bisel Simple-CJP										
GMAW	15	0,015	-	45	6	-	15,0	202,5	0,000203	1
GMAW	18	0,018	-	45	6	-	18,0	270,0	0,000270	1
GMAW	20	0,020	-	45	6	-	20,0	320,0	0,000320	1
GMAW	25	0,025	-	45	6	-	25,0	462,5	0,000463	1
GMAW	30	0,030	-	45	6	-	30,0	630,0	0,000630	1
Componentes: Cajones 4 placas-Ranura Bisel Simple-PJP										
GMAW	15	0,015	12	45	-	12	-	72,0	0,000072	1
GMAW	18	0,018	15	45	-	15	-	112,5	0,000113	1
GMAW	20	0,020	17	45	-	17	-	144,5	0,000145	1
GMAW	25	0,025	22	45	-	22	-	242,0	0,000242	1
GMAW	30	0,030	27	45	-	27	-	364,5	0,000365	1

Fuente: (Propia)

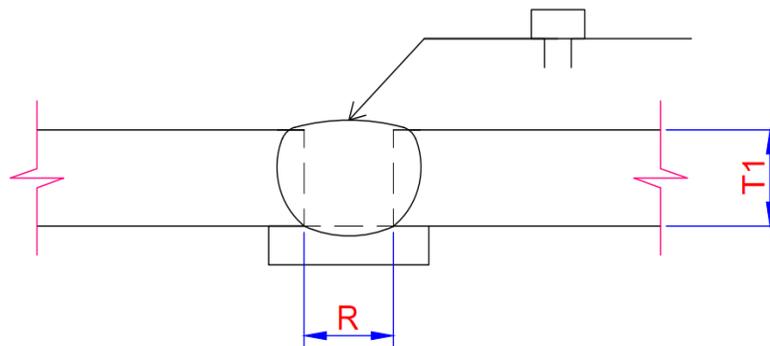


Figura 2.3. Junta a Tope de soldadura de ranura cuadrada con placa de respaldo-CJP.

Fuente: (Propia)

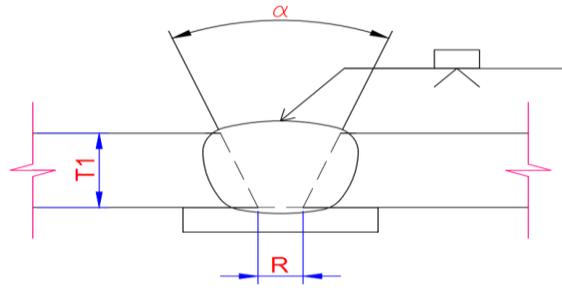
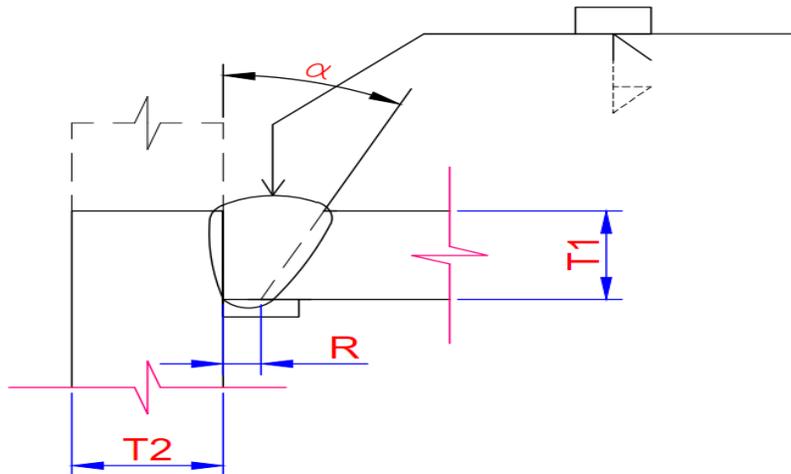


Figura 2.4. Junta a Tope de soldadura de ranura en V simple con placa de respaldo-CJP.  
Fuente: (Propia)



Dimensiones de la placa de respaldo:

Espesor = 6 mm; Ancho =25-50 mm

Figura 2.5. Junta en Esquina de soldadura de ranura de bisel simple con placa de respaldo-CJP.  
Fuente: (Propia)

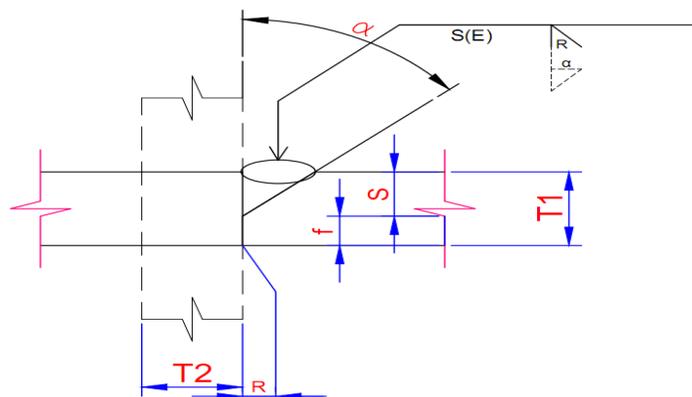


Figura 2.6. Junta en Esquina de soldadura de ranura de bisel simple-PJP.  
Fuente: (Propia)

## 2.4. Cantidad de Metal Depositado

Para el cálculo de la cantidad metal depositado ecuación 1.1 se lo realiza mediante el producto entre el área de la sección transversal de la unión soldada, por la densidad de metal de aporte depositado. En las tablas 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 se muestra la cantidad de metal depositado para SAW-SINGLE, SAW-TWIN Y GMAW.

Tabla 2.5. Cantidad de metal depositado en SAW-SINGLE.

<b>Cantidad de Metal Depositado (MD)</b>			
<b>MD = A * D</b>			
<b>A= Área (m2)</b>	<b>D= Densidad metal de aporte (kg/m3)</b>	<b>MD (kg/m)</b>	<b>Total MD (kg)</b>
0,0000125	7850	0,098	0,098
0,000018	7850	0,141	0,141
0,000032	7850	0,251	0,251

Fuente: (Propia)

Tabla 2.6. Cantidad de metal depositado en SAW-TWIN.

<b>Cantidad de Metal Depositado (MD)</b>			
<b>MD = A * D</b>			
<b>A= Área (m2)</b>	<b>D= Densidad metal de aporte (kg/m3)</b>	<b>MD (kg/m)</b>	<b>Total MD (kg)</b>
0,000032	7850	0,2512	0,2512
0,0000405	7850	0,3179	0,3179
0,0000605	7850	0,4749	0,4749

Fuente: (Propia)

Tabla 2.7. Cantidad de metal depositado en cajones 2C-Ranura Cuadrada con GMAW.

<b>Cantidad de Metal Depositado (MD)</b>			
<b>MD = A * D</b>			
<b>A= Área (m2)</b>	<b>D= Densidad metal de aporte (kg/m3)</b>	<b>MD (kg/m)</b>	<b>Total MD (kg)</b>
0,000024	7850	0,188	0,188
0,000048	7850	0,377	0,377
0,00008	7850	0,628	0,628
0,00012	7850	0,942	0,942

Fuente: (Propia)

Tabla 2.8. Cantidad de metal depositado en cajones 2C-Ranura V Simple con GMAW.

<b>Cantidad de Metal Depositado (MD)</b>			
<b>MD = A * D</b>			
<b>A= Área (m2)</b>	<b>D= Densidad metal de aporte (kg/m3)</b>	<b>MD (kg/m)</b>	<b>Total MD (kg)</b>
0,00018	7850	1,438	1,438
0,00024	7850	1,901	1,901
0,00029	7850	2,243	2,243

Fuente: (Propia)

Tabla 2.9. Cantidad de metal depositado en cajones 4 placas-Ranura bisel simple-CJP con GMAW.

<b>Cantidad de Metal Depositado (MD)</b>			
<b>MD = A * D</b>			
<b>A= Área (m2)</b>	<b>D= Densidad metal de aporte (kg/m3)</b>	<b>MD (kg/m)</b>	<b>Total MD (kg)</b>
0,000203	7850	1,590	1,590
0,000270	7850	2,120	2,120
0,000320	7850	2,512	2,512
0,000463	7850	3,631	3,631
0,000630	7850	4,946	4,946

Fuente: (Propia)

Tabla 2.10. Cantidad de metal depositado en cajones 4 placas-Ranura bisel simple-PJP con GMAW.

<b>Cantidad de Metal Depositado (MD)</b>			
<b>MD = A * D</b>			
<b>A= Área (m2)</b>	<b>D= Densidad metal de aporte (kg/m3)</b>	<b>MD (kg/m)</b>	<b>Total MD (kg)</b>
0,000072	7850	0,565	0,565
0,0001125	7850	0,883	0,883
0,0001445	7850	1,134	1,134
0,000242	7850	1,900	1,900
0,0003645	7850	2,861	2,861

Fuente: (Propia)

## 2.5. Importe de Material

Para el cálculo de importe de material o metal de aporte requerido, se debe calcular primero la cantidad de metal depositado con la ecuación 1.1 para los distintos tamaños de filete y ranura de los procesos SAW y GMAW, para así poder obtener el importe de material con la ecuación 1.2, que es la relación entre el metal depositado y el rendimiento de aportación.

En las tablas 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16 se muestra el importe de material para SAW-SINGLE, SAW-TWIN Y GMAW.

Tabla 2.11. Importe de Material para SAW-SINGLE.

Importe de Material (CA)					
$CA = \frac{MD}{RD}$					
MD= Metal Depositado (kg/m)	RD= Rendimiento de aportación (%)	CA (kg/m)	Total CA (kg)	Peso/Rollo (kg)	Número de rollos requerido (U)
0,098	0,99	0,0991	0,0991	25,00	0,0040
0,141	0,99	0,1428	0,1428	25,00	0,0057
0,251	0,99	0,2538	0,2538	25,00	0,0102

Fuente: (Propia)

La figura 2.7 muestra el importe de material en función del tamaño de filete para el proceso SAW-SINGLE de la máquina T-Master 2500.

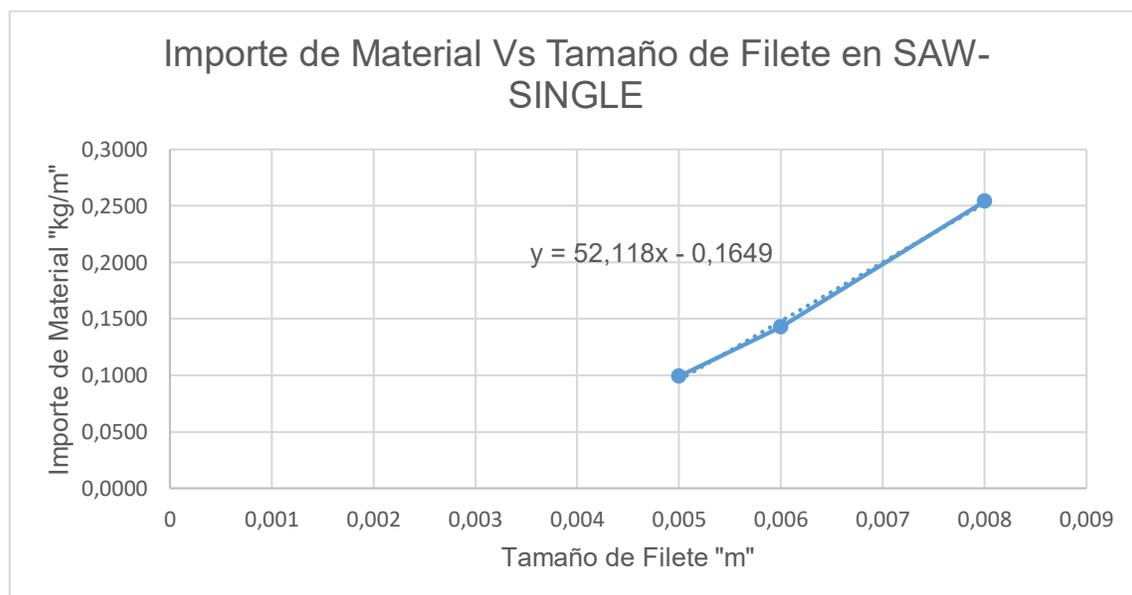


Figura 2.7. Importe de Material Vs Tamaño de Filete en SAW-SINGLE.

Fuente: (Propia)

Tabla 2.12. Importe de Material para SAW-TWIN.

Importe de Material (CA)					
$CA = \frac{MD}{RD}$					
MD= Metal Depositado (kg/m)	RD= Rendimiento de aportación (%)	CA (kg/m)	Total CA (kg)	Peso/Rollo (kg)	Número de rollos requerido (U)
0,2512	0,99	0,2537	0,2537	25,00	0,0101
0,3179	0,99	0,3211	0,3211	25,00	0,0128
0,4749	0,99	0,4797	0,4797	25,00	0,0192

Fuente: (Propia)

La figura 2.8 muestra el importe de material en función del tamaño de filete para el proceso SAW-TWIN de la máquina T-Master 4000.

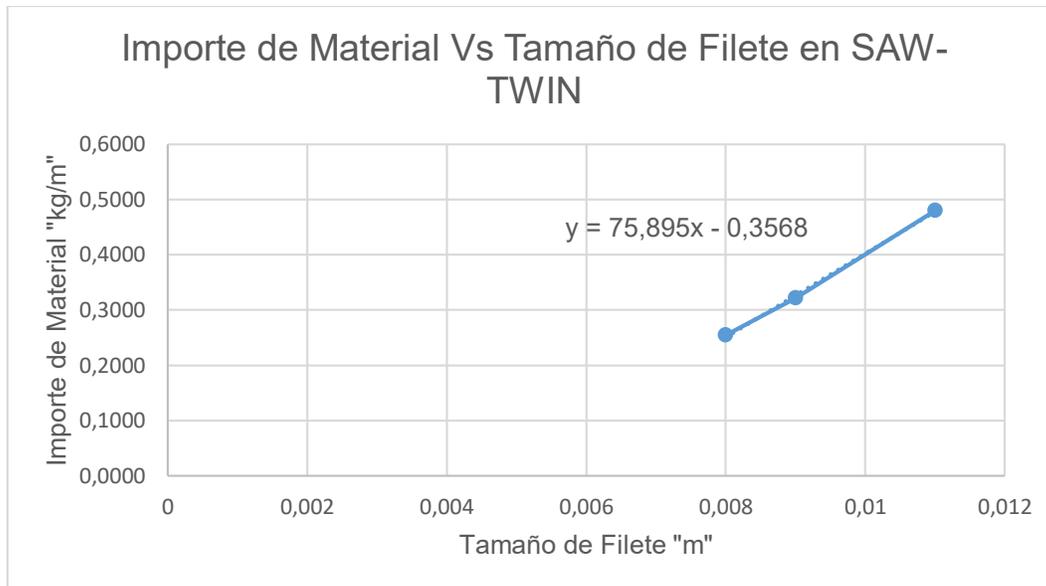


Figura 2.8. Importe de Material Vs Tamaño de Filete en SAW-TWIN.

Fuente: (Propia)

Tabla 2.13. Importe de Material para GMAW-Cajones 2C ranura cuadrada.

Importe de Material (CA)					
$CA = \frac{MD}{RD}$					
MD= Metal Depositado (kg/m)	RD= Rendimiento de aportación (%)	CA (kg/m)	Total CA (kg)	Peso/Rollo (kg)	Número de rollos requerido (U)
0,188	0,98	0,1922	0,1922	15,00	0,0128
0,377	0,98	0,3845	0,3845	15,00	0,0256
0,628	0,98	0,6408	0,6408	15,00	0,0427
0,942	0,98	0,9612	0,9612	15,00	0,0641

Fuente: (Propia)

Tabla 2.14. Importe de Material para GMAW-Cajones 2C ranura V simple.

Importe de Material (CA)					
$CA = \frac{MD}{RD}$					
MD= Metal Depositado (kg/m)	RD= Rendimiento de aportación (%)	CA (kg/m)	Total CA (kg)	Peso/Rollo (kg)	Número de rollos requerido (U)
1,438	0,98	1,4675	1,4675	15,00	0,0978
1,901	0,98	1,9401	1,9401	15,00	0,1293
2,243	0,98	2,2884	2,2884	15,00	0,1526

Fuente: (Propia)

Tabla 2.15. Importe de Material para GMAW-Cajones 4 placas-CJP.

Importe de Material (CA)					
$CA = \frac{MD}{RD}$					
MD= Metal Depositado (kg/m)	RD= Rendimiento de aportación (%)	CA (kg/m)	Total CA (kg)	Peso/Rollo (kg)	Número de rollos requerido (U)
1,590	0,98	1,6221	1,6221	15,00	0,1081
2,120	0,98	2,1628	2,1628	15,00	0,1442
2,512	0,98	2,5633	2,5633	15,00	0,1709
3,631	0,98	3,7047	3,7047	15,00	0,2470
4,946	0,98	5,0464	5,0464	15,00	0,3364

Fuente: (Propia)

Tabla 2.16. Importe de Material para GMAW-Cajones 4 placas-PJP.

Importe de Material (CA)					
CA = $\frac{MD}{RD}$					
MD= Metal Depositado (kg/m)	RD= Rendimiento de aportación (%)	CA (kg/m)	Total CA (kg)	Peso/Rollo (kg)	Número de rollos requerido (U)
0,565	0,98	0,5767	0,5767	15	0,0384
0,883	0,98	0,9011	0,9011	15	0,0601
1,134	0,98	1,1575	1,1575	15	0,0772
1,900	0,98	1,9385	1,9385	15	0,1292
2,861	0,98	2,9197	2,9197	15	0,1946

Fuente: (Propia)

Las figuras 2.9, 2.10, 2.11, 2.12 muestran el importe de material en función del espesor depositado para el proceso GMAW.

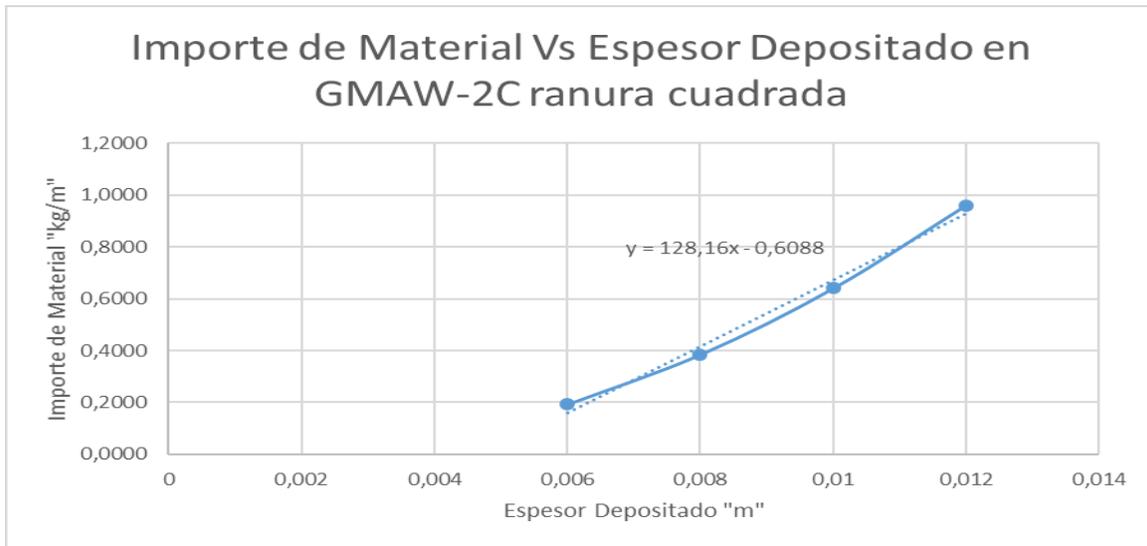


Figura 2.9. Importe de Material Vs Espesor Depositado – 2C ranura cuadrada.

Fuente: (Propia)

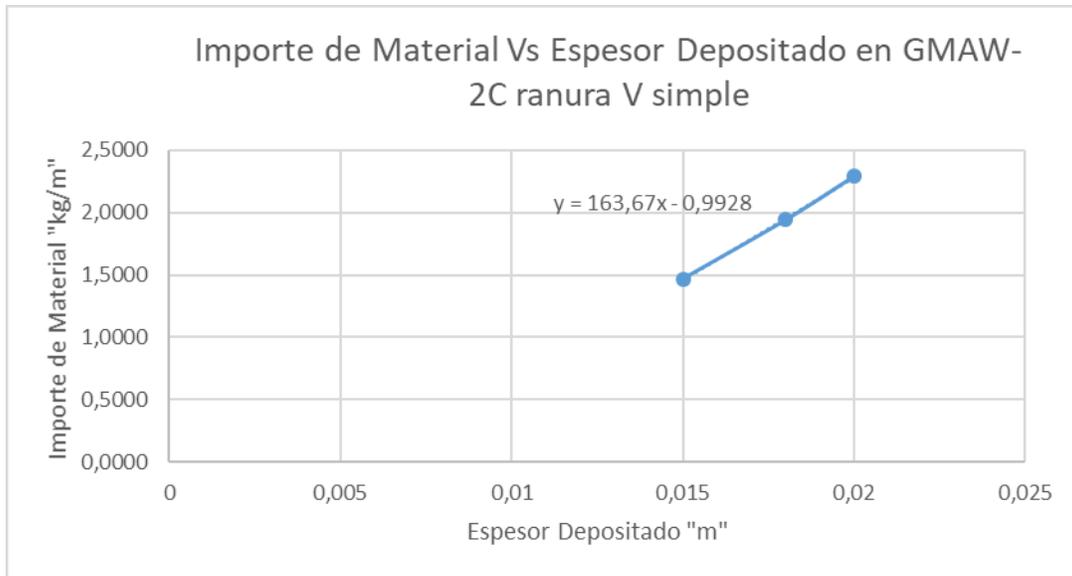


Figura 2.10. Importe de Material Vs Espesor Depositado – 2C ranura V simple.  
Fuente: (Propia)

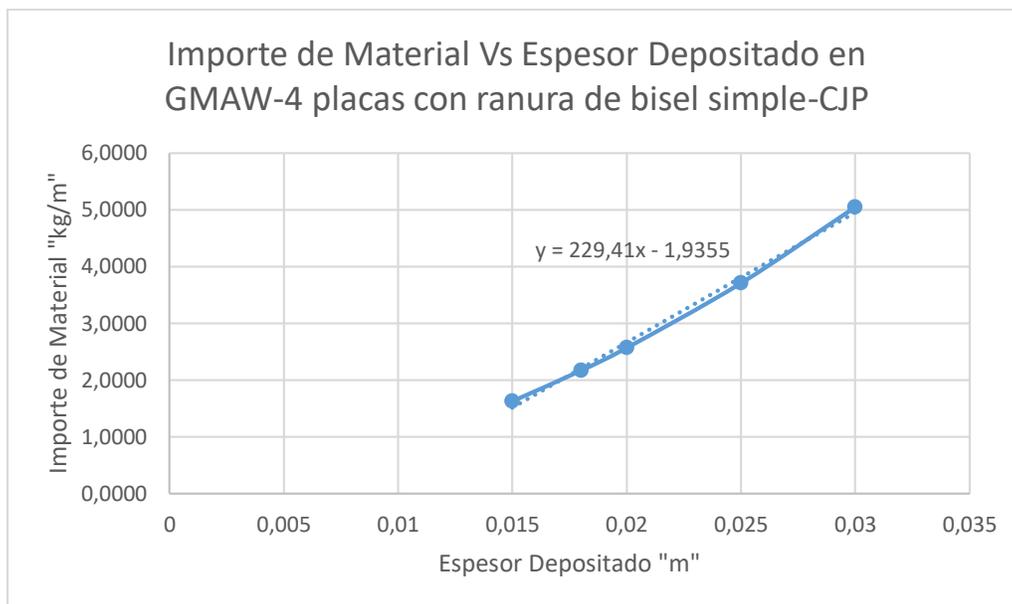


Figura 2.11. Importe de Material Vs Espesor Depositado – 4 placas con ranura de bisel simple -  
CJP.  
Fuente: (Propia)

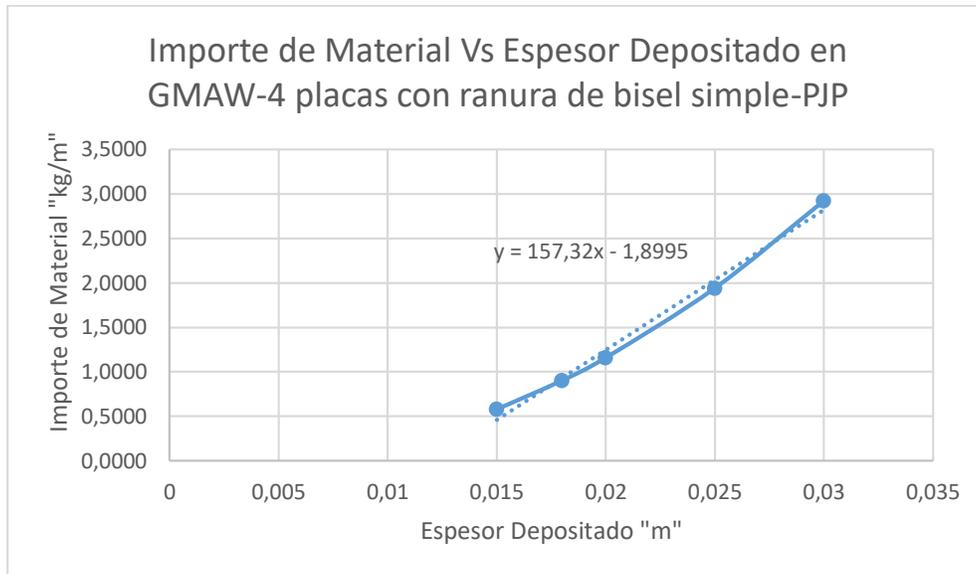


Figura 2.12. Importe de Material Vs Espesor Depositado – 4 placas con ranura de bisel simple - PJP.  
Fuente: (Propia)

## 2.6. Coste de material de aporte

El cálculo de coste de material de aporte se basa en el coste por unidad de longitud de soldadura ecuación 1.3 en los procesos SAW, GMAW basándose en los parámetros de control del proceso, es decir, se calcula estimando los costes en función de la operativa del propio proceso, que es el producto entre precio de material de aportación y el consumo de material de aportación. En las tablas 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.22 se muestra el coste de material para SAW-SINGLE, SAW-TWIN Y GMAW.

Tabla 2.17. Coste de material de aporte para SAW-SINGLE.

Coste de Material de Aporte (MA)			
MA = PA * CA			
PA= Precio material de aportación (USD/kg)	CA= Consumo material de aportación (kg/m)	MA (USD/m)	Total MA (USD)
1,650	0,0991	0,1636	0,1636
1,650	0,1428	0,2356	0,2356
1,650	0,2538	0,4188	0,4188

Fuente: (Propia)

La figura 2.13 muestra el coste de importe de material en función del tamaño de filete para el proceso SAW-SINGLE.

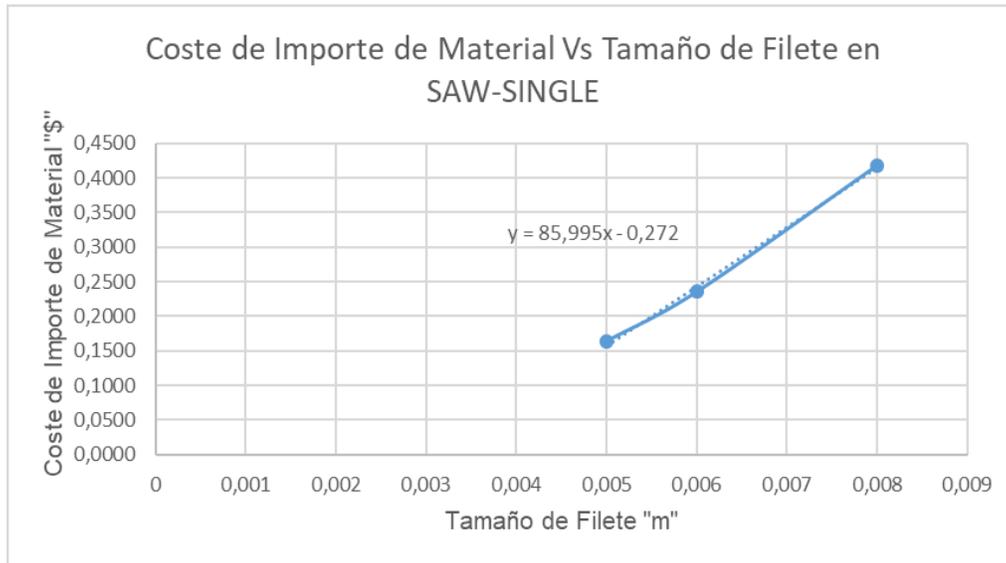


Figura 2.13. Coste de Importe de Material Vs Tamaño de Filete en SAW-SINGLE.  
Fuente: (Propia)

Tabla 2.18. Coste de material de aporte para SAW-TWIN.

<b>Coste de Material de Aporte (MA)</b>			
<b>MA = PA * CA</b>			
<b>PA= Precio material de aportación (USD/kg)</b>	<b>CA= Consumo material de aportación (kg/m)</b>	<b>MA (USD/m)</b>	<b>Total MA (USD)</b>
1,650	0,2537	0,4187	0,4187
1,650	0,3211	0,5299	0,5299
1,650	0,4797	0,7915	0,7915

Fuente: (Propia)

La figura 2.14 muestra el coste de importe de material en función del tamaño de filete para el proceso SAW-TWIN.

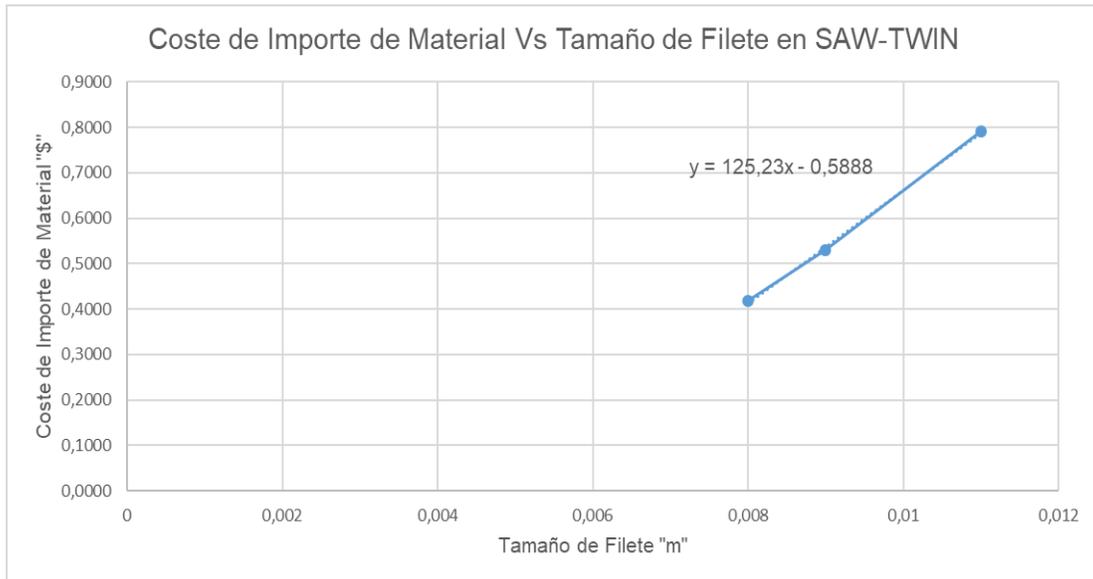


Figura 2.14. Coste de Importe de Material Vs Tamaño de Filete en SAW-TWIN.  
Fuente: (Propia)

Tabla 2.19. Coste de material de aporte para GMAW-2C ranura cuadrada.

<b>Coste de Material de Aporte (MA)</b>			
<b>MA = PA * CA</b>			
<b>PA= Precio material de aportación (USD/kg)</b>	<b>CA= Consumo material de aportación (kg/m)</b>	<b>MA (USD/m)</b>	<b>Total MA (USD)</b>
1,350	0,1922	0,2595	0,2595
1,350	0,3845	0,5191	0,5191
1,350	0,6408	0,8651	0,8651
1,350	0,9612	1,2977	1,2977

Fuente: (Propia)

Tabla 2.20. Coste de material de aporte para GMAW-2C ranura V simple.

<b>Coste de Material de Aporte (MA)</b>			
<b>MA = PA * CA</b>			
<b>PA= Precio material de aportación (USD/kg)</b>	<b>CA= Consumo material de aportación (kg/m)</b>	<b>MA (USD/m)</b>	<b>Total MA (USD)</b>
1,350	1,4675	1,9811	1,9811
1,350	1,9401	2,6192	2,6192
1,350	2,2884	3,0893	3,0893

Fuente: (Propia)

Tabla 2.21. Coste de material de aporte para GMAW-4 placas ranura bisel simple - CJP.

<b>Coste de Material de Aporte (MA)</b>			
<b>MA = PA * CA</b>			
<b>PA= Precio material de aportación (USD/kg)</b>	<b>CA= Consumo material de aportación (kg/m)</b>	<b>MA (USD/m)</b>	<b>Total MA (USD)</b>
1,350	1,6221	2,1898	2,1898
1,350	2,1628	2,9197	2,9197
1,350	2,5633	3,4604	3,4604
1,350	3,7047	5,0014	5,0014
1,350	5,0464	6,8127	6,8127

Fuente: (Propia)

Tabla 2.22. Coste de material de aporte para GMAW-4 placas ranura bisel simple - PJP.

Coste de Material de Aporte (MA)			
MA = PA * CA			
PA= Precio material de aportación (USD/kg)	CA= Consumo material de aportación (kg/m)	MA (USD/m)	Total MA (USD)
1,350	0,5767	0,7786	0,7786
1,350	0,9011	1,2165	1,2165
1,350	1,1575	1,5626	1,5626
1,350	1,9385	2,6169	2,6169
1,350	2,9197	3,9416	3,9416

Fuente: (Propia)

Las figuras 2.15, 2.16, 2.17, 2.18 muestran el coste de importe de material en función del espesor depositado para el proceso GMAW.

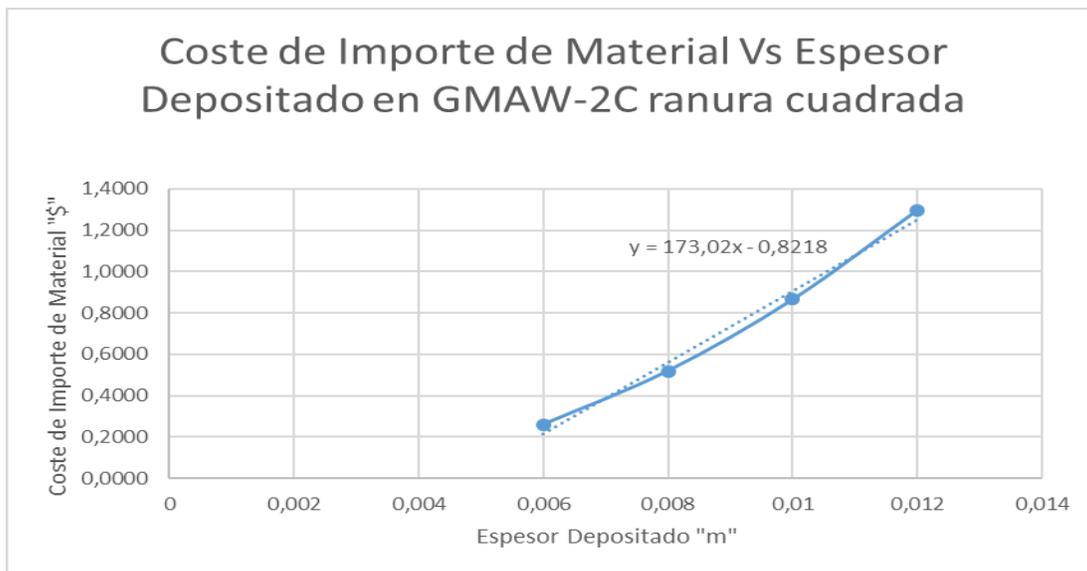


Figura 2.15. Coste de Importe de Material Vs Espesor depositado-2C ranura cuadrada.

Fuente: (Propia)

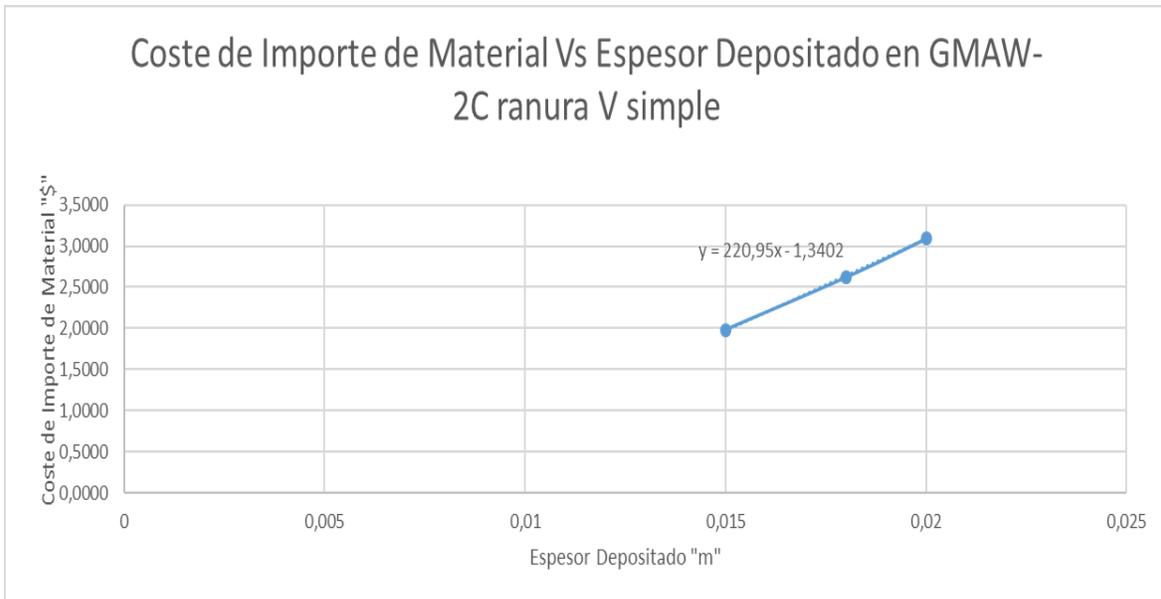


Figura 2.16. Coste de Importe de Material Vs Espesor depositado-2C ranura V simple.  
Fuente: (Propia)

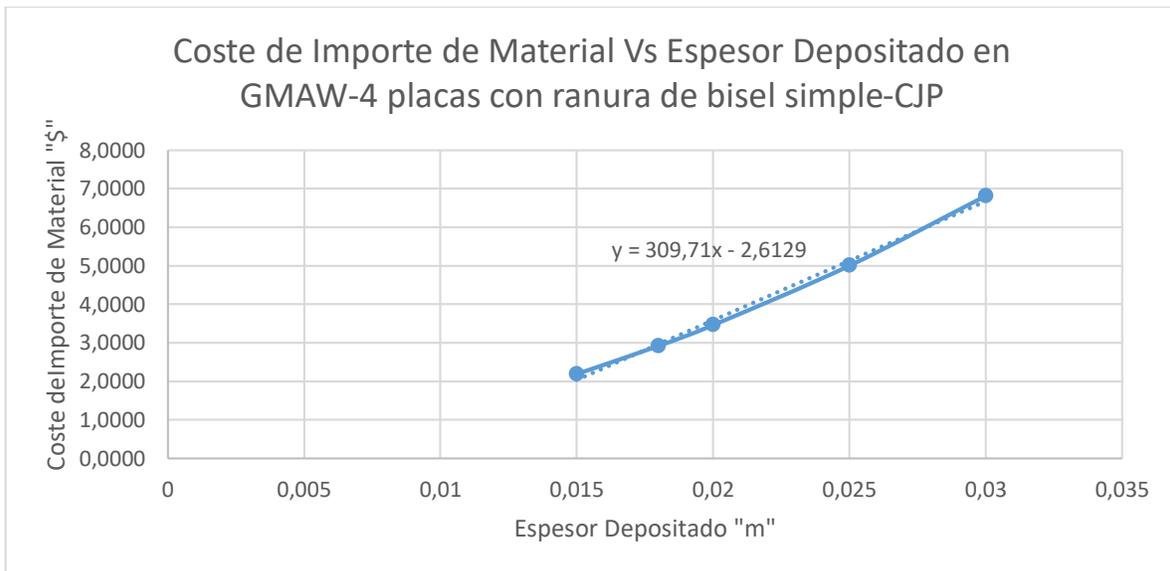


Figura 2.17. Coste de Importe de Material Vs Espesor depositado - 4 placas con ranura de bisel simple - CJP.  
Fuente: (Propia)

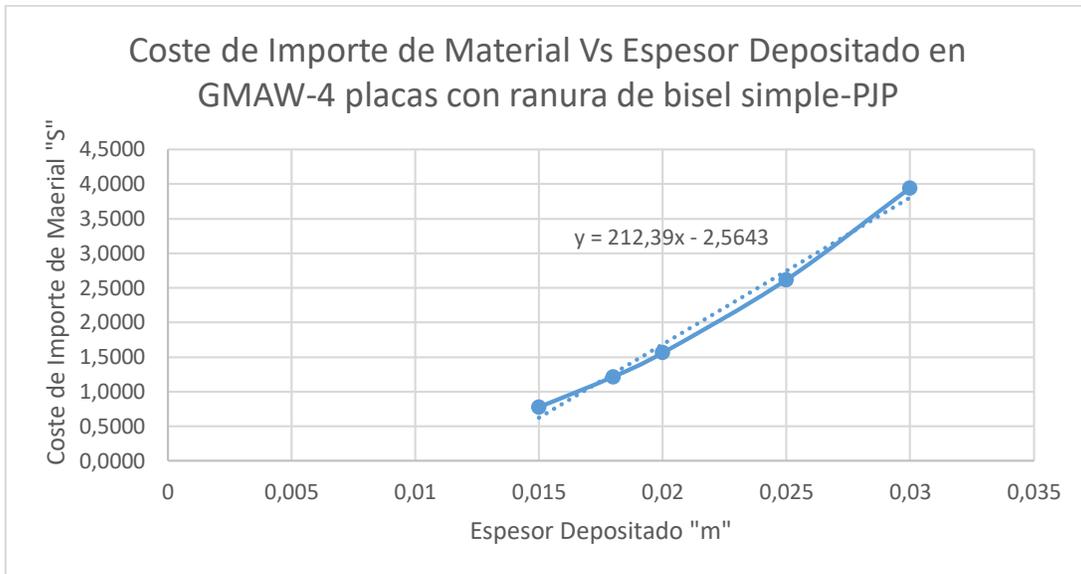


Figura 2.18. Coste de Importe de Material Vs Espesor depositado - 4 placas con ranura de bisel simple - PJP.

Fuente: (Propia)

## 2.7. Longitud de consumible por unidad de peso

Para el cálculo de longitud de consumible por unidad de peso ecuación 1.4 es necesario conocer la densidad del material de aportación del alambre electrodo para el proceso SAW y GMAW, así como también, el área de la sección transversal del consumible utilizado en cada proceso. En las tablas 2.23, 2.24, 2.25, se muestra la longitud de consumible por unidad de peso para SAW-SINGLE, SAW-TWIN Y GMAW.

Tabla 2.23. Longitud de consumible por unidad de peso para SAW-SINGLE.

Longitud de Consumible por Unidad de Peso (LC)			
$LC = \frac{1}{A * D}$			
A= Área (cm <sup>2</sup> )	D= Densidad metal de aporte (kg/cm <sup>3</sup> )	LC (cm/kg)	LC (m/kg)
0,045	0,00785	2815,905	28,2
0,045	0,00785	2815,905	28,2
0,045	0,00785	2815,905	28,2

Fuente: (Propia)

Tabla 2.24. Longitud de consumible por unidad de peso para SAW-TWIN.

<b>Longitud de Consumible por Unidad de Peso (LC)</b>			
$LC = \frac{1}{A * D}$			
<b>A= Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>D= Densidad metal de aporte (kg/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>LC (cm/kg)</b>	<b>LC (m/kg)</b>
0,045	0,00785	2815,905	28,2
0,045	0,00785	2815,905	28,2
0,045	0,00785	2815,905	28,2

Fuente: (Propia)

Tabla 2.25. Longitud de consumible por unidad de peso para GMAW.

<b>Longitud de Consumible por Unidad de Peso (LC)</b>			
$LC = \frac{1}{A * D}$			
<b>A= Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>D= Densidad metal de aporte (kg/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>LC (cm/kg)</b>	<b>LC (m/kg)</b>
0,01131	0,00785	11263,619	112,6
0,01131	0,00785	11263,619	112,6
0,01131	0,00785	11263,619	112,6
0,01131	0,00785	11263,619	112,6
0,01131	0,00785	11263,619	112,6
0,01131	0,00785	11263,619	112,6
0,01131	0,00785	11263,619	112,6
0,01131	0,00785	11263,619	112,6
0,01131	0,00785	11263,619	112,6

Fuente: (Propia)

## 2.8. Consumible suministrado

El cálculo del consumible suministrado representa el peso de alambre electrodo utilizado por unidad de tiempo, que también está determinado en función de la velocidad de alimentación de alambre (VA) y la longitud de consumible por unidad de peso ecuación 1.4. En las tablas 2.26, 2.27, 2.28 se muestra el consumible suministrado para SAW-SINGLE, SAW-TWIN Y GMAW.

Tabla 2.26. Consumible Suministrado SAW-SINGLE.

<b>Consumible Suministrado (CS)</b>			
$CS = \frac{60*VA}{LC}$			
<b>VA= Velocidad de alimentación (cm/min)</b>	<b>LC= Longitud de consumible (cm/kg)</b>	<b>CS (kg/h)</b>	<b>CS (kg/min)</b>
250	2815,905	5,3	0,0888
250	2815,905	5,3	0,0888
225	2815,905	4,8	0,0799

Fuente: (Propia)

Tabla 2.27. Consumible Suministrado SAW-TWIN.

<b>Consumible Suministrado (CS)</b>			
$CS = \frac{60*VA}{LC}$			
<b>VA= Velocidad de alimentación (cm/min)</b>	<b>LC= Longitud de consumible (cm/kg)</b>	<b>CS (kg/h)</b>	<b>CS (kg/min)</b>
250	2815,905	5,3	0,089
225	2815,905	4,8	0,080
225	2815,905	4,8	0,080

Fuente: (Propia)

Tabla 2.28. Consumible Suministrado GMAW.

<b>Consumible Suministrado (CS)</b>			
$CS = \frac{60*VA}{LC}$			
<b>VA= Velocidad de alimentación (cm/min)</b>	<b>LC= Longitud de consumible (cm/kg)</b>	<b>CS (kg/h)</b>	<b>CS (kg/min)</b>
1270	11263,619	6,8	0,1128
1270	11263,619	6,8	0,1128
1270	11263,619	6,8	0,1128
1270	11263,619	6,8	0,1128
1270	11263,619	6,8	0,1128
1270	11263,619	6,8	0,1128
1270	11263,619	6,8	0,1128
1270	11263,619	6,8	0,1128
1270	11263,619	6,8	0,1128

Fuente: (Propia)

## 2.9. Consumo de metal de aportación (CA)

En las siguientes tablas 2.29, 2.30 y 2.31 se muestra el consumo de metal de aportación ecuación 1.6 que se lo obtiene con la ecuación 1.5 y la velocidad de soldeo VS, que esta especificada en el procedimiento de soldeo.

Tabla 2.29. Consumo de material de aportación SAW-SINGLE.

<b>Cálculo del consumo de material de aportación (CA)</b>		
<b><math>CA = \frac{CS}{0,60 * VS}</math></b>		
<b>CS= Consumible suministrado (kg/h)</b>	<b>VS= Velocidad de soldeo (cm/min)</b>	<b>CA (kg/m)</b>
5,3	98	0,091
5,3	95	0,093
4,8	85	0,094

Fuente: (Propia)

Tabla 2.30. Consumo de material de aportación SAW-TWIN.

<b>Cálculo del consumo de material de aportación (CA)</b>		
<b><math>CA = \frac{CS}{0,60 * VS}</math></b>		
<b>CS= Consumible suministrado (kg/h)</b>	<b>VS= Velocidad de soldeo (cm/min)</b>	<b>CA (kg/m)</b>
5,3	98	0,091
4,8	95	0,084
4,8	85	0,094

Fuente: (Propia)

Tabla 2.31. Consumo de material de aportación GMAW.

<b>Cálculo del consumo de material de aportación (CA)</b>		
$CA = \frac{CS}{0,60 * VS}$		
<b>CS= Consumible suministrado (kg/h)</b>	<b>VS= Velocidad de soldeo (cm/min)</b>	<b>CA (kg/m)</b>
6,8	39,57	0,285
6,8	39,57	0,285
6,8	39,57	0,285
6,8	39,57	0,285
6,8	39,57	0,286
6,8	39,57	0,286
6,8	39,57	0,286
6,8	39,57	0,286
6,8	39,57	0,286

Fuente: (Propia)

## **2.10. Costes de los gases de protección**

En el proceso GMAW se consume gases de protección, que generan un costo adicional que se tiene que tener en cuenta al momento de realizar el estudio de tecno-económico de los gases en el proceso completo.

### **2.10.1. Cálculo de coste de gas por unidad de longitud de soldadura**

El coste de los gases de protección ecuación 1.7 está relacionado con la velocidad de soldeo VS o tiempo de arco necesario para efectuar la unión, el caudal del gas utilizado y el precio del gas.

Tabla 2.32. Cálculo del coste de gas por unidad de longitud de soldadura GMAW.

<b>Cálculo del coste de gas por unidad de longitud de soldadura (CG)</b>				
$CG = \frac{100 * PG * CP}{60 * VS}$				
<b>PG= Precio del gas (USD/m3)</b>	<b>CP= Caudal del gas de protección (m3/h)</b>	<b>VS= Velocidad de soldeo (cm/min)</b>	<b>CG (USD/m)</b>	<b>Total (USD)</b>
<b>Cajones 2C-Ranura Cuadrada</b>				
5,770	0,96	35	0,264	0,264
5,770	0,96	35	0,264	0,264
5,770	0,96	35	0,264	0,264
5,770	0,96	35	0,264	0,264
<b>Cajones 2C-Ranura V Simple</b>				
5,770	0,96	25	0,369	0,369
5,770	1,2	25	0,462	0,462
5,770	1,2	25	0,462	0,462
<b>Cajones 4 placas-Ranura Bisel Simple-CJP</b>				
5,770	1,2	20	0,577	0,577
5,770	1,2	20	0,577	0,577
5,770	1,2	20	0,577	0,577
5,770	1,2	20	0,577	0,577
5,770	1,2	20	0,577	0,577
<b>Cajones 4 placas-Ranura Bisel Simple-PJP</b>				
5,770	1,2	20	0,577	0,577
5,770	1,2	20	0,577	0,577
5,770	1,2	20	0,577	0,577
5,770	1,2	20	0,577	0,577
5,770	1,2	20	0,577	0,577

Fuente: (Propia)

## 2.10.2. Cálculo de coste de gas por kilo de metal depositado

La siguiente tabla 2.33 muestra el cálculo de coste de gas por kilo de metal depositado ecuación 1.8.

Tabla 2.33. Cálculo del coste de gas por kilo de metal depositado en GMAW.

<b>Cálculo de Coste del Gas por Kilo de Metal Depositado (CG)</b>				
<b>CG MD = <math>\frac{PG * CP}{VD}</math></b>				
<b>PG = Precio del gas (USD/m3)</b>	<b>CP= Caudal de gas (m3/h)</b>	<b>VD = Tasa de deposición (kg/h)</b>	<b>CG MD (USD/kg)</b>	<b>Total CG (USD)</b>
<b>Cajones 2C-Ranura Cuadrada</b>				
5,770	0,96	3,00	1,8464	1,8464
5,770	0,96	3,00	1,8464	1,8464
5,770	0,96	3,00	1,8464	1,8464
5,770	0,96	3,00	1,8464	1,8464
<b>Cajones 2C-Ranura V Simple</b>				
5,770	0,96	3,00	1,8464	2,7095
5,770	1,2	3,00	2,308	4,4778
5,770	1,2	3,00	2,308	5,2816
<b>Cajones 4 placas-Ranura Bisel Simple-CJP</b>				
5,770	1,2	3,00	2,308	2,308
5,770	1,2	3,00	2,308	2,308
5,770	1,2	3,00	2,308	2,308
5,770	1,2	3,00	2,308	2,308
5,770	1,2	3,00	2,308	2,308
<b>Cajones 4 placas-Ranura Bisel Simple-PJP</b>				
5,770	1,2	3,00	2,308	2,308
5,770	1,2	3,00	2,308	2,308
5,770	1,2	3,00	2,308	2,308
5,770	1,2	3,00	2,308	2,308
5,770	1,2	3,00	2,308	2,308

Fuente: (Propia)

### 2.10.3. Cálculo de consumo de gas

La tabla 2.34 muestra el consumo de gas ecuación 1.9 en el proceso de soldadura GMAW.

Tabla 2.34. Cálculo del consumo de gas en GMAW.

<b>CONSUMO GAS (CVG)</b>			
<b>CVG= <math>\frac{CP}{VD}</math></b>			
<b>CVG (m3/kg)</b>	<b>VL= Volumen (m3)</b>	<b>Vol/Tanque (m3)</b>	<b>Nro. Tanques (U)</b>
<b>Cajones 2C-Ranura Cuadrada</b>			
0,3200	0,0615	9,00	0,00684
0,3200	0,1230	9,00	0,01367
0,3200	0,2051	9,00	0,02278
0,3200	0,3076	9,00	0,03418
<b>Cajones 2C-Ranura V Simple</b>			
0,3200	0,4696	9,00	0,05218
0,4000	0,7760	9,00	0,08623
0,4000	0,9154	9,00	0,10171
<b>Cajones 4 placas-Ranura Bisel Simple-CJP</b>			
0,4000	0,6488	9,00	0,07209
0,4000	0,8651	9,00	0,09612
0,4000	1,0253	9,00	0,11392
0,4000	1,4819	9,00	0,16465
0,4000	2,0186	9,00	0,22429
<b>Cajones 4 placas-Ranura Bisel Simple-PJP</b>			
0,4000	0,2307	9,00	0,02563
0,4000	0,3605	9,00	0,04005
0,4000	0,4630	9,00	0,05144
0,4000	0,7754	9,00	0,08615
0,4000	1,1679	9,00	0,12977

Fuente: (Propia)

### 2.11. Coste del Fundente

El coste de fundente se define como la relación existente entre pase de fundente utilizado y peso de metal utilizado. En SAW se utiliza normalmente un kilo de fundente por cada kilo de alambre depositado, este coste de fundente se lo realiza con la ecuación 1.10, las siguientes tablas 2.35, 2.36, 2.37, muestran los datos, cálculos de coste y consumo de fundente para SAW SINGLE y SAW TWIN.

Tabla 2.35. Datos de Filetes para SAW-SINGLE y SAW-TWIN.

DATOS					
Componentes: VIGAS					
PROCESO	TIPO DE CORDÓN	ESPESOR DE PLANCHA	TAMAÑO DE PIERNA DE SOLDADURA (mm)	TAMAÑO DE PIERNA DE SOLDADURA (m)	Longitud (m)
<b>T-MASTER 2500-SINGLE</b>					
SAW	Filete	6	5	0,005	1
SAW	Filete	8	6	0,006	1
SAW	Filete	10	8	0,008	1
<b>T-MASTER 4000-TWIN</b>					
SAW	Filete	10	8	0,008	1
SAW	Filete	12	9	0,009	1
SAW	Filete	15	11	0,011	1

Fuente: (Propia)

Tabla 2.36. Cálculo del Coste de Fundente para SAW-SINGLE y SAW-TWIN.

Cálculo del Coste de Fundente (CF)				
CF=PF*CA*RF				
PF= Precio del fundente (USD/kg)	CA= Consumo de material de aportación (kg/m)	Relación de Fundente (Decimal)	CF (USD/m)	Total (USD)
<b>T-MASTER 2500-SINGLE</b>				
2,95	0,0991	1,00	0,29	0,29
2,95	0,1428	1,00	0,42	0,42
2,95	0,2538	1,00	0,75	0,75
<b>T-MASTER 4000-TWIN</b>				
2,95	0,2537	1,00	0,75	0,75
2,95	0,3211	1,00	0,95	0,95
2,95	0,4797	1,00	1,42	1,42

Fuente: (Propia)

Tabla 2.37. Cálculo del Consumo de Fundente para SAW-SINGLE y SAW-TWIN.

<b>Consumo de Fundente (CPF)</b>		
<b>CPF=CA*PE</b>		
<b>Peso Fundente (kg)</b>	<b>Peso Estandar (kg)</b>	<b>Cantidad Envases (U)</b>
<b>T-MASTER 2500-SINGLE</b>		
0,0991	25	0,004
0,1428	25	0,006
0,2538	25	0,010
<b>T-MASTER 4000-TWIN</b>		
0,2537	25	0,010
0,3211	25	0,013
0,4797	25	0,019

Fuente: (Propia)

## 2.12. Rendimiento de aportación

Para el cálculo del rendimiento de aportación se lo realiza tomando el peso de los rollos de las máquinas T-Master 2500, T-Master 4000 y de una máquina GMAW en el inicio de la jornada de trabajo y al final de la misma, con este procedimiento se pudo conocer que cantidad de alambre electrodo se consume por día.

### 2.12.1. Rendimiento de aportación de la máquina T-Master 2500

Para conocer la cantidad de alambre electrodo que se consume por jornada en la máquina SAW-SINGLE, se realiza las mediciones de los pesos de alambre electrodo con la balanza dispuesta en el área de Armado y Soldadura, la cual cuenta con una apreciación de 0,02 kg.

Con el equipo dispuesto se pudo realizar las siguientes mediciones de pesos de alambre electrodo utilizados por semana, mostrados en la tabla 2.38.

Tabla 2.38. Cantidad de rollos de alambre electrodo utilizados por semana para SAW-SINGLE.

<b>MESES</b>		<b>CANTIDAD DE ROLLLOS UTILIZADOS/SEMANA-SAW SINGLE</b>
<b>ENERO</b>	Semana 1	11
	Semana 2	10
	Semana 3	12
	Semana 4	14

<b>FEBRERO</b>	Semana 1	10
	Semana 2	7
	Semana 3	7
	Semana 4	9
<b>MARZO</b>	Semana 1	14
	Semana 2	11
	Semana 3	5
	Semana 4	2

Fuente: (Propia)

La figura 2.19 muestra la cantidad de alambre electrodo consumido por semana de la T-Master SAW-SINGLE.

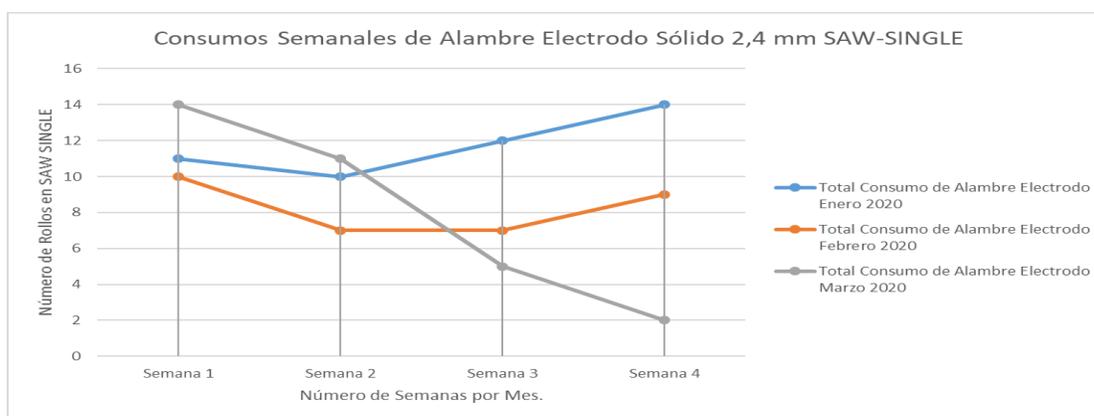


Figura 2.19. Consumos Semanales de Alambre Electrodo Sólido 2.4 mm SAW-SINGLE.

Fuente: (Propia)

La tabla 2.38 muestra la cantidad de rollos de alambre electrodo utilizado por semana en la máquina T-Master 2500 y con los valores obtenidos se puede calcular el rendimiento de aportación que tiene la máquina bajo análisis, este cálculo se lo realiza con una relación de regla de tres mostrada en la tabla 2.39 y con este cálculo realizado cada día se pudo obtener el rendimiento de aportación por semana y el rendimiento de aportación total por cada mes.

Tabla 2.39. Cálculo rendimiento de aportación en SAW-SINGLE.

	<b>R1</b>		
	<b>kg</b>	<b>%</b>	
Material Inicial	25	100	
Material Sobrante	0,38	Sobrante	
Material Utilizado	24,62	98,48	Rendimiento de aportación

Fuente: (Propia)

Tabla 2.40. Rendimiento de aportación en SAW-SINGLE.

MESES		Rendimiento de Aportación
<b>ENERO</b>	Semana 1	99,00
	Semana 2	99,00
	Semana 3	98,96
	Semana 4	99,10
	Promedio Rendimiento Aportación	<b>99,02</b>
<b>FEBRERO</b>	Semana 1	99,06
	Semana 2	99,36
	Semana 3	99,39
	Semana 4	98,36
	Promedio Rendimiento Aportación	<b>99,04</b>
<b>MARZO</b>	Semana 1	98,08
	Semana 2	99,34
	Semana 3	99,00
	Semana 4	99,08
	Promedio Rendimiento Aportación	<b>98,88</b>
<b>TOTAL</b>	<b>Promedio Rendimiento Aportación Total</b>	<b>98,98</b>

Fuente: (Propia)

## 2.12.2. Rendimiento de aportación de la máquina T-Master 4000

Para conocer la cantidad de alambre electrodo que se consume por jornada en la máquina SAW-TWIN, se lo realiza mediante las mediciones de los pesos de alambre electrodo con la balanza al inicio y final de la jornada de trabajo, con lo cual se puede obtener la tabla 2.41.

Tabla 2.41. Cantidad de rollos de alambre electrodo utilizados por semana para SAW-TWIN.

MESES		CANTIDAD DE ROLLOS UTILIZADOS/SEMANA SAW-TWIN
ENERO	Semana 1	11
	Semana 2	14
	Semana 3	9
	Semana 4	10
FEBRERO	Semana 1	16
	Semana 2	8
	Semana 3	10
	Semana 4	9
MARZO	Semana 1	11
	Semana 2	15
	Semana 3	4

Fuente: (Propia)

La figura 2.20 muestra la cantidad de alambre electrodo consumido por semana de la T-Master SAW-TWIN.

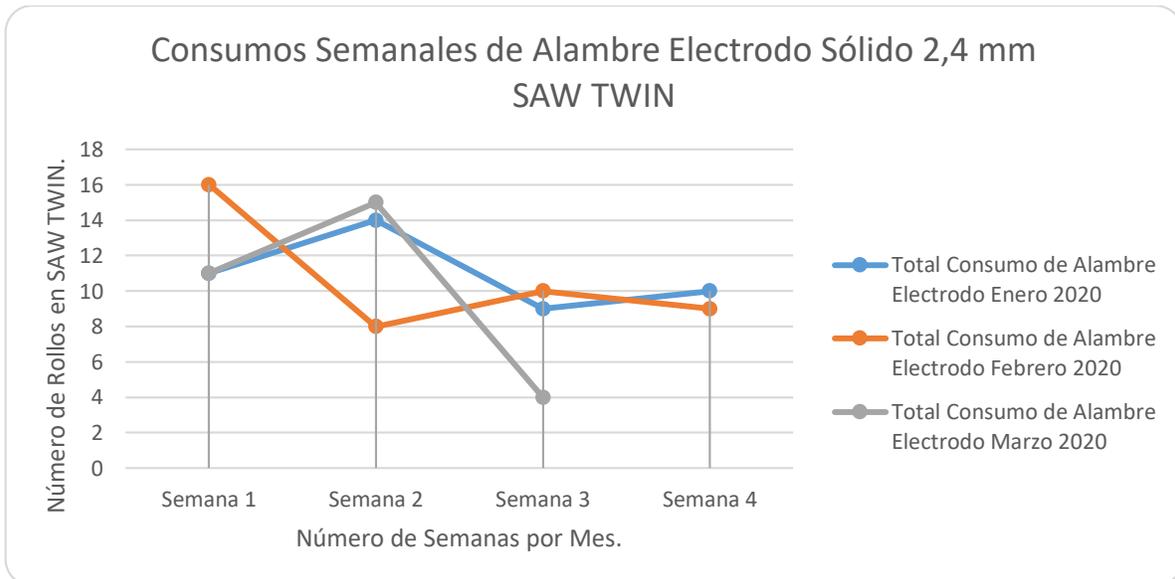


Figura 2.20. Consumos Semanales de Alambre Electrodo Sólido 2.4 mm SAW-TWIN.

Fuente: (Propia)

La tabla 2.41 muestra la cantidad de rollos de alambre electrodo utilizado por semana de la máquina T-Master 4000 y con los valores obtenidos se puede calcular el rendimiento de aportación que tiene la máquina bajo análisis, mostrado en la tabla 2.42.

Tabla 2.42. Rendimiento de aportación en SAW-TWIN.

MESES		Rendimiento de Aportación
<b>ENERO</b>	Semana 1	98,11
	Semana 2	97,59
	Semana 3	99,12
	Semana 4	98,97
	Promedio Rendimiento Aportación	<b>98,45</b>
<b>FEBRERO</b>	Semana 1	99,21
	Semana 2	98,48
	Semana 3	98,03
	Semana 4	99,36
	Promedio Rendimiento Aportación	<b>98,77</b>
<b>MARZO</b>	Semana 1	99,42
	Semana 2	98,86
	Semana 3	99,18
	Promedio Rendimiento Aportación	<b>99,15</b>
<b>TOTAL</b>	<b>Promedio Rendimiento Aportación Total</b>	<b>98,79</b>

Fuente: (Propia)

### 2.12.3. Rendimiento de aportación en la máquina GMAW

Se realiza el mismo procedimiento para determinar la cantidad de alambre electrodo que se consume por jornada en la máquina GMAW, se toma los pesos de alambre electrodo con la balanza al inicio y final de la jornada de trabajo, con lo cual se puede obtener la tabla 2.43.

Tabla 2.43. Cantidad de rollos de alambre electrodo utilizados por semana para GMAW.

MESES		CANTIDAD DE ROLLOS UTILIZADOS/SEMANA GMAW
<b>FEBRERO</b>	Semana 1	14
	Semana 2	16
	Semana 3	14
	Semana 4	8
<b>MARZO</b>	Semana 1	14
	Semana 2	10
	Semana 3	10

Fuente: (Propia)

La figura 2.21 muestra la cantidad de alambre electrodo consumido por semana de la máquina GMAW.

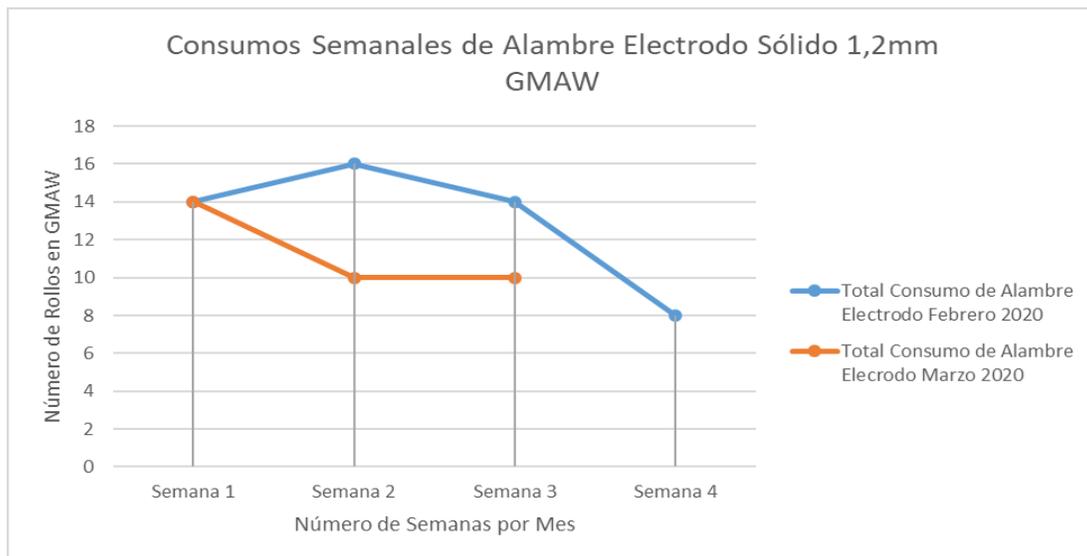


Figura 2.21. Consumos Semanales de Alambre Electrodo Sólido 1.2 mm GMAW.

Fuente: (Propia)

Tabla 2.44. Rendimiento de aportación en GMAW.

MESES		Rendimiento de Aportación
<b>FEBRERO</b>	Semana 1	96,36
	Semana 2	97,71
	Semana 3	98,73
	Semana 4	98,65
	Promedio Rendimiento Aportación	<b>97,86</b>

<b>MARZO</b>	Semana 1	97,74
	Semana 2	97,91
	Semana 3	97,95
	Promedio Rendimiento Aportación	<b>97,87</b>
<b>TOTAL</b>	<b>Promedio Rendimiento Aportación Total</b>	<b>97,86</b>

Fuente: (Propia)

## 2.13. Cálculos de Tiempos en la fabricación de Vigas y Cajones Metálicos

Para el cálculo de los tiempos de fabricación de vigas y cajones metálicos, se debe tomar en consideración la longitud a ser soldada, la cantidad de juntas, rendimiento (m/h).

Tabla 2.45. Cálculo de Tiempos SAW SINGLE.

<b>Cálculo de Tiempo por VIGA-SAW SINGLE</b>		
<b>Longitud</b>	5	<b>Metros</b>
<b>Cantidad de Juntas</b>	2	
<b>Perfiles</b>	10	<b>Metros de Soldadura</b>
<b>Rendimiento (m/h)</b>	<b>Tiempo de Soldadura (h)</b>	<b>Tiempo(min)</b>
58,8	0,1701	10,20
57	0,1754	10,53
51	0,1961	11,76

Fuente: (Propia)

Tabla 2.46. Cálculo de Tiempos SAW TWIN.

<b>Cálculo de Tiempos por VIGA-SAW TWIN</b>		
<b>Longitud</b>	10	<b>Metros</b>
<b>Cantidad de Juntas</b>	2	
<b>Perfiles</b>	20	<b>Metros de Soldadura</b>
<b>Rendimiento (m/h)</b>	<b>Tiempo de Soldadura (h)</b>	<b>Tiempo(min)</b>
58,8	0,340	20,41
57	0,351	21,05
51	0,392	23,53

Fuente: (Propia)

Tabla 2.47. Cálculo de Tiempos GMAW-Cajones 2C-Ranura Cuadrada.

<b>Cálculo de Tiempos GMAW-Fabricación Cajones 2C-Ranura Cuadrada</b>				
<b>Longitud</b>		6	<b>Metros</b>	
<b>Cantidad de juntas</b>		1		
<b>Perfiles</b>		6	<b>Metros de Soldadura</b>	
<b>#Pases</b>	<b>CA (kg/m)</b>	<b>Rendimiento (m/h)</b>	<b>Tiempo de Soldadura (h)</b>	<b>Tiempo de Soldadura (min)</b>
1	0,28494	23,74	0,25	15,2
2	0,56989	11,87	0,51	30,3
3	0,85483	7,91	0,76	45,5
4	1,13978	5,94	1,01	60,7

Fuente: (Propia)

Tabla 2.48. Cálculo de Tiempos GMAW-Cajones 2C-Ranura V Simple.

<b>Cálculo de Tiempos GMAW-Fabricación Cajones 2C-Ranura V Simple</b>				
<b>Longitud</b>		6	<b>Metros</b>	
<b>Cantidad de juntas</b>		1		
<b>Perfiles</b>		6	<b>Metros de Soldadura</b>	
<b>#Pases</b>	<b>CA (kg/m)</b>	<b>Rendimiento (m/h)</b>	<b>Tiempo de Soldadura (h)</b>	<b>Tiempo de Soldadura (min)</b>
6	1,710	3,96	1,52	90,98
7	1,995	3,39	1,77	106,14
9	2,564	2,64	2,27	136,47

Fuente: (Propia)

Tabla 2.49. Cálculo de Tiempos GMAW-Cajones 4 placas-Ranura bisel simple-CJP.

<b>Cálculo de Tiempos GMAW-Fabricación Cajones 4 Placas-Ranura Bisel Simple-CJP</b>				
<b>Longitud</b>		6	<b>Metros</b>	
<b>Cantidad de juntas</b>		1		
<b>Perfiles</b>		6	<b>Metros de Soldadura</b>	
<b>#Pases</b>	<b>CA (kg/m)</b>	<b>Rendimiento (m/h)</b>	<b>Tiempo de Soldadura (h)</b>	<b>Tiempo de Soldadura (min)</b>
6	1,710	3,96	1,52	90,98
8	2,280	2,97	2,02	121,30
9	2,564	2,64	2,27	136,47
14	3,989	1,70	3,54	212,28
18	5,129	1,32	4,55	272,93

Fuente: (Propia)

Tabla 2.50. Cálculo de Tiempos GMAW-Cajones 4 placas-Ranura bisel simple-PJP.

<b>Cálculo de Tiempos GMAW-Fabricación Cajones 4 Placas-Ranura Bisel Simple-PJP</b>				
<b>Longitud</b>		6	<b>Metros</b>	
<b>Cantidad de juntas</b>		1		
<b>Perfiles</b>		6	<b>Metros de Soldadura</b>	
<b>#Pases</b>	<b>CA (kg/m)</b>	<b>Rendimiento (m/h)</b>	<b>Tiempo de Soldadura (h)</b>	<b>Tiempo de Soldadura (min)</b>
3	0,855	7,9	0,76	45,49
4	1,140	5,9	1,01	60,65
5	1,425	4,7	1,26	75,82
7	1,995	3,4	1,77	106,14
11	3,134	2,2	2,78	166,79

Fuente: (Propia)

## 2.14. Factor de Operación

El factor de operación se lo calcula tomando los tiempos de las actividades para realizar el proceso de soldadura, es decir es el porcentaje de tiempo de arco real dividido para el tiempo total de la fabricación de un componente, por lo cual el factor de operación puede realizarse mediante un estudio de tiempos de cada operación en el proceso de soldadura.

### 2.14.1. Factor de Operación para SAW-SINGLE

Para realizar el cálculo de factor de operación para la máquina T-Master SINGLE, se realizó un estudio de tiempos t1, t2, t3, t4 y t5 con las actividades mostradas en la tabla 2.51.

Tabla 2.51. Actividades realizadas con tiempos para la fabricación de vigas con SAW-SINGLE.

t1 = Tiempo de señalización con tiza, uso de flexómetro, GMAW para apuntalado
t2 = Tiempo de Transporte (rodillos) de la viga
t3= Tiempo de Soldadura o Arco
t4= Tiempo de descarga después de la soldadura
t5 =Tiempo de Sopletear con llama de fuego

Fuente: (Propia)

La tabla 2.52 muestra un ejemplo de tiempos para la fabricación de una viga en la T-Master SINGLE.

Tabla 2.52. Tiempos de fabricación de la viga FEV 17 en la T-Master SINGLE.

FEV 17	Tiempo (min)	Tiempo (seg)
t1= 1'52"	1,87	112
t2= 2'15"	2,25	135
t3=3' 50"	3,83	230
t4=2'38"	2,63	158
<b>Suma Parcial</b>	10,58	635
<b>Total 1</b>	21,16	1270
t5=3'10"	3,17	190
<b>Suma Total de Tiempo</b>	24,33	1460
<b>FO</b>	<b>0,31</b>	

Fuente: (Propia)

$$FO = \frac{\text{Tiempo de Arco}}{\text{Tiempo Total}} \quad (2.1.)$$

$$FO = \frac{2 \cdot 3.83 \text{ min}}{24.33 \text{ min}}$$

$$FO = 0.31$$

Tabla 2.53. Factor de Operación en la fabricación de vigas en la T-Master SINGLE.

VIGAS	FO
FEV 17	0,31
FEV 11	0,29
FEV 15	0,30
FEV 50	0,27
FEV 5	0,28
FEV 31	0,29
<b>Total FO</b>	<b>0,29</b>

Fuente: (Propia)

La tabla 2.53 muestra el factor de operación de vigas fabricadas en la T-Master SINGLE, en la que se observa que la operación depende mucho de los tiempos t1, t2, t4 y t5, mientras menor sea el tiempo en estos procesos se podrá incrementar el factor de operación en la máquina T-Master Single.

## 2.14.2. Factor de Operación para SAW-TWIN

Para realizar el cálculo de factor de operación para la máquina T-Master TWIN, se realiza un estudio de tiempos t1, t2, t3, t4 y t5 con las actividades mostradas en la tabla 2.51 con el mismo procedimiento que en la T-Master SINGLE.

La siguiente tabla 2.54 muestra un ejemplo de tiempos para la fabricación de una viga en la T-Master TWIN.

Tabla 2.54. Tiempos de fabricación de la viga FS-31 en la T-Master TWIN.

VS-31	Tiempo (min)	Tiempo (seg)
t1= 4' 15"	4,25	255
t2= 4'20"	4,33	260
t3=5' 17"	5,28	317
t4=4'50"	4,83	290
<b>Suma Parcial</b>	18,69	1121
<b>Total 1</b>	37,38	2243
t5=3'10"	3,17	190
<b>Suma Total de Tiempo</b>	40,55	2433
<b>FO</b>	<b>0,26</b>	

Fuente: (Propia)

$$FO = \frac{\text{Tiempo de Arco}}{\text{Tiempo Total}} \quad (2.2.)$$

$$FO = \frac{2 \cdot 5.28}{40.55}$$

$$FO = 0.26$$

Tabla 2.55. Factor de Operación en la fabricación de vigas en la T-Master TWIN.

VIGAS	FO
VS-31	0,26
VS-30	0,27
VM2-48	0,26
VS2-11	0,25
VS2-20	0,27
VS2-43	0,25
VM2-41	0,27
VM2-21	0,29
VM2-42	0,27
VM2-16	0,29
<b>TOTAL</b>	<b>0,27</b>

Fuente: (Propia)

### 2.14.3. Factor de Operación para GMAW

Para realizar el cálculo de factor de operación para la máquina GMAW, se realiza un estudio de tiempos que son, el tiempo de arco de soldadura y tiempos varios (tiempo de pulido después de la soldadura, regulación de parámetros de la máquina, cambio de rollos de alambre electrodo, gel para limpiar punta del alambre electrodo).

La siguiente tabla 2.56 muestra ejemplos de tiempos para la fabricación de cajón con ranuras CJP y con placa de respaldo.

Tabla 2.56. Tiempos de fabricación de Cajón con 2 C y placa de respaldo.

TIEMPO DE ARCO		TIEMPO VARIOS	
Tiempo	Tiempo (s)	Tiempo	Tiempo (s)
1'50"	110	1'12"	72
1'53"	113	1'05"	65
2'14"	134	59"	59
2'31"	151	1'43"	103
2'03"	123	7'12"	432
2'18"	138	2'14"	134
2'46"	166	7'11"	431
3'03"	183	1'06"	66
2'56"	176	58"	58
4'33"	273	1'12"	72
3'19"	199	1'11"	71
3'34"	214	57"	57
3'59"	239	1'18"	78
4'52"	292	1'14"	74
3'55"	235	58"	58

4'48"	288	2'16"	136
<b>Tiempo Total (s)</b>	3034	<b>Tiempo Total (s)</b>	1966
<b>Tiempo Total (min)</b>	50,57	<b>Tiempo Total (min)</b>	32,77
	<b>Factor de Operación</b>	<b>0,61</b>	

Fuente: (Propia)

$$FO = \frac{\text{Tiempo de Arco}}{\text{Tiempo Total}} \quad (2.3.)$$

$$FO = \frac{50.57}{50.57+32.77}$$

$$FO = 0.61$$

Tabla 2.57. Tiempos de fabricación de Cajón de 4 placas con placa de respaldo CJP (1).

TIEMPO DE ARCO		TIEMPO VARIOS	
Tiempo	Tiempo (s)	Tiempo	Tiempo (s)
2'46"	166	4'57"	297
2'58"	178	1'13"	73
1'55"	115	58"	58
2'18"	138	45"	45
2'25"	145	1'39"	99
2'41"	161	1'17"	77
2'33"	153	1'	60
3'59"	239	1'29"	89
3'10"	190	40"	40
3'49"	229	52"	52
3'25"	205	51"	51
6'59"	419	1'45"	105
<b>Tiempo Total (s)</b>	2338	<b>Tiempo Total (s)</b>	1046
<b>Tiempo Total (min)</b>	38,97	<b>Tiempo Total (min)</b>	17,43
	<b>Factor de Operación</b>	<b>0,69</b>	

Fuente: (Propia)

Tabla 2.58. Tiempos de fabricación de Cajón de 4 placas con placa de respaldo CJP (2).

Tiempo de Arco		Tiempo Varios	
Tiempo	Tiempo (s)	Tiempo	Tiempo (s)
3'16"	196	1'32"	92
2'40"	160	2'03"	123
2'43"	163	1'05"	65
1'21"	81	1'29"	89
5'26"	326	4'51"	291
3'21"	201	1'30"	90
4'48"	288	2'10"	130
4'14"	254	2'02"	122
5'38"	338	2'22"	142
<b>Tiempo Total (s)</b>	2007	<b>Tiempo Total (s)</b>	1144
<b>Tiempo Total (min)</b>	<b>33,45</b>	<b>Tiempo Total (min)</b>	<b>19,1</b>
	<b>Factor de Operación</b>	<b>0,64</b>	

Fuente: (Propia)

Tabla 2.59. Tiempos de fabricación de Cajón de 4 placas con placa de respaldo PJP (1).

Tiempo de Arco		Tiempo Varios	
Tiempo	Tiempo (s)	Tiempo	Tiempo (s)
4'06"	246	4'53"	293
3'33"	213	1'32"	92
4'11"	251	1'10"	70
4'13"	253	58"	58
<b>Tiempo Total (s)</b>	963	<b>Tiempo Total (s)</b>	513
<b>Tiempo Total (min)</b>	16,05	<b>Tiempo Total (min)</b>	8,55
	<b>Factor de Operación</b>	<b>0,65</b>	

Fuente: (Propia)

Tabla 2.60. Tiempos de fabricación de Cajón de 4 placas con placa de respaldo PJP (2).

Tiempo de Arco		Tiempo Varios	
Tiempo	Tiempo (s)	Tiempo	Tiempo (s)
2'29"	149	2'35"	155
2'30"	150	2'09"	129
3'24"	204	50"	50
5'01"	301	2'17"	137
3'05"	185	2'13"	133
5'38"	338	2'44"	164

<b>Tiempo Total (s)</b>	1327	<b>Tiempo Total (s)</b>	768
<b>Tiempo Total (min)</b>	22,12	<b>Tiempo Total (min)</b>	12,8
	<b>Factor de Operación</b>	<b>0,63</b>	

Fuente: (Propia)

Tabla 2.61. Factor de Operación en la fabricación de cajones metálicos con GMAW.

<b>CAJONES</b>	<b>FO</b>
<b>2 C</b>	0,61
<b>4 Placas-CJP</b>	0,69
<b>4 Placas-CJP</b>	0,64
<b>4 Placas-PJP</b>	0,65
<b>4 Placas-PJP</b>	0,63
<b>TOTAL</b>	<b>0,64</b>

Fuente: (Propia)

## **2.15. Costes de Mano de Obra**

El coste de mano de obra se basa en el precio hora que se paga al soldador, por la realización del trabajo de soldadura, es decir, es el pago de número de piezas producidas por hora.

### **2.15.1. Costes de mano de obra por unidad de longitud de soldadura**

Para el cálculo de costes de mano de obra por unidad de longitud de soldadura se emplea la ecuación 1.11 tanto para el proceso SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW.

Tabla 2.62. Costes de mano de obra por unidad de longitud de soldadura.

<b>Costes de Mano de Obra por unidad de longitud de soldadura (MO)</b>					
<b>MO = <math>\frac{CS * MD}{VD * FO}</math></b>					
<b>CS = Coste de Soldador (USD/h)</b>	<b>MD= Metal Depositado (kg/m)</b>	<b>VD= Velocidad de Deposición (kg/h)</b>	<b>FO= Factor de Operación (%)</b>	<b>MO (USD/m)</b>	<b>Total (USD)</b>
<b>T-MASTER SINGLE</b>					
4,5	0,098	5,3	0,29	0,29	0,29
4,5	0,141	5,3	0,29	0,41	0,41
4,5	0,251	4,8	0,29	0,81	0,81
<b>T-MASTER TWIN</b>					
4,5	0,251	5,3	0,27	0,79	0,79
4,5	0,318	4,8	0,27	1,11	1,11
4,5	0,475	4,8	0,27	1,65	1,65
<b>GMAW-2C Ranura Cuadrada</b>					
4,5	0,188	6,8	0,64	0,20	0,20
4,5	0,377	6,8	0,64	0,39	0,39
4,5	0,628	6,8	0,64	0,65	0,65
4,5	0,942	6,8	0,64	0,98	0,98
<b>GMAW-2C Ranura V Simple</b>					
4,5	1,438	6,8	0,64	1,49	1,49
4,5	1,901	6,8	0,64	1,98	1,98
4,5	2,243	6,8	0,64	2,33	2,33
<b>GMAW-Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-CJP</b>					
4,5	1,590	6,8	0,64	1,65	1,65
4,5	2,120	6,8	0,64	2,20	2,20
4,5	2,512	6,8	0,64	2,61	2,61
4,5	3,631	6,8	0,64	3,77	3,77
4,5	4,946	6,8	0,64	5,14	5,14
<b>GMAW-Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-PJP</b>					
4,5	0,57	6,8	0,64	0,59	0,59
4,5	0,88	6,8	0,64	0,92	0,92
4,5	1,13	6,8	0,64	1,18	1,18
4,5	1,90	6,8	0,64	1,97	1,97
4,5	2,86	6,8	0,64	2,97	2,97

Fuente: (Propia)

## 2.15.2. Costes de mano de obra de soldadura en pasada simple

Para el cálculo de costes mano de obra de soldadura en pasada simple, se emplea la ecuación 1.12 tanto para el proceso SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW.

Tabla 2.63. Costes de mano de obra de soldadura en pasada simple.

<b>Cálculo de Costes de Mano de Obra (Soldadura de Pasada Simple) (MO)</b>				
<b>MO = <math>\frac{1 \cdot CS}{60 \cdot VS \cdot FO}</math></b>				
<b>CS = Coste de Soldador (USD/h)</b>	<b>VS = Velocidad de soldeo (m/min)</b>	<b>FO= Factor de Operación (%)</b>	<b>MO (USD/m)</b>	<b>Total (USD)</b>
<b>T-MASTER SINGLE</b>				
4,5	0,98	0,29	0,26	0,26
4,5	0,95	0,29	0,27	0,27
4,5	0,85	0,29	0,30	0,30
<b>T-MASTER TWIN</b>				
4,5	0,98	0,27	0,28	0,28
4,5	0,95	0,27	0,29	0,29
4,5	0,85	0,27	0,33	0,33
<b>GMAW-2C Ranura Cuadrada</b>				
4,5	0,40	0,64	0,30	0,30
4,5	0,40	0,64	0,30	0,30
4,5	0,40	0,64	0,30	0,30
4,5	0,40	0,64	0,30	0,30
<b>GMAW-2C Ranura V Simple</b>				
4,5	0,40	0,64	0,30	0,30
4,5	0,40	0,64	0,30	0,30
4,5	0,40	0,64	0,30	0,30
<b>GMAW-Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-CJP</b>				
4,5	0,40	0,64	0,29	0,29
4,5	0,40	0,64	0,29	0,29
4,5	0,40	0,64	0,29	0,29
4,5	0,40	0,64	0,29	0,29
4,5	0,40	0,64	0,29	0,29
<b>GMAW-Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-PJP</b>				
4,5	0,40	0,64	0,29	0,29
4,5	0,40	0,64	0,29	0,29
4,5	0,40	0,64	0,29	0,29
4,5	0,40	0,64	0,29	0,29
4,5	0,40	0,64	0,29	0,29

Fuente: (Propia)

### 2.15.3. Costes de mano de obra por kilo de metal depositado

Para el cálculo de costes de mano de obra por kilo de metal depositado, se emplea la ecuación 1.13 tanto para el proceso SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW.

Tabla 2.64. Costes de mano de obra por kilo de metal depositado.

<b>Cálculo de Coste de la Mano de Obra por Kilo de Metal Depositado (MOMD)</b>				
<b>MOMD = <math>\frac{MO}{VD * FO}</math></b>				
<b>MO = Coste de la Mano de Obra (USD/h)</b>	<b>VD = Tasa de Deposición (kg/h)</b>	<b>FO = Factor de Operación (%)</b>	<b>MO / VD*FO (USD/kg)</b>	<b>Total MOMD (USD)</b>
<b>T-MASTER SINGLE</b>				
4,5	5,3	0,29	2,91	0,29
4,5	5,3	0,29	2,91	0,42
4,5	4,8	0,29	3,24	0,82
<b>T-MASTER TWIN</b>				
4,5	5,3	0,27	3,13	0,79
4,5	4,8	0,27	3,48	1,12
4,5	4,8	0,27	3,48	1,67
<b>GMAW-2C Ranura Cuadrada</b>				
4,5	6,8	0,64	1,04	0,20
4,5	6,8	0,64	1,04	0,40
4,5	6,8	0,64	1,04	0,67
4,5	6,8	0,64	1,04	1,00
<b>GMAW-2C Ranura V Simple</b>				
4,5	6,8	0,64	1,04	1,53
4,5	6,8	0,64	1,04	2,02
4,5	6,8	0,64	1,04	2,38
<b>GMAW-Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-CJP</b>				
4,5	6,8	0,64	1,04	1,69
4,5	6,8	0,64	1,04	2,25
4,5	6,8	0,64	1,04	2,66
4,5	6,8	0,64	1,04	3,85
4,5	6,8	0,64	1,04	5,24
<b>GMAW-Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-PJP</b>				
4,5	6,8	0,64	1,04	0,60
4,5	6,8	0,64	1,04	0,94
4,5	6,8	0,64	1,04	1,20
4,5	6,8	0,64	1,04	2,01
4,5	6,8	0,64	1,04	3,03

Fuente: (Propia)

## 2.16. Costes energéticos en soldadura

Los costes de energía eléctrica son los generados por el funcionamiento de equipos de soldadura SAW y GMAW, que son necesarios conocer para obtener el análisis técnico-económico real de todo el proceso de soldadura de la Empresa SEDEMI.

### 2.16.1. Costes de energía por unidad de longitud

Para el cálculo de los costes de energía por unidad de longitud, se emplea la ecuación 1.14 tanto para el proceso SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW.

Tabla 2.65. Costes de energía por unidad de longitud.

Costes de Energía por Unidad de Longitud (CE)								
$CE = \frac{TE * V * I * CA}{1000 * VD * FO * EE}$								
TE = Tarifa eléctrica (USD/kWh)	Tensión de soldado (V)	Amperaje (A)	CA = Consumo de material de aportación (kg/m)	VD = Velocidad de deposición (kg/h)	FO = Factor de operación (%)	EE = Eficacia de la fuente de energía (%)	CE (USD/m)	CE Total (USD)
<b>T-MASTER SINGLE</b>								
0,0805	28	450	0,0991	5,3	0,29	0,87	0,07	0,07
0,0805	28	450	0,1428	5,3	0,29	0,87	0,11	0,11
0,0805	28	450	0,2538	4,8	0,29	0,87	0,21	0,21
<b>T-MASTER TWIN</b>								
0,0805	29	355	0,2537	5,3	0,27	0,87	0,17	0,17
0,0805	29	355	0,3211	4,8	0,27	0,87	0,24	0,24
0,0805	29	355	0,4797	4,8	0,27	0,87	0,35	0,35
<b>GMAW-2C Ranura Cuadrada</b>								
0,0805	29	290	0,1922	6,8	0,64	0,88	0,03	0,03
0,0805	29	290	0,3845	6,8	0,64	0,88	0,07	0,07
0,0805	29	290	0,6408	6,8	0,64	0,88	0,11	0,11
0,0805	29	290	0,9612	6,8	0,64	0,88	0,17	0,17
<b>GMAW-2C Ranura V Simple</b>								
0,0805	29	290	1,4675	6,8	0,64	0,88	0,26	0,26
0,0805	29	290	1,9401	6,8	0,64	0,88	0,34	0,34
0,0805	29	290	2,2884	6,8	0,64	0,88	0,41	0,41
<b>GMAW-Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-CJP</b>								
0,0805	29	290	1,6221	6,8	0,64	0,88	0,29	0,29
0,0805	29	290	2,1628	6,8	0,64	0,88	0,38	0,38
0,0805	29	290	2,5633	6,8	0,64	0,88	0,46	0,46

0,0805	29	290	3,7047	6,8	0,64	0,88	0,66	0,66
0,0805	29	290	5,0464	6,8	0,64	0,88	0,90	0,90
<b>GMAW-Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-PJP</b>								
0,0805	29	290	0,5767	6,8	0,64	0,88	0,10	0,10
0,0805	29	290	0,9011	6,8	0,64	0,88	0,16	0,16
0,0805	29	290	1,1575	6,8	0,64	0,88	0,21	0,21
0,0805	29	290	1,9385	6,8	0,64	0,88	0,34	0,34
0,0805	29	290	2,9197	6,8	0,64	0,88	0,52	0,52

Fuente: (Propia)

## 2.16.2. Costes de energía por kilo de metal depositado

Para el cálculo de costes de energía por kilo de metal depositado, se emplea la ecuación 1.15 tanto para el proceso SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW.

Tabla 2.66. Costes de energía por kilo de metal depositado.

<b>Costes de Energía por Kilo de Metal Depositado (CE MD)</b>					
$CE MD = \frac{TE * V * I}{1000 * VD}$					
Coste de energía eléctrica (USD/kwh)	Tensión de soldeo (V)	Amperaje (A)	VD = Tasa de Deposición (kg/h)	CE MD (USD/kg)	CE MD Total (USD)
<b>T-MASTER SINGLE</b>					
0,0805	28	450	5,3	0,190	0,019
0,0805	28	450	5,3	0,190	0,027
0,0805	28	450	4,8	0,212	0,054
<b>T-MASTER TWIN</b>					
0,0805	29	355	5,3	0,156	0,039
0,0805	29	355	4,8	0,173	0,056
0,0805	29	355	4,8	0,173	0,083
<b>GMAW-2C Ranura Cuadrada</b>					
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,019
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,038
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,064
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,096
<b>GMAW-2C Ranura V Simple</b>					
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,147
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,194
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,229

<b>GMAW-Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-CJP</b>					
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,162
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,216
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,257
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,371
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,505
<b>GMAW-Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-PJP</b>					
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,058
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,090
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,116
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,194
0,0805	29	290	6,8	0,100	0,292

Fuente: (Propia)

## 2.17. Costes de depreciación de las máquinas SAW y GMAW

La depreciación de las máquinas bajo estudio SAW y GMAW se calcula con la relación del valor del activo dividido para la vida útil del mismo con lo que se puede determinar el coste de las máquinas por año, mes, día y hora, como se muestra en la tabla 2.67.

Tabla 2.67. Costes de máquinas soldadoras por hora.

Máquina	Valor (\$)	Años	Por Año (\$/año)	Por Mes (\$/mes)	Por día (\$/día)	Por Hora (\$/h)
<b>T-Master</b>	445969,72	14	31854,98	2654,58	120,66	15,08
<b>Soldadora Flextec 450</b>	5549,06	14	396,36	33,03	1,50	0,19

Fuente: (Sedemi-Producción)

### 2.17.1. Costes de depreciación SAW – SINGLE

Para el cálculo del coste depreciación de la T-Master SINGLE se necesita conocer la longitud total de soldadura entre el alma y patín, el tiempo empleado en la soldadura y se realiza el respectivo cálculo, para obtener el coste de depreciación de la máquina por metro lineal empleado.

Tabla 2.68. Cálculo de coste de depreciación de la máquina SAW-SINGLE.

Tiempo (h)	Costo Máquina SAW-SINGLE (\$)
1	15,08
0,06	0,96
<b>Cálculo costo máquina SAW-SINGLE</b>	
<b>Longitud de soldadura total analizado (m)</b>	4,093
<b>Costo de Máquina analizado (\$)</b>	0,96
<b>Longitud de soldadura por metro lineal (m)</b>	1
<b>Costo de Máquina por metro lineal (\$)</b>	0,24

Fuente: (Propia)

Según los datos anteriores, se calcula el coste promedio de depreciación de la máquina por metro lineal SAW- SINGLE, mostrada en la tabla 2.69.

Tabla 2.69. Cálculo de coste promedio de depreciación de la máquina por metro lineal SAW-SINGLE.

<b>DATOS</b>			
<b>Componentes: Vigas</b>			
<b>PROCESO</b>	<b>TIPO DE CORDÓN</b>	<b>TAMAÑO DE SOLDADURA (mm)</b>	<b>CMAQ (USD/m)</b>
SAW	Filete	5	0,24
SAW	Filete	6	0,29
SAW	Filete	8	0,38

Fuente: (Propia)

## 2.17.2. Costes de depreciación SAW – TWIN

Para el cálculo del coste depreciación de la T-Master TWIN, se sigue el mismo procedimiento empleado en SAW-SINGLE para conocer la longitud total de soldadura entre el alma y patín, el tiempo total empleado en la soldadura y se realiza el respectivo cálculo, para obtener el coste de depreciación de la máquina por metro lineal empleado.

Tabla 2.70. Cálculo de coste de depreciación de la máquina SAW-TWIN.

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Costo Máquina GMAW (\$)</b>
1	15,08
0,09	1,33
<b>Cálculo costo máquina SAW</b>	
<b>Longitud de soldadura total analizado (m)</b>	4,98
<b>Costo de Máquina analizado (\$)</b>	1,33
<b>Longitud de soldadura por metro lineal (m)</b>	1
<b>Costo de Máquina por metro lineal (\$)</b>	0,27

Fuente: (Propia)

Según los datos anteriores, se calcula el coste promedio de depreciación de la máquina por metro lineal SAW- TWIN, mostrada en la tabla 2.71.

Tabla 2.71. Cálculo de coste promedio de depreciación de la máquina por metro lineal SAW-TWIN.

<b>DATOS</b>			
<b>Componentes: Vigas</b>			
<b>PROCESO</b>	<b>TIPO DE CORDÓN</b>	<b>TAMAÑO DE SOLDADURA (mm)</b>	<b>CMAQ (USD/m)</b>
SAW	Filete	8	0,27
SAW	Filete	9	0,30
SAW	Filete	11	0,37

Fuente: (Propia)

### 2.17.3. Costes de depreciación GMAW

Para el cálculo del coste depreciación de las máquinas GMAW, se sigue el mismo procedimiento empleado en SAW-SINGLE para conocer la longitud total de soldadura entre las placas a unir, el tiempo total empleado en la soldadura y se realiza el respectivo cálculo, para obtener el coste de depreciación de la máquina por metro lineal empleado, tanto en las juntas 2C y 4 placas con ranura de bisel simple CJP y PJP.

Tabla 2.72. Cálculo de coste de depreciación de la máquina GMAW – 2C.

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Costo Máquina GMAW (\$)</b>
1	0,19
0,84	0,16
<b>Cálculo costo máquina GMAW</b>	
<b>Longitud de soldadura total analizado (m)</b>	1,7
<b>Costo de Máquina analizado (\$)</b>	0,16
<b>Longitud de soldadura por metro lineal (m)</b>	1
<b>Costo de Máquina por metro lineal (\$)</b>	0,09

Fuente: (Propia)

Tabla 2.73. Cálculo de coste de depreciación de la máquina GMAW – 4 placas CJP.

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Costo Máquina GMAW (\$)</b>
1	0,19
0,65	0,12
<b>Cálculo costo máquina GMAW</b>	
<b>Longitud de soldadura total analizado (m)</b>	1,65
<b>Costo de Máquina analizado (\$)</b>	0,12
<b>Longitud de soldadura por metro lineal (mm)</b>	1
<b>Costo de Máquina por metro lineal (\$)</b>	0,075

Fuente: (Propia)

Tabla 2.74. Cálculo de coste de depreciación de la máquina GMAW – 4 placas PJP.

Tiempo (h)	Costo Máquina GMAW (\$)
1	0,19
0,37	0,07
Cálculo costo máquina GMAW	
Longitud de soldadura total analizado (m)	1,45
Costo de Máquina analizado (\$)	0,07
Longitud de soldadura por metro lineal (m)	1
Costo de Máquina por metro lineal (\$)	0,048

Fuente: (Propia)

Según los datos anteriores, se calcula el coste promedio de depreciación de la máquina por metro lineal GMAW, tanto para las soldaduras con juntas de 2C y 4 placas mostrada en la tabla 2.75.

Tabla 2.75. Cálculo de coste promedio de depreciación de la máquina por metro lineal GMAW – 2C y 4 placas.

DATOS			
Componentes: Cajones			
PROCESO	TIPO DE CORDÓN	TAMAÑO DE SOLDADURA (mm)	CMAQ (USD/m)
GMAW-2C Ranura Cuadrada			
GMAW	Ranura	6	0,05
GMAW	Ranura	8	0,06
GMAW	Ranura	10	0,08
GMAW	Ranura	12	0,09
GMAW-2C Ranura V Simple			
GMAW	Ranura	15	0,12
GMAW	Ranura	18	0,14
GMAW	Ranura	20	0,16
GMAW- Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-CJP			
GMAW	Ranura	15	0,056
GMAW	Ranura	18	0,067
GMAW	Ranura	20	0,075
GMAW	Ranura	25	0,093
GMAW	Ranura	30	0,112
GMAW- Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple; f=3min-PJP			
GMAW	Ranura	15	0,036
GMAW	Ranura	18	0,043
GMAW	Ranura	20	0,048
GMAW	Ranura	25	0,060
GMAW	Ranura	30	0,072

Fuente: (Propia)

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se muestran los costes totales de soldadura por metro lineal obtenidos de los cálculos del capítulo anterior, para los procesos de soldadura SAW y GMAW, así como tablas resúmenes de costes para los procesos SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW.

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Costes totales por metro lineal de soldadura para el proceso SAW-SINGLE

Para obtener los costes totales por metro lineal de soldadura para el proceso SAW-SINGLE se calcula el coste de material de aporte, coste de fundente utilizado, costes de mano de obra, costes de energía y coste de depreciación de la máquina, como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Costes Totales T-MASTER 2500.

DATOS					Costes Totales T-MASTER 2500					
Componentes: Vigas					CMA	CF	CMO	CE	CMAQ	Costo Total
PROCESO	TIPO DE CORDÓN	TAMAÑO DE SOLDADURA (mm)	TAMAÑO DE SOLDADURA (m)	Longitud (m)	MA (USD/m)	CF (USD/m)	MO (USD/m)	CE (USD/m)	CMAQ (USD/m)	CT (USD/m)
SAW	Filete	5	0,005	1	0,1636	0,29	0,29	0,07	0,24	1,06
SAW	Filete	6	0,006	1	0,2356	0,42	0,41	0,11	0,29	1,47
SAW	Filete	8	0,008	1	0,4188	0,75	0,81	0,21	0,38	2,57

Fuente: (Propia)

La Tabla 3.1 muestra los resultados de costes totales por unidad de longitud en la máquina T-Master 2500, en la cual se puede observar mientras aumenta el tamaño de filete, el coste total se incrementa, por lo que se debe tener muy bien establecido el tamaño de filete a soldar para conocer el coste total del metro de soldadura, ya que el material de aporte, el fundente, la mano de obra, coste de energía se incrementan con el tamaño de filete, es decir, el coste de soldadura tiene una relación directamente proporcional al tamaño de filete, más el coste de depreciación de la máquina que también aumenta con el tamaño de filete a soldar.

##### 3.1.2. Costes totales por metro lineal de soldadura para el proceso SAW-TWIN

La Tabla 3.2 muestra los resultados de costes totales por unidad de longitud en la máquina T-Master 4000, en el que se puede observar que tiene el mismo comportamiento de la T-Master 2500 en el cual el coste total del metro de soldadura se incrementa con el tamaño de filete, es decir el coste de soldadura tiene una relación directamente proporcional al

tamaño de filete, más el coste de depreciación de la máquina que también aumenta con el tamaño de filete.

Tabla 3.2. Costes Totales T-MASTER 4000.

DATOS					Costes Totales T-MASTER 4000					
Componentes: Vigas					CMA	CF	CMO	CE	CMAQ	Costo Total
PROCESO	TIPO DE CORDÓN	TAMAÑO DE SOLDADURA (mm)	TAMAÑO DE SOLDADURA (m)	Longitud (m)	MA (USD/m)	CF (USD/m)	MO (USD/m)	CE (USD/m)	CMAQ (USD/m)	CT (USD/m)
SAW	Filete	8	0,008	1	0,4187	0,75	0,79	0,17	0,27	2,39
SAW	Filete	9	0,009	1	0,5299	0,95	1,11	0,24	0,30	3,12
SAW	Filete	11	0,011	1	0,7915	1,42	1,65	0,35	0,37	4,58

Fuente: (Propia)

### 3.1.3. Costes totales por metro lineal de soldadura para el proceso GMAW

La Tabla 3.3 muestra los resultados de costes totales por unidad de longitud en la máquina de soldadura GMAW, en el cual se puede observar que el coste de material de aporte, coste de consumo de gas, costes de mano de obra y costes de energía, tiene un incremento directo de acuerdo con el espesor de material base, tamaño y geometría de la ranura en donde se deposita el material de aporte, más el coste de depreciación de la máquina que va aumentar dependiendo del tamaño de la soldadura.

Tabla 3.3. Costes Totales GMAW.

DATOS					Costes Totales GMAW					
Componentes: Cajones					CMA	CG	CMO	CE	CMAQ	Costo Total
PROCESO	TIPO DE CORDÓN	TAMAÑO DE SOLDADURA (mm)	TAMAÑO DE SOLDADURA (m)	Longitud (m)	MA (USD/m)	CG (USD/m)	MO (USD/m)	CE (USD/m)	CMAQ (USD/m)	CT (USD/m)
<b>GMAW-2C Ranura Cuadrada</b>					<b>GMAW-2C Ranura Cuadrada</b>					
GMAW	Ranura	6	0,0060	1	0,2595	0,264	0,20	0,03	0,05	0,80
GMAW	Ranura	8	0,0080	1	0,5191	0,264	0,39	0,07	0,06	1,30
GMAW	Ranura	10	0,0100	1	0,8651	0,264	0,65	0,11	0,08	1,98
GMAW	Ranura	12	0,0120	1	1,2977	0,264	0,98	0,17	0,09	2,80
<b>GMAW-2C Ranura V Simple</b>					<b>GMAW-2C Ranura V Simple</b>					
GMAW	Ranura	15	0,0150	1	1,9811	0,369	1,49	0,26	0,12	4,23
GMAW	Ranura	18	0,0180	1	2,6192	0,462	1,98	0,34	0,14	5,54
GMAW	Ranura	20	0,0200	1	3,0893	0,462	2,33	0,41	0,16	6,45
<b>GMAW- Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-CJP</b>					<b>GMAW- Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple-CJP</b>					
GMAW	Ranura	15	0,0150	1	2,1898	0,577	1,65	0,29	0,056	4,76
GMAW	Ranura	18	0,0180	1	2,9197	0,577	2,20	0,38	0,067	6,15
GMAW	Ranura	20	0,0200	1	3,4604	0,577	2,61	0,46	0,075	7,18
GMAW	Ranura	25	0,0250	1	5,0014	0,577	3,77	0,66	0,093	10,10
GMAW	Ranura	30	0,0300	1	6,8127	0,577	5,14	0,90	0,112	13,54
<b>GMAW- Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple; f=3min-PJP</b>					<b>GMAW- Cajón 4 Placas-Ranura Bisel Simple; f=3min-PJP</b>					
GMAW	Ranura	15	0,015	1	0,78	0,577	0,59	0,10	0,036	2,08
GMAW	Ranura	18	0,018	1	1,22	0,577	0,92	0,16	0,043	2,91
GMAW	Ranura	20	0,02	1	1,56	0,577	1,18	0,21	0,048	3,57
GMAW	Ranura	25	0,025	1	2,62	0,577	1,97	0,34	0,06	5,57
GMAW	Ranura	30	0,03	1	3,94	0,577	2,97	0,52	0,072	8,08

Fuente: (Propia)

### 3.1.4. Material de aporte total para la máquina T-MASTER 2500

Para el cálculo de material de aporte en la máquina T-MASTER 2500, se lo realizo mediante la toma de pesos de los rollos de alambre electrodo utilizados por día y así contabilizar el total de rollos utilizados en cada semana en los meses de enero, febrero y marzo como se muestra en la tabla 3.4.

Para la máquina T-MASTER 2500-SINGLE se utiliza 2 rollos de alambre electrodo, para la soldadura de vigas y la tabla 3.4 muestra la cantidad de rollos utilizados por semana.

Tabla 3.4. Material de Aporte T-MASTER 2500.

<b>ELECTRODO:</b>	EM12K ESAB	<b>DIÁMETRO</b>	2.4mm
<b>MESES</b>	<b>CANTIDAD DE ROLLLOS UTILIZADOS/SEMANA SAW-SINGLE</b>		<b>Peso Rollos (kg)</b>
<b>ENERO</b>	Semana 1	11	275
	Semana 2	10	250
	Semana 3	12	300
	Semana 4	14	350
<b>Total de Rollos-Enero</b>		47	1175
<b>FEBRERO</b>	Semana 1	10	250
	Semana 2	7	175
	Semana 3	7	175
	Semana 4	9	225
<b>Total de Rollos-Febrero</b>		33	825
<b>MARZO</b>	Semana 1	14	350
	Semana 2	11	275
	Semana 3	5	125
	Semana 4	2	50
<b>Total de Rollos-Marzo</b>		32	800

Fuente: (Propia)

### 3.1.5. Material de aporte total para la máquina T-MASTER 4000

Para el cálculo de material de aporte en la máquina T-MASTER 4000, se sigue el mismo procedimiento de la T-MASTER 2500, para conocer los rollos de alambre electrodo utilizados por día y contabilizar el total de rollos utilizados por semana en los meses de enero, febrero y marzo como se muestra en la tabla 3.5.

Para la máquina T-MASTER 4000-TWIN se utiliza 4 rollos de alambre electrodo, para la soldadura de vigas y la tabla 3.5 muestra la cantidad de rollos utilizados por semana.

Tabla 3.5. Material de Aporte T-MASTER 4000.

<b>ELECTRODO:</b>	<b>EM12K ESAB</b>	<b>DIÁMETRO</b>	<b>2.4 mm</b>
<b>MESES</b>	<b>CANTIDAD DE ROLLOS UTILIZADOS/SEMANA SAW-TWIN</b>		<b>Peso Rollos (kg)</b>
<b>ENERO</b>	Semana 1	11	275
	Semana 2	14	350
	Semana 3	9	225
	Semana 4	10	250
<b>Total de Rollos-Enero</b>		<b>44</b>	<b>1100</b>
<b>FEBRERO</b>	Semana 1	16	400
	Semana 2	8	200
	Semana 3	10	250
	Semana 4	9	225
<b>Total de Rollos-Febrero</b>		<b>43</b>	<b>1075</b>
<b>MARZO</b>	Semana 1	11	275
	Semana 2	15	375
	Semana 3	4	100
<b>Total de Rollos-Marzo</b>		<b>30</b>	<b>750</b>

Fuente: (Propia)

### 3.1.6. Material de aporte total para la máquina GMAW

Para el cálculo de material de aporte en la máquina GMAW, se sigue el mismo procedimiento que en las máquinas T-Master, para conocer los rollos de alambre electrodo utilizados por día y contabilizar el total de rollos utilizados por semana en los meses de febrero y marzo como se muestra en la tabla 3.6.

Para el análisis del material de aporte total para GMAW, se utiliza 2 máquinas soldadoras para la fabricación de cajones metálicos y la tabla 3.6 muestra la cantidad de rollos utilizados por semana.

Tabla 3.6. Material de Aporte GMAW.

<b>ELECTRODO:</b>	<b>ER-70S-6</b>	<b>DIÁMETRO</b>	<b>1.2 mm</b>
<b>MESES</b>	<b>CANTIDAD DE ROLLOS UTILIZADOS/SEMANA GMAW</b>		<b>Peso de Rollos (kg)</b>
<b>FEBRERO</b>	Semana 1	14	210
	Semana 2	16	240
	Semana 3	14	210
	Semana 4	8	120
<b>Total de Rollos-Febrero</b>		<b>52</b>	<b>780</b>
<b>MARZO</b>	Semana 1	14	210
	Semana 2	10	150
	Semana 3	10	150
<b>Total de Rollos-Marzo</b>		<b>34</b>	<b>510</b>

Fuente: (Propia)

### 3.1.7. Factor de Operación

Para el cálculo del factor de operación de las máquinas T-MASTER y GMAW se lo realiza mediante un estudio de tiempos, es decir el tiempo de arco real dividido para el tiempo total de fabricación de una viga o cajón.

Las tablas 3.7, 3.8, 3.9 muestran el factor de operación real de los procesos bajo estudio.

Tabla 3.7. Factor de Operación T-MASTER 2500.

<b>VIGAS</b>	<b>FO</b>
<b>FEV 17</b>	0,31
<b>FEV 11</b>	0,29
<b>FEV 15</b>	0,30
<b>FEV 50</b>	0,27
<b>FEV 5</b>	0,28
<b>FEV 31</b>	0,29
<b>Total FO</b>	<b>0,29</b>

Fuente: (Propia)

Tabla 3.8. Factor de Operación T-MASTER 4000.

<b>VIGAS</b>	<b>FO</b>
<b>VS-31</b>	0,26
<b>VS-30</b>	0,27
<b>VM2-48</b>	0,26
<b>VS2-11</b>	0,25
<b>VS2-20</b>	0,27
<b>VS2-43</b>	0,25
<b>VM2-41</b>	0,27
<b>VM2-21</b>	0,29
<b>VM2-42</b>	0,27
<b>VM2-16</b>	0,29
<b>TOTAL</b>	<b>0,27</b>

Fuente: (Propia)

Tabla 3.9. Factor de Operación GMAW.

<b>CAJONES</b>	<b>FO</b>
<b>2 C</b>	0,61
<b>4 Placas-CJP</b>	0,69
<b>4 Placas-CJP</b>	0,64
<b>4 Placas-PJP</b>	0,65
<b>4 Placas-PJP</b>	0,63
<b>TOTAL</b>	<b>0,64</b>

Fuente: (Propia)

La tabla 3.9 muestra que el Factor de Operación para las máquinas GMAW está en el rango teórico, pero este valor puede incrementar realizando acciones correctivas en el proceso de soldadura, como tener los consumibles necesarios para que el proceso de soldadura se complete sin interrupciones, hacer cambios de alambre electrodo de manera rápida, discos para pulido después del primer pase de soldadura, revisión de los parámetros de la máquina como: corriente, velocidad de alimentación del alambre y voltaje.

### 3.1.8. Rendimiento de aportación

Para el cálculo del rendimiento de aportación de las máquinas T-Master 2500, T-Master 4000 y GMAW se lo realizó mediante el peso de los rollos utilizados en cada proceso de soldadura y con los sobrantes de los alambres electrodos utilizados.

Tabla 3.10. Rendimiento de Aportación T-Master 2500.

<b>T-MASTER 2500</b>	
<b>Meses</b>	<b>Rendimiento de Aportación</b>
<b>Enero</b>	99,02
<b>Febrero</b>	99,04
<b>Marzo</b>	98,88
<b>TOTAL</b>	<b>98,98</b>

Fuente: (Propia)

Tabla 3.11. Rendimiento de Aportación T-Master 4000.

<b>T-MASTER 4000</b>	
<b>Meses</b>	<b>Rendimiento de Aportación</b>
<b>Enero</b>	98,45
<b>Febrero</b>	98,77
<b>Marzo</b>	99,15
<b>TOTAL</b>	<b>98,79</b>

Fuente: (Propia)

Tabla 3.12. Rendimiento de Aportación GMAW.

<b>GMAW</b>	
<b>Meses</b>	<b>Rendimiento de Aportación</b>
<b>Febrero</b>	97,86
<b>Marzo</b>	97,87
<b>TOTAL</b>	<b>97,86</b>

Fuente: (Propia)

## 3.2. Discusión

### 3.2.1. Costes totales por metro lineal de los procesos SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW

Para obtener los costes totales por metro lineal para los procesos SAW-SINGLE, SAW-TWIN se realiza el análisis de coste de material de aporte, coste de fundente utilizado, costes de mano de obra y costes de energía, como se puede observar el coste de estos dos procesos de soldadura se incrementa según sea el tamaño de filete a soldar, todos los materiales consumibles se van a gastar de igual manera con la longitud a soldar establecida, por tal razón es necesario tener las tablas de Excel bajo estudio, para predeterminar que valores de costes de consumibles se deberían tener en cuenta en los proyectos a ejecutar en la empresa SEDEMI.

Para el proceso GMAW se sigue el mismo procedimiento del proceso SAW, para determinar los costes totales por metro lineal que son el coste de material de aporte, el coste de gas utilizado, coste de mano de obra y coste de energía, como se puede observar el coste de soldadura para cajones se incrementa según la geometría de la ranura a depositar y el espesor de las placas a soldar.

En las figuras 2.13 y 2.15 se puede observar que el coste de importe de material Vs tamaño de filete y espesor depositado en SAW-SINGLE y GMAW-2C ranura cuadrada, respectivamente, tiene un comportamiento lineal, es decir todos los materiales consumibles tienen un gasto promedio igual dependiendo el tamaño de filete a soldar o la forma de ranura a depositar. En las figuras 2.14, 2.16, 2.17, 2.18 se puede observar un comportamiento similar para los procesos SAW-TWIN y GMAW.

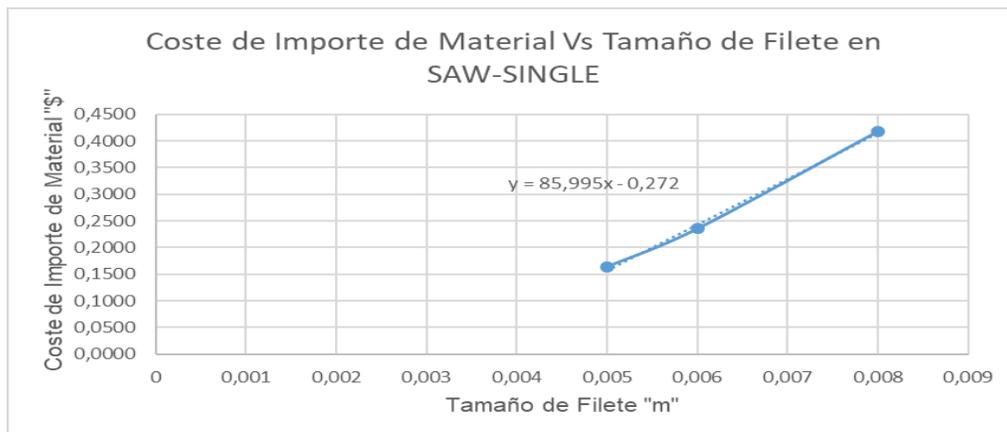


Figura 2. 13. Coste de Importe de Material Vs Tamaño de Filete en SAW-SINGLE.  
Fuente: (Propia)

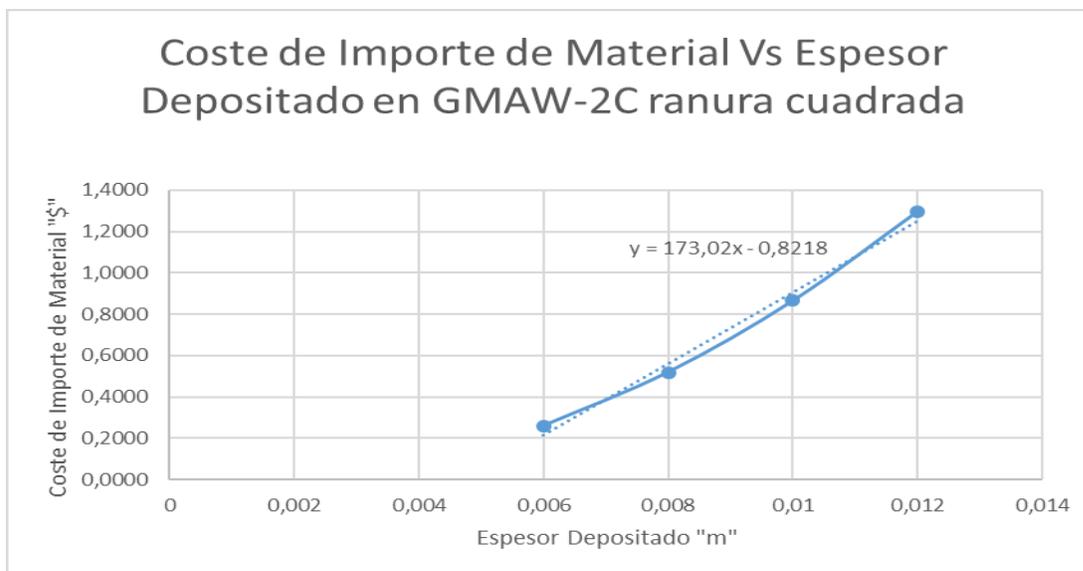


Figura 2. 15. Coste de Importe de Material Vs Espesor depositado en GMAW-2C ranura cuadrada.  
Fuente: (Propia)

### 3.2.2. Material de aporte para SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW

Para realizar un sistema de control de uso de consumibles de los procesos SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW, se realizó un estudio de consumibles-material de aporte gastados en los meses: enero, febrero y marzo, como se muestra en las tablas 3.4, 3.5 y 3.6, se puede observar que en la máquina T-MASTER 2500 el total de rollos utilizados en enero es mayor que los 2 meses restantes, esto ocurrió por la cantidad de vigas soldadas en febrero y marzo es menor, por eso la importancia de tener un sistema de control adecuado para predeterminedar cuantos paquetes de alambre electrodo son necesarios para los meses siguientes y poder establecer el coste total que abarcaría un proyecto de fabricación propuesto.

En la T-MASTER 4000 se tiene un comportamiento de consumible equivalente en los tres meses bajo estudio, por lo que es necesario tener un sistema de control adecuado de uso de consumibles, para que bodega central otorgué el material de aporte necesario cada día.

En las máquinas de soldadura GMAW se tiene un uso similar de consumibles-material de aporte gastados en los meses bajo estudio, febrero y marzo, por tal razón, implementar un sistema de control de consumibles es necesario para la fabricación de cajones y así poder disminuir los tiempos varios o muertos y poder incrementar el factor de operación del proceso de soldadura bajo estudio.

### 3.2.3. Pérdidas de consumibles

La pérdida de consumibles se determinó mediante el rendimiento de aportación de las máquinas T-Master 2500, T-Master 4000 y GMAW en la cual se puede observar un

rendimiento de aportación total de los alambres electrodos de las máquinas bajo análisis que son 98.98, 98.79 y 97.86, respectivamente.

Entonces el rendimiento de aportación está acorde con la tabla 1.10, es decir se tiene un rendimiento de aportación bueno en los procesos de soldadura SAW y GMAW en la empresa SEDEMI.

También se analizó el factor de operación de cada máquina bajo estudio y la tabla 3.13, muestra el factor de operación real en las máquinas SAW-SINGLE, SAW-TWIN y GMAW.

Tabla 3.13. Factor de Operación.

<b>PROCESO</b>	<b>FO (%) - TEÓRICO</b>	<b>FO (%) - REAL</b>
SAW-SINGLE	40-80	29
SAW-TWIN	40-80	27
GMAW	40-80	64

Fuente: (Propia)

La Tabla 3.13 muestra que el factor de operación de GMAW cumple con la parte teórica, ya que está dentro del rango teórico establecido, pero este valor puede aumentar con acciones correctivas como contar con todos los materiales consumibles necesarios (alambres electrodo, gases, discos de pulido) para que el proceso de soldadura se complete sin interrupciones y con parámetros de máquina adecuados, para así poder disminuir el rango de tiempos varios que son los que causan que el factor de operación no sea alto.

Mientras tanto, para el proceso SAW-SINGLE Y SAW-TWIN, el factor de operación "FO" se encuentra muy debajo del rango teórico establecido, esto ocurre porque al momento de hacer el proceso de soldadura en el alma y el patín 2 se pierde considerable tiempo en volver de nuevo al punto inicial, por lo tanto, la producción de vigas con las máquinas T-MASTER con lleva mayor tiempo y consecuentemente la producción es limitada.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- En el presente trabajo se realizó el análisis tecno-económico de consumibles de los procesos de soldadura GMAW y SAW de la empresa SEDEMI con lo cual se logró cumplir los objetivos propuestos: determinar los requerimientos de consumibles necesarios para los procesos de soldadura mencionados, se realizó un sistema de control de uso de consumibles para los procesos de soldadura GMAW, SAW y se determinó las pérdidas de consumibles (alambres electrodos, fundentes y gases) de los procesos bajo estudio, en la fabricación de dos tipos de estructuras, vigas y cajones metálicos que son los mayores productos que se fabrican y por tal razón la importancia del estudio realizado para poder estimar un costo teórico real que con lleva la fabricación de las estructuras metálicas mencionadas y para que la empresa SEDEMI pueda tener las hojas de control necesarios para nuevos proyectos.
- Las vigas fabricadas con el proceso SAW y los cajones metálicos fabricados con el proceso GMAW, no es necesario realizar precalentamiento ya que los espesores de las partes a ser soldadas almas y patines proceso SAW y las placas a ser soldadas con el proceso GMAW, están en un rango de 6 – 30 mm y según la norma AWS D1.1 – 2015, con la tabla 3.3 “temperatura precalificada mínima de precalentamiento y entre pasadas”, el rango de 3 – 20 mm incluido, tiene 0° grados de precalentamiento mínimo y para espesores de partes a ser soldadas de rango mayores de 20 – 38 mm incluido, se necesita un precalentamiento mínimo de 10 °C, por lo que no es necesario realizar el precalentamiento al material base. El material base utilizado para la fabricación de estructuras metálicas es: ASTM A 572 Gr. 50.
- A través de las fórmulas del capítulo 1, tabla 1.11 se realizó el análisis tecno-económico de consumibles para los procesos de soldadura SAW y GMAW, con lo cual se comprobó que a mayor tamaño de filete y/o ranura se incrementa el costo por metro lineal de soldadura en la fabricación de las estructuras bajo estudio.
- El factor de operación para la fabricación de las vigas tipo “I” está conformado por: el tiempo de armado de las partes que conforman el perfil tipo “I” (almas y patines), el tiempo de arco total, el tiempo de transporte y manipulación del perfil “I”. El tiempo de arco total dividido para el tiempo total de proceso provee como resultado un factor de operación bajo, por lo tanto, se tiene que revisar todas las restricciones (cuellos botella) del proceso armado de vigas tipo “I”, para incrementar el factor de operación y determinar la mejora continua.
- A través del presente trabajo de titulación, se determinó los formatos que se debe emplear en el control del inventario de consumibles que se necesitan en los centros de trabajo de la planta, garantizando la producción continua de los productos metálicos en estudio.

- El factor de operación calculado en el proceso de soldadura GMAW, están en el rango teórico, sin embargo, este valor puede incrementar al disminuir los tiempos muertos a través del control del proceso, y en consecuencia obtener mayores kilos de soldadura depositados por jornada.
- El factor de operación del proceso de soldadura SAW en las máquinas T-Master puede mejorar con la realización de un mejor procedimiento en la fabricación de las vigas para que los tiempos varios ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_4$ ) sean lo más cortos posibles o implementar nuevas formas de producción, una de las estrategias es tener armado un lote de vigas tipo "I", con el objetivo de incrementar el tiempo de arco y aumentar la cantidad de vigas soldadas.
- El factor de operación puede incrementar mediante la capacitación continua de los operadores de soldadura y ayudantes en temas relacionados tales como: parámetros (voltaje, amperaje, velocidad de avance, alimentación de alambre), inspección visual de soldadura, interpretación de WPS, planos de taller, normas técnicas de soldadura, manejo adecuado de materiales de aporte y los consumibles.
- Las pérdidas de consumibles de los procesos bajo estudio están determinadas por el cálculo de rendimiento de aportación o deposición, y se puede observar que los rendimientos de aportación en las máquinas T-Master para SAW SINGLE, SAW TWIN y GMAW son: 98.98, 98.79, y 97,86% respectivamente, es decir no existe porcentaje de desperdicio excesivo de los alambres electrodos en las máquinas bajo estudio, ya que estos desperdicios solo ocurren en los siguientes escenarios: cambio del rollo de alambre ya que un porcentaje del alambre electrodo queda en el conducto de la antorcha, cambios de turno, calibración de máquinas, verificación de parámetros de las máquinas al inicio de la jornada laboral. Una de las ventajas de los procesos SAW, GMAW son procesos de soldadura semiautomáticos cuya ventaja es la alimentación continua de alambre electrodo y se concluye que son procesos productivos.
- El estudio tecno-económico de los materiales consumibles de los procesos de soldadura SAW y GMAW es una tarea esencial para que se pueda tener un mejor control de materiales de aporte y estimar los costes reales de todos los proyectos que se ejecutan en la planta, razón por la cual, la organización debe implementar el sistema de control ya que el factor económico de la empresa es un factor que tiene que ser muy bien manejado para así poder ser más competitivo en los tiempos actuales.
- El aporte del estudio realizado en el presente proyecto a la empresa SEDEMI es obtener los costos reales en función de los procesos de fabricación de vigas y cajones metálicos, para así obtener un plan anual de costos y también revisar todo el proceso de operación actual para que los costos pueden disminuir con el mejoramiento continua de los procesos para obtener un incremento en la productividad.

## 4.2. Recomendaciones

- Es necesario tener un sistema de control de materiales consumibles en los procesos de soldadura SAW y GMAW, ya que un control adecuado de uso de materiales consumibles ayuda a que la relación beneficio-costo sea mayor a la unidad en los proyectos a fabricar.
- Se recomienda tener un plan anual de capacitación de soldadura, a través de la evaluación continua del personal administrativo y operativo, el plan de capacitación debe tener un temario, capacitadores y fechas establecidas para que no influya con el flujo de producción.
- La empresa SEDEMI cuenta con maquinaria de alta tecnología que ayuda a mejorar los tiempos de operación en soldadura, sin embargo, se tiene que trabajar en la parte de manipulación y armado de los productos metálicos que representa el cuello de botella en los procesos de soldadura SAW y GMAW, por tal razón, se realiza este estudio para que la empresa los pueda aplicar para así obtener un mejoramiento continuo de los procesos de soldadura en las líneas de Armado y Soldadura de la organización.
- Se recomienda la mejora de los procesos de armado con nuevas metodologías, para así poder incrementar el factor de operación en los procesos de soldadura SAW, GMAW y también la revisión periódicamente de los costos por metro lineal de soldadura.
- Se debe establecer un sistema de costos para el área de producción que involucren, costes de mano obra, costos directos e indirectos, coste de materiales de aporte y determinar el costo por metro lineal de soldadura en las juntas más empleadas dentro de los procesos de fabricación de estructuras metálicas.
- Se recomienda la revisión de formatos, procedimientos, flujos de trabajo y procesos en lo que se refiere a fabricación de los productos metálicos.

## Referencias Bibliográficas

Aracil Cadenas, M. (2012). Soldeo MIG/MAG.

Electric, L. (s.f.). Soldadura Semiautomática con Gas de Protección (MIG-MAG).

Engineers, T. A. (2015). ASME Boiler and Pressure Vessel Code An International Code. New York.

Group, T. L. (2013). LINDE ER70S6.

Hernández, G. (2007). Soldadura por arco sumergido. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Soldadura\\_por\\_arco\\_sumergido](https://www.ecured.cu/Soldadura_por_arco_sumergido)

INDURA. (2001). Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura.

Inspección, S. y. (s.f.). Modulo 3- Porcesos de Unión y Corte de Metales.

Lacaster, J. (s.f.). Handwook of Structural Welding. London: 1997.

Lázaro Martín, Á. (2012). Soldadura por Arco Sumergido. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Soldadura\\_por\\_arco\\_sumergido](https://www.ecured.cu/Soldadura_por_arco_sumergido)

López Palomo, I., & Rosell González, J. V. (2013). Factores Económicos y Productividad.

Materiales, D. d. (2012). Tecnología de Soldadura. Quito.

Society, A. W. (2007). Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination Code AWS A2.4. Miami.

Society, A. W. (2010). Standard Welding Terms and Definations Code A3.0M/A3.0. Miami.

Society, A. W. (2015). Structural Welding Code - Steel AWS D1.1 .

Timings, R. (2008). Fabrication and Welding Engineering . USA.

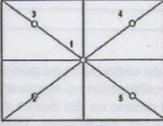
## **ANEXOS**



## ANEXO II. Alambre Electrodo ER-70S-6

Certificado de Conformidad		Fecha de descarga: miércoles, 04 de marzo de 2020														
<b>Datos del Producto</b>																
Nº de Certificado	: 045625															
Nombre	: INDURA 70S-6															
Diametro	: 1.2 mm															
Lote (Hecho en CHINA)	: 94825112															
AWS A5.18-05 ASME SFA 5.20	: ER 70S-6															
<b>Análisis Químico</b>																
Elemento	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Fe	Co	Al	Ti	Nb	W
AWS A5.18-05 ASME SFA 5.20	0,06 — 0,15	1,4 — 1,25	0,8 — 1,15	0,025	0,025	0,5	0 — 0,15	0 — 0,15	0 — 0,15	0,03	—	—	—	—	—	—
<b>INDURA 70S-6</b>	0,08	1,49	0,87	0,011	0,01	0,13	0,04	0,04	0,01	0,001	Balance	—	—	—	—	—
(*) Valores únicos indicados en la especificación son máximos. (**) Valores en % en peso.																
<b>Propiedades Mecánicas</b>																
Nivel de Ensayo	G															
Resistencia a la Tracción (MPa).	557															
Límite de Fluencia (MPa).	453															
Elongación (%).	28															
Reducción de Área (%)	—															
Ensayo Impacto (-30°C) (Joule)	87															
Ensayo Filete	—															
Ensayo de Doblado	Cara															
	Raiz															
Ensayo Soldabilidad	—															
Ensayo Radiográfico	—															
Humedad (%)	—															
<p>NOTA: Las características del producto indicadas en el presente certificado corresponden a los informados por el proveedor.</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">               Mauricio Ibarra E.              Gerente de Investigación y Desarrollo         </div>																

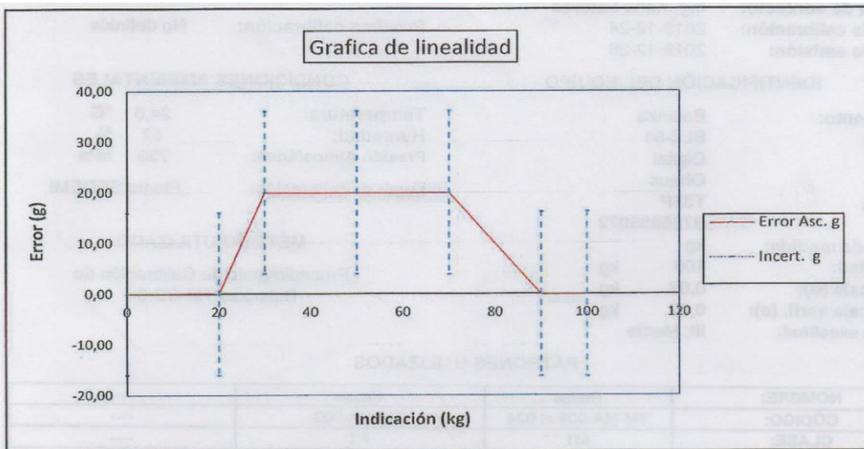
## ANEXO III. Certificado de calibración balanza

	<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b>						
	Certificado N°	SED-SAN-BA-334-19					
Pedro Freile N64-111 y Juan Garzón, Cotacollao Quito-Ecuador Tlf: 02-6007779							
<b>IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE</b>							
<b>Cliente:</b>	SEDEMI						
<b>Dirección:</b>	Vía Sangolquí - Amaguaña Km 4.5 Sector El Carmen, Lote # 4, Pichincha						
<b>Persona de contacto:</b>	Ing. Karla Estevez						
<b>Fecha de calibración:</b>	2019-12-24	<b>Próxima calibración:</b>	No definida				
<b>Fecha de emisión:</b>	2019-12-26						
<b>IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO</b>		<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>					
<b>Instrumento:</b>	Balanza	<b>Temperatura:</b>	24,6 °C				
<b>Código:</b>	BLZ-61	<b>Humedad:</b>	52 %				
<b>Tipo:</b>	Digital	<b>Presión Atmosférica:</b>	730 hPa				
<b>Marca:</b>	Ohaus	<b>Lugar de calibración:</b>	Planta SEDEMI				
<b>Modelo:</b>	T31P						
<b>Serie:</b>	B725285072						
<b>Unidad de medida:</b>	kg	<b>MÉTODO UTILIZADO</b>					
<b>Capacidad:</b>	100 kg	Procedimiento de Calibración de Balanzas TM-CB-04					
<b>Div. Escala (d):</b>	0,02 kg						
<b>Div. Escala verif. (e):</b>	0,02 kg						
<b>Clase de exactitud:</b>	III; Media						
<b>PATRONES UTILIZADOS</b>							
<b>NOMBRE:</b>	Pesas	Pesas	----				
<b>CÓDIGO:</b>	TM-MA-009 al 024	TM-MA-003	----				
<b>CLASE:</b>	M1	F1	----				
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN:</b>	2019-11-06	2019-09-06	----				
<b>PRÓXIMA CALIBRACIÓN:</b>	2020-02-06	2020-09-06	----				
<b>No. CERTIFICADO:</b>	TEG-LAB-PE-064-19	SECM-M-2019-283	----				
<b>EXCENTRICIDAD</b>							
<b>Carga</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Exc. Máx.</b>	<b>E.M.P</b>
kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	0,00	0,04
<b>LINEALIDAD</b>							
<b>Valor Patrón</b>	<b>As found</b>	<b>As left</b>		<b>Error</b>	<b>Error</b>	<b>e.m.p</b>	<b>Incert.</b>
kg	Lectura Ascen.	Lectura Ascen.	Lectura Descen.	Asc.	Desc.	g	g
0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	20	16
20,00	20,00	20,00	20,00	0,0	0,0	40	16
30,00	30,02	30,02	30,00	20,0	0,0	40	16
50,00	50,02	50,02	50,02	20,0	20,0	60	16
70,00	70,02	70,02	70,02	20,0	20,0	60	16
90,00	90,00	90,00	90,00	0,0	0,0	60	16
100,00	100,00	100,00	100,00	0,0	0,0	60	16
				 			
				Plato rectangular      Plato circular			
<b>REPETIBILIDAD</b>							
<b>Carga</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Dif. Máx.</b>	<b>E.M.P</b>
kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	0,00	0,06

**INCERTIDUMBRE:**

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $K= 2,00$  para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95% con  $V_{ef} = \infty$ . La asignación y expresión de incertidumbres se realizará siguiendo los criterios de la Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) de la ISO

**GRAFICAS DE ERROR E INCERTIDUMBRE:**



**Resumen de los resultados en rango calibrado**

**Excentricidad**

Los errores de la balanza para la prueba de excentricidad son menores a los permitidos en la norma NTE INEN OILM R76-1, numeral 3.5.1, 3.4.2 y 3.6.2

**Linealidad**

Los errores de la balanza para la prueba de linealidad son menores a los indicados en la norma NTE INEN OILM R76-1, numeral 3.5.1, 3.5.2 y 3.5.3.3

**Repetibilidad**

Los errores de la balanza para la prueba de repetibilidad son menores a los permitidos en la norma NTE INEN OILM R76-1, numeral 3.5.1, 3.5.2 y 3.6.1

**Nota:**

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la aprobación de TEGMETRO. Los valores obtenidos en la calibración no representan un certificado de aprobación del instrumento, la responsabilidad de evaluar la conformidad del mismo es del dueño del instrumento. Los resultados de este certificado se refieren al momento y condiciones que se realizaron las mediciones. TEGMETRO S.A. declina toda responsabilidad derivada de un mal uso del instrumento calibrado

	Nombre	Firma
Calibrado por: Técnico	Tnlgo. Andrés Cartagena	
Revisado por: Gerente Técnico	Ing. Henry Arizaga	



# ANEXO IV. WPS (Welding Procedure Specification- Propios SEDEMI)

<b>ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)</b>		CONTROL DE CALIDAD																																									
		Pag. 1/1																																									
		Versión 05/02/2014																																									
<b>1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN</b>																																											
WPS NRO.	SED.18PREC.014	Doc.Nro	2018.CC.WPS.P014																																								
PRECALIFICADO <input checked="" type="checkbox"/>	CALIFICADO POR ENSAYO <input type="checkbox"/>	Revisión:	0 Fecha: 30/08/2018																																								
PQR de Soporte NRO.	N/A. Según AWS D1.1 Cap.3	Cliente	Cientes Varios																																								
Norma de Referencia	AWS D1.1/D1.1M:2015	Proyecto	Proyectos Varios en Planta																																								
Proceso	GMAW																																										
<b>2. DATOS DEL PROCEDIMIENTO</b>																																											
<b>DISEÑO DE JUNTA</b>		<b>PROCESO(S) DE SOLDADURA</b>																																									
Tipo de Junta	Tepe - T - Esquina	Abertura de Raíz	0																																								
Tipo de Soldadura	Ranura bisel simple	Angulo Ranura	45°(5°;+10°)																																								
Designación	B-T-C-P4-GF	Cará de Raíz	3 mm mínimo																																								
		Radio (J-U)	N/A																																								
Acceso		PROCESO																																									
1 Lado	<input checked="" type="checkbox"/>	2Lados	<input type="checkbox"/>																																								
Preparar Junta	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	PROCESO	GMAW																																								
Remoción de Raíz	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Modo de Transferecia	Semiautomático																																								
Raspado	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>		Globular																																								
MATERIAL BASE		PROTECCIÓN																																									
Especificación	ASTM	GAS																																									
Tipo o Grado	Grupos I, II	Tipo	Mezcla																																								
Muestra:	Placa	Composición	80% Ar y 20% CO2																																								
Dimensiones	N/A	Tasa de flujo	18-24 LPM																																								
Esesor	6 a llimitado	FUNDENTE																																									
	Diámetro (tubo) >600mm	Tipo	N/A																																								
		Clase	N/A																																								
<b>3. DETALLE DE JUNTA</b>																																											
<b>METAL DE APORTE</b>		<b>PRECALENTAMIENTO</b>																																									
Especificación AWS	A5.18	Temp. Mínima	Según Tabla 3.3 Cap.3																																								
Clasificación AWS	ER70S-6	Temp. Min.Interpase	Según Tabla 3.3 Cap.3																																								
	Diámetro 1.2 mm	<b>TRATAMIENTO POSTSOLDADURA (PWHT)</b>																																									
		Temperatura	N/A																																								
		Tiempo	N/A																																								
<b>TECNICA</b>		<b>NOTAS</b>																																									
Nro. Pasos	Múltiples Pasos	Revisión adecuada de la alineación de juntas. Realizar una correcta limpieza entre pasos.																																									
Nro. Electrodo	1	No practica para GMAW-S ni GTAW. La junta debe ser soldada de un lado solamente.																																									
Técnica Avance	Arrastre	Los tamaños mínimos de soldaduras (E) se muestran en la tabla 3.4. Si como se especifica en los dibujos.																																									
Progresión Cordon	Oscilado	Si se usan soldaduras de filete en estructuras cargadas estáticamente para reforzar soldaduras de canal en juntas T-o de esquina, estas deben ser iguales a T1/4, pero no pueden exceder 10mm. Las soldaduras de canal y juntas T- de estructuras cíclicamente cargadas deben ser reforzadas con soldadura de filete iguales a T1/4, pero no pueden exceder 10mm.																																									
Limpieza	Grata Metálica	La orientación de los dos miembros en la junta pueden variar desde 135° a 180° para juntas de tope, 45° a 135° para juntas de esquina, o 45° a 90° para juntas T.																																									
Stick out	15,8 - 22 mm	Para juntas de esquina, la penetración exterior del canal puede ser en uno o en ambos miembro, siempre que la configuración básica del canal no sea cambiada y que la distancia adecuada del borde se mantenga para soportar la operación de soldar sin excesiva fusión del borde.																																									
	Ángulo de Antorcha																																										
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tolerancias (Como ajustado)</th> <th colspan="2">T. Precalentamiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R= 0</td> <td>+3; -2</td> <td>3≤T≤20</td> <td>Tp=0°C</td> </tr> <tr> <td>f= 3min</td> <td>±2</td> <td>20&lt;T&lt;38</td> <td>Tp=10°C</td> </tr> <tr> <td>α=45°</td> <td>+10°; -5°</td> <td>38&lt;T&lt;65</td> <td>Tp=65°C</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Espesores</td> </tr> <tr> <td colspan="4">T1= 6 mm min. T2=U(limitado)</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Tamaño de Soldadura(E)</td> </tr> <tr> <td colspan="4">S</td> </tr> </tbody> </table>		Tolerancias (Como ajustado)		T. Precalentamiento		R= 0	+3; -2	3≤T≤20	Tp=0°C	f= 3min	±2	20<T<38	Tp=10°C	α=45°	+10°; -5°	38<T<65	Tp=65°C	Espesores				T1= 6 mm min. T2=U(limitado)				Tamaño de Soldadura(E)				S											
Tolerancias (Como ajustado)		T. Precalentamiento																																									
R= 0	+3; -2	3≤T≤20	Tp=0°C																																								
f= 3min	±2	20<T<38	Tp=10°C																																								
α=45°	+10°; -5°	38<T<65	Tp=65°C																																								
Espesores																																											
T1= 6 mm min. T2=U(limitado)																																											
Tamaño de Soldadura(E)																																											
S																																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tabla 3.4</th> <th colspan="2">Tamaño Mínimo de Soldadura PJP Precalificado (E) (ver 3.12.2.1)</th> </tr> <tr> <th>Espesor de Metal Base*</th> <th>Mínimo Tamaño de Soldadura*</th> <th>esp. mm</th> <th>esp. mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1/8 [3] a 3/16 [5] incl.</td> <td>1/16</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Más de 3/16 [5] a 1/4 [6] incl.</td> <td>1/8</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Más de 1/4 [6] a 1/2 [12] incl.</td> <td>3/16</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Más de 1/2 [12] a 3/4 [18] incl.</td> <td>1/4</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Más de 3/4 [18] a 1-1/2 [30] incl.</td> <td>5/16</td> <td>8</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Más de 1-1/2 [30] a 2-1/4 [45] incl.</td> <td>3/8</td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Más de 2-1/4 [45] a 6 [150] incl.</td> <td>1/2</td> <td>12</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Más de 6 [150]</td> <td>5/8</td> <td>16</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table>		Tabla 3.4		Tamaño Mínimo de Soldadura PJP Precalificado (E) (ver 3.12.2.1)		Espesor de Metal Base*	Mínimo Tamaño de Soldadura*	esp. mm	esp. mm	1/8 [3] a 3/16 [5] incl.	1/16	2	2	Más de 3/16 [5] a 1/4 [6] incl.	1/8	3	3	Más de 1/4 [6] a 1/2 [12] incl.	3/16	5	5	Más de 1/2 [12] a 3/4 [18] incl.	1/4	6	6	Más de 3/4 [18] a 1-1/2 [30] incl.	5/16	8	8	Más de 1-1/2 [30] a 2-1/4 [45] incl.	3/8	10	10	Más de 2-1/4 [45] a 6 [150] incl.	1/2	12	12	Más de 6 [150]	5/8	16	16
Tabla 3.4		Tamaño Mínimo de Soldadura PJP Precalificado (E) (ver 3.12.2.1)																																									
Espesor de Metal Base*	Mínimo Tamaño de Soldadura*	esp. mm	esp. mm																																								
1/8 [3] a 3/16 [5] incl.	1/16	2	2																																								
Más de 3/16 [5] a 1/4 [6] incl.	1/8	3	3																																								
Más de 1/4 [6] a 1/2 [12] incl.	3/16	5	5																																								
Más de 1/2 [12] a 3/4 [18] incl.	1/4	6	6																																								
Más de 3/4 [18] a 1-1/2 [30] incl.	5/16	8	8																																								
Más de 1-1/2 [30] a 2-1/4 [45] incl.	3/8	10	10																																								
Más de 2-1/4 [45] a 6 [150] incl.	1/2	12	12																																								
Más de 6 [150]	5/8	16	16																																								
<p>* Para procesos con hidrogeno como en bajo hidrogeno y sin precalentamiento mínimo establecido en conformidad con el 3.4. T es igual al espesor de la parte más gruesa de la junta, o el área con soldadura de esa parte. Para procesos bajo hidrogeno y procesos no bajo hidrogeno analítico para prevenir agrietamiento en conformidad con 4.2.4. T es igual a la parte más delgada, soldadura de un paso en cualquier caso. Siempre que el tamaño de la soldadura no exceda el espesor de la parte más delgada de la parte soldada.</p>																																											
<b>4. PARAMETROS DE SOLDADURA</b>																																											
ITEM	Proceso	Nro pase	METAL APORTE		CORRIENTE			VOLTAJE (V)	VELOCIDAD																																		
			Clasificación	Diámetro (mm)	Tipo	Polaridad	Amperaje (A)		Alimentación Alambre (mm/min)	Avance (mm/min)																																	
1	GMAW	1-n	ER70S-6	1.2	CC	DCEP	260-320	26-30	8-11	300-500																																	
<b>5. RESPONSABILIDAD</b>				<p>Los firmantes certificamos y declaramos que: Los datos descritos en este WPS son correctos y están en conformidad con todos los requerimientos de la sección 3 de AWS D.1.1/D1.1M 2015. Así como contiene información confidencial y es propiedad de SEDEMI. Este documento está elaborado en base a condiciones de servicio específicas y del tipo de estructura y no pretende cubrir los rangos de trabajo diferentes a los expuestos. Se prohíbe su difusión, uso o copia sin autorización. No se responsabiliza por el mal uso e interpretación del procedimiento.</p>																																							
<p>Elaborado por:</p> <p>Ing. Jaime Chávez Analista Técnico de Soldadura SEDEMI S.C.C 30/08/2018</p>		<p>Revisado por:</p> <p>Cristian Eduardo Aguirre CWI 13093851 QC1 EXP 9/1/2019</p> <p>Ing. Cristhian Aguirre Inspector de Soldadura Certificado CWI 13093851 30/08/2018</p>			<p>Aprobado por:</p> <p>Ing. Alexander Loya Jefe de Calidad SEDEMI S.C.C 30/08/2018</p>																																						

<b>1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN</b>			
<b>WPS NRO.</b> PRECALIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> PQR de Soporte NRO. Norma de Referencia Proceso	<b>SED.14PREC.015</b> CALIFICADO POR ENSAYO <input type="checkbox"/> N/A. Según AWS D1.1 Cap.3 AWS D1.1/D1.1M:2010 GMAW	<b>Doc.Nro</b> Revisión: 0 Cliente Proyecto	2014.CC.WPS.P15 Fecha: 21/08/2014 Clientes Varios Proyectos Varios en Planta

<b>2. DATOS DEL PROCEDIMIENTO</b>			
<b>DISEÑO DE JUNTA</b>		<b>PROCESO(S) DE SOLDADURA</b>	
Tipo de Junta: T - Esquina Tipo de Soldadura: Ranura bisel simple Designación: TC-U4a-GF	Abertura de Raíz: 6mm Angulo Ranura: 45° Cara de Raíz: N/A Radio (J-U): N/A	Tipo: GMAW Modo de Transferencia: Spray	<b>POSICIÓN</b> 1G: F <input checked="" type="checkbox"/> Plana 2G: H <input checked="" type="checkbox"/> Horizontal V <input type="checkbox"/> Vertical OH <input type="checkbox"/> Sobrecabeza
<b>Acceso</b> 1 Lado: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2Lados: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<b>PROTECCIÓN</b>	
Preparar Junta: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Remoción de Raíz: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Respaldo: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		<b>GIAS</b>	
		<b>FUNDENTE</b>	
		Tipo: Mezcla Composición: 80% Ar y 20% CO2 Tasa de flujo: 18-24 LPM Tipo: N/A Clase: N/A	
<b>MATERIAL BASE</b>		<b>CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS</b>	

Especificación Tipo o Grado Muestra: Dimensiones Espesor	ASTM Grupos I, II Placa N/A Ilimitado	Ref. Tabla 3.1 Diámetro (tubo) >600mm	<b>Tipo Corriente</b> Polaridad: DC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input type="checkbox"/> Electrodo Tugsteno (GTAW) Tamaño: N/A Tipo: N/A Otro: N/A
--	---	--	--

<b>METAL DE APORTE</b>		<b>PRECALENTAMIENTO</b>	
Especificación AWS Clasificación AWS	A5.18 ER70S-6 Diámetro: 1.2 mm	Temp. Mínima: Según Tabla 3.2 Cap.3 Temp. Min. Interfase: Según Tabla 3.2 Cap.3	<b>TRATAMIENTO POSTSOLDADURA (PWHT)</b> Temperatura: N/A Tiempo: N/A

<b>TECNICA</b>		<b>NOTAS</b>	
Nro. Pases Nro. Electrodo Técnica Avance Progresión Cordón Limpieza Stick out	Múltiples Pases 1 Arrastre Oculado Grata Metálica 5/8-7/8"	Separación Electrodo N/A Longitudinal N/A Lateral N/A Angulo Martilleo N/A Angulo de Antorcha	Revisión adecuada de la alineación de juntas. Realizar una correcta limpieza entre pases. No precalifica para GMAW-S ni GTAW. Si se usan soldaduras de filete en estructuras cargadas estáticamente para reforzar soldaduras de canal en juntas T-o de esquina, estas deben ser iguales a T1/4, pero no pueden exceder 10mm. Las soldaduras de canal y juntas T- de estructuras cíclicamente cargadas deben ser reforzadas con soldadura de filete iguales a T1/4, pero no pueden exceder 10mm. La orientación de los dos miembros en la junta pueden variar desde 135° a 180° para juntas de tope, 45° a 135° para juntas de esquina, o 45° a 90° para juntas T. Para juntas de esquina, la penetración exterior del canal puede ser en uno o en ambos miembro, siempre que la configuración básica del canal no sea cambiada y que la distancia adecuada del borde se mantenga para soportar la operación de soldar sin excesiva fusión del borde.

**3. DETALLE DE JUNTA**

	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Tolerancias (Como ajustado)</th> </tr> <tr> <td>R= 6</td> <td>±6, -2</td> </tr> <tr> <td>α=45°</td> <td>±10°, -5°</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">T. Precalentamiento</th> </tr> <tr> <td>35≤T≤20</td> <td>Tp=0°C</td> </tr> <tr> <td>20&lt;T&lt;38</td> <td>Tp=10°C</td> </tr> <tr> <td>38&lt;T&lt;65</td> <td>Tp=85°C</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Espesores</th> </tr> <tr> <td>T1= T2= U</td> <td>(ilimitado)</td> </tr> </table>	Tolerancias (Como ajustado)		R= 6	±6, -2	α=45°	±10°, -5°	T. Precalentamiento		35≤T≤20	Tp=0°C	20<T<38	Tp=10°C	38<T<65	Tp=85°C	Espesores		T1= T2= U	(ilimitado)
Tolerancias (Como ajustado)																			
R= 6	±6, -2																		
α=45°	±10°, -5°																		
T. Precalentamiento																			
35≤T≤20	Tp=0°C																		
20<T<38	Tp=10°C																		
38<T<65	Tp=85°C																		
Espesores																			
T1= T2= U	(ilimitado)																		

<b>4. PARAMETROS DE SOLDADURA</b>										
ITEM	Proceso	Nro pase	METAL APORTE		CORRIENTE			VOLTAJE (V)	VELOCIDAD	
			Clasificación	Diámetro (mm)	Tipo	Polaridad	Amperaje (A)		Alimentación Alambre (mm/min)	Avance (mm/min)
1	GMAW	1-n	ER70S-6	1.2	CC	DCEP	250-320	26-30	8-11	300-500

**5. RESPONSABILIDAD.**

Los firmantes certificamos y declaramos que: Los datos descritos en este WPS son correctos y están en conformidad con todos los requerimientos de la sección 3 de AWS D1.1/D1.1M 2010. Así como contiene información confidencial y es propiedad de SEDEM. Este documento está elaborado en base a condiciones de servicio específicas y del tipo de estructura y no pretende cubrir los rangos de trabajo diferentes a los expuestos. Se prohíbe su difusión, uso o copia sin autorización. No se responsabiliza por el mal uso e interpretación del procedimiento.

Elaborado por:  Ing. Néstor Morales Especialista de Soldadura SEDEM S.C.C 21/08/2014	Revisado por:   Ing. Cristian Aguirre Inspector de Soldadura Certificado CWI 13083551 21/08/2014	Aprobado por:  Ing. Alexander Loya Jefe de Calidad SEDEM S.C.C 21/08/2014
---	--	--

<b>1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN</b>			
WPS NRO.	<b>SED.14PREC.006</b>	Doc.Nro	2014.CC.WPS.P06
PRECALIFICADO <input checked="" type="checkbox"/>	CALIFICADO POR ENSAYO <input type="checkbox"/>	Revisión:	1 Fecha: 23/06/2014
PQR de Soporte NRO.	N/A. Según AWS D1.1 Cap.3	Cliente	ODEBRETCH
Norma de Referencia	AWS D1.1/D1.1M:2010	Proyecto	Varios
Proceso	GMAW		

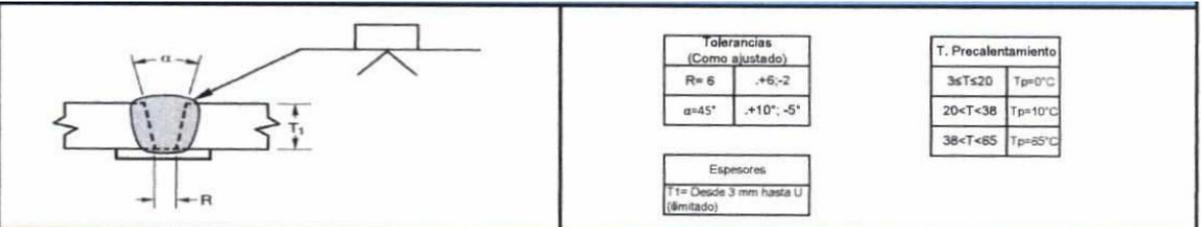
<b>2. DATOS DEL PROCEDIMIENTO</b>			
<b>DISEÑO DE JUNTA</b>		<b>PROCESO(S) DE SOLDADURA</b>	
Tipo de Junta	Tope	Abertura de Raíz	8mm
Tipo de Soldadura	Ranura Simple V	Ángulo Ranura	45°
Designación	B-U2a-GF	Cara de Raíz	0
		Radio (J-U)	N/A
Acceso	1 Lado <input checked="" type="checkbox"/>	2 Lados	<input type="checkbox"/>
Preparar Junta	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Método	N/A
Remoción de Raíz	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Material	G1; PLE 6mm
Respaldo	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
<b>MATERIAL BASE</b>		<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>	
		<b>PROCESO</b>	<b>POSICIÓN</b>
		Tipo GMAW	1G F <input checked="" type="checkbox"/> Plana
		Modo de Transferencia Spray	H <input type="checkbox"/> Horizontal
			V <input type="checkbox"/> Vertical
			OH <input type="checkbox"/> Sobrecabeza
		<b>PROTECCIÓN</b>	<b>FUNDENTE</b>
		<b>GAS</b>	<b>Tipo</b> N/A
		Tipo Mezcla	<b>Clase</b> N/A
		Composición 80% Ar y 20% CO2	
		Tasa de flujo 18-24 LPM	

Especificación	ASTM	Grupos I, II : A36; A572 G50	Ref. Tabla 3.1	Tipo Corriente	DC <input checked="" type="checkbox"/>	AC <input type="checkbox"/>	Electrodo Tugsteno (GTAW)
Muestra:	Placa			Polaridad	EP <input checked="" type="checkbox"/>	EN <input type="checkbox"/>	Tamaño N/A
Dimensiones	N/A						Tipo N/A
Espesor	3 a ilimitado	Diámetro (tubo)	>600mm				Otro N/A

<b>METAL DE APORTE</b>	Especificación AWS	A5.18	Diámetro	1.2 mm	<b>PRECALENTAMIENTO</b>
	Clasificación AWS	ER70S-6			Temp. Mínima Según Tabla 3.2 Cap.3
					Temp. Min. Interpase Según Tabla 3.2 Cap.3
					<b>TRATAMIENTO POSTSOLDADURA (PWHT)</b>
					Temperatura N/A
					Tiempo N/A

<b>TECNICA</b>				<b>NOTAS</b>			
Nro. Pases	Múltiples Pases	Separación Electrodo	N/A	Longitudinal	Revisión adecuada de la alineación de juntas. Realizar una correcta limpieza entre pases. No precalifica para GMAW-S ni GTAW La orientación de los dos miembros en la junta pueden variar desde 135° a 180° para juntas de tope, 45° a 135° para juntas de esquina, o 45° a 90° para juntas T.		
Nro. Electrodo	1	N/A	Lateral				
Técnica Avance	Arrastre	N/A	Ángulo				
Progresión Cordon	Oscilado	N/A					
Limpieza	Grata Metálica	Martillo	N/A				
Stick out	5/8-7/8"	Ángulo de Antorcha					

**3. DETALLE DE JUNTA**



<b>4. PARAMETROS DE SOLDADURA</b>										
ITEM	Proceso	Nro pase	METAL APORTE		CORRIENTE			VOLTAJE (V)	VELOCIDAD	
			Clasificación	Diámetro (mm)	Tipo	Polaridad	Amperaje (A)		Alimentación Alambre (m/min)	Avance (mm/min)
1	GMAW	1-n	ER70S-6	1.2	CC	DCEP	250-315	27-30	8.0-12.7	300-450

**5. RESPONSABILIDAD.-**

Los firmantes certificamos y declaramos que: Los datos descritos en este WPS son correctos y están en conformidad con todos los requerimientos de la sección 3 de AWS D.1.1/D1.1M 2010. Así como contiene información confidencial y es propiedad de SEDEMI. Este documento está elaborado en base a condiciones de servicio específicas y del tipo de estructura y no pretende cubrir los rangos de trabajo diferentes a los expuestos. Se prohíbe su difusión, uso o copia sin autorización. No se responsabiliza por el mal uso e interpretación del procedimiento.

Elaborado por:  Ing. Néstor Morales Especialista de Soldadura SEDEMI S.C.C 23/06/2014	Calificado por:   Cristian Eduardo Aguirre <b>CWI 13093851</b> <b>QC1 EXP. 9/1/2016</b> Ing. Cristian Aguirre Inspector de Soldadura Certificado CWI 13093851 23/06/2014	Aprobado por:  Ing. Alexander Loya Jefe de Calidad SEDEMI S.C.C 23/06/2014
--	---	---

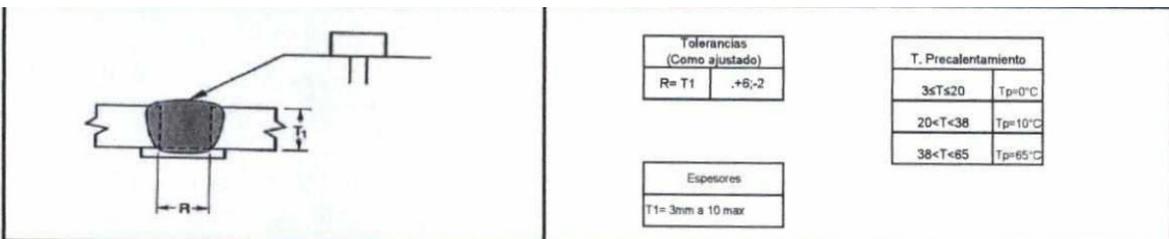
<b>1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN</b>			
WPS NRO.	<b>SED.14PREC.007</b>	Doc.Nro	2014.CC.WPS.P07
PRECALIFICADO <input checked="" type="checkbox"/>	CALIFICADO POR ENSAYO <input type="checkbox"/>	Revisión:	0 Fecha: 23/07/2014
PQR de Soporte NRO.	N/A, Según AWS D1.1 Cap.3	Cliente	Cientes Varios
Norma de Referencia	AWS D1.1/D1.1M:2010	Proyecto	Proyectos Varios en Planta
Proceso	GMAW		

<b>2. DATOS DEL PROCEDIMIENTO</b>			
<b>DISEÑO DE JUNTA</b>		<b>PROCESO(S) DE SOLDADURA</b>	
Tipo de Junta	Tope	Abertura de Raíz	Según espesor T1
Tipo de Soldadura	Ranura Cuadrada	Angulo Ranura	N/A
Designación	B-1a-GF	Cara de Raíz	N/A
		Radio (J-U)	N/A
Acceso <span style="margin-left: 100px;">1 Lado</span> <input checked="" type="checkbox"/> <span style="margin-left: 100px;">2Lados</span> <input type="checkbox"/>		<b>PROTECCION</b> Tipo GMAW Modo de Soldadura Semiautomático Transferencia Globular	
Preparar Junta <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> X Remoción de Raíz <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> X Respaldo <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> X		<b>POSICION</b> 1G <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> Plana <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> Horizontal <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> OH <input type="checkbox"/> Sobrecabeza	
<b>MATERIAL BASE</b> Método N/A Material G1, G2; PLE 6mm		<b>GAS</b> Tipo Mezcla Composición 80% Ar y 20% CO2 Tasa de flujo 18-24 LPM	
		<b>FUNDENTE</b> Tipo N/A Clase N/A	
<b>CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS</b>			

Especificación	ASTM	Ref. Tabla 3.1	Tipo Corriente	DC <input checked="" type="checkbox"/>	AC <input type="checkbox"/>	Electrodo Tugsteno (GTAW)
Tipo o Grado	Grupos I, II		Polaridad	EP <input checked="" type="checkbox"/>	EN <input type="checkbox"/>	Tamaño N/A
Muestra:	Placa					Tipo N/A
Dimensiones	N/A					Otro N/A
Espesor	3 a 10 max.	Diámetro (tubo)	>600mm			

<b>METAL DE APORTE</b>				<b>PRECALENTAMIENTO</b>			
Especificación AWS	A5.18	Diámetro	1.2 mm	Temp. Mínima	Según Tabla 3.2 Cap.3		
Clasificación AWS	ER70S-6			Temp. Min. Interfase	Según Tabla 3.2 Cap.3		
<b>TECNICA</b>				<b>TRATAMIENTO POSTSOLDADURA (PWHT)</b>			
Nro. Pases	Múltiples Pases	Separación Electrodo		Temperatura N/A			
Nro. Electrodo	1	N/A Longitudinal		Tiempo N/A			
Técnica Avance	Arrastre	N/A Lateral					
Progresión Cordon	Oscilado	N/A Angulo					
Limpieza	Grata Metálica	Martilleo N/A					
Stick out	5/8-7/8"	Angulo de Antorcha					

<b>3. DETALLE DE JUNTA</b>							
Nro. Pases	Múltiples Pases	Separación Electrodo		Revisión adecuada de la alineación de juntas. Realizar una correcta limpieza entre pases. No precalifica para GMAW-S ni GTAW La orientación de los dos miembros en la junta pueden variar desde 135° a 180° para juntas de tope, 45° a 135° para juntas de esquina, o 45° a 90° para juntas T.			
Nro. Electrodo	1	N/A Longitudinal					
Técnica Avance	Arrastre	N/A Lateral					
Progresión Cordon	Oscilado	N/A Angulo					
Limpieza	Grata Metálica	Martilleo N/A					
Stick out	5/8-7/8"	Angulo de Antorcha					



<b>4. PARAMETROS DE SOLDADURA</b>											
ITEM	Proceso	Nro pase	METAL APORTE		CORRIENTE			VOLTAJE (V)	POSICIÓN	VELOCIDAD	
			Clasificación	Diámetro (mm)	Tipo	Polaridad	Amperaje (A)			Alimentación Alambre (m/min)	Avance (mm/min)
1-n	GMAW	1-n	ER70S-6	1.2	CC	DCEP	250-315	26-30	1G	8-11	250-400

**5. RESPONSABILIDAD -**

Los firmantes certificamos y declaramos que: Los datos descritos en este WPS son correctos y están en conformidad con todos los requerimientos de la sección 3 de AWS D.1.1/D1.1M 2010. Así como contiene información confidencial y es propiedad de SEDEMI. Este documento está elaborado en base a condiciones de servicio específicas y del tipo de estructura y no pretende cubrir los rangos de trabajo diferentes a los expuestos. Se prohíbe su difusión, uso o copia sin autorización. No se responsabiliza por el mal uso e interpretación del procedimiento.

Elaborado por:  Ing. Néstor Morales Especialista de Soldadura SEDEMI S.C.C 23/07/2014	Calificado por:  <b>Cristian Eduardo Aguirre</b> <b>CWI 13063851</b> <b>QC1 EXP. 9/1/2016</b> Ing. Cristian Aguirre Inspector de Soldadura Certificado CWI 13063851 23/07/2014	Aprobado por:  Ing. Alexander Loya Jefe de Calidad SEDEMI S.C.C 23/07/2014
--	--	---

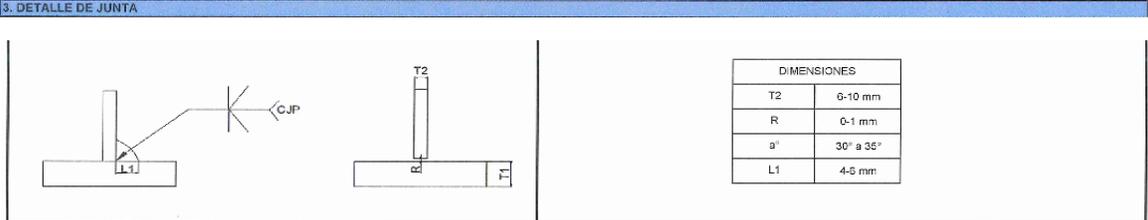
<b>1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN</b>		Pag. 1/1	
Versión 6/2/2014			
WPS NRO.	SED.18CALIF.009	Doc.Nro	2018.CC.WPS.C009
PRECALIFICADO <input type="checkbox"/>	CALIFICADO POR ENSAYO <input checked="" type="checkbox"/>	Revisión:	0 Fecha: 6/6/2018
PQR de Soporte NRO.	SED.18PQR.009	Cliente	Clientes Varios
Norma de Referencia	AWS D1.1/D1.1M:2015	Proyecto	Proyectos Varios en Planta
Proceso	SAW TWIN		

<b>2. DATOS DEL PROCEDIMIENTO</b>			
<b>DISEÑO DE JUNTA</b>		<b>PROCESO(S) DE SOLDADURA</b>	
Tipo de Junta	En T	Aberfura de Raíz	0-1 mm
Tipo de Soldadura	Ranura Cuadrada	Angulo Ranura	45° (±5°)
Designación	N/A	Cara de Raíz	4-6 mm
		Radio (J-U)	N/A
Acceso	1 Lado <input type="checkbox"/>		
Preparar Junta	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
Remoción de Raíz	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Método	N/A
Respaldo (repisas)	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Material	A 572 Gr 50
		<b>PROTECCION</b>	
		<b>GAS</b>	
		Tipo	N/A
		Composición	N/A
		Tasa de flujo	N/A
		<b>FUNDENTE</b>	
		Tipo	Neutro
		Clase	F7A4
<b>MATERIAL BASE</b>		<b>CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS</b>	

Especificación	ASTM			
Tipo o Grado	A36 / A572 Gr50	Grupos I, II	Ref. Tabla 3.1	
Muestra:	Placa			
Dimensiones	Todas las dimensiones			
Espeor	6-10 mm			
		Tipo de Corriente		Polaridad
		SAW		CC
				Inversa

<b>METAL DE APORTE</b>		<b>FRECALENTAMIENTO</b>		<b>TRATAMIENTO POSTSOLDADURA (PW/IT)</b>	
SAW		Espeor (mm)	Temp. Mínima / Temp. Min. Interpase (°C)	Temperatura	N/A
Especificación AWS	A 5.17	3 a 20	0°	Tiempo	N/A
Clasificación AWS	EM 12 K	Sobre 20 hasta 38	65°		
Diámetro	2.4 mm	Sobre 38 hasta 65	110°		
		Sobre 65	150°		

<b>TECNICA</b>		<b>NOTAS</b>	
SAW		Revisión adecuada de la alineación de juntas. Realizar una correcta limpieza entre pasos.	
Pase de Raíz	N/A	Si se usan soldaduras de filete en estructuras cargadas estaticamente para reforzar soldaduras de ranura en juntas T estas deben ser iguales a T1/4, pero no deben exceder a 3/8".	
Pases de Relleno	1	Las soldaduras de ranura y juntas T de estructuras ciclicamente cargadas deben ser reforzadas con soldaduras de filete iguales a T1/4, pero no deben exceder a 3/8".	
Nro. Electrodo	2	Las soldaduras de ranura doble pueden tener soldaduras de profundidades desiguales, pero la profundidad de la ranura más colto no debe ser menor que 1/4" del espesor de la parte de la junta más delgada.	
Técnica Avance	N/A		
Progresión Cordon	Recto		
Stick out	25-32mm		
Limpieza	Grata Metálica		



<b>4. PARAMETROS DE SOLDADURA</b>											
ITEM	Proceso	Nro pase	METAL APORTE		CORRIENTE			Voltaje (V)	Heat Input (KJ/MIN)	Velocidad	
			Clasificación	Díámetro (mm)	Tipo	Polaridad	Amperaje (A)			Alineación Alambre (m/min)	Avance (mm/min)
1	SAW	1	EM12K	2.4	CC	DCEP	750-850	23-26	****	1.7 - 2.0	700 - 800

**5. RESPONSABILIDAD.**  
 Los abajo firmantes certificamos y declaramos que Los datos descritos en este WPS son correctos y están en conformidad con todos los requerimientos de la sección 4 de AWS D.1.1/D1.1M:2015.  
 Así como contiene información confidencial y es propiedad de SEDEMI. Este documento está elaborado en base a condiciones de servicio específicas y del tipo de estructura y no pretende cubrir los rangos de trabajo diferentes a los expuestos. Se prohíbe su difusión, uso o copia sin autorización. No se responsabiliza por el mal uso o interpretación del procedimiento.

Elaborado por: **Ing. Edison Cedeño**  
 Especialista de Soldadura  
 SEDEMI S.C.C  
 6/6/2016

Calificado por: **Cristian Eduardo Aguirre Sosparría**  
 CWI 13093851  
 QC1 EXP. 9/1/2019  
 Ing. Cristian Aguirre  
 Inspector de Soldadura Certificado  
 CWI 13093851  
 6/6/2018

Aprobado por: **Ing. Alexander Leya**  
 Jefe de Calidad  
 SEDEMI S.C.C  
 6/6/2018

<b>1. DATOS DE IDENTIFICACION</b>			
PQR NRO.	SED.18PQR.009	Doc.Nro	2018.CC.PQR.009
Norma de Referencia	AWS D1.1/D1.1M:2015	Fecha:	22/6/2018
Proceso	SAW TWIN	Cliente	Cientes Varios
WPS Referencia	SED.18CALIF.008	Proyecto	Proyectos Varios en Planta

<b>2. DATOS DEL PROCEDIMIENTO</b>			
<b>DISENO DE JUNTA</b>		<b>PROCESO(S) DE SOLDADURA</b>	
Tipo de Junta: En T Tipo de Soldadura: Ranura Cuello Designación: N/A Abrtura de Raiz: 6mm Angulo Ranura: 45° Cara de Raiz: 6mm Radio (J-U): N/A	PROCESO: SAW Tipo: Automático M-Transferencia: N/A POSICION: F: Plana H: Horizontal V: Vertical O: Sobrecabeza		
Acceso: 1 Lado Preparar Junta: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Remoción de Raiz: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Respaldo (Rapisas): SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Método: N/A Material: A 572 Gr 50		PROTECCION: GAS: Tipo: N/A Composición: N/A Tasa de flujo: N/A FUNDENTE: Tipo: F7A4 Clase: Neutro	
<b>MATERIAL BASE</b>		<b>CARACTERISTICAS ELECTRICAS</b>	
Especificación: ASTM A572 Tipo o Grado: C-50 Grupo II Muestra: Placa Dimensiones: 4000X180x10 mm Espesores: 6 mm Ref. Tabla 3.1	Tipo Corriente: SAW Polaridad: DC <input checked="" type="checkbox"/> AC <input type="checkbox"/> EP <input checked="" type="checkbox"/> EN <input type="checkbox"/>		
<b>METAL DE APORTE</b>		<b>PRECALENTAMIENTO</b>	
		<b>TRATAMIENTO POSTSOLDADURA (PWHT)</b>	

Especificación	SAW A 5.17	N/A	Temperatura	N/A
Clasificación AWS	EM12K		Tiempo	N/A
Díametro	2.4 mm			

<b>TECNICA</b>		<b>NOTAS</b>	
Nro Pasos: 2 Nro Electrodo: 2 Técnica Avance: N/A Progresión Corriente: Recto Stick out: 25 mm Limpieza: Grata Metálica	Separación Electrodo: Longitudinal: <input type="checkbox"/> N/A Lateral: <input type="checkbox"/> N/A Angulo: <input checked="" type="checkbox"/> X Angulo Antorcha: <input type="checkbox"/> 45°	Revisión adecuada de la alineación de juntas. Realizar una correcta limpieza entre pasas. Las soldaduras de canal doble pueden tener soldaduras de profundidades desiguales, pero la profundidad del canal más corto no debe ser menor que 14° del espesor de la parte de la junta más delgada.	

<b>3. ESQUEMA DE LA JUNTA</b>		<b>4. VARIABLES DEL PROCESO</b>									
		<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="2">Dimensiones</th></tr> <tr><td>T2</td><td>6 mm</td></tr> <tr><td>R</td><td>0 mm</td></tr> </table>				Dimensiones		T2	6 mm	R	0 mm
Dimensiones											
T2	6 mm										
R	0 mm										
		Pase No.	Proceso	Amperaje (A)	Voltaje (V)	Alimentación Alambre (mm/min)	Avance (mm/min)				
		1	SAW	796	25.10	1.98	760				
		2	SAW	750	23.50	1.98	760				

<b>5. INSPECCION VISUAL</b>			
Fisuras	NO	Porosidad	NO
Falta de Fusión	NO	Refuerzo de cara	1 mm Aceptable
Grietas	NO	Refuerzo de raiz	n/a n/a
Socavaciones	NO	Perfil de soldadura	OK Aceptable

Inspeccionado por: Ing. Cristian Aguirre      Fecha: 8/6/2018

<b>6. ENSAYOS DESTRUCTIVOS</b>					
<b>ENSAYOS DE DOBLADO</b>					
Identificación	Tipo	Cant. Muestras	Inspeccionado por:	Resultados/ Observaciones	Aprobado
W141/AW083-DC1 2G	Doblado de cara	1	Ing. Cristian Aguirre- ASWELD	∆ discontinuidades=0,118" < 3/8"	SI
W141/AW083-DC2 2E	Doblado de cara	1	Ing. Cristian Aguirre- ASWELD	∆ discontinuidades=0,029" < 3/8"	SI
W141/AW083-DC3 2C	Doblado de raiz	1	Ing. Cristian Aguirre- ASWELD	No existen discontinuidades relevantes	SI
W141/AW083-DC4 2G	Doblado de raiz	1	Ing. Cristian Aguirre- ASWELD	∆ discontinuidades=0,157" < 3/8"	SI
INFORME ED-18-D087				F-CHA	22/6/2018

<b>ENSAYO RADIOGRÁFICO (RT)</b>					
Identificación	Nro Ensayo	Fecha	Efectuado por:	Resultados/ Observaciones	Aprueba
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

<b>ENSAYO DE TRACCIÓN REDUCIDA</b>									
Nro Ensayo	2018-355-T		Efectuado por:			MSc. Patricio Estupiñán			
Entidad	ILPM		Fecha:			5/7/2018			
Identificación	Ancho promedio	Espesor promedio	Límite de Fluencia			Límite de Rotura		Resultados/ Observaciones	Aprueba
	mm	mm	ksi	Mpa	Ksi	MPa			
W175-T1-C	18,95	12,84	53,98	372	69,62	480	Falla junta soldada	SI	
W175-T1-R	19,20	13,71	55,43	382	76,75	523	Falla material base	SI	
W175-T2-C	18,43	12,75	52,52	362	70,14	484	Falla junta soldada	SI	
W175-T2-R	18,74	13,76	57,24	395	75,66	522	Falla material base	SI	

NOTA: La resistencia a la tracción de las probetas ensayadas supera a la resistencia mínima especificada en el material base y aporte.

<b>ENSAYO DE CVN (CHARPY)</b>									
Nro Ensayo	N/A		Efectuado por:			N/A			
Entidad	N/A		Fecha:			N/A			
Identificación	Temperatura de ensayo	Energía de Impacto			Promedio Energía de Impacto		Resultados/ Observaciones	Aprueba	
	°C	lbf-ft	J	lbf-ft	J				
	--	--	--	--	--	--	--	--	

NOTA: --

Nota. Los cambios más allá de las limitaciones de las variables esenciales descritos en el PQR deben requerir recalificación del WPS. AWS D1.1 2015 Parte B.

**7. RESPONSABILIDAD.-**

Los abajo firmantes certificamos y declaramos que: Los datos descritos en este PQR son correctos y están en conformidad con todos los requerimientos de AWS D1.1 2015 Cap.4 Parte B. Así como contiene información confidencial propiedad de SEDEMI. Este documento está elaborado en base a condiciones de servicio específicas y del tipo de estructura y no pretende cubrir los rangos de trabajo diferentes a los expuestos. Se prohíbe su difusión, uso o copia sin autorización. No se responsabiliza por el mal uso e interpretación del procedimiento.

<p>Elaborado por:</p> <p>Ing. Edison Cedeño Especialista de Soldadura SEDEMI S.C.C 5/7/2018</p>	<p>Calificado por:</p> <p>Cristhian Edgardo Aguirre Escapanta CWI 13093851 QC1/EXP. 9/1/2019</p> <p>Ing. Cristhian Aguirre Inspector de Soldadura Certificado CWI 13093851 5/7/2018</p>	<p>Aprobado por:</p> <p>Ing. Alexander Loya Jefe de Calidad SEDEMI S.C.C 5/7/2018</p>
---	---	---