

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Tesis previa a la obtención del título de INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE SOLDADURA POR
ARCO SUMERGIDO PARA EL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA SALESIANA.**

AUTORES:

**JONATHAN STALIN MANOSALVAS PADILLA
PEDRO SANTIAGO CHACHA BURGOS**

DIRECTOR

HOMERO YANCHAPAXI A.

Quito, abril de 2015

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DE TESIS

Quito, 24 de abril de 2015

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en su totalidad por los señores: Jonathan Stalin Manosalvas Padilla y Pedro Santiago Chacha Burgos.

Los conceptos desarrollados, análisis y recomendaciones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los mismos.

Ing. Homero Yanchapaxi

DIRECTOR DE TESIS

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DEL USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros Jonathan Stalin Manosalvas Padilla y Pedro Santiago Chacha Burgos autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Jonathan Stalin Manosalvas Padilla

C.C. 1718053703

Pedro Santiago Chacha Burgos

C.C. 1718230590

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mi Padre Edison quien gracias a su ejemplo de trabajo, y de lucha supo guiarme y demostrarme que las metas y objetivos se los alcanza a base de esfuerzo y perseverancia, a mi Madre Silvia quien con su cariño, amor y abnegación siempre estuvo a mi lado apoyándome y velando por mi bienestar para poder cumplir mis retos.

En honor a mis dos ángeles Laura Tapia (+) y Mariana Lima (+) que desde el cielo me supieron guiar y darme fuerzas para poder concluir una de mis etapas.

Jonathan Stalin Manosalvas Padilla.

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida y por haberme guiado a pesar de tantos obstáculos que encontré en el camino. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más. A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida. A mi padre quien ha estado velando por mí durante este arduo camino para convertirme en un profesional.

Pedro Santiago Chacha Burgos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al personal docente y administrativo de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, por su paciencia e interés que nos prestaron a lo largo de nuestra carrera.

Al Ing. Homero Yanchapaxi por su dirección, asesoría y dedicación constante para la elaboración del presente proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
MARCO TEÓRICO.....	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Definición	2
1.3 Equipo y principio de funcionamiento.....	4
1.4 Fuente de poder.....	4
1.5 Variables de proceso SAW	5
1.5.1 Tipo de corriente y polaridad.....	6
1.5.2 Intensidad de corriente.....	8
1.5.3 Tensión de soldadura	10
1.5.4 Distancia de la placa a la boquilla (stick-out).....	12
1.5.5 Velocidad de soldeo o de avance	14
1.6 Fundentes	16
1.6.1 Clasificación del fundente.....	17
1.6.2 Clasificación de los fundentes para soldadura por arco sumergido según la AWS	20
1.6.3 Altura del fundente	22
1.7 Material de aportación	23
1.8 Material base.....	26
1.9 Ventajas y limitaciones del proceso SAW frente al proceso SMAW	27
1.9.1 Ventajas	27
1.9.2 Limitaciones.....	28
1.10 Aplicaciones.....	29
CAPITULO II.....	30
2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	30
2.1 Estudio de alternativas	30
ALTERNATIVA 1	31
2.1.1 Equipo utilizado al proceso SAW para soldadura plana horizontal.....	31
ALTERNATIVA 2	38
2.1.2 Equipo utilizado en proceso SAW para soldadura circular	38
2.2 Parámetros de selección	44
2.3 Factor de ponderación.....	44
2.4 CONCLUSIÓN.....	47
3. CAPÍTULO III.....	48

DISEÑO, CÁLCULO DE LOS COMPONENTES.....	48
3.1Requerimientos constructivos.....	48
3.1.1Diseño del sistema de transmisión de potencia.....	48
3.1.2Selección del motor.....	49
3.1.3Control de la velocidad del motor.....	52
3.1.4Selección del tipo de transmisión.....	53
3.2Diseño del eje de las ruedas.....	59
3.2.1Cálculo de las reacciones.....	62
3.2.2Diagrama de momentos.....	63
3.3Dimensionamiento del eje.....	68
3.4Análisis y selección del tipo de chumacera.....	72
3.5Carcaza.....	73
3.5.1Tapas.....	73
3.5.2Base.....	73
3.6Sistema de guiado.....	73
CAPITULO IV.....	74
4.PRUEBAS DEL EQUIPO.....	74
4.1Parámetros de soldadura.....	74
4.2Pruebas de soldadura.....	74
4.2.1Parámetro a variar.....	75
CONCLUSIONES.....	80
CAPITULO V.....	81
5.COSTOS.....	81
5.1Generalidades.....	81
5.2Costo de la fuente de poder.....	82
5.3Materia prima.....	82
5.3.1Costo de materiales.....	82
5.4Insumos.....	83
5.5Mecanizado.....	85
5.6Costo por trabajo de terceros.....	93
5.7Costos imprevistos.....	93
5.8 Costo total de la construcción del equipo de arco sumergido.....	94
6.CONCLUSIONES.....	95
7.RECOMENDACIONES.....	96
LISTA DE REFERENCIA.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Polaridad de corriente.....	7
Tabla 1.2. Descripción de las gráficas del efecto de la polaridad.....	8
Tabla 1.3.Intensidades y tensiones en relación del diámetro del alambre.....	9
Tabla 1.4.Características de la velocidad de avance	14
Tabla 1.5. Velocidad de avance de soldadura en relación del alambre.....	15
Tabla 1.6. Fundentes para soldadura por arco sumergido.....	17
Tabla 1.7.Comportamiento metalúrgico (sistema métrico).....	21
Tabla 1.8. Comportamiento metalúrgico (sistema inglés).....	21
Tabla 1.9. Comportamiento metalúrgico de metales.....	21
Tabla 1.10Características del efecto de la altura del fundente.....	22
Tabla 1.11. Características de los materiales de aportación.....	24
Tabla 1.12. Selección del metal de aporte.....	25
Tabla 1.13. Características técnicas de material de aporte.....	26
Tabla 2.1. Costo total del equipo para SAW en posición plana horizontal.....	32
Tabla 2.2. Procesos de soldadura para fabricación empleados en codesol.....	35
Tabla 2.3. Procesos de soldadura en sector industrial empleados en codesol.....	35
Tabla 2.4. Procesos de soldadura en el sector petrolero en codesol.....	36
Tabla 2.5. Procesos de soldadura en el sector de Telecomunicaciones en Tean.....	36
Tabla 2.6. Tabla de porcentajes en sectores de proceso SAW.....	37
Tabla 2.7. Tabla en porcentajes de procesos SAW en diferentes sectores.....	37
Tabla 2.8. Costo total del equipo para SAW en soldadura circular.....	39
Tabla 2.9. Procesos de soldadura empleados en la industria Sedemi.....	41

Tabla 2.10. Porcentajes de aplicación para soldeo plano y circular.....	43
Tabla 2.11. Porcentaje de empleo para soldeo plano y circular en Sedemi.....	43
Tabla 2.12. Máquina para proceso SAW en posición plana horizontal.....	45
Tabla 2.13. Máquina para proceso SAW para soldadura circular.....	46
Tabla 3.1. Regulación de soldadura MIG.....	49
Tabla 3.2. Valores de potencia del motor a varias fuerzas normales.....	52
Tabla 3.3. Características del motor Suzuki.....	52
Tabla 3.4. Características de la transmisión para cadena.....	58
Tabla 3.5. Propiedades mecánicas aceroSAE1018.....	69
Tabla 3.6. Diámetro del eje a varios factores de seguridad.....	70
Tabla 3.7. Diámetro del eje en los extremos a varios Fs.....	71
Tabla 3.8. Características de la chumacera.....	72
Tabla 4.1. Soldadura variando la intensidad.....	75
Tabla 4.2. Soldadura variando la velocidad de avance del carro.....	78
Tabla 5.1. Costo de fuente de poder.....	82
Tabla 5.2. Tabla costo de materiales.....	82
Tabla 5.3. Tabla costo de insumos.....	84
Tabla 5.4. Tabla de costo de mecanizado.....	86
Tabla 5.5. Resumen de costo de mecanizado.....	93
Tabla 5.6. Costo por trabajo de terceros	93
Tabla 5.7. Costo imprevistos.....	93
Tabla 5.8. Costo total del equipo.....	94
Tabla 5.8. Procedimiento experimental.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1. Esquema de la soldadura por arco sumergido.....	3
Fig. 1.2. Diagrama de polaridad inversa.....	6
Fig. 1.3. Diagrama de polaridad directa.....	7
Fig. 1.4. Efecto de la polaridad en forma y penetración del cordón.....	7
Fig. 1.5. WFS vs corriente.....	11
Fig. 1.6. Efecto del Stick-out sobre la soldadura.....	13
Fig. 1.7. Efecto de la altura del flux sobre la soldadura.....	22
Fig. 1.8. Ventaja del proceso SAW vs otros procesos de soldadura.....	27
Fig. 2.1. Equipo utilizado en el proceso SAW para soldadura plana horizontal.....	31
Fig. 2.2. Equipo utilizado en el proceso SAW para soldeo circular.....	38
Fig. 3.1 Diagrama de cuerpo libre de la rueda.....	50
Fig. 3.2. Relación de transmisión.....	56
Fig. 3.3. Esquema tridimensional de los puntos de contacto sobre el eje.....	60
Fig. 3.4. Diagrama del cuerpo libre del eje de las ruedas.....	60
Fig. 3.5. Ubicación de las cargas sobre las ruedas.....	60
Fig. 3.6. Estado de cargas en el plano x-z.....	64
Fig. 3.7. Diagrama de momentos (momento flector M_y).....	65
Fig. 3.8. Estado de cargas en el plano X-Y.....	65
Fig. 3.9. Momento flector M_z	68
Fig. 4.1. Gráfico intensidad vs ancho del cordón.....	75

Fig. 4.2. Cordón de soldadura a voltaje 130(v).....	76
Fig. 4.3.Cordón de soldadura a voltaje 124(v).....	76
Fig. 4.4.Cordón de soldadura a voltaje 126(v).....	77
Fig. 4.5.Cordón de soldadura a voltaje 122(v).....	77
Fig. 4.6. Gráfico de velocidad de soldeo vs Ancho del cordón.....	78
Fig. 4.7.Cordón de soldadura con avance del carro 264cm/min.....	79
Fig. 4.8.Cordón de soldadura con avance del carro 180cm/min.....	79
Fig. 4.9. Cordón de soldadura con avance del carro 99 cm/min.....	79
Fig. 4.10. Cordón de soldadura con avance del carro 33cm/min.....	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Planos del equipo didáctico de soldadura por arco sumergido.....	99
Anexo 2. Tablas de diseño.....	100
Anexo 3.1. Factor de servicio para transmisión por cadena.....	101
Anexo 3.2. Dimensiones de las cadenas de rodillo estándar.....	101
Anexo 3.3. Factores de corrección para los dientes.....	102
Anexo 3.4. Factores de corrección para cadenas de cordones múltiples k2.....	102
Anexo 3.5. Capacidad de potencia nominal en Hp de cadena de rodillos.....	103
Anexo 3.6. Chumacera a utilizar.....	103
Anexo 4. Guía para práctica en el laboratorio.....	104
Anexo 5. Fotos del equipo.....	109

SIMBOLOGÍA

ρ = Resistividad del hilo

l = Longitud del hilo desde la boquilla o ESO

S = Área transversal del hilo

R = Resistencia eléctrica del hilo

P = Poder absorbido

I = Intensidad

$V_{\text{máx}}$ = Velocidad máxima

W = Fuerza debido al peso

F_n = Fuerza normal

T_c = Torque

F_R = Fuerza de rozamiento

w = Velocidad angular

r = Radio de la rueda

V_c = Velocidad lineal

P = Potencia

μ_e = Coeficiente de rozamiento estático

Z_r : Número de dientes de la rueda conducida

Z_p : Número de dientes del piñón impulsor

K_s : Factor de servicio de carga

H'_r = Potencia nominal totalmente corregida

k_1 = Factor de corrección por diente

K_2 = Factor para cadenas de cordones múltiples

H_r = Potencia de diseño para la cadena

P = Peso del equipo

μ_e = Coeficiente de rozamiento cinemático

F_r = Fuerza de rozamiento

M_y = Momento flector en “Y “

M_z = Momento flector “Z”

d =Diámetro del eje sometido a cargas combinadas de torsión y flexión

F_s =Factor de seguridad

S_y = Límite de fluencia del material

M = Momento flector

M_t = Momento torsor

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Alambre de soldeo: Material de aportación obtenido por trefilado y suministrado generalmente enrollado, formando bobinas.

Atmósfera protectora: Entorno de gas protector, que rodea parcial o totalmente la pieza a soldar, cortar o proyectar térmicamente, con características controladas de composición química, punto de rocío, presión, etc.

Baño de metal fundido: Estado líquido previo de una soldadura, que posteriormente se solidificará para formar la unión.

Cara de la soldadura: Superficie final de la soldadura por el lado en que fue realizada.

Cordón de soldadura: Depósito de metal fundido resultado de la progresión longitudinal de un proceso de soldadura.

Corriente de soldeo: Corriente eléctrica que circula por el circuito de soldeo durante la realización de una unión soldada. En el soldeo por resistencia no se incluye, en este concepto, la corriente utilizada durante los intervalos de pre y post-soldadura.

Dilución: Cantidad de metal base y de metal depositado previamente que se incorporan al baño de fusión, modificando, en su caso, la composición química del metal de aportación.

Dimensión de la soldadura: Medidas del cordón de soldadura, especificadas en función del tipo de unión.

Discontinuidad: Interrupción en la estructura de una soldadura, tal como: falta de homogeneidad mecánica, metalúrgica o características físicas del material base o de la propia soldadura.

Falta de fusión: Discontinuidad debida a que no ha llegado a fundir la superficie, del metal base o de los cordones precedentes, sobre la que se deposita el cordón.

Falta de penetración en la unión: Penetración inferior a la específica en una unión.

Fundente: Producto químico que se añade durante el proceso de soldeo con la finalidad aislar del contacto del aire, limpiar o modificar las características del baño de fusión de las superficies.

Metal de aportación: Material que se aporta en cualquier operación o proceso de soldeo.

Metal de soldadura: Zona de la unión fundida durante el soldeo.

Mordedura: Falta de metal en forma de hendidura, de extensión variable, situada a lo largo de los bordes de la soldadura.

Porosidad: Cavidades formadas por una retención de gas durante la solidificación.

Pre calentamiento: Aplicación de calor al metal base inmediatamente antes de la operación de soldeo, proyección térmica o corte, para conseguir la temperatura óptima de trabajo.

Soldabilidad: Capacidad de un material para ser soldado bajo las condiciones de fabricación impuestas a una determinada estructura diseñada adecuadamente y para funcionar satisfactoriamente en las condiciones de servicio previstas.

Soldeo: Acción de realizar una soldadura. Proceso de unión que origina la coalescencia de materiales calentándolos a temperatura adecuada, con o sin la aplicación de presión, o por la aplicación de presión únicamente, y con o sin material de aportación.

Soldeo automático: Proceso de unión en el que el operario se limita a fijar los parámetros iniciales de soldeo y al seguimiento de la operación.

Soldeo blando: Proceso en la que se unen dos partes metálicas mediante un metal de aporte que tiene una temperatura de fusión menor que la de las partes a unir y que generalmente es menor de 450°C.

Soldeo de empuje: Técnica de soldeo, en la cual el electrodo o la pistola se dirige en el mismo sentido que el avance de la soldadura.

Soldeo de arrastre: Técnica de soldeo en la cual el electrodo o pistola se dirige en sentido contrario al de avance de la soldadura.

Soldeo MIG: Término habitualmente utilizado para el soldeo semiautomático con gas inerte.

Soldeo por arco con electrodo revestido: Proceso en el cual el calor de soldadura es generado por un arco eléctrico entre la pieza de trabajo (metal base) y un electrodo metálico consumible (metal de aporte) recubierto con materiales químicos en una composición adecuada.

Soldeo por arco con alambre tubular: Proceso de soldeo por arco eléctrico, en el que el arco se establece entre un alambre/electrodo tubular continuo, consumible, y el baño de fusión.

StickOut: Altura de la punta de contacto con respecto al cordón.

Tolva: Reservorio para almacenaje de fundente.

Zona afectada térmicamente: Porción del metal base que no ha fundido, pero cuya microestructura o propiedades mecánicas han sido alteradas por el calor generado durante el proceso de soldeo o corte.

Zona de fusión: Área del metal base fundido, determinada sobre la sección transversal de una soldadura.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo el diseño y construcción de un equipo de soldadura por arco sumergido. En la actualidad es necesaria la implementación de equipos que estén en la capacidad de satisfacer las necesidades investigativas de los estudiantes para que todos los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas sean aplicados en prácticas realizadas en los laboratorios.

Para el estudio de la misma se ha establecido el presente trabajo en capítulos detallando en cada uno de ellos la información más relevante para el diseño y construcción del equipo.

Se presenta una recopilación de conceptos y términos utilizados en el proceso de soldadura por arco sumergido, variables del proceso como son voltaje, amperaje, velocidad de soldeo entre otros, ventajas y desventajas del mismo.

Se analiza las diferentes opciones que existen para la realización del proceso, aplicadas a la industria, en este caso se diseñó un equipo SAW para soldadura plana horizontal, para proporcionar un fácil entendimiento del proceso a los estudiantes.

Se contempla el diseño de elementos mecánicos que conforman el equipo como son: sistema de potencia, selección del motor a usar, determinando las fórmulas y condiciones adecuadas para el diseño de la máquina basándose en criterios de los diferentes autores. Se realizó ensayos de variación de parámetros de soldadura en placas de Acero ASTM A-36 como son el voltaje, amperaje y la velocidad de soldadura comprobando la información recopilada a lo largo de la tesis

ABSTRACT

This thesis aims to design and build a team of submerged arc welding. At present the implementation of equipment in the ability to meet the research needs of students for all the theoretical knowledge acquired in the classroom are applied in practice in laboratories is necessary.

To study it has been established this work into chapters detailing in each the most relevant to the design and construction of the unit.

A collection of concepts and terms used in the process of submerged arc welding, process variables as are voltage, amperage, welding speed among others, advantages and disadvantages of it is presented.

Different options for performing the process, applied to industry, in this case a flat horizontal SAW welding equipment was designed to provide an easy understanding of the process to students is analyzed.

The design of mechanical elements of the team is contemplated as: power system, using engine selection, determining the formulas and conditions suitable for machine design based on criteria of different authors. Tests of variation of parameters of welding steel plates ASTM A-36 such as voltage, amperage and speed welding was performed by checking the information gathered throughout the thesis.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del presente trabajo es diseñar y construir un equipo didáctico de soldadura por arco sumergido con la finalidad que los estudiantes puedan observar dicho proceso, el equipo esta destinado para el laboratorio de soldadura de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana.

La presente tesis contiene el estudio de varios parámetros que influyen en el proceso de arco sumergido como son intensidad de corriente, tensión de soldadura, velocidad de salida del alambre, stick-out, velocidad de avance entre otros, además de ventajas y desventajas del mismo.

La soldadura por arco sumergido se caracteriza por su gran penetración en una sola pasada aprovechando las propiedades tanto del alambre (aleaciones Mg) y del fundente. Se optó por un equipo semiautomático permitiendo controlar las velocidades de avance, stick-out, alimentación de fundente que al ser realizadas por el operador están expuestas a errores.

Al ser una tesis experimental se inició recolectando toda la información necesaria sobre el proceso de arco sumergido y soldadura MIG y sus variables, para con ello realizar el mejor diseño que cumpla las necesidades y realizar los respectivos cálculos para los diferentes elementos que conforman la máquina.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

El proceso de soldadura por arco sumergido (SAW) apareció a principio de los años treinta. Fue el primero de muchos procesos que usó alambre continuo como electrodo y su aceptación se acrecentó durante la Segunda Guerra Mundial, fue creado por Oscar Kjellberg.

Después de la guerra el proceso se ha desarrollado considerablemente tanto en América como en Europa y hoy en día existen numerosos sistemas similares que no difieren más que en el sistema de alimentación de alambre. Esta aplicación es cada vez más variada por lo que es recomendable continuar con la investigación sobre este tema.

“Sin embargo a pesar de que el tonelaje anual de alambre de electrodos para SAW se ha incrementado, su porcentaje entre el monto total de metales de aportación sigue estando por debajo del 10 %.” (D. Seferian & P. Cheverand, 1972, P.117)

1.2 Definición

En el proceso de soldadura por arco sumergido un alambre desnudo es alimentado mediante un mecanismo automático, a medida que se consume.

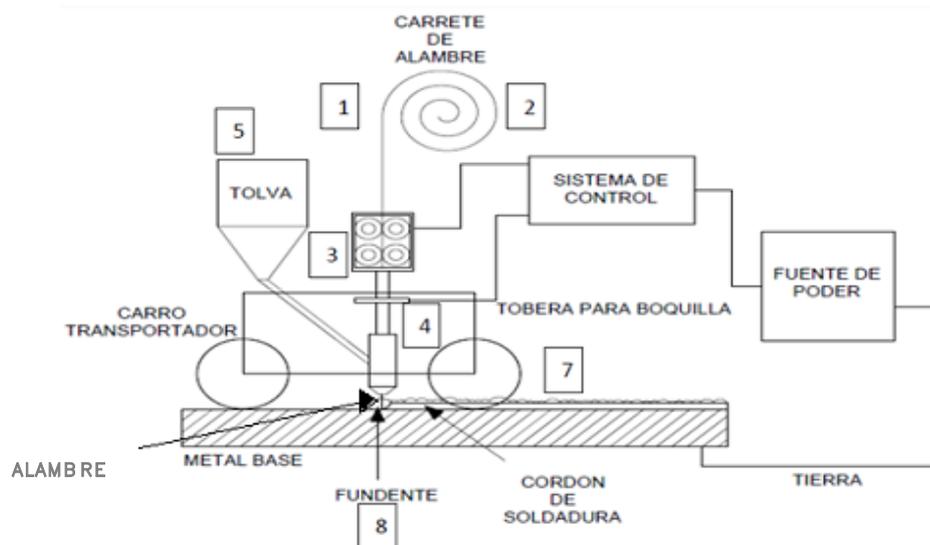
El suministro de potencia y el sistema de alimentación son similares a los que se usan con la soldadura GMAW, pero el blindaje se proporciona por un fundente granular alimentado por una tolva que rodea completamente al arco como se muestra en la figura 1.1.

Parte del fundente se funde por el calor del arco para proporcionar una cubierta vidriosa de escoria que protege el metal fundido y la soldadura solidificada conforme se enfría.

Además el fundente usualmente no conductor se vuelve conductor cuando se funde y permite muy altas densidades de corriente que dan penetración profunda.

Debido a la alta penetración con un ahorro del material de aporte y una velocidad de soldadura más alta para una corriente dada, pueden usarse ranuras más pequeñas para la preparación de la junta con este proceso que con los demás.

Figura 1.1.Esquema de la soldadura por arco sumergido



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

1.3 Equipo y principio de funcionamiento

La corriente eléctrica se conduce entre el electrodo y la pileta fundida a través de un manto de fundente. La potencia la suministra un rectificador o un transformador que conduce al alambre (electrodo) a través de la tobera, produciéndose el arco entre aquel y el metal base. El calor del arco funde el electrodo, el fundente y parte del metal base, formando la pileta de soldadura que conforma la junta.

Para el proceso de soldadura por arco sumergido se emplea el alambre electrodo desnudo (1) en forma de rollo que se monta en el carrete (2). El alambre procedente del carrete se hace llegar al sitio de soldadura, a través de una boquilla conductora de la corriente, por medio del cabezal (3) que se desplaza a su vez a lo largo de los bordes que se sueldan.

Por delante del arco a través del tubo (4), va saliendo de la tolva (5), el fundente granulado (8) que cae sobre los bordes preparados.

Parte del fundente se derrite, recubre de manera regular la costura y después se enfría, formando la costra de escorias (7).

En caso de ser necesario al equipo puede adaptarse una manga para recoger el fundente quemado y regresarlo a la tolva.

“El arco bajo la capa del fundente arde aislado del aire por el fundente derretido. El metal se preserva perfectamente de la oxidación, mientras que la intensidad de la corriente puede elevarse hasta 550-1100A (para chapas a soldar con espesor de 6 a 20mm) lo que no puede hacerse con arco descubierto. La velocidad de la soldadura alcanza en este caso 22-60m lineales por hora”.(D. Seferian &P.Cheverand, 1972).

1.4 Fuente de poder

La fuente de poder para la soldadura por arco sumergido debe tasarse en un ciclo de trabajo del 100%, puesto que este tipo de operaciones son continuas y el tiempo para hacer una soldadura puede exceder de 10 minutos.

Se emplea tanto un generador o un transformador-rectificador como fuente de potencia, pero las máquinas rectificadoras son más populares. Las máquinas para soldadura por arco sumergido varían de tamaño entre los 300 y 1500 A.

Por lo tanto en la presente tesis al ser un equipo didáctico se empleará una fuente de poder MIG de marca LINCOLN ELECTRIC CO. De 250A de alimentación trifásica de factor de servicio al 100% de 240A de tamaño de carrete de 300mm y con peso de 15Kg para placas de $\frac{1}{4}$ " y diámetro de alambre de 0,9mm obtenidos de datos de placa , para poder realizar dicho proceso.

1.5 Variables de proceso SAW

Es muy importante elegir las condiciones de soldeo adecuadas en función del espesor del material y la preparación seleccionada para conseguir soldaduras exentas de fallos.

Las variables del proceso que tienen que considerarse son:

- Intensidad de corriente
- Tensión de soldadura
- Velocidad de salida del alambre.
- Stick-out del alambre
- Velocidad de avance
- Altura del fundente

Estas son las variables que determinan el tamaño, la forma, la penetración del cordón de soldadura y la existencia de defectos como porosidad, mordeduras, falta de penetración, sobre espesor excesivo, etc.

1.5.1 Tipo de corriente y polaridad

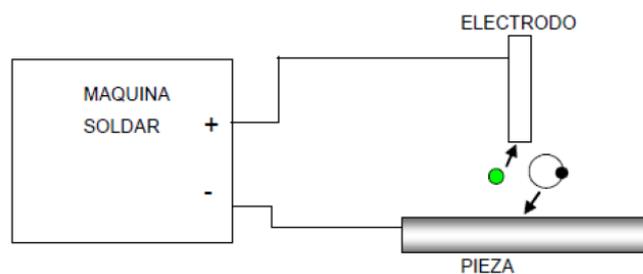
El soldeo por arco sumergido puede utilizar corriente alterna o continua, aunque con ésta última su comportamiento es más favorable. La clase de corriente y la polaridad influyen en la composición química del metal aportado y en la forma del cordón.

Con la corriente alterna se obtienen unos resultados intermedios entre los obtenidos con corriente continua polaridad directa y polaridad inversa. La corriente alterna es particularmente útil cuando puede haber problemas de soplo, por ejemplo al soldar aceros ferríticos; a menudo se utiliza en el soldeo en "tándem" en el que el primer alambre puede estar conectado con corriente continua electrodo positivo y el segundo con corriente alterna.

En la tabla 1.1 se muestra la polaridad de corriente para el proceso por arco sumergido en su nombre común.

Se obtiene mayor penetración con corriente continua electrodo positivo como se muestra en la figura 1.2 (CCEP, polaridad inversa), con la que también se obtiene mejor aspecto y forma del cordón y menor porosidad.

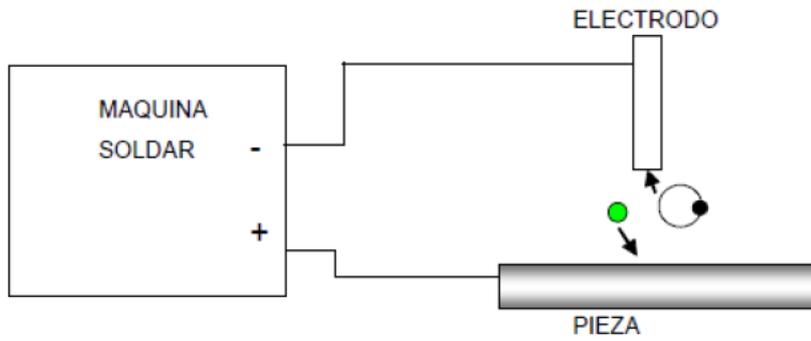
Figura 1.2 Diagrama polaridad inversa



Fuente: AWS, 2010, p.88

Con corriente continua electrodo negativo como se muestra en la figura. 1.3 (CCEN, polaridad directa) se obtiene mayor tasa de deposición (30%), menor dilución y menor penetración, por lo que se utiliza para realizar recargues o cuando la soldabilidad del metal base es muy delicada y requiere que la dilución sea muy baja. El consumo de fundente respecto al consumo respecto de alambre es menor que cuando se suelda con el electrodo en el positivo.

Figura1.3 Diagrama polaridad directa



Fuente: AWS, 2010, p.88

Tabla 1.1 Polaridad de corriente

NOMBRE COMÚN	NOMBRE	ELECTRODO AL
Positiva	Inversa	+ (positivo)
Negativa	Directa	- (negativa)

Fuente: AWS, 2010, p.88

La figura 1.4 y tabla 1.2 muestra el efecto de la polaridad en la forma y penetración del cordón de soldadura.

Figura 1.4 Efecto de la polaridad

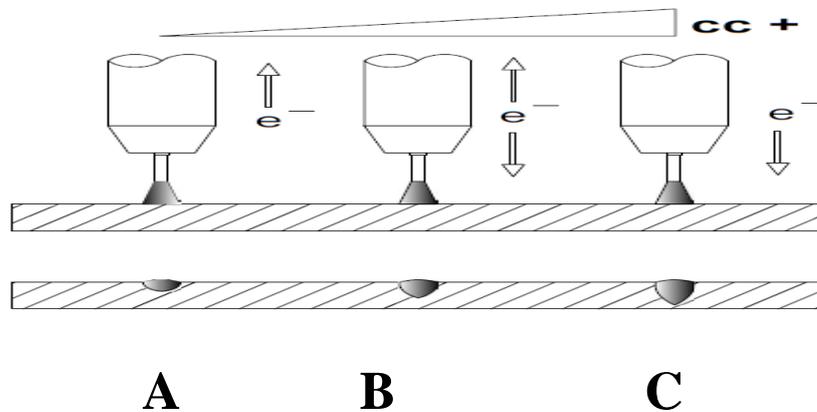


Tabla 1.2 Descripción de las gráficas del efecto de la polaridad

GRÁFICA	TIPO DE CORRIENTE	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE CORRIENTE	CARACTERÍSTICAS
A	C.C Polaridad Directa (-)	Los electrones se trasladan de la pieza al electrodo	<ul style="list-style-type: none">• Mayor penetración• Inestable el arco• Mayor deposición
B	C.A Polaridad Alterna (+ -)	Los electrones se desplazan de la pieza al electrodo y viceversa	<ul style="list-style-type: none">• Difícil inicio• No existe soplo magnético
C	C.C Polaridad Inversa (+)	Los electrones se trasladan del electrodo a la pieza	<ul style="list-style-type: none">• Mayor penetración• Estable el arco• Menos porosidad

Fuente: AWS, 2010, p.90

Por lo tanto en la presente tesis se utilizará la polaridad inversa, corriente continua electrodo al positivo porque se obtiene un mejor aspecto y forma del cordón a realizar, mayor penetración y menor porosidad.

1.5.2 Intensidad de corriente

Al aumentar la intensidad, aumenta las pérdidas por combustión del Mn y del Sí, disminuyendo su contenido en el metal aportado.

La intensidad de corriente determina, en primer lugar, el factor de aportación y caracteriza la forma exterior del cordón. Si el resto de parámetros se mantiene constante, un aumento de la intensidad de soldadura no resulta en una mayor anchura del cordón, sino en una mayor cantidad de material aportado.

En la tabla 1.3 se muestra las intensidades y tensiones utilizadas en el proceso por arco sumergido en relación al diámetro del alambre.

Tabla 1.3 Intensidades y tensiones en relación del diámetro del alambre

Ø Diámetro de alambre	Amperios Min-Máx.	Voltios Min-Máx.
0,9	70-160	20-32
1,0	70-280	22-34
1,2	80-350	22-36
1,6	160-450	23-38
2,0	180-520	24-39
2,4	250-575	25-40

Fuente: J. Azcue, 2012, p. 92

Cuando se aumenta la Intensidad, manteniendo constantes el resto de parámetros:

Se aumenta la penetración, incrementando la velocidad de alimentación de hilo y aumentando la tasa de deposición.

Si, en cambio, se eleva la intensidad en exceso:

Se produce un arco errático, produciendo mordeduras, especialmente en soldaduras en ángulo en posición comisa, ya que el baño de soldadura cae por efecto de la gravedad, arrastrando parte del metal base de la pared vertical que también ha sido fundido por efecto del arco.

La intensidad de soldadura está directamente relacionada con la velocidad de alimentación de hilo (Wire Feed Speed o WFS). A mayor WFS la fuente de corriente proporcionará una mayor corriente para fundirlo, sobre todo en el caso de trabajar en modo de voltaje constante.

El equipo de soldadura por arco sumergido SAW será una adaptación de un equipo MIG por tanto, tomando en cuenta estas consideraciones de la tabla 1.3 para MIG sólido se deduce la intensidad de corriente más óptima a ser usada en este equipo.

Tomando los datos se determina que para un alambre de diámetro 0.9, que es el alambre usado en este equipo a ser adaptado, la intensidad de corriente más óptima fluctuará entre los valores de 70 a 160[A].

1.5.3 Tensión de soldadura

- Al aumentar la tensión del arco aumenta la cantidad de escoria fundida incrementándose el contenido de Mn y Si en el metal aportado.
- Al variar la tensión se modifica la longitud del arco. Esto influye especialmente sobre el ancho y la altura del cordón.
- Deben considerarse las pérdidas de voltaje desde la fuente de poder por efecto Oms (cambios electromagnéticos). Para evitarlas, así como el calentamiento excesivo de los elementos de conducción de la corriente eléctrica hasta el arco, es necesario respetar las secciones de cables recomendadas para la longitud de conducción que se necesite, así como asegurarse que los elementos de unión de los diferentes componentes eléctricos y cables.
- Se realizan con los materiales adecuados y se conservan en perfecto estado, de no hacerse de esta forma, controlar el voltaje real que se registra en el arco, que puede ser muy diferente al que se visualiza en la fuente de corriente, será muy difícil.
- Si hay un voltaje excesivo se producen mordeduras, aumentando la tendencia a soplado magnético, al aumentar la velocidad de soldadura debe mantenerse el voltaje tan bajo como se pueda.
- Debe vigilarse especialmente cuando se usa un fundente activo, ya que se podría sobre alrear con Si, Mn u otros componentes del flux.
- Demasiado voltaje resultará en mordeduras y hace el arco sensible al soplado magnético.

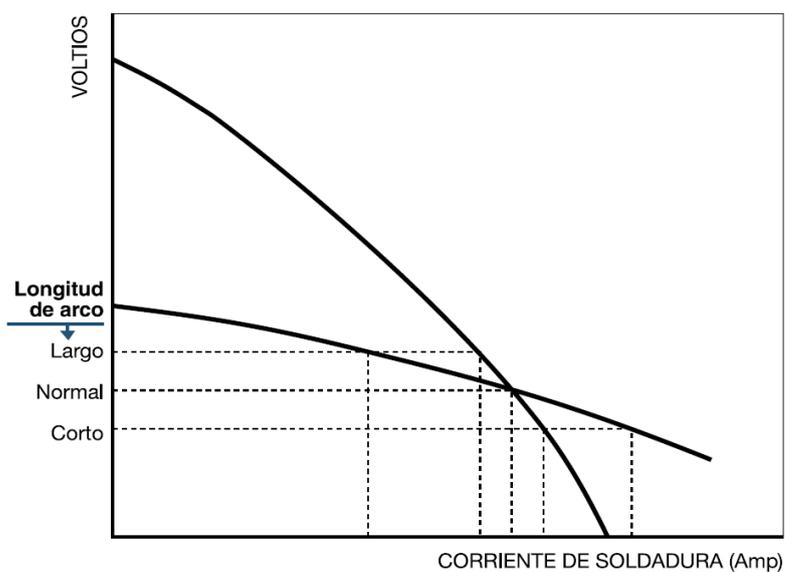
- Un ligero aumento de voltaje ayuda a minimizar la perforación de chapa, al hacer el arco más ancho.
- Si se suelda con velocidades de avance muy altas, tienen que bajar el voltaje.

La intensidad de soldadura y el voltaje guardan relación. Cuando se suelda a elevadas intensidades, la velocidad de alimentación de hilo (Wire Feed Speed o WFS) es elevada. Si el voltaje es demasiado pequeño, el hilo choca contra el baño de fusión antes de poder fundirse en el arco.

Esto provoca inestabilidad del arco ya que, si se trabaja en el modo de voltaje constante, la fuente de corriente intentará compensar de forma brusca el bajo voltaje que se produce en esa situación.

La figura 1.5 muestra la relación que existe entre el voltaje y la corriente de soldadura.

Figura 1.5 WFS vs Corriente



Fuente: Indura, 2008, p. 67

1.5.4 Distancia de la placa a la boquilla (stick-out)

La distancia del hilo desde la boquilla hasta la superficie del metal base también se define como “Stick-Out Eléctrico” ó “ESO”.

Para aplicaciones normales de soldadura con arco simple, con tándem u otras aplicaciones con multiarcos, la distancia normal ESO es de 20 a 30 mm

El ESO debe definirse en función de la Intensidad, el diámetro de hilo, la velocidad de soldadura y el tamaño del baño fundido. Por ejemplo, si el baño es pequeño un ESO de 20 mm e incluso menor es adecuado; en cambio, si el baño es muy grande, el ESO debería ampliarse a 30 mm o más.

Cuando se aumenta el ESO, si el resto de parámetros se mantiene constante, aumenta la tasa de deposición, ya que aumenta la resistencia eléctrica del hilo, que depende de la longitud del electrodo según:

$$R = \rho * (l/S) \quad (ec 1)$$

Donde:

ρ = resistividad del hilo

l = longitud del hilo desde la boquilla o ESO

S = Área transversal del hilo

R = Resistencia eléctrica del hilo

$$P = R * I^2 \quad (ec 2)$$

Donde:

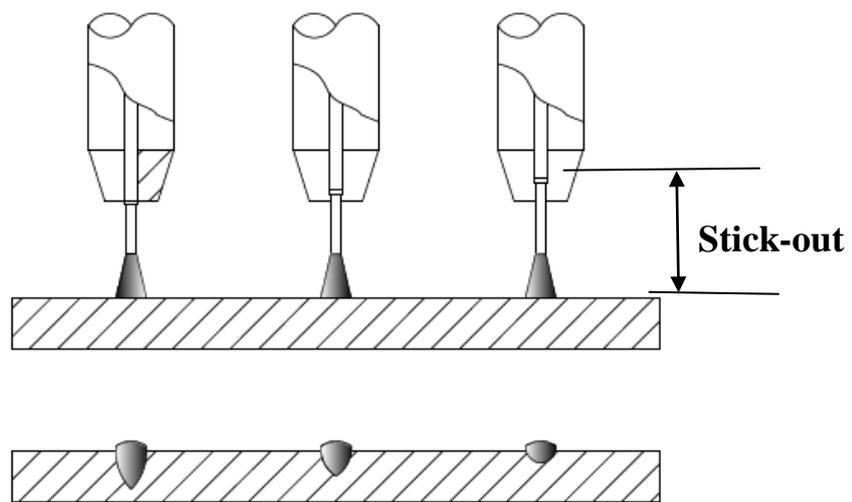
P = Poder absorbido

I = Intensidad

Estas ecuaciones permitirán determinar el stick-out en base a las variables utilizadas en el proceso SAW. El poder absorbido ec 2. Será útil para determinar la longitud del hilo (STICK-OUT) al reemplazar en la ec1.

Los valores numéricos para el STICK-OUT se presentarán después de la construcción del equipo debido a que estos datos son experimentales y no se cuenta con una tabla específica para un proceso SAW para diámetro de alambre de 0.9 mm adaptado de un proceso MIG. La figura 1.6 representa el comportamiento y efecto del Stick-out característico basado en métodos experimentales para este proceso.

Figura 1.6 Efecto del stick-out sobre la soldadura



Fuente: Solysol, 2011, p.708

Pero, además debe tenerse en cuenta que, si se aumenta el ESO debe aumentarse el voltaje de arco para compensar la pérdida que del mismo se produce en el hilo ($\Delta V = RI$).

Este 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, simplemente añadiendo en la antorcha un dispositivo que permite aumentar el ESO, se aumenta la cantidad de material depositada, a los mismos parámetros de soldadura (aumentando simplemente el voltaje para compensar la pérdida del mismo que se produce a mayores ESO).

Por lo tanto la intensidad de corriente al ser una soldadura MIG (adaptada a un proceso SAW) de hasta 300 [A] y teniendo un Stick-out hasta 15mm (Inabras 2008) podrá efectuar una deposición de material de 5 Kg/h.

1.5.5 Velocidad de soldeo o de avance

La velocidad de avance determina cuánto tiempo el arco queda retenido por unidad de longitud. Esto produce un efecto sobre prácticamente todos los parámetros de soldadura que se apliquen en el arco y cómo éste afecta al metal sobre el que dicho arco está establecido. En la tabla 1.4 se muestra características relacionadas al tema.

En la tabla 1.5 se muestran valores de velocidades de avance de soldadura en relación del diámetro del alambre.

Tabla 1.4 Características de la velocidad de avance SAW

<i>Si la velocidad de avance es demasiado alta:</i>	<i>Si la velocidad de avance es demasiado baja:</i>
<ul style="list-style-type: none"> • La penetración disminuye. • El tamaño del cordón se hace más pequeño. • Forma irregular del cordón. • Disminuye el mojado del baño sobre las chapas que se sueldan. • Porosidad • En el caso del alambre a usar de 0,9mm se obtuvo: • Ancho del cordón de 6,7mm y de alto 5,5mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce una forma de cordón en “sombbrero” que es susceptible a figuraciones. • Se puede producir perforación del arco. • La penetración es menor. • El baño de tamaño excesivo puede resultar rugoso, con salpicaduras e inclusiones de escoria. • En el caso del alambre a usar de 0,9mm se obtuvo: Ancho del cordón de 9,7mm y de alto 7,3mm

Fuente: Solysol, 2011, p.720

Tabla 1.5 Velocidad de avance de soldadura en relación del diámetro del alambre

Diámetro del electrodo (mm)	Velocidad de avance (m/min)
0,9	1.5
1,6	1.2
2,0	1.1
2.4	1
3.2	0.90
3.2	0.88
4.0	0.90
4.0	0.90
4.8	0.80

Fuente: Moore, 1992, p.167

1.6 Fundentes

La función principal de los fundentes utilizados en el proceso de soldeo por arco sumergido es la de proteger el arco de la atmósfera con un baño de fusión cubriendo el metal con escoria. Limpian el baño de fusión, modifican la composición química e influyen en la forma de la soldadura y sus propiedades mecánicas.

“Los fundentes son compuestos minerales mezclados de acuerdo con una formulación determinada. Suelen ser óxidos de diferentes sustancias entre los que se encuentran la sílice, la alúmina, el óxido de sodio, óxido de potasio, óxido de calcio, fluoruro cálcico, rutilo, etc.”(Inabras, 2010, p3)

Varios de estos fundentes agregan componentes para variar la composición química del metal depositado, es muy importante mantener una relación determinada entre el metal depositado y el fundente así como también las variables eléctricas a controlar.

Por lo tanto de la tabla 1.6 se puede determinar que el proyecto requerirá un fundente de fluoruro básico ya que este puede usarse con todos los hilos es decir puede ser usado para hilo de 0.9mm de diámetro además de poseer muy buenas propiedades de soldadura expuestas en la tabla.

1.6.1 Clasificación del fundente

Tabla 1.6 Fundentes para soldadura por arco sumergido

Tipo de flux	Componentes fundamentales	Ventajas	Limitaciones	Índice de Basicidad	Clase	Observaciones
Silicato de manganeso	Mno+SiO ₂ >50 %	Resistencia moderada. Admite oxidación en el metal base. Alta velocidad de soldeo. Facilidad de almacenaje	Limitado para soldeo por multipasada y donde no se requiera tenacidad. Alto contenido de O ₂ e incremento depositado. Se reduce el C.	Ácido	Fundido	Incrementa el Mn en el metal depositado. Intensidad máxima: 1100 A. Permite mayores velocidades de soldeo.
Calcio con alto contenido de Sílice	Ca + MgO + SiO ₂ > 60%	Alta corriente de soldeo. Admite oxidación en el metal base	Mala tenacidad de la soldadura. Utilizable donde no se requiere tenacidad, Alto contenido de O ₂ en el metal depositado	Ácido	Aglomerado Fundido	Incrementa variable de Si en el metal depositado. Apto para intensidades de hasta 2500 A. Hilos con Alto Mn

Obs: Continua en la página siguiente

Continuación Tabla 1.6

Tipo de flux	Componentes fundamentales	Ventajas	Limitaciones	Índice de Basicidad	Clase	observaciones
Silicato cálcico neutro	Ca + MgO +SiO ₂ > 60%	Moderada resistencia y tenacidad. Apto para todo tipo de corriente. Admite oxidación en el metal base. Apto para soldeo en una sola pasada y en multipasada		Neutro	Aglomerado Fundido	
Silicato cálcico con bajo contenido de Sílice	Ca + MgO +SiO ₂ > 60%	Buena tenacidad con resistencia mediana. Alta velocidad de soldeo. No hay cambios en composición y el más bajo en contenido CO ₂ .	No se admite oxidación en el metal base. No utilizable para soldadura con electrodos múltiples.	Básico	Aglomerado Fundido	

Continuación Tabla 1.6

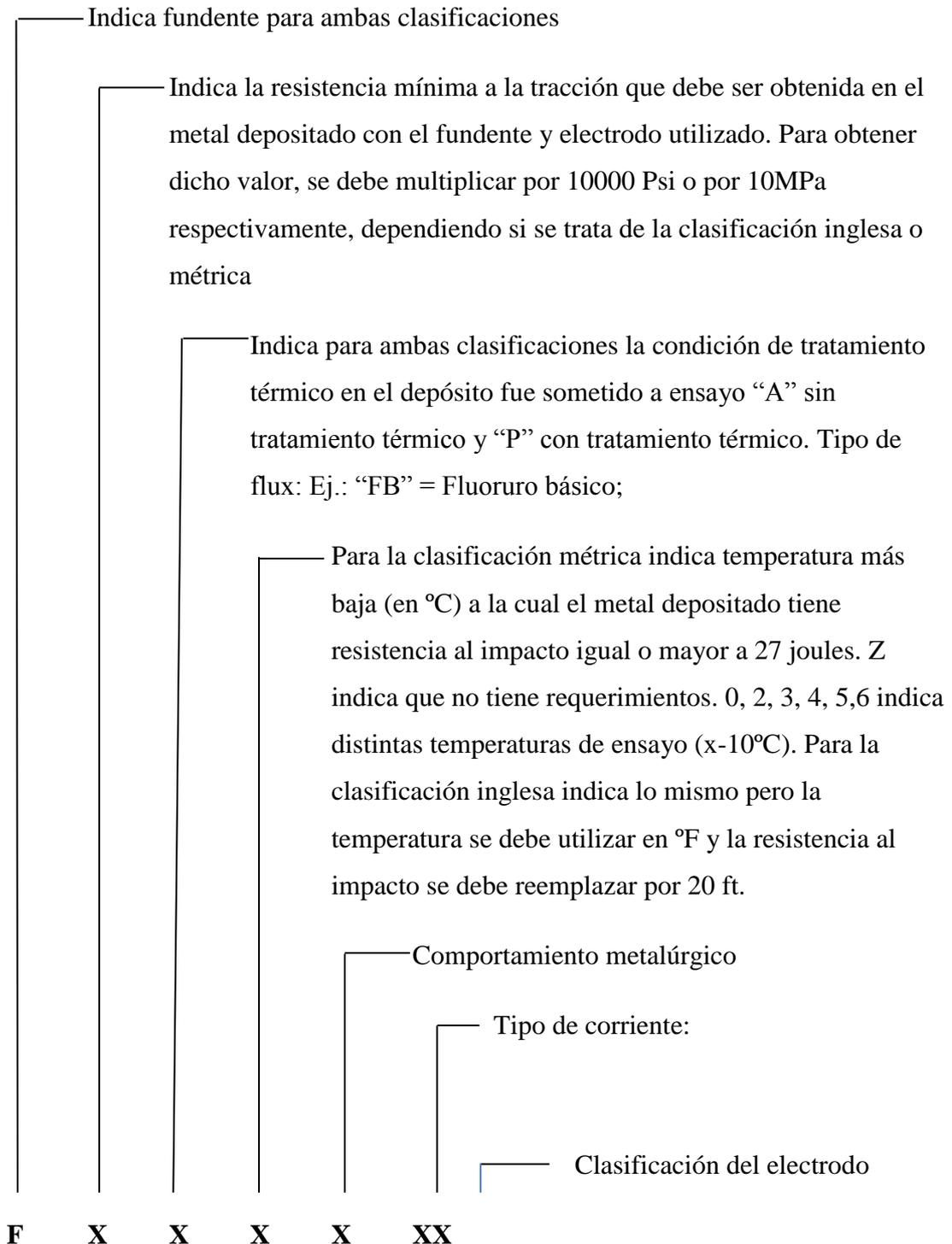
Tipo de flux	Componentes fundamentales	Ventajas	Limitaciones	Índice de Basicidad	Clase	observaciones
Alúmina	Bauxita	No hay cambio de composición de la soldadura e introduce menos O ₂ que los ácidos. Permite una velocidad de soldadura de moderada a rápida		Neutro	Aglomerado Fundido	
Fluoruro básico	CaO+MgO+ MnO+CaF ₂ >5 % SiO ₂ ≤22% CaF ₂ ≤15%	Muy bajo O ₂ . De moderada a buena tenacidad a baja temperatura	Puede presentar problemas de desprendimiento de escoria y de absorción de humedad	Básico	Aglomerado Fundido	Puede usarse con todos los hilos, Preferible para soldadura con c.c. Muy buenas propiedades de la soldadura

Fuente: Inabras, 2013p.34

1.6.2 Clasificación de los fundentes para soldadura por arco sumergido según la AWS

Según la AWS el fundente es clasificado en base a las propiedades mecánicas del depósito, al emplear una determinada combinación fundente/alambre.

Esta clasificación es la siguiente dependiendo si se utiliza el Sistema Inglés o el sistema Métrico.



En las tablas 1.7 y 1.8 se detallan los requerimientos mecánicos para los diferentes sistemas de medición en el proceso SAW.

Requerimientos Mecánicos del depósito (Sistema Métrico)

Tabla 1.7 Comportamiento metalúrgico S.M

Clasificación Fundente- Electrodo	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa)min	Elongación en (50mm)
F43XX-EXXX	430-560	330	22
F48XX-EXXX	480-660	400	22

Fuente: Indura, 2008, p.98

Requerimientos Mecánicos del depósito (Sistema Inglés)

Tabla 1.8 Comportamiento metalúrgico S.I

Clasificación Fundente- Electrodo	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa)min	Elongación en (50mm)
F6XXX-EXXX	60.000-80.000	48.000	22
F7XXX-EXXX	70.000-95.000	58.000	22

Fuente: Indura, 2008, p.98

Comportamiento metalúrgico: Es la forma de actuar de los metales y el fundente al ser sometido a una temperatura determinada al realizar el proceso modificando las propiedades del metal. (Ver Tabla 1.9).

Tabla 1.9 Comportamiento metalúrgico

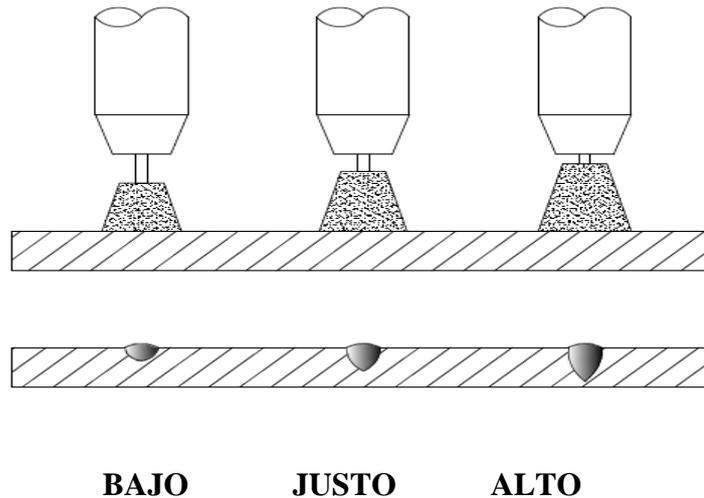
COMPORTAMIENTO METALÚRGICO	
PÉRDIDA	1= >0,7
	2=0,5 - 0,7
	3= 0,3-0,5
	4=0,1 - 0,3
NEUTRO	5= 0 - 0,1

Fuente: Azcue.J, 1997, p.134

1.6.3 Altura del fundente

La altura del fundente debe ser la justa necesaria para cubrir la luz del arco. Con lo cual se consigue que el fundente sea aportado a la pieza de una manera más óptima obteniendo menor desperdicio del mismo. (Ver Figura 1.7).

Figura 1.7 Efecto de la altura del fundente sobre la soldadura



Fuente: Solysol, 2011, p.45

En la tabla 1.10 se detalla las características del efecto de la altura del fundente.

Tabla 1.10 Características del efecto de la altura del fundente

<i>Si la altura es demasiado baja:</i>	<i>Si la altura del fundente es excesiva:</i>
Se producen destellos produciendo poros que pueden tropezar la boquilla con la escoria fundida.	Se puede ahogar el arco y el cordón puede resultar muy estrecho.

Fuente: Inabras, 2013p.46

1.7 Material de aportación

Son alambres macizos de composición química generalmente similar a la del metal base. Se suministran en bobinas o bidones de peso comprendido entre 10 a 455 Kg. Aunque normalmente se utilizan alambres macizos también se pueden utilizar alambres tubulares (generalmente rellenos de polvos metálicos). Los alambres de acero al carbono suelen estar recubiertos de cobre.

En consecuencia, el alambre deberá elegirse en función del metal o de los metales base, del flujo y de las condiciones operatorias, con el fin de obtener la composición deseada de la unión como se muestra en la tabla 1.11.

Delattre, Azcue (1972, pág. 89) explica en su artículo de soldadura en metales que “Como consecuencia de la gran penetración, la proporción de dilución es a menudo mayor que con los otros procedimientos”. (Delattre, Azcue, 1972, p 89).

Es preciso tener en cuenta este hecho en lo que se refiere a la elección del alambre, sobre todo en el caso de uniones con metales diferentes en las que la composición del cordón puede diferir notablemente de la del electrodo de varilla.

Tabla 1.11 Características de los metales de aportación

PROCESO	ESPECIFICACIONES DEL METAL DE APORTE	CLASIFICACIÓN DEL METAL DE APORTE	POSICIÓN DE TRABAJO	TIPO DE FUENTE DE PODER	TIPO DE ARCO	PENETRACIÓN
SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO	AWS A5.17 Aceros al carbono	F6XX-EXX10-FX10 Se recomiendan para todas las posiciones y para trabajos de soldadura general en las que se requiera alta calidad. Aplicaciones trabajos de soldadura paso sencillo y múltiple embarcaciones, puentes, construcciones y reactores a presión.	Todas las posiciones	CC+ , También CA	Duro	Profundo
SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO	AWS A5.23 Recubrimientos	F7XX- ECX27 Se emplean en la soldadura de alta calidad de secciones gruesas, especialmente en los casos en que se necesita aplicar técnicas de filete profundo	Plan y filete horizontal	CC- , También CA	Blando	Mediana

Fuente: Pogodin, 1995, p.45

La norma AWS A5.1 clasifica a los materiales de aporte de la manera siguiente:

E – XXXX

(1) (2) (3) (4) (5)

1.- Lo identifica como electrodo

(2)y (3) Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI

(4) Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este material de aporte

1 Todas las posiciones

2 Posición plana, horizontal

3 Posición plana

4 Posición vertical descendente

(5) Indica las características operacionales del electrodo. Ej: Tipo de corriente, escoria, polaridad, penetración, etc. En algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significativos.

La tabla 1.12 muestra la selección del metal de aporte dado según su diámetro de alambre.

Tabla 1.12 Selección del metal de aporte

Diámetro (mm)	Intensidad min (A)	Intensidad max (A)	Espesor chapa (mm)
0,9m	30	44	6,35-7,5
1,6	30	45	8-15
2,0	40	70	20-30
2,5	60	100	25-40
3,2	90	130	45-55
4,0	140	200	60-120
5,0	180	240	80-200

Fuente: Elimed, 2011, p.68

Dado que la tesis plantea la construcción de un equipo didáctico, en base a la tabla 1.12 Se utilizará un material de aportación de 0,9 mm para chapas de $\frac{1}{4}$ " el cual se detalla en la tabla 1.13.

Tabla 1.13 Características técnicas de material de aporte

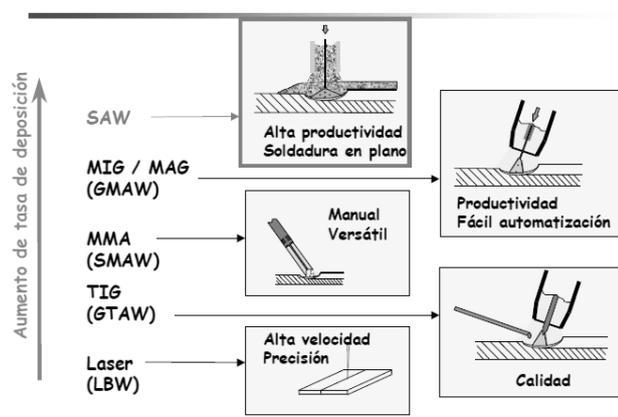
Características	Denominación
Clasificación AWS	AWS A5.18ER70S-6
Polaridad	CC+
Composición Química	Mn 1.40-1,85
Diámetro	0,9(0,035")
Peso (kg)	15

Fuente: Elimed, 2011, p.68

1.8 Material base

Este proceso es bastante versátil y se utiliza para unir aceros al carbono, de baja aleación e inoxidables y aleaciones de níquel. También se emplea para revestir materiales con objeto de resistir el fenómeno de corrosión, para resistencia a altas temperaturas o para resistencia a desgaste o combinaciones de estos fenómenos. Este procedimiento se denomina “overlay” o recargue. Tanto la calidad como el aspecto que se obtiene de las uniones con este proceso suele ser excelente. En la figura 1.8 se da una idea de las ventajas del proceso SAW con otros procesos de soldadura.

Figura 1.8. Ventaja del proceso SAW con respecto a otros procesos de soldadura



Fuente: Elimed, 2011, p.90

1.9 Ventajas y limitaciones del proceso SAW frente al proceso SMAW

1.9.1 Ventajas

- Los bordes pueden biselarse con una abertura estrecha, lo que presenta menor cantidad de metal aportado. En algunas aplicaciones, incluso, no es necesaria la preparación de bordes.
- El arco actúa bajo la capa de fundente, evitando salpicaduras.
- Pueden ajustarse perfectamente los parámetros de soldeo.
- El proceso puede utilizarse con alta velocidad de soldadura y de deposición, en posición sobremesa de superficies de chapas cilíndricas, virtualmente de cualquier espesor. El fundente actúa como un enérgico desoxidante para eliminar contaminantes del baño fundido y producir soldaduras sanas con buenas propiedades mecánicas. El fundente puede aportar, si se desea, elementos de aleación a la soldadura.
- El proceso SAW puede utilizarse en zonas expuestas a viento. El flux granular ejerce una protección superior en estos casos, a la obtenida por el recubrimiento del electrodo en el proceso SMAW o al gas en el proceso GMAW.

- La penetración que se obtiene es superior a la que proporcionan otros procesos, por lo que no suelen requerirse tamaños de cordones tan altos, ya que se obtienen similares propiedades mecánicas a las que proporcionan otros procesos con mayores tamaños de cordón. Esto se aplica sobre todo, en soldaduras en rincón
- El aspecto de las soldaduras resulta suave, limpio y, si se ha ejecutado bien, la escoria se elimina sola por lo que se puede pintar o dar el tratamiento superficial que se requiera directamente tras soldar.
- El arco eléctrico no resulta visible, y además, los humos son muy inferiores a los que se producen con otros procesos de soldadura, por lo que se requiere mucho menos material de protección del operario.
- Suele usarse en procesos automáticos, por lo que es menos dependiente de los errores humanos.

1.9.2 Limitaciones

- En algunos casos es necesario un dispositivo para el almacenamiento, alimentación y recogida del flux.
- Al soldar tubos se requiere el uso de anillos de respaldo.
- El flux está sujeto a contaminaciones, que suelen producir discontinuidades en la soldadura.
- Excepto en aplicaciones especiales, la soldadura queda limitada a las posiciones sobremesa y horizontal, para evitar derrames de flux. Se utiliza también en posición cornisa, como por ejemplo, la soldadura en campo de tanques de almacenamiento.

- Al utilizarse normalmente en instalaciones automáticas, se requiere una inversión en equipos que debe tenerse en cuenta.

1.10 Aplicaciones

Se usa en una amplia gama de aplicaciones industriales, debido a su alta calidad elevadas tasa de deposición, penetración profunda y la adaptación a la operación automática hacen que el proceso sea apropiado para la fabricación de ensambles grandes.

La soldadura por arco sumergido se emplea para soldar uniones a tope en la posición plana, para soldadura de filete en las posiciones plan y horizontal, y para recubrimientos en la posición plana. Si se cuenta con accesorios y fijaciones especiales es posible soldar uniones traslapadas y a tope en la posición horizontal.

El proceso automático con arco sumergido combinado con los fundentes y alambres adecuados se puede aplicar en las uniones de metales ferrosos y no ferrosos, además se puede utilizar en aquellas aplicaciones de recubrimiento donde se requiere alta resistencia a la corrosión, impacto, abrasión y fricción.

La técnica de soldadura por arco sumergido puede adaptarse a pórticos, mástiles, sistemas de ejes motorizados o a carros.

CAPITULO II

2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Este proyecto comprende el diseño y construcción de un equipo de soldadura por arco sumergido que brinde las facilidades didácticas para la enseñanza. La Universidad Politécnica Salesiana no cuenta actualmente con un equipo para realizar este proceso, por tal motivo para su construcción se estudiará algunas alternativas.

2.1 Estudio de alternativas

Partiendo de la adaptación de una máquina soldadora MIG existente en el laboratorio de soldadura al proceso SAW, se plantea las siguientes alternativas:

2.1.1 Equipo para proceso SAW para soldadura plana horizontal.

2.1.2 Equipo para proceso SAW para soldadura circular (Tubería).

Para el estudio de estas dos alternativas se analizará principalmente en 3 factores de cada una.

- **Costo**

Se analizará todos los costos relacionados en construcción del equipo didáctico de soldadura por arco sumergido.

Para calcular el costo total del equipo se debe tomar en cuenta: la materia prima, costo de maquinado, costos indirectos, mano de obra mecánica y eléctrica, etc.

- **Operaciones para fines didácticos**

Se analizará los cumplimientos del proceso relacionado a fines didácticos. A través de instrumentos para facilitar la enseñanza, obteniendo fines o propósitos a alcanzar a través de dichos medios.

- **Aplicaciones industriales**

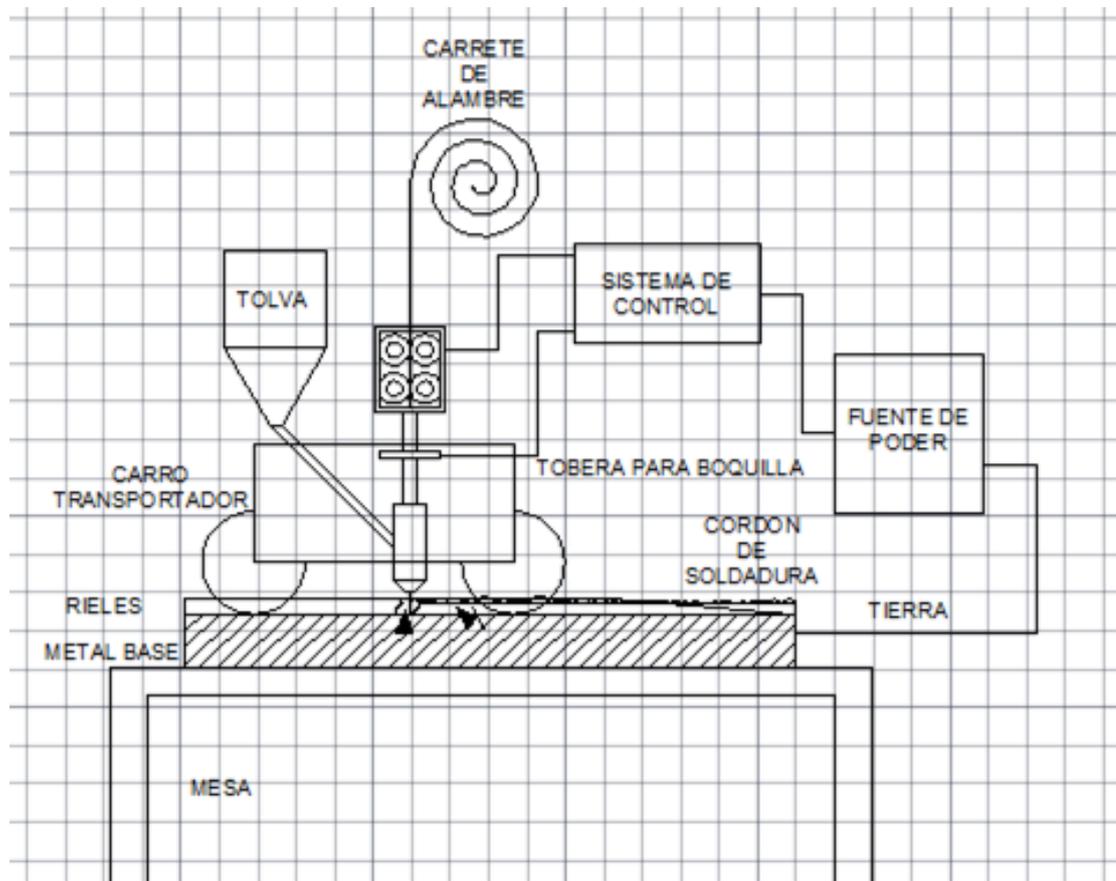
Se analizará el nivel de aplicación o utilización actual del proceso SAW en la industria local, para las dos alternativas planteadas.

ALTERNATIVA 1

2.1.1 Equipo utilizado al proceso SAW para soldadura plana horizontal.

En la figura 2.1 se muestra un esquema de los componentes que lo conforman.

Figura 2.1 Equipo utilizado en el proceso SAW para soldadura plana horizontal



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Para realizar la construcción de este equipo se requerirá de los elementos que se detallan a continuación.

- Estructura metálica que sirva de base para poder colocar todo el equipo (Mesa).
- Carro transportador de la torcha con ruedas.
- Rieles metálicas, que permitan el desplazamiento del carro en forma rectilínea horizontal.
- Tolva que proveerá del fundente necesario para cubrir el arco.
- Carrete de electrodo que será el material de aporte.
- Motor eléctrico, con sistema de desmultiplicación.
- Sistema de control, que permita controlar el avance del carro, alimentación de alambre, variación de voltaje de soldadura.

2.1.1.1 Costos

Para la construcción de la estructura metálica y rieles se puede utilizar ángulos, motor paso a paso para el desplazamiento longitudinal del carro, ruedas para el carro transportador, tolva que alimente el fundente ,mecanismo de traslación que desplace con velocidad regulable el alambre en forma automática a lo largo de la junta a soldar.

Se incluirán costos de materia prima, maquinado y costos indirectos.

En la tabla 2.1 se detalla los elementos y costos del equipo.

Tabla 2.1 Costo total de equipo para SAW en posición plana horizontal

Nº	Detalle	Costo Unitario
1	Ángulo 50x50x3	\$60,00
2	Motor paso a paso	\$100,00
3	Servomotor alambre	\$100,00
4	Servomotor stick-out	\$100,00
5	Alambre 0,9mm	\$40,00

Continuación de la Tabla 2.1

6	Tolva	\$8,00
7	Sistema de control	\$600,00
8	Carrete	\$7,00
9	Soldadora MIG (indura)	\$1.400,00
10	Mano de Obra	\$900,00
11	Costos indirectos	\$579,96
	COSTO TOTAL	\$3894,96

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Al ser aprobado nuestro tema el monto de la realización de este equipo es aproximadamente de \$4000 dólares americanos los cuales fueron expuestos en el plan.

2.1.1.2 Operación para fines didácticos

El equipo de soldadura por arco sumergido para soldeo plano horizontal al ser un equipo didáctico no supera una longitud de 1 metro el cual puede ser instalado en cualquier parte del laboratorio.

Al ser un equipo didáctico de soldeo plano horizontal se puede realizar comparaciones con otros procesos de soldadura (soldadura por arco, soldadura) que se realizan en el laboratorio de la Universidad, sin perder el principio de los mismos que consisten en un soldeo plano, ya que dicho proceso es rentable desde un espesor de chapa de 6mm.

Para fines didácticos es un sistema que cumple con requerimientos de soldadura y especificaciones prácticas. Sus parámetros pueden ser alterados manipulando sus diferentes componentes.

Con el fin de ser un equipo didáctico al realizar el proceso de soldadura por arco sumergido se puede realizar investigaciones en las probetas o chapas de los diferentes esfuerzos (tracción deformación, etc) , defectos (porosidad, penetración etc), con la ayuda de equiposexistentes en el laboratorio de soldadura de la UPS el cuál constituirá el punto de partida para futuras investigaciones encaminadas a mejorar el aprovechamiento del mismo.

El equipo didáctico de soldadura por arco sumergido llevará al alumno a fusionar el aprendizaje práctico con los contenidos conceptuales del mismo, lo cual ocasionará al alumno emitir hipótesis, conclusiones, recomendaciones y análisis de los resultados de la práctica.

De lo anterior se deduce que el equipo didáctico de soldadura por arco sumergido de soldeo plano horizontal acompañado de una guía de trabajo establecerá una relación estrecha del estudiante entre el proceso práctico y el aprendizaje de conceptos.

2.1.1.3 Aplicaciones industriales

Con el proceso de arco sumergido se puede realizar la reconstrucción de moldes de fundición aumentando la velocidad de soldadura en un 50% y el tiempo de reconstrucción pasó de 11 días a 7 aproximadamente. (Lázaro 2008).

La soldadura por arco sumergido ha crecido en un 40% en el Ecuador en procesos de construcción de depósitos, puentes de acero, construcción naval, construcción aérea, pórticos y mástiles. etc. (Lázaro 2008).

El proceso de soldadura por arco sumergido en soldeo plano se está aplicando tanto para la soldadura de uniones como para el recargue de capas de protección anti desgaste y anticorrosiva. (Lázaro 2008).

De las tablas 2.2 a 2.5, se muestran las diferentes aplicaciones industriales de soldeo plano en función de su porcentaje y aplicación.

Tabla 2.2 Procesos de soldadura para fabricación empleados en Codesol

CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE		
ESTRUCTURA	PROCESO	PORCENTAJE
Unión de chapas	Soldeo plano	60%
Viga tipo H	Soldeo plano	60%
Soldadura SAW horizontal	Soldeo plano	76%
Soldadura SAW vertical	Soldeo plano	80%
Postes de acero	Soldeo circular	76%
Viga tipo cajón	Soldeo plano	58%
Viga tipo doble T	Soldeo plano	56%
Pilares doble UPN	Soldeo plano	88%
Báculo hexagonales	Soldeo circular	91%

Fuente: Codesol, 2011, p.87

Tabla 2.3 Procesos de soldadura en sector industrial empleados en Codesol

SECTOR INDUSTRIAL		
ESTRUCTURA	PROCESO	PORCENTAJE
Galpones	Soldeoplano	80%
Vigas	Soldeoplano	80%
Columnas	Soldeoplano	90%
Bañeras de cajón	Soldeo circular	46%
Bisinfín	Soldeo circular	39%
Tanques de butano	Soldeo circular	59%

Fuente: Codesol, 2011, p.876

Tabla 2.4 Procesos de soldadura en el sector petrolero en Codesol.

PETROLERAS		
ESTRUCTURA	PROCESO	PORCENTAJE
Puentes grúa	Soldeo plano	90%
Pórticos	Soldeo plano	90%
Báculos helicoidales	Soldeo plano	90%
Tubos redondos	soldeo circular	50%
Tubos cuadrados	soldeo circular	40%
Calderería	soldeo circular	70%
Racones	Soldeo plano	38%
Columnas	Soldeo plano	70%
Depósitos	Soldeo plano	80%
Tanques de almacenamiento	Soldeo plano	80%

Fuente: Codesol, 2011, p.877

Tabla 2.5 Procesos de soldadura en el sector de Telecomunicaciones en Tean

TELECOMUNICACIONES		
ESTRUCTURA	PROCESO	PORCENTAJE
Plataformas	Soldeo plano	80%
Juntas	Soldeo plano	80%
Placas Base	Soldeo plano	80%
Soportes	Soldeo plano	80%
Pararrayos	Soldeo plano	70%
Postes	soldeo circular	25%
Estructura de Celdas	Soldeo plano	70%

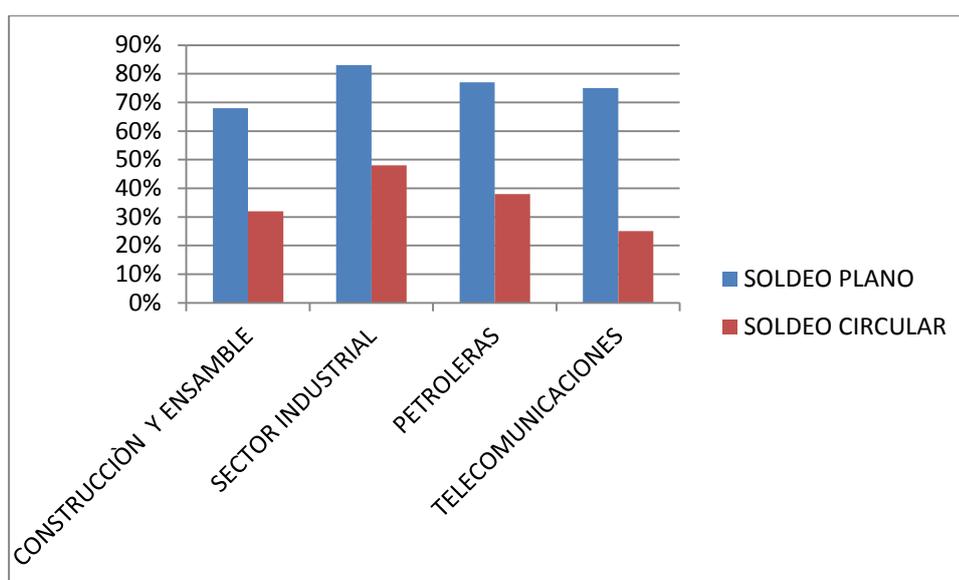
Fuente: Codesol, 2011, p.879

Tabla 2.6 Porcentajes en sectores de proceso SAW

SECTOR	SOLDEO PLANO	SOLDEO CIRCULAR
CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE	68%	32%
SECTOR INDUSTRIAL	83%	48%
PETROLERAS	77%	38%
TELECOMUNICACIONES	75%	25%

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha.

TABLA 2.7 Porcentajes de procesos SAW en diferentes sectores



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha.

Con los datos expuestos con anterioridad, se deduce que en los diferentes sectores a nivel industrial se requiere en su gran mayoría el proceso SAW de soldadura plana como se muestra en las tablas 2.6 y 2.7.

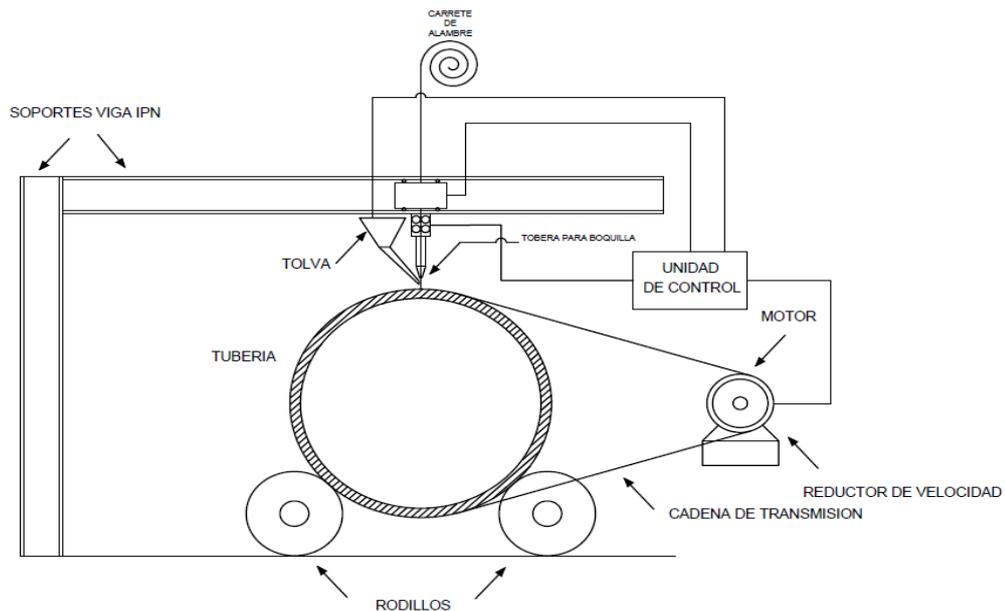
ALTERNATIVA 2

2.1.2 Equipo utilizado en proceso SAW para soldadura circular

Se plantea como alternativa el diseño y construcción de un equipo de soldadura por arco sumergido para soldadura circular (Tuberías).

Este proceso permite obtener soldaduras en forma cilíndrica. En la figura 2.2 se muestra un esquema de los componentes que lo conforman.

Figura 2.2. Equipo utilizado en el proceso SAW para soldeo circular



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Los elementos adicionales que se requerirán para este proceso son los siguientes:

- Estructura metálica que permita trasladar los diferentes elementos a una posición adecuada de soldadura.

- Tolva que proveerá del fundente necesario para cubrir el arco y realizar un proceso SAW.
- Carrete de electrodo que será el material de aporte para la unión de la tubería.
- Motor eléctrico, que realizará un movimiento continuo de la tubería para el soldeo circular
- Reductor de velocidad, que será adaptado al motor y trabajar conjuntamente con este para dar movimiento circular.
- Rodillos, que permitirán desplazar la tubería disminuyendo la fricción para obtener un buen proceso de soldadura.
- Sistema de control a través del cual se controlaran los diferentes dispositivos como son el motor, la tolva, el avance del alambre.

2.1.2.1 Costos

Los costos totales de fabricación tales como materia prima, mano de obra y costos indirectos se detallan en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Costo total del equipo para SAW en soldadura circular

Nº	Detalle	Costo Unitario
1	Viga IPN	\$100,00
2	Motor Eléctrico	\$300,00
3	Reductor de Velocidad	\$200,00
4	Tubo de acero (4m)	\$60,00
5	cadena de transmisión	\$40,00
6	Tolva	\$8,00
7	Sistema de control	\$600,00
8	Carrete	\$7,00
9	Soldadora MIG (indura)	\$2.500,00
10	Mano de Obra	\$1.200,00
11	Costos indirectos	\$900,00
	COSTO TOTAL	\$5.855,00

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

2.1.2.2 Operación para fines didácticos

Este tipo de sistema utiliza un proceso más complejo que el sistema por soldeo plano y depende de varios factores para su correcto funcionamiento.

Para fines didácticos es un sistema que cumple con requerimientos de soldadura y especificaciones prácticas. Sus parámetros pueden ser alterados manipulando sus diferentes componentes.

Este sistema permitirá variar la velocidad del motor, el stick-out, el voltaje, la cantidad de fundente, a través de un sistema de control. Con el uso de probetas y el empleo de métodos experimentales a varios parámetros de soldadura se obtendrá resultados y datos numéricos para ser comparado con otro proceso de soldadura.

Su mayor desventaja es su escasa versatilidad debido a que solo puede trabajar en movimiento circular, es decir aplicable solo para tubería. Otra desventaja es el volumen que ocupa. El laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana requiere de un equipo de soldadura que ocupe un espacio reducido, es decir poco voluminoso.

2.1.2.3 Aplicaciones industriales.

Las aplicaciones industriales que presenta este sistema, son menores al de soldadura plana, esto debido a su poca versatilidad. Sin embargo ocupa una posición importante en la industria, tal como se detalla en la Tabla 2.9.

Las industrias de estructuras metálicas en su mayoría procesan ángulo, planchas de acero, platinas, vigas UPN, IPN, y en menor medida tuberías.

En el campo petrolero para la soldadura de tuberías, codos, en la fabricación de tanques de combustible para almacenamiento de diésel, bunker, tanques de GLP, ventoleras, bridas de sujeción. En la industria alimenticia en la fabricación de tanques para almacenaje de productos lácteos, tanques de agua, tolvas, etc.

Este sistema provee de un cordón de soldadura con alta resistencia a la tracción, además de ajustarse a diferentes formas cilíndricas. Debido a esto es muy eficiente al momento de fabricar tanques cerrados, los cuales están expuestos a altas presiones y elevadas temperaturas.

TIPOS DE PROCESOS DE SOLDADURA APLICADOS EN LA INDUSTRIA SEDEMI

Tabla2.9 Procesos de soldadura empleados en la industria Sedemi.

SECTOR	TIPO DE ESTRUCTURA	POSICIÓN DE SOLDADURA	SOLDEO	% General
Construcción	vigas	Uniones biseladas 1G,2G,3G, 4G	Plano	71%
		Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F	Plano	
	Cubiertas metálicas	Uniones biseladas 1G,2G,3G, 4G	Plano	
		Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F	Plano	
	Soportes	Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F	Plano	
	Tuberías	Soldadura de tubería 1G, 2G, 5G ,6G	Circular	29%
Pasarelas	Soldadura de tubería 1G, 2G, 5G ,6G	Circular		
Eléctrico	Postes de acero	Soldadura de tubería 1G, 2G, 5G ,6G	Circular	20%
	Soportes para subestaciones	uniones biseladas 1G,2G,3G, 4G	Plano	80%
		Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F	Plano	
	Bandejas porta cables	Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F	Plano	
Ángulos	Uniones de filete 2F	Plano		
	Postes	Soldadura de tubería 1G, 2G, 5G	Circular	24%

Continuación de la tabla 2.9

Industrial	Galpones	uniones biseladas 1G,2G,3G, 4G	plano	86%	
		Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F	plano		
	Vigas y columnas	uniones biseladas 1G,2G,3G, 4G	plano		
		Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F	plano		
	Sistemas de almacenamiento modular	uniones biseladas 1G,2G,3G, 4G	plano		
		Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F	plano		
		Soldadura de tubería 1G, 2G, 5G ,6G	circular		14%
	Telecomunicaciones	Monopolos	uniones biseladas 1G,2G,3G, 4G		plano
			Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F		
ángulos		Uniones de filete 2F			
Plataformas		Uniones de filete 2F			
Juntas		Uniones de filete 2F, 3F			
Placas base		Uniones de filete 2F, 3F			
Soporte pararrayo		Uniones de filete 2F			
Polos		Soldadura de tubería 1G, 2G, 5G	circular	15%	
Soporte baranda		Soldadura de tubería 2G			
Petrolero	Shelters	uniones biseladas 1G,2G,3G, 4G	plano	35%	
		Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F	plano		
	Grating	Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F	plano		
	Puentes Grúa	uniones biseladas 1G,2G,3G, 4G	plano		
		Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F			
	Compuertas	Uniones de filete 1F, 2F, 3F, 4F	plano	65%	
	Tanques de presión	Soldadura de tubería 1G, 2G, 5G ,6G	circular		
	Tanques de almacenamiento	Soldadura de tubería 1G, 2G, 5G ,6G	circular		
	Skids	Soldadura de tubería 1G, 2G, 5G	circular		

Continuación de la tabla 2.9

	Pipe Racks	Soldadura de tubería 1G, 2G, 5G, 6G	Circular	
--	------------	--	----------	--

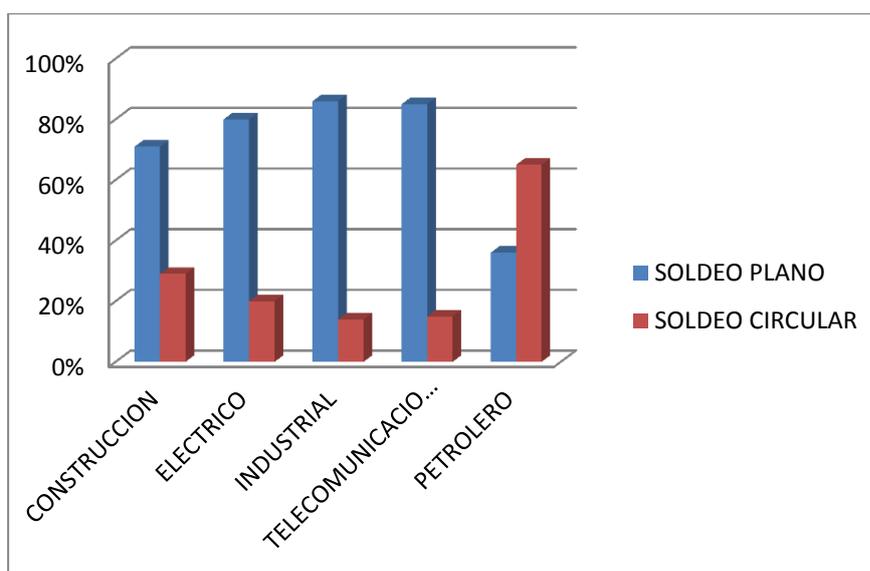
Fuente: Sedemi, 2013, p.321

Tabla 2.10 Porcentaje de aplicación para soldeo plano y circular

SECTOR	SOLDEO PLANO	SOLDEO CIRCULAR
CONSTRUCCIÓN	71%	29%
ELECTRICO	80%	20%
INDUSTRIAL	86%	14%
TELECOMUNICACIONES	85%	15%
PETROLERO	36%	65%

Fuente: Sedemi, 2011, p.423

Tabla 2.11 Porcentaje de empleo para soldeo plano y circular en Sedemi.



Fuente: Sedemi, 2011, p.424

De lo anterior expuesto, se deduce que para aplicaciones de manufactura en estructuras metálicas y para procesos que requieran soldadura por arco sumergido el empleo más difundido a nivel industrial y el más requerido es el proceso SAW de soldadura plana horizontal como se muestra en la tabla de datos tabla 2.10y en la tabla dinámica de barras tabla 2.11.

2.2 Parámetros de selección

A continuación se detalla la calificación de cada uno de los parámetros con un número entre el 1 y 5 los mismos que mostrarán el nivel de cumplimiento de los parámetros requeridos para la selección de la mejor alternativa.

A continuación se detalla la equivalencia de la calificación y el nivel de aceptación de los parámetros escogidos.

Calificación 1: El equipo no cumple con las especificaciones requeridas para su construcción

Calificación 2: EL equipo cumple con las mínimas especificaciones requeridas para su construcción.

Calificación 3: El equipo posee la mitad de las especificaciones requeridas para su construcción.

Calificación 4: El equipo cumple con la mayoría de las especificaciones requeridas para su construcción.

Calificación 5: El equipo cumple con las especificaciones requeridas para su construcción.

2.3 Factor de ponderación

Señala la importancia del parámetro evaluado respecto a los otros, para dicho análisis se han determinado los siguientes factores.

10.- Muy Importante

9.- Importante

8.- Menos importante

7.- No importante

Tabla 2.12 Máquina para proceso SAW para soldadura plana horizontal

PARÁMETRO	FACTOR DE PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN					PUNTUACIÓN
		1	2	3	4	5	
COSTO	10					X	50
Operación para fines didácticos	10				x		40
Aplicaciones Industriales	9				x		36
Dificultad para la construcción	8					x	45
Seguridad de operación del equipo	8				x		32
Capacidad de soldadura	7				x		28
TOTAL							231

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Tabla 2.13 Máquina para proceso SAW para soldadura circular

		CALIFICACIÓN					
PARÁMETRO	FACTOR DE PONDERACIÓN	1	2	3	4	5	PUNTUACIÓN
COSTO	10				X		40
Operación para fines didácticos	10			X			30
Aplicaciones Industriales	9			x			27
Dificultad para la construcción	8					x	45
Seguridad de operación del equipo	8				x		32
Capacidad de soldadura	7				x		28
TOTAL							202

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

2.4 CONCLUSIÓN

De las tablas de ponderación y los parámetros principales como son: Costos, Operaciones para fines didácticos, Aplicaciones industriales para el proceso SAW aplicados en los sistemas de soldadura plana y circular se puede concluir lo siguiente:

- Para el parámetro costo aplicado al equipo de soldadura por soldeo plano, la calificación de ponderación recibe una nota más alta que el otro sistema. Esto debido a que el costo para la construcción de este equipo implica la utilización de menor cantidad de materia prima y recursos humanos. Como se muestra en la tabla 2.12 en comparación al sistema por soldeo circular tabla 2.13.
- Para el parámetro de operación para fines didácticos, la calificación de ponderación no varía mucho, es decir los dos sistemas cumplen con las especificaciones requeridas para su construcción en cuanto a este parámetro. Los dos sistemas cumplen con los requerimientos constructivos.
- La calificación de ponderación en las aplicaciones industriales, poseen una gran diferencia entre los dos sistemas. El sistema para soldadura plana tiene la calificación más alta esto debido a que es un método utilizado con mayor frecuencia en la industria como se observa en la tabla 2.12. En esta tabla se observa una gran diferencia en cuanto a sus aplicaciones industriales.

Basándose en los resultados de ponderación para la presente tesis y los resultados obtenidos. Se concluye que la alternativa que mejor se ajusta a los requerimientos de diseño y construcción es el **EQUIPO UTILIZADO EN PROCESO SAW PARA SOLDADURA PLANA HORIZONTAL.**

Por todo lo expuesto es factible el diseño y la construcción del equipo para ser utilizado en el laboratorio de soldadura de la Universidad Politécnica Salesiana.

3. CAPÍTULO III

DISEÑO, CÁLCULO DE LOS COMPONENTES

3.1 Requerimientos constructivos

Para la fabricación del equipo de soldadura de arco sumergido se requerirá el diseño y construcción de varios elementos que lo componen los cuales son:

- Cálculo y selección del motor.
- Diseño del brazo porta torcha, tolva y sistema de control.
- Diseño del sistema de transporte de la torcha.

3.1.1 Diseño del sistema de transmisión de potencia

Para el diseño de la transmisión de potencia se requiere de varios elementos para transformar la potencia eléctrica en mecánica.

En este capítulo se detalla los elementos y la selección de cada uno de estos.

Para el proceso de arco sumergido, se dispone de un equipo de soldadura MIG Marca LINCOLN ELECTRIC Código 9402 Serial N° AC- 781419 cuyo fabricante, suministra la información necesaria para su correcta utilización.

En la Tabla 3.1 se detalla la información técnica para la regulación de soldadura MIG

Tabla 3.1Regulación de soldadura MIG

Espesor en mm	Ø Electrodo en mm	Amperajes en CC+	Voltaje en CC+	Velocidad avance m/min
0,77	0,8	35-60	16-17,5	0,50
0,92	0,8	40-70	17-18	0,70
1,25	0,9	70-90	18-19	0,50-0,70
2,1	0,9	120-130	20-21	0,40-0,50
3,17	1,2	120-180	20-23	0,37-0,50
4,76	1,2	190-200	21-22	0,60-0,70
6,25	1,2	160-180	22,5-23	0,35-0,45
7,93	1,2	200-210	23-23,5	0,30-0,50
9,5	1,2	220-250	24-25	0,30-0,40
12,5	1,2	280	28-29	0,35
19	1,6	300	32	0,25

Fuente: Indura, 2013, p.98

3.1.2 Selección del motor

Para la selección del motor se debe tomar en cuenta la velocidad máxima a la cual se desplazará el equipo.

Según la tabla 3.1 la velocidad de avance para un electrodo de 0,9mm y espesor de material de 2,1mm es de 0,50 a 0,70m/min.

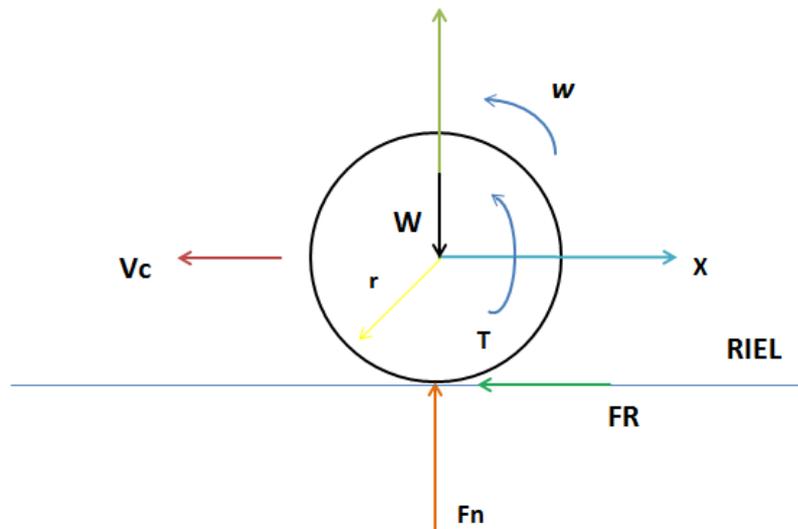
Por lo tanto:

$$V_{\text{máx}} = 0,70 \frac{m}{\text{min}} = 70 \frac{cm}{\text{min}} = 0,0116 \frac{m}{\text{seg}}$$

Para determinar las fuerzas que actúan sobre la rueda se debe realizar un diagrama de cuerpo libre por lo que el cuerpo deberá estar en equilibrio y mantener una velocidad constante. (Ver Figura 3.1).

Figura 3.1 Diagrama de cuerpo libre de la rueda

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

W= Fuerza debido al peso

Fn= Fuerza normal

Tc= Torque

FR= Fuerza de rozamiento

w= Velocidad angular

r= Radio de la rueda

Vc= Velocidad lineal

En el diagrama de cuerpo libre se puede deducir que:

$$\sum M_z = 0$$

$$Tc - FR * r = 0$$

$$Tc = FR * r \quad (\text{ec.3.1})$$

Como:

$$P = T * w \quad (\text{ec 3.2})$$

$$w = \frac{vc}{2\pi * r} \quad (\text{ec 3.3})$$

$$FR = \mu e * Fn \quad (\text{ec 3.4})$$

Donde:

P= Potencia

μe = Coeficiente de rozamiento estático

Como el material es metal- metal se tiene:

$$\mu e = 0,75$$

Se reemplaza **ec 3.2** y **ec 3.3** y **ec3.4**, se obtiene:

$$P = \mu e * Fn * \frac{Vc}{2\pi r} \quad (\text{ec 3.5})$$

Como se diseña sin tener datos previos tales como el peso, es imposible calcular la fuerza normal pero teniendo la velocidad máxima lineal requerida $Vc \text{ máx.} = 70\text{cm/min}$ de la tabla 3.2, se obtiene los siguientes valores:

Tabla 3.2 Valores de potencia del motor a varias fuerzas normales.

Fuerza Normal(N)	Potencia (W)	Potencia (Hp)
10	0,01392	$1,86E^{-5}$
40	0,0557	$7,47E^{-5}$
180	0,1504	$2,01E^{-4}$
200	0,1671	$2,24E^{-4}$

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

De la tabla 3.2 se concluye entonces, que los requerimientos de potencia son secundarios, debido a la baja potencia que se requiere para mover el equipo.

Por lo tanto se decide utilizar un motor de 1/20 Hp, el cual satisface los requerimientos de potencia para el sistema. (Ver tabla 3.3).

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR SELECCIONADO

Tabla 3.3.Características del motor Suzuki

Tipo de motor	RPM	HP	Frecuencia
Eléctrico Suzuki	60	1/20Hp	60

Fuente: Suzuki, 2014, p6

3.1.3 Control de la velocidad del motor

El motor de 1/20Hp a pesar de ser un motor robusto para la aplicación tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad por tal motivo el control de la velocidad solo hará con la implementación de un variador de velocidad electrónico el cual al variar la frecuencia del voltaje aplicado al motor puede modificar su velocidad en múltiplos de 12 siendo 12 la mínima y 96 la máxima, obteniendo varias velocidades de operación para cada fase del proceso.

Posee una pantalla Glcd para poder visualizarla velocidad de trabajo del motor aplicado al proceso de soldadura, ayudado de un teclado digital para poder incrementar o disminuir la misma.

3.1.4 Selección del tipo de transmisión

Las transmisiones por cadena y los engranajes presentan la característica de transmisión constante; además, para los dos rige la misma relación cinemática que establece que las velocidades de las ruedas conductora y conducida son inversamente proporcional a los respectivos números de dientes.

Los engranajes deben ser diseñados y construidos. Su uso permite ahorrar espacio en la instalación, por la corta distancia entre ejes.

En cambio, las transmisiones por cadena deben ser solo seleccionadas y se aplican para la transmisión de potencia a distancias comparativamente grandes. Generalmente resultan más económicas que los engranajes ya que, el costo de las ruedas dentadas por cadena es menor que el de ruedas dentadas con módulo.

En base a lo expuesto, se escoge la transmisión por cadena tomando en cuenta que al tener una mayor distancia entre ejes se facilita la construcción y montaje del equipo. Debe ser establecida esta distancia de tal manera que el tamaño del equipo se incremente lo menos posible

3.1.4.1 Características de la transmisión

Primero debe establecerse si se requiere o no, una transmisión de reducción o multiplicación de velocidad. Con esta finalidad se procede a calcular el radio de la rueda del equipo correspondiente a la velocidad de 70 cm/min, suponiendo que se tiene una relación de transmisión $i= 1$, de la ecuación 3.3 despejando para el radio de la rueda se obtiene:

$$r_j = \frac{Vmáx}{2\pi * w} \quad (ec\ 3,6)$$

$$Vmáx = 70\text{cm/min}$$

$$r_j = \frac{V_{\text{máx}}70}{2\pi * 60} = 0,185\text{cm} \quad (\text{ec 3.7})$$

$$r_j = \frac{V_{\text{máx}}70}{2\pi * 43} = 0,259\text{cm} \quad (\text{ec 3.8})$$

De los cálculos obtenidos se puede determinar que los radios son demasiado pequeños por lo que se requiere una transmisión de reducción de velocidad, cuya relación I se la calcula así:

$$I = Z_r/Z_p$$

Donde:

Z_r: Número de dientes de la rueda conducida

Z_p: Número de dientes del piñón impulsor

3.1.4.2 Selección de la transmisión por cadena

Para la selección de transmisión de cadena se debe tomar en cuenta los siguientes datos:

-Potencia nominal a transmitir= 1/20Hp

- Velocidad máxima del motor: velocidad del piñón:

$$W_1 = 60 \text{ RPM}$$

$$W_2 = 43 \text{ RPM}$$

Según el catálogo de piñones de la empresa Zaragoza Transmisiones se obtiene un piñón de $z=9$ dientes.

Para seleccionar la cadena a usarse, se calcula la potencia requerida:

$$HP_{(requerida)} = HP_{nominal} * K_s \quad (\text{ec 3.9})$$

K_s : Factor de servicio para transmisión por cadena (Anexo 3.1)

En este caso el K: 1 (Ver Anexo 1)

$$HP_{(requerida)} = 1/20HP \quad (\text{ec 3.10})$$

En base al **Anexo 3.2** se puede determinar que para un diámetro de 0,185cm la cadena N°35 satisface los requerimientos de diseño. Pero se está usando un piñon impulsor de $z=9$ dientes, por lo que se quiere corregir la capacidad de potencia de la cadena.

Mediante la siguiente ecuación:

$$H'r = k_1 * K_2 * H_r \quad (\text{ec3.11})$$

Donde:

$H'r$ = Potencia nominal totalmente corregida

k_1 = Factor de corrección por diente

K_2 = Factor para cadenas de cordones múltiples

H_r = Potencia de diseño para la cadena

Del **Anexo 3.3** se obtiene extrapolando para el número de dientes $z=9$ el factor de corrección por diente

$$K_{1(9)} = (0,35).$$

Del **Anexo 3.4** se obtiene el factor para cadenas de cordones múltiples $k_2 = 1$ debido a que solo se usará una cadena para la transmisión de potencia.

Del **Anexo 3.5** se obtiene interpolando para el número de dientes $z=9$ la potencia nominal en H_p de cadena de rodillos para una rueda de 17 dientes $Hr_{(17)} = 0,186$.

$$H'r = k_1 * K_2 * H_r$$

$$H'r = 0,35 * 1 * 0,186$$

$$H'r = 0,065 \text{ Hp}$$

Como la potencia del motor es de 1/20Hp (0,05Hp), la cadena cumple con los requerimientos de diseño.

Por lo anteriormente expuesto se utilizará una cadena Ansi N° 35 para lo cual se tiene los siguientes datos técnicos:

$$-Paso: p = \frac{3}{8}'' = 9,525mm$$

$$Diámetro \text{ del rodillo: } d = 0,2'' = 5,08mm$$

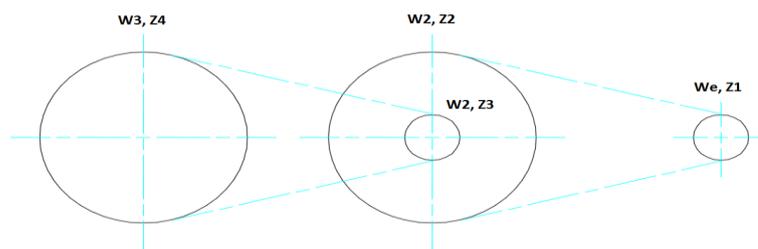
$$-Peso \text{ medio: } P = 0,21 \text{ lb/pie} = 0,2909 \text{ Kg/m}$$

$$-Resistencia \text{ media a la tensión} = 2100lb = 9364N$$

3.1.4.3 Relación de transmisión

El sistema eléctrico del motor tiene un limitante en cuanto a la variación de velocidad, por lo que se ha terminado reducirla mecánicamente. Al no realizar esta reducción mecánica el motor podría generar caída de tensión y paro del mismo. Por tanto se plantea la siguiente relación de transmisión como se ve en la figura 3.2.

Figura. 3.2 Relación de transmisión



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

$$i = WexZ1 = W2 xZ2 = W2 xZ3 = W3 xZ4$$

Para garantizar que la velocidad se reduzca a la mitad se debe tomar en cuenta lo siguiente:

$$W2 = \frac{WexZ1}{Z2}$$

Para reducir la potencia de salida final a la mitad se tiene:

$$W3 = \frac{W2}{2}; Z1 = Z3$$

Se reemplaza:

$$W3xZ4 = W2 x Z3$$

$$\frac{W2}{2} x Z4 = W2 x Z1$$

$$Z4 = 2Z1$$

Como $Z1=10$

$$Z4 = 2(10) = 20$$

Con lo cual se garantiza la reducción de las revoluciones de salida a la mitad sin que esto afecte al sistema eléctrico.

Para que desarrolle una velocidad lineal de 700mm/min se tiene:

$$Rr = \frac{700}{2} * we(mm)$$

Y sabiendo que:

$$we = \frac{60}{i} \text{ RPM}$$

$$Zr = i * 10$$

$$De = 9,525 \left(0,6 + \cot \frac{180^\circ}{zr} \right) (mm) \quad (ec 3.12)$$

Donde:

i = Relación de transmisión.

we = Velocidad angular del equipo.

Rr = Radio de la rueda.

Zr = Número de dientes de la rueda conducida.

De = Diámetro exterior.

En la tabla 3.4 se detalla las características de transmisión.

CARACTERÍSTICAS DE LA TRANSMISIÓN PARA UNA RELACIÓN (i)

Tabla 3.4 Características de la transmisión para cadena

i	we(RPM)	Rr(mm)	zr	De (mm)
1	60	1,83	9	31,88
2	30	3,66	18	59,73
3	20	5,49	27	87,29
4	15	7,32	36	114,59

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Analizando estos valores se puede concluir:

- El radio de la rueda Rr es de valor pequeño, que podría coincidir con el radio de eje del equipo. Este obligaría a usar como ruedas, bocines que protejan el desgaste del eje.
- La diferencia de valores entre Rr y el radio de la rueda dentada $De/2$ produce un desnivel de altura que, debe ser compensado por el perfil que se use en el sistema de guiado.

- Tomando en cuenta la altura del motor es de aproximadamente 100mm se selecciona la relación de transmisión ($i=3$) con lo que la altura del equipo no se incrementa mucho. La rueda dentada deberá tener:

$$zr = 9 * 3 = 27 \text{ dientes}$$

- En el mercado la rueda dentada de 27 dientes tiene un ancho de $lR=25\text{mm}$ un radio del hueco $rR=1'' = 25,4\text{mm}$. Con estos datos se puede calcular PR de la ecuación:

$$PR = \frac{68,30}{lR * rR} = \frac{68,30}{(0,025) * (0,0254)} = 107557,66Pa \quad (\text{ec 3.13})$$

- El valor de $Rr=5,49\text{mm}$ posiblemente deberá incrementarse ya que el equipo por su peso por el rozamiento entre las diferentes piezas que lo constituyen, no desarrollará una velocidad de 70cm/min.

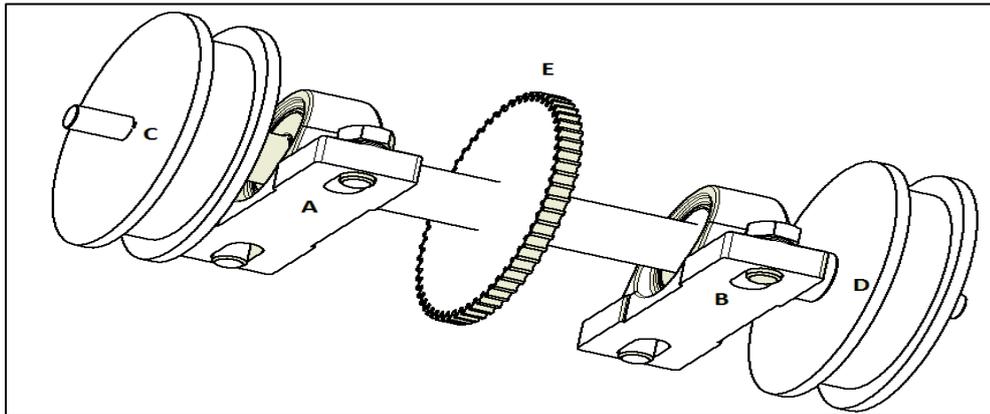
3.2 Diseño del eje de las ruedas

Para el diseño del eje del motor se tomarán en cuenta dos aspectos principales para su dimensionamiento, estos son la longitud y el diámetro. Las limitaciones de espacio dan una referencia para las medidas de este. El tamaño del motor y las paredes de la carcasa, así como la ubicación de los mismos, se muestra que un eje de 210 mm y 100 mm entre apoyos es conveniente.

Se detalla un esquema de los puntos en los cuales se va a generar reacciones (Ver figura 3.3).

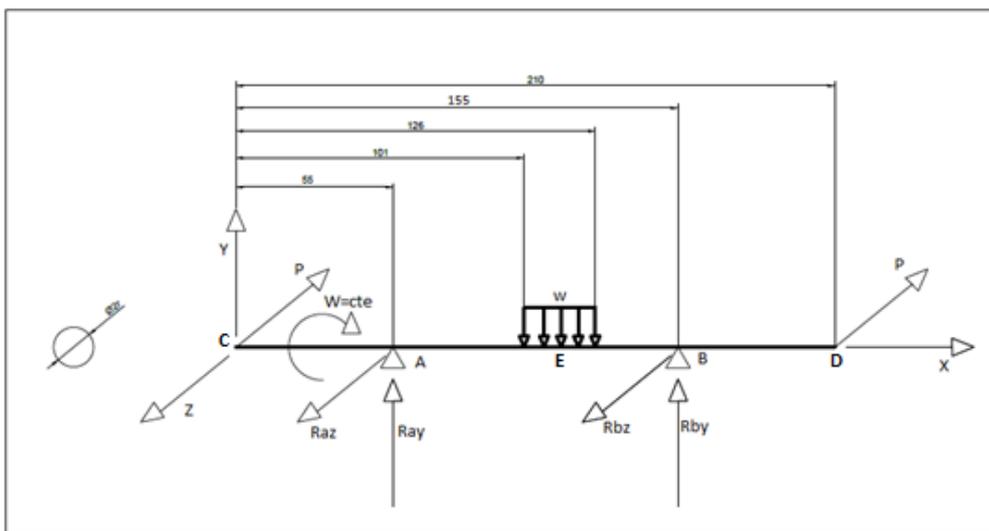
El eje se encuentra expuesto a varias cargas y momentos. El diagrama de cuerpo libre se hace necesario para determinar el material y diámetro a usar (Ver figura 3.4).

Figura 3.3 Esquema tridimensional de los puntos de contacto sobre el eje



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Figura 3.4 Diagrama de cuerpo libre del eje de las ruedas



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

R_{az}, R_{ay} = Reacción en las chumacera en el punto A debido al peso de la máquina.

R_{bz}, R_{by} = Reacción en la chumacera en el punto B debido al peso de la máquina.

P = Reacción en las ruedas en el punto C y D debido al peso de la máquina.

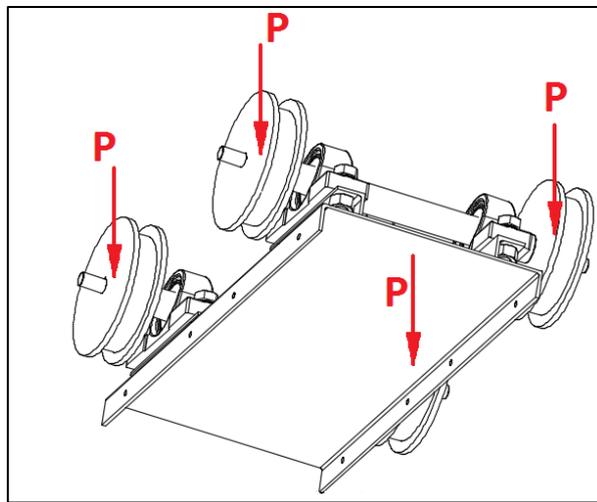
W = Carga distribuida en el punto E, debido a la catarina y la cadena.

El peso del equipo genera una carga P aplicada sobre las ruedas.

Debido a que no se conoce el peso del equipo, se asumirá un valor aproximado de este tomando en cuenta los elementos que lo constituirán y el peso de equipos similares ya construidos. Por lo que se asumirá un peso $W_e = 16 \text{ Kg} = 160 \text{ N}$.

El peso del equipo estará soportado sobre cuatro ruedas, por lo cual se debe dividir el peso que actúa en cada una de ellas.

Figura 3.5 Ubicación de las cargas sobre las ruedas



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Por lo tanto:

$$P = \frac{W_e}{4} = \frac{160\text{N}}{4} = 40\text{N}$$

Para calcular el valor de la carga distribuida se toma la ecuación:

$$PR = 429.24/2\pi r * rR = 107557.66 \text{ Pa}$$

$$w = PR(2\pi rR) = 107557.66 (2\pi(0.0254))$$

$$w = 17165.44 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Para calcular la fuerza de rozamiento se tiene:

$$FR = \mu e * N = \mu e * P$$

Donde:

$$\mu e = \text{coeficiente de rozamiento cinemático}$$

De la tabla de coeficientes de rozamiento y teniendo un coeficiente de rozamiento cinético se toma un valor de 0.5, por tanto:

$$FR = 0.5 * 40N = 20N$$

3.2.1 Cálculo de las reacciones

Como el cuerpo está en equilibrio y del diagrama de acuerpo libre, se plantean las ecuaciones:

$$\sum Fy = 0$$

$$Ray + Rby - w * 0.025 = 0 \quad (\text{ec 1.4.1.1})$$

$$Ray + Rby = 17165.44 * 0.025 = 429.13 N$$

$$Ray = -Rby + 429.13 N$$

$$\sum Fz = 0$$

$$Raz + Rbz - 2P = 0 \quad (\text{ec 1.4.1.2})$$

$$Raz + Rbz = 2 * 40N = 80N$$

$$Raz = -Rbz + 80N$$

$$\sum Mz = 0$$

$$P * 0.21 - Rbz * 0.155 - Raz * 0.055 = 0 \quad (\text{ec 1.4.1.3})$$

$$Rbz * 0.155 + Raz * 0.055 = 40 * 0.21 = 8.4$$

$$Rbz = \frac{8.4 - Raz * 0.0554}{0.155}$$

$$\sum My = 0$$

$$Rby * 0.155 + Ray * 0.055 - w * 0.025 * \left(\frac{25}{2} + 101\right) = 0 \quad (\text{ec 1.4.1.4})$$

$$Rby * 0.155 + Ray * 0.055 - 17165.44 * 0.025 * (0.025/2 + 0.101) = 0$$

$$Rby * 0.155 + Ray * 0.055 = 48.71$$

$$Rby = \frac{48.71 - Ray * 0.055}{0.155}$$

Se reemplaza:

Ec 1.4.1.1 en ec. 1.4.1.4

$$Rby = \frac{48.71 - (-Rby + 429.13) * 0.055}{0.155}$$

$$Rby = 251.1 \text{ N}$$

$$Ray = -251.1 + 429.13 \text{ N} = 178.03 \text{ N}$$

Ec 1.4.1.2 en ec. 1.4.1.3

$$Rbz = \frac{8.4 - (-Rbz + 80) * 0.0554}{0.155}$$

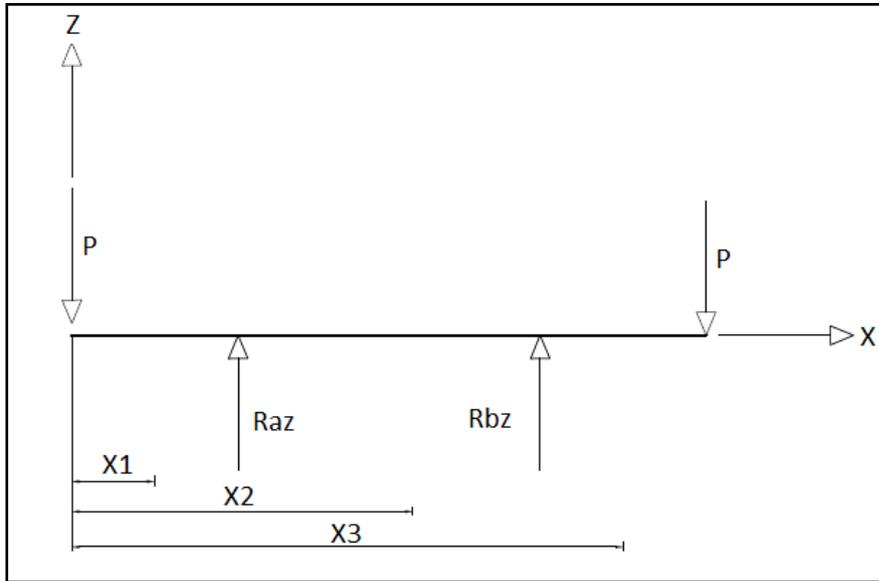
$$Rbz = 40 \text{ N}$$

$$Raz = -40 \text{ N} + 80 \text{ N} = 40 \text{ N}$$

3.2.2 Diagrama de momentos

Para determinar el diagrama del momento flector M_y , se parte del estado de cargas como se indica en la figura 3.6.

Figura 3.6 Estado de cargas en el plano X-Z



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

$$0 \leq x_1 \leq 0.055$$

$$M_y(x_1) = -P * x_1$$

$$x_1 = 0 \text{ m} \quad M_y = 0 \text{ N}$$

$$x_1 = 0.055 \text{ m} \quad M_y = -2.2 \text{ N}$$

$$0.055 \leq x_2 \leq 0.155$$

$$M_y(x_2) = -P * x_2 + R_{az} * (x_2 - 0.055) = -R_{az} * 0.055 = \text{cte.}$$

$$x_2 = 0.055 \text{ m} \quad M_y = -2.2 \text{ N}$$

$$x_2 = 0.155 \text{ m} \quad M_y = -2.2 \text{ N}$$

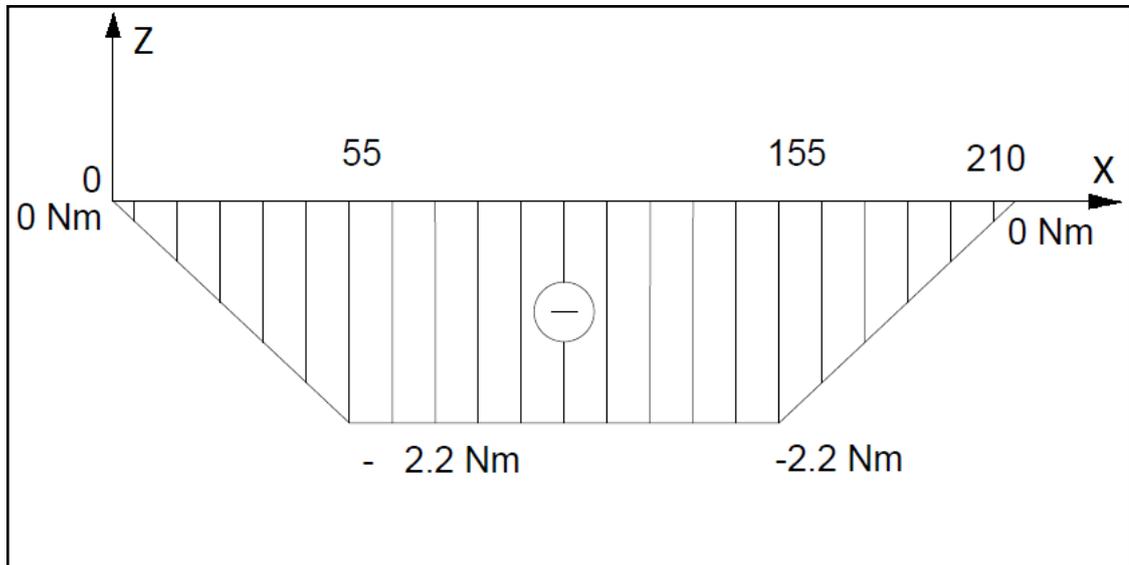
$$0.155 \leq x_3 \leq 0.21$$

$$M_y(x_3) = -P * x_3 + R_{az} * (x_3 - 0.055) + R_{bz} * (x_3 - 0.155)$$

$$x_3 = 0.155 \text{ m} \quad M_y = -2.2 \text{ N}$$

$$x_3 = 0.21 \text{ m} \quad M_y = 0 \text{ N}$$

Figura 3.7 Diagrama de momentos (Momento flector M_y)



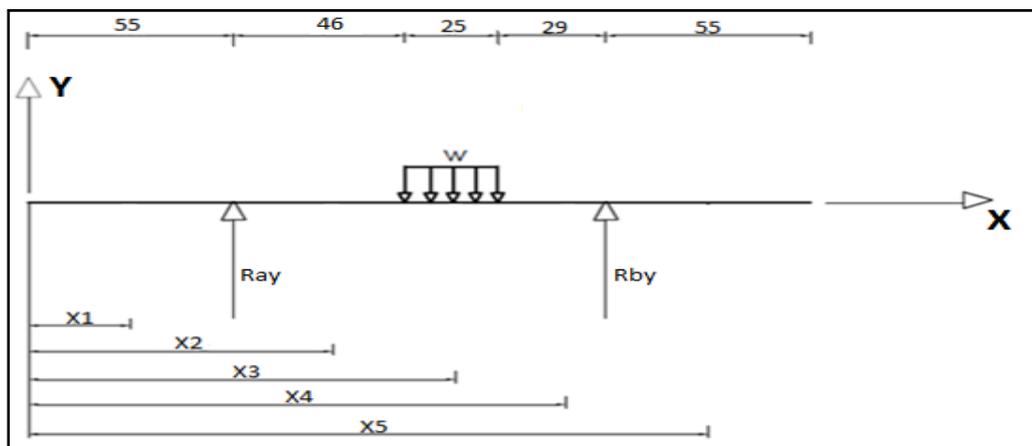
Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Las secciones críticas son:

$$0.55 \leq x \leq 155 M_y = -2.2 \text{ Nm}$$

A continuación se realiza el diagrama del momento flector M_z en base al estado de carga del eje (ver Figura 3.8).

Figura 3.8 Estado de cargas en el plano X-Y



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

$$0 \leq x_1 \leq 0.055$$

$$V(x_1) = 0$$

$$X_1 = 0 \text{ m} \quad V = 0 \text{ N}$$

$$X_1 = 0.055 \text{ m} \quad V = 0 \text{ N}$$

$$0.055 \leq x_2 \leq 0.101$$

$$V(x_2) = Ray = 178.03 \text{ N}$$

$$X_2 = 0.055 \text{ m} \quad V = 178.03 \text{ N}$$

$$X_2 = 0.101 \text{ m} \quad V = 178.03 \text{ N}$$

$$Mz(x_2) = Ray * (x_2 - 0.055) = 178.03 \text{ N} * (x_2 - 0.055)$$

$$X_2 = 0.055 \text{ m} \quad Mz = 0 \text{ N}$$

$$X_2 = 0.101 \text{ m} \quad Mz = 8.19 \text{ N}$$

$$0.101 \leq x_3 \leq 0.126$$

$$V(x_3) = Ray - w * (x_3 - 0.101) = 178.03 - 17165.44 * (x_3 - 0.101)$$

$$X_3 = 0.101 \text{ m} \quad V = 178.03 \text{ N}$$

$$X_3 = 0.10199 \text{ m} \quad V = 0 \text{ N}$$

$$X_3 = 0.126 \text{ m} \quad V = -251.1 \text{ N}$$

$$Mz(x_3) = Ray * (x_3 - 0.055) - w * \frac{(x_3 - 0.101)^2}{2}$$

$$Mz(x_3) = 178.03 \text{ N} * (x_3 - 0.055) - 17165.44 * \frac{(x_3 - 0.101)^2}{2}$$

$$X_3 = 0.101 \text{ m} \quad Mz = 8.18 \text{ Nm}$$

$$X_3 = 0.10199 \text{ m} \quad Mz = 8.35 \text{ Nm} (Mz_{\text{máx}})$$

$$X_3 = 0.126 \text{ m} \quad Mz = 7.27 \text{ N}$$

$$0.126 \leq x4 \leq 0.155$$

$$V(x4) = Ray - w * (0.025) = 178.03 - 17165.44 * 0.025 = -412 \text{ N}$$

$$X4 = 0.126 \text{ m} \quad V = -251.1 \text{ N}$$

$$X4 = 0.155 \text{ m} \quad V = -251.1 \text{ N}$$

$$Mz(x4) = Ray * (x4 - 0.055) - w * (0.025) * (x4 - 0.1075)$$

$$= 178.03 \text{ N} * (x4 - 0.055) - 17165.44 * 0.025 * (x4 - 0.1135)$$

$$X4 = 0.126 \text{ m} \quad Mz = 7.27 \text{ Nm}$$

$$X4 = 0.155 \text{ m} \quad Mz = 0 \text{ Nm}$$

$$0.155 \leq x5 \leq 0.210$$

$$V(x5) = Ray - w(0.025) + Rby = 178.03 - 17165.44 * (0.025) + 251.1$$

$$X5 = 0.155 \text{ m} \quad V = 0 \text{ N}$$

$$X5 = 0.210 \text{ m} \quad V = 0 \text{ N}$$

$$Mz(x5) = Ray * (x5 - 0.055) - w * (0.025) * (x5 - 0.1135)$$

$$+ Rby * (x5 - 0.155)$$

$$= 178.03 * (x5 - 0.055) - 17165.44 * 0.025 * (x5 - 0.1135)$$

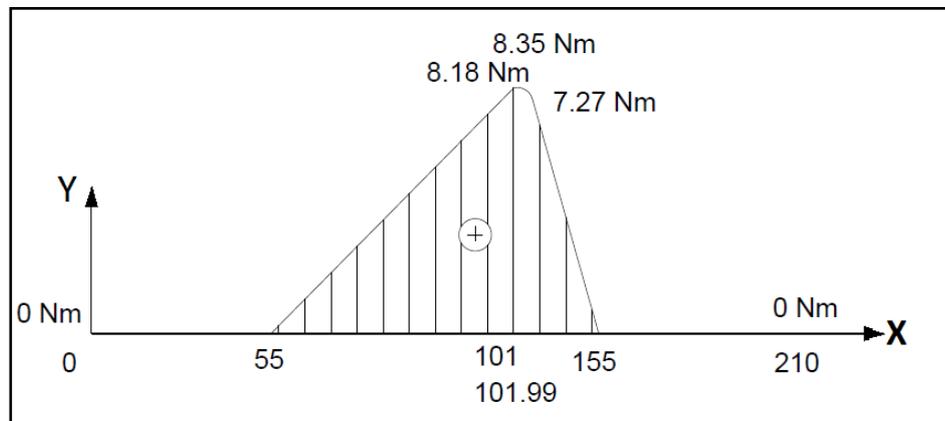
$$+ 251.1 * (x5 - 0.155)$$

$$X5 = 0.155 \text{ m} \quad Mz = 0 \text{ N}$$

$$X5 = 0.210 \text{ m} \quad Mz = 0 \text{ N}$$

El diagrama del momento flector máximo se indica en la figura 3.9

Figura 3.9 Momento flector M_z



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

La sección crítica está ubicada en:

$$x = 101.99mm$$

$$M_z = 8.35 Nm$$

3.3 Dimensionamiento del eje

Para el dimensionamiento del eje de las ruedas se debe hacer un diseño para cargas estáticas. La sección crítica está ubicada a 0.10199 m y se encuentra sometida a:

Momentos flectores:

$$M_y = -2.2 Nm$$

$$M_z = 8.35 Nm$$

Momento flector resultante:

$$M = \sqrt{(M_y^2 + M_z^2)}$$

$$M = 8.63 Nm$$

Para obtener el diámetro del eje, se aplica la teoría de falla de Von Mises, mediante la ecuación:

$$d = \left(\frac{32n}{\pi S_y} \left(M^2 + \frac{3}{4} Mt^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{ec. 3.1})$$

Donde:

d = Diámetro del eje sometido a cargas combinadas de torsión y flexión .

n = Factor de seguridad.

S_y = Límite de fluencia del material.

M = Momento flector.

Mt = Momento torsor que para este caso es 0.

Para el eje de las ruedas se requiere un acero de bajo contenido de carbón con cierto grado de tenacidad, y debido a que es un eje para una maquinaria pequeña se escoge del catálogo de aceros un acero de transmisión SAE 1018. Cuyas propiedades mecánicas están descritas en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Propiedades mecánicas acero SAE 1018

PROPIEDADES DEL ACERO	SAE 1018
Esfuerzo de cedencia, Kg/mm ²	Min. 31
Resistencia a la tracción, Kg/mm ² (MPa)	51-71 (500-696)
Dureza	163 HB

Fuente: Acero comercial, 2013, p.465

De la tabla 3.5 se obtiene la resistencia a la tracción del material a usar:

$$S_y = 500 \text{MPa}$$

Reemplazando los valores en la **Ec. 3.1** se tiene:

$$d = \left(\frac{32n}{\pi 500E06} * 8.63 \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left(\frac{32n}{\pi 500E06} * 8.63 \right)^{\frac{1}{3}} * 1000$$

De esta ecuación y con el valor del factor de seguridad n= 1, 2, 3 se tiene el siguiente cuadro de valores:

Tabla 3.6 Diámetro del eje a varios factores de seguridad

n	d(mm)
1	5.6
2	7.06
3	8.08

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

De los datos de la tabla 3.6 se deduce que un eje de diámetro de 10 mm cumpliría con los requerimientos de diseño para soportar las cargas de torsión y flexión. Pero debido a que el agujero de la rueda dentada tiene un diámetro de 1'', el eje se fabricará de esta medida y permanecerá su diámetro constante a lo largo del eje, variando este solo donde se requiera un cambio de diámetro (debido al acople de la chumacera y las ruedas).

Se toma esta decisión de mantener el diámetro de 1'' a lo largo del eje debido a que rebajar a 10 mm implica torneado lo que genera mayor gasto que el que se tendría al ahorrar en el peso del eje. Con esto el factor de seguridad asociado para un diámetro d=25.4 mm será $den = 73.64$.

A continuación se dimensionarán los extremos del eje, para definir el diámetro interno del bocín rueda, cuyo diámetro externo estará, por el orden de los 15 mm aproximadamente, con la finalidad de obtener una velocidad máxima de 69 cm/min. En los extremos del eje existente se tiene:

Momentos flectores:

$$M_y = -2.2 \text{ Nm}$$

$$M_z = 0 \text{ Nm}$$

Momento flector resultante:

$$M = 2.2 \text{ Nm}$$

$$d = \left(\frac{32n}{\pi 500 E 06} * 2.2 \right)^{\frac{1}{3}} * 1000$$

De esta ecuación y con el valor del factor de seguridad $n = 1, 2, 3$ se obtiene el siguiente cuadro de valores detallado en la tabla 3.7.

Tabla 3.7 Diámetro del eje en los extremos a varios Fs

N	d(mm)
1	3.55
2	4.47
3	5.12

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Dejando un espesor de 2mm para el bocín-rueda el eje tendrá un diámetro $d = 6 \text{ mm}$, por lo que el factor de seguridad asociado quedaría de $n = 4.81$

De estos resultados se puede observar que para este diseño a cargas estáticas se está empleando factores de seguridad altos, además de saber que la velocidad máxima del eje será de 20 RPM, permite concluir que no hace falta un diseño a fatiga.

3.4 Análisis y selección del tipo de chumacera

Las chumaceras son unidades compuestas de un rodamiento de bolas en varios tipos de alojamientos. El alojamiento puede ser apernado a la estructura de la maquinaria y el anillo interior, puede ser montado sobre los ejes fácilmente por medio de los tornillos de fijación.

Esto significa que la chumacera puede soportar equipos rotativos sin poseer diseño especial para permitir su montaje. Una variedad de alojamientos estandarizados de diferentes formas se encuentra disponible, incluyendo los tipo pie o puente o los tipo brida. El diámetro exterior de rodamientos es esférico, tal como lo es el diámetro interior del alojamiento, permitiéndose la posibilidad de un auto alineamiento con el eje.

Con los cálculos obtenidos del diámetro del eje, la capacidad de carga y las revoluciones a las que va a trabajar se elige la chumacera de tipo **UPCA 2 fijación por tornillo.** (Anexo 3.6)

Velocidad de trabajo 60 RPM

Capacidad de carga: 79 lb

Horas de trabajo: 2-4 horas por día

En la Tabla 3.8 se especifica los diámetros calculados y el tipo de chumacera a utilizar.

Tabla 3.8 Característica de la chumacera

Diámetro del eje	Tipo de chumacera	Cantidad
10mm a 15mm	UCPA 202	4

Fuente: Roditrans, 2008, p.9

3.5 Carcaza

Es el elemento del equipo de mayor volumen por lo que es de esperarse que su contribución en el peso total del equipo sea importante.

Basicamente debe cumplir con un peso liviano. Los materiales más conocidos y usados, que permiten conseguirlo son: tool galvanizado y ángulo de 50x50x3mm. Se a optado por darle la opción de carro a esta carcaza.

3.5.1 Tapas

Este elemento soportará, el brazo porta torcha , tolva y sistema de control.

3.5.2 Base

Este elemento soportará, el sistema de transmisión de potencia , un ángulo para fijar el motor, provisto de 4 soportes para las chumaceras, cadena de transmisión y 2 catarinas.

3.6 Sistema de guiado

Debe ser rígido y recto, las chavetas son una buena solución, la geometría dependerá basicamentede las ruedas colocadas en el equipo. En el mercado no existe una gran variedadde ruedas por lo que se debe adaptar el diseño de la misma.

El sistema de guiado puede tener longitudes variadas de acuerdo al uso que el equipo tenga, asi por ejemplo el laboratorio de soldadura de la Universidad, fábricas de estructuras metálicas, que se requiere soldar una medida aproximada de 6metros,.

En nuestro caso el sistema de guiado tendrá una longitud de 1 metro aproximadamente, porque va a ser utilizado para pruebas de laboratorio de la Universidad.

CAPITULO IV

4. PRUEBAS DEL EQUIPO

Los ensayos realizados se los ejecutaron en base a la información de investigación recopilada a lo largo del proyecto y en el transcurso del mismo. Teniendo como finalidad, el realizar soldaduras por arco sumergido en placas de Acero ASTM A-36 pudiendo de esta manera comprobar la funcionalidad de la máquina en cada una de sus componentes.

Las placas de ensayo requeridas en las prácticas fueron en acero ASTM A-36 de medidas 200x70x6 mm.

4.1 Parámetros de soldadura

Para realizar los ensayos de la máquina los parámetros a variar fueron:

- Intensidad
- Velocidad de soldeo

Al variar estos dos parámetros se obtuvo datos del equipo de soldadura SAW, comprobar su funcionalidad. Los datos y resultados de estos ensayos se podrán ver más adelante.

4.2 Pruebas de soldadura

Para realizar las pruebas de soldadura se hizo uso del material ACERO ASTM A-36. Con el cual se obtuvo valores después de variar sus parámetros. (Ver Tabla 4.1 y Tabla 4.2).

4.2.1 Parámetro a variar

- INTENSIDAD

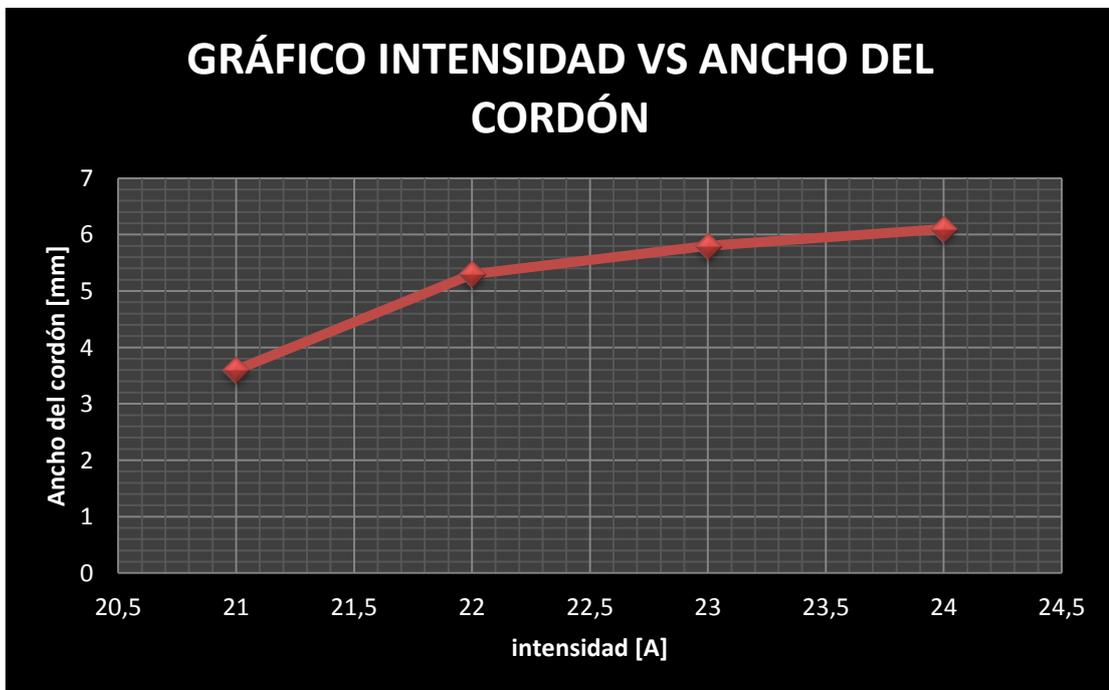
TABLA 4.1 Soldadura al variar la intensidad

Muestra	Intensidad [A]	Voltaje [V]	Velocidad de soldeo [cm/min]	Alto del cordón [mm]	Ancho del cordón [mm]
1	24	130	99	5.7	5.2
2	23	124	99	5.3	5.8
3	22	126	99	4.8	5.5
4	21	122	99	4.2	4.9

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

De la figura 4.2 a la 4.5 se muestra el cordón realizado al variar la intensidad del proceso para cada práctica realizada.

Figura 4.1 Gráfico Intensidad vs Ancho del cordón



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Fig. 4.2 Muestra 1 cordón de soldadura a voltaje de 130[v]



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Fig. 4.3 Muestra 2 cordón de soldadura a voltaje de 124[v]



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Fig. 4.4 Muestra 3 cordón de soldadura a voltaje de 126 [v]



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Fig. 4.5 Muestra 4 cordón de soldadura a voltaje de 122 [v]



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

CONCLUSIONES

De las prácticas realizadas con el equipo de soldadura por arco, se puede concluir que:

Cuando la intensidad de soldadura aumenta:

- Se puede producir mordeduras.
- Aumenta la tendencia a soplo magnético.
- Las características del fundente podrían no ser aptas para la fusión del metal de aporte.
- El ancho del cordón de soldadura aumenta.

VELOCIDAD DE AVANCE DEL CARRO

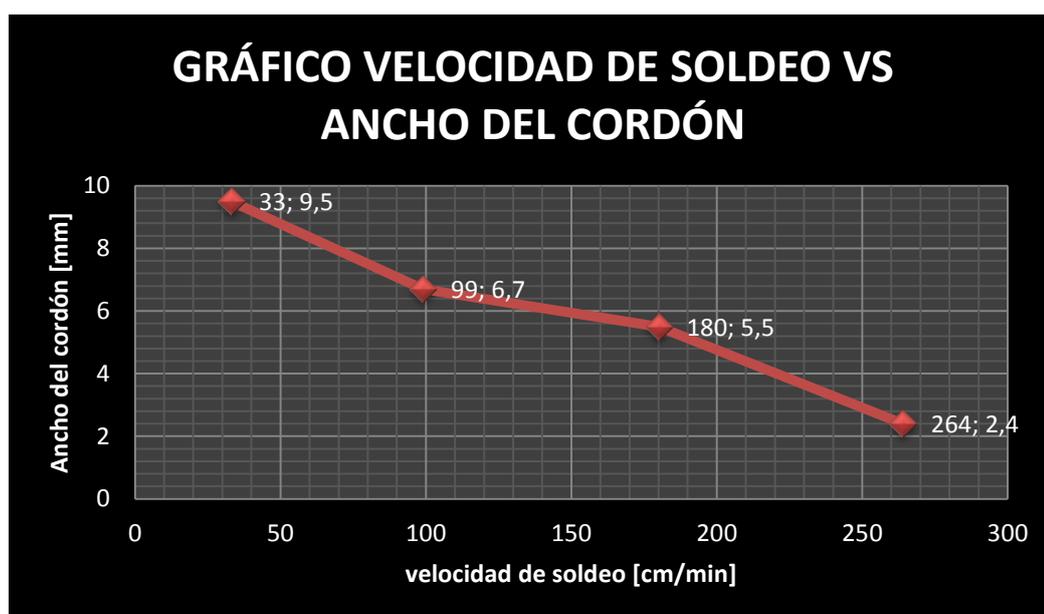
TABLA 4.2. Soldadura con variación en la velocidad de avance del carro

Muestra	Velocidad de soldeo [cm/min]	Intensidad [A]	Voltaje [V]	Alto del cordón [mm]	Ancho del cordón [mm]
1	33	97.5	6.5	7.3	9.5
2	99	97.5	6.5	5.5	6.7
3	180	97.5	6.5	5.7	5.5
4	264	97.5	6.5	1.7	2.4

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

De la figura 4.7 a la 4.10 se muestra el cordón realizado al variar la velocidad de avance del proceso para cada práctica realizada.

Figura 4.6 Gráfico velocidad de soldeo vs Ancho del cordón



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha.

Fig. 4.7 Muestra 1 cordón de soldadura con avance del carro de 264 [cm/min]



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Fig. 4.8 Muestra 2 cordón de soldadura con avance del carro de 180 [cm/min]



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha.

Fig. 4.9 Muestra 3 cordón de soldadura con avance del carro de 99 [cm/min]



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

Fig. 4.10 Muestra 4 cordón de soldadura con avance del carro de 33 [cm/min]



Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

CONCLUSIONES

De las prácticas realizadas con el equipo de soldadura por arco, se puede concluir que:

Cuando la velocidad de soldadura aumenta:

- El tamaño del cordón es más pequeño.
- Disminuye el mojado del baño sobre las placas que se sueldan.
- Aumenta la tendencia a producir mordeduras.
- Se crea más zonas en las cuales se hace evidente la porosidad.
- La forma del cordón se presenta irregular.

CAPITULO V

5. COSTOS

5.1 Generalidades

En el presente capítulo se detalla lo referente al cálculo de costos, se analiza los gastos relacionados con el desarrollo de la construcción del equipo didáctico de soldadura por arco sumergido.

Aprobado el proyecto por el Consejo de Carrera de Ingeniería Mecánica se fijó un monto inicial de \$ 4000 dólares americanos para la construcción del equipo por arco sumergido.

Dicho equipo está destinado al Laboratorio de Soldadura de la UPS.

Se ha adoptado rubros para definir el costo total de la construcción del equipo, los cuales se detallan a continuación:

- Costo de la fuente de poder
- Materia prima
- Insumos
- Costo de mecanizado
- Costo de terceros
- Costos imprevistos

5.2 Costo de la fuente de poder

En la presente tesis al ser un equipo didáctico se empleará una fuente de poderMIG de marca LINCOLN ELECTRIC CO. De 250A de alimentación trifásica de factor de servicio al 100% de 240A.

Tabla5.1Costo de fuente de poder

ITEM	DENOMINACIÓN	VALOR USD
1	MIGLINCOLN ELECTRIC CO250A	\$ 0
	TOTAL	\$ 0

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

La fuente de poder a utilizar en la presente tesis es donada por la Universidad Politécnica Salesiana por tal motivo el valor es \$ 0 dólares americanos como se detalla en la tabla 5.1.

5.3 Materia prima

Se conocen como materia prima a toda aquella que ha sido extraído de la naturaleza previa a sufrir un cambio o transformación en su forma o estructura y que posteriormente formará partes o componentes específicos de una máquina. Estas pueden ser ejes, chumaceras, sistemas de guiado, como se detalla en la tabla 5.2.

5.3.1 Costo de materiales

Tabla 5.2 Tabla costo de materiales

N o	DETALLE	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES TECNICAS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Brazo	1	Ø12 x 520mm	\$2,6	\$ 2,60
2	Posicionador	1	70 x 40 x 25mm	\$16,30	\$16,30

Continuación de tabla 5.2

3	Perilla A	1	Ø40 x 25mm	\$9,28	\$ 9,28
4	Tornillo de ajuste	2	Ø30 x 46mm	\$2,6	\$ 5,20
5	Porta Torcha	1	125 x 35 x 40	\$2,7	\$ 2,70
6	Soporte	4	L 25 x 3mm	\$1,5	\$ 6,00
7	Base	1	342 x 197 x 3mm	\$20,25	\$20,25
8	Eje Ruedas	2	Ø25 x 208m	\$5	\$10,00
9	Rueda Motriz	4	Ø70 x 30mm	\$4,5	\$18,00
10	Carcasa	1	320 x 330 x 3 mm	\$25,6	\$25,60
11	eje sujetador tolva	1	Ø6 x 255mm	\$3	\$ 3,00
12	Posicionador 1	1	75 x 22mm	\$6,25	\$ 6,25
13	Posicionador 2	1	72 x 22mm	\$7,34	\$ 7,34
14	sistema de guiado	1	32 x 1010 mm	\$18,5	\$18,50
				TOTAL	\$150,96

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

El costo total de materiales es de USD 150,96.

5.4 Insumos

Los insumos son todo aquello que forma parte en la construcción de una máquina sin que eso conlleve realizar un proceso de transformación de los mismos. En la tabla 5.3 se detalla los insumos utilizados en la presente tesis.

Tabla 5.3 Tabla costo insumos

N°	DETALLE	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES TECNICAS	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Tuerca	8	M10 X 5	\$0,5	\$ 4,00
2	Tuerca	14	M6 X 11	\$0,5	\$ 7,00
3	Tuerca	4	M15 X 5	\$0,5	\$ 2,00
4	Arandela plana	8	Ø10	\$0,12	\$ 0,96
5	Arandela plana	14	Ø6	\$0,12	\$ 1,68
6	Arandela plana	4	Ø15	\$0,12	\$ 0,48

Continuación de tabla 5.3

7	Arandela presión	8	Ø10	\$0,2	\$ 1,60
8	Arandela de presión	14	Ø6	\$0,2	\$ 2,80
9	Arandela de presión	4	Ø15	\$0,2	\$ 0,80
10	Pasador	1	1,15 x 8	\$1	\$ 1,00
11	Cadena	1	400 mm	\$45	\$45,00
12	Catarina A	1	RC 35 T 27	\$12,33	\$12,33
13	Catarina B	1	RC 35 T 9	\$12,33	\$12,33
14	Prisionero	1	M8 x 10	\$1,5	\$ 1,50
15	Chumacera de piso NTN	4	UCP 202	\$24,43	\$97,72
16	Chaveta cuadrada	4	6 mm	\$1	\$ 4,00
17	motor de transmisión	1	1/20 HP	\$100	\$ 100,00
18	Sistema eléctrico	1		\$175	\$ 175,00
				TOTAL	\$470,20

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

El costo total de insumos es de USD 470,20.

5.5 Mecanizado

Es un proceso de manufactura en el cual una herramienta de corte es utilizada para remover el exceso de material de una pieza hasta obtenerla forma deseada..

En la tabla 5.4 se detalla el costo de mecanizado de las piezas del equipo por arco sumergido.

Tabla 5.4 Costo de mecanizado

	DETALLE	MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
		HERRAMIENTA	N° HORAS	V. HORA	V. TOTAL	N° HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
1	EJE PRINCIPAL	Torno	1	\$1,67	\$0	2	\$6,5	\$13	\$13
		Fresadora	1	\$1,67	\$1,67	1	\$12	\$12	\$13,67
		Sierra	0	\$1,67	\$0	0	\$2	\$0	\$0
	TOTAL								\$26,67

	DETALLE	MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
		HERRAMIENTA	N° HORAS	V. HORA	V. TOTAL	N° HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
2	BRAZO	Taladro	0	\$1,67	\$0	1	\$4	\$4	\$4
	TOTAL								\$4

Continuación de tabla 5.4

	DETALLE	MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
		HERRAMIENTA	Nº HORAS	V. HORA	V. TOTAL	Nº HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
3	POSICIONADOR	Fresadora	3	\$1,67	\$1,67	1	\$12	\$12	\$13,67
		Taladro	0	\$1,67	\$0	1	\$2	\$0	\$2
		Sierra				1	\$2	\$2	\$2
	TOTAL								\$17,67

	DETALLE	MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
		HERRAMIENTA	Nº HORAS	V. HORA	V. TOTAL	Nº HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
4	RUEDAS	Torno	3	\$1,67	\$5,01	3	\$6,5	\$19,5	\$24,51
		Fresadora	1	\$1,67	\$1,67	0	\$12	\$0	\$1,67
		Sierra	0	\$1,67	\$0	0	\$2	\$0	\$0
	TOTAL								\$26,18

Continuación de la tabla 5.4

	DETALLE	HERRAMIENTA	Nº HORAS	V. HORA	V. TOTAL	Nº HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
5	TORNILLO DE AJUSTE	Torno	3	\$1,67	\$5,01	3	\$6,5	\$19,50	\$24,51
		Sierra	0	\$1,67	\$0	1	\$2	\$2	\$2
		Moleteado	0	\$1,67	\$0	1	\$2	\$2	\$2
	TOTAL								\$28,51

		MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
	DETALLE	HERRAMIENTA	Nº HORAS	V. HORA	V. TOTAL	Nº HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
6	PERILLA "A"	Torno	2	\$1,67	\$3,34	2	\$6,5	\$13	\$16,34
		Sierra	0	\$1,67	\$0	1	\$2	\$2	\$2
		Moleteado	0	\$1,67	\$0	1	\$2	\$2	\$2
	TOTAL								\$20,34

Continuación de tabla 5.4

	DETALLE	MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
		HERRAMIENTA	Nº HORAS	V. HORA	V. TOTAL	Nº HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
7	POSICIONADOR 2	Taladro	1	\$1,67	\$1,67	1	\$4	\$4	\$5,67
		Fresadora	2,5	\$1,67	\$4,175	2	\$12	\$24	\$28,175
		Sierra	0	\$1,67	\$0	1	\$2	\$2	\$2
	TOTAL								\$35,85

	DETALLE	MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
		HERRAMIENTA	Nº HORAS	V. HORA	V. TOTAL	Nº HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
8	POSICIONADOR 1	Taladro	0,5	\$1,67	\$0,835	0,5	\$4	\$2	\$2,835
		Fresadora	1,5	\$1,67	\$2,505	1,5	\$12	\$18	\$20,505
		Sierra	0	\$1,67	\$0	1	\$2	\$2	\$2
	TOTAL								\$25,34

Continuación tabla 5.4

		MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
	DETALLE	HERRAMIENTA	Nº HORAS	V. HORA	V. TOTAL	Nº HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
9	SOPORTE	Sierra	0	\$1,67	\$0	1	\$2	\$2	\$2
		Taladro	0,5	\$1,67	\$0,835	1	\$2	\$2	\$2,84
	TOTAL								\$4,84

		MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
	DETALLE	HERRAMIENTA	Nº HORAS	V. HORA	V. TOTAL	Nº HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
10	EJE SUJETA TOLVA	Torno	0,5	\$1,67	\$0,835	0,5	\$6,5	\$3,25	\$4,085
		Taladro	0,5	\$1,67	\$0,835	1	\$2	\$2	\$2,835
		Suelda	1	\$1,67	\$1,67	1	\$6	\$6	\$7,67
		Dobladora	0,5	\$1,67	\$0,835	1	\$5	\$5	\$5,835
	TOTAL								\$20,43

Continuación tabla 5.4

	DETALLE	MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
		HERRAMIENTA	Nº HORAS	V. HORA	V. TOTAL	Nº HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
11	PLACA BASE	Dobladora	0,5	\$1,67	\$0,835	1	\$7	\$7	\$7,835
		Taladro	1	\$1,67	\$1,67	1	\$2	\$2	\$3,67
		Suelda	1	\$1,67	\$1,67	1	\$6	\$6	\$7,67
	TOTAL								\$19,18

	DETALLE	MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
		HERRAMIENTA	Nº HORAS	V. HORA	V. TOTAL	Nº HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
12	CARCASA	Dobladora	2	\$1,67	\$3,34	2	\$7	\$14	\$17,34
		Taladro	1	\$1,67	\$1,67	1	\$2	\$2	\$3,67
		Suelda	1,5	\$1,67	\$2,505	1,5	\$6	\$9	\$11,505
	TOTAL								\$32,52

Continuación de tabla 5.4

	DETALLE	MÁQUINA	COSTO HORA HOMBRE			COSTO HORA MAQUINARIA			COSTO
		HERRAMIENTA	Nº HORAS	V. HORA	V. TOTAL	Nº HORAS	V.HORAS	V.TOTAL	TOTAL
13	RIELES	Rectificadora	5	\$1,67	\$8,35	7	\$10	\$70	\$78,35
		Suelda	1,5	\$1,67	\$2,505	1,5	\$6	\$9	\$11,505
	TOTAL								\$89,86

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

En la tabla 5.5 se detalla el resumen del costo total de mecanizado de las piezas del equipo por arco sumergido.

Tabla 5.5 Resumen del costo de mecanizado

Ítem	Detalle	Costo
1	Eje principal	\$26,67
2	Brazo	\$4
3	Posicionador	\$17,67
4	Ruedas	\$26,18
5	Tornillo de ajuste	\$28,51
6	Perilla "a"	\$20,34
7	Posicionador 2	\$35,85
8	Posicionador 1	\$25,34
9	Soporte	\$4,84
10	Eje sujeta tolva	\$20,43
11	Placa base	\$19,18
12	Carcasa	\$32,52
13	Rieles	\$89,86
	Total	\$351,39

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

5.6 Costo por trabajo de terceros

Se le conoce al conjunto de rubros o gastos generales de fabricación producidos por terceras personas de forma indirecta como se detalla en la tabla 5.6.

Tabla 5.6.Costo por trabajo de terceros

			VALOR	VALOR
Nº	DETALLE	ESPECIFICACIONES	UNITARIO	TOTAL
				USD
1	Sistema Eléctrico	Programación	\$2000	\$2000
2	Corte de plancha	6 cortes	\$1	\$6
3	Doblado de plancha	6 dobleces	\$1	\$6
4	Pintura	Total del equipo	\$100	\$100
		TOTAL		\$ 2112

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha.

El costo total por trabajo de terceros es de USD2112.

5.7 Costos imprevistos

Son aquellos que no están considerados al inicio del análisis de la construcción del equipo para su costo total, para los cual se aplica un 10% a estos valores como se detalla en la tabla 5.7.

Tabla 5.7.Costo imprevistos

ITEM	DENOMINACIÓN	VALOR TOTAL
		USD
1	Fuente de Poder	\$0
2	Materia Prima	\$150,96
3	Insumos	\$ 470,20
4	Costo Maquinado	\$351,39

Continuación de la tabla 5.7

5	Costos por trabajo de terceros	\$2112
	SUBTOTAL	\$ 3084,55
	10% Costos Imprevistos	\$ 308.45
	TOTAL	\$ 308.45

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha

El total de costos de imprevisto es de USD 308.45.

5.8 Costo total de la construcción del equipo de arco sumergido

En la tabla 5.8 se detalla el costo total del equipo por arco sumergido para la Universidad Politécnica Salesiana.

Tabla 5.8. Costo total del equipo

ITEM	DENOMINACIÓN	VALOR TOTAL USD
1	Fuente de Poder	\$0
2	Materia Prima	\$150,96
3	Insumos	\$470,20
4	Costo Maquinado	\$351,39
5	Costos por trabajo de terceros	\$ 2112
	Costos imprevistos	\$308.45
	TOTAL	\$3393.00

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha.

El Costo total del equipo es de USD 3393.

6. CONCLUSIONES

- Se requirió de un sistema mecánico adicional de desmultiplicación en el motor para obtener velocidades adecuadas para este tipo de proceso.
- De los ensayos se concluyó que si se aumenta el voltaje (**Tabla 4.1**), aumenta la penetración y el metal depositado.
- Se concluyó que al aumentar la tensión disminuye el ancho del cordón en el metal base.
- Se concluyó que al aumentar la velocidad de avance de soldadura se obtuvo cordones delgados en el metal base (**Ver tabla 4.2**).
- Con este equipo se puede soldar materiales disimiles siempre y cuando exista la compatibilidad de soldadura entre ellos, como se indica en la figura 1.8 del presente documento.
- En la Guía de Práctica de Laboratorio se detalla las velocidades e intensidades recomendables para obtener un funcionamiento apropiado del equipo.
- La construcción del **Equipo Didáctico de Soldadura por Arco sumergido** servirá de apoyo para la enseñanza y comprensión práctica de la soldadura en la Universidad Politécnica Salesiana.
- La variación de velocidades de la máquina permite observar la transformación que sufren los cordones durante el proceso de soldadura por arco sumergido como se muestra en la tabla 4.2.
- Durante los ensayos, los mejores resultados se obtuvo con el mecanizado de un bisel en las dos partes de la junta.

7. RECOMENDACIONES

- Antes de la manipulación del equipo se debe leer la guía de práctica del mismo para evitar daños y averías ocasionados por el mal uso.
- Se recomienda revisar las velocidades (**Tabla 1.4**) para cada diámetro de alambre utilizado para obtener un mejor resultado de la práctica.
- Se recomienda la utilización de fundente neutro o también llamado básico ya que este puede ser usado con todos los diámetros de alambre y es recomendado para trabajar con fuentes de poder de polaridad inversa, para obtener un mejor aspecto de soldadura y forma en el cordón.
- Se recomienda cubrir de fundente el material base durante todo el proceso con la finalidad de obtener un buen cordón de soldadura.
- La longitud de las guías del carro es de 1 metro por tal motivo la longitud de la probeta no debe ser mayor a 70cm para evitar daños en el funcionamiento del equipo.
- Procurar realizar la soldadura en lugares abiertos, si existe extractor de gases olores encenderlos para no inhalar los mismos.
- Para la realización de juntas en el proceso de arco sumergido se recomienda colocar un metal de apoyo debajo del metal base para evitar que se suelde con la parrilla.
- Dada la capacidad de la fuente de poder se recomienda mecanizar un bisel de 4mm a 45° y una separación de 3 a 4mm entre placas para realizar la junta.

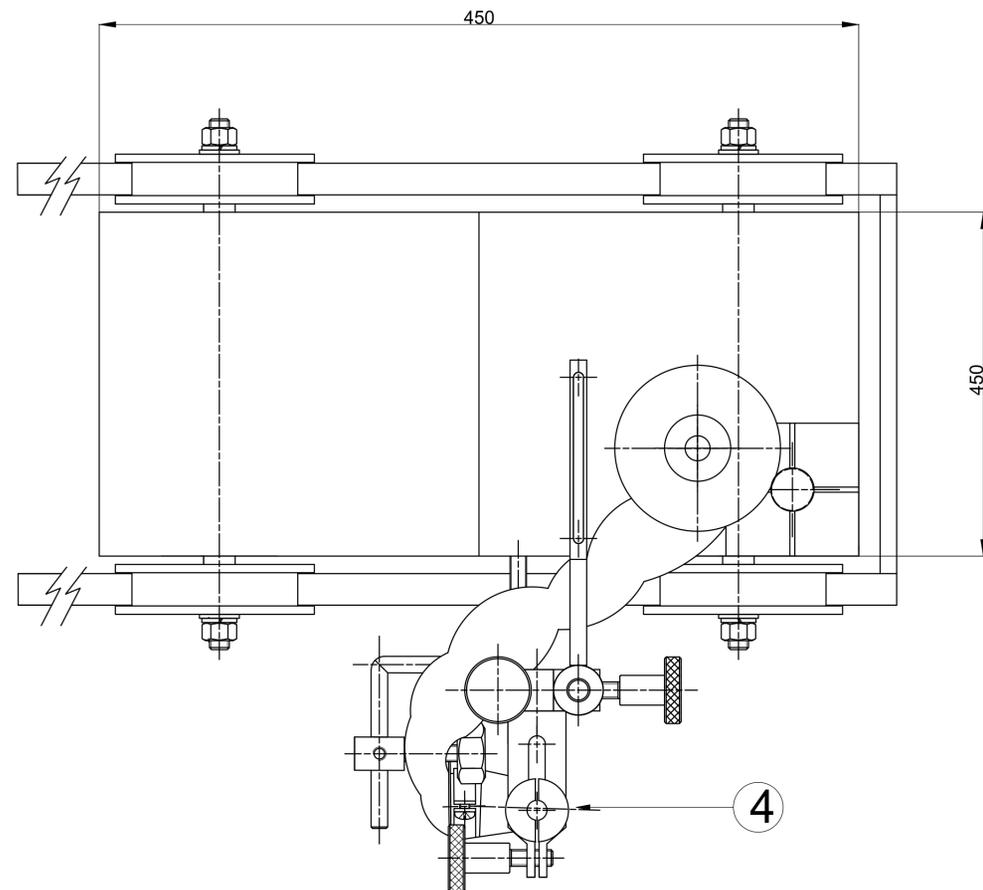
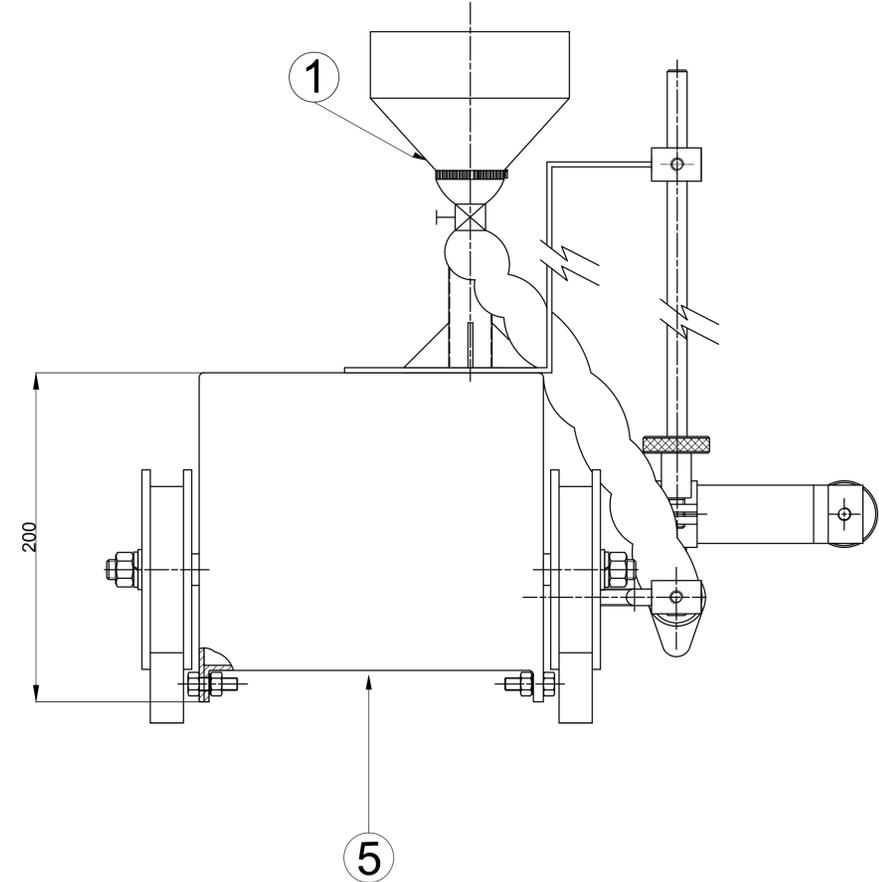
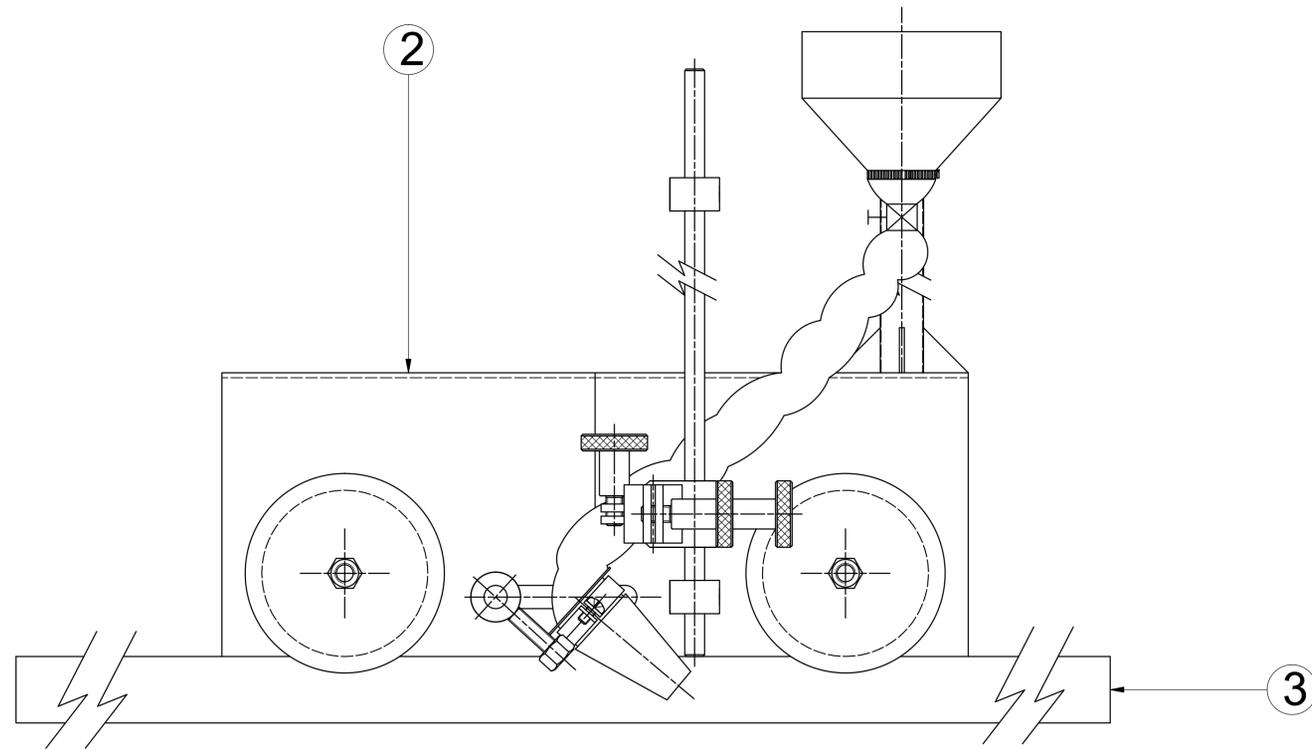
LISTA DE REFERENCIA

- American weidingsociety. AWS. (1996). Manual de soldadura. México.Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
- American Institute of Steel Construction AISC. (2004), Manual of Steel Construction. United States of America.
- Baumeister T. (2010). Manual del Ingeniero Mecánico.México.McGraw-Hill
- Roditrans.(2000).Catálogo NTN.Estados Unidos.Desiciones Empresariales
- Fernández G. (1982). Soldadura y Metalurgia. México Editorial Continental S.A.
- Horwitz H. (2001). Enciclopedia de la soldadura. Argentina. Ediciones PC 2001,
- Intecap. (2002). Soldadura SAW. México. Ed. Intercap.
- Irvingb. (1999). Sheiding gases are they key to innovations in weiding. Australia. EdWedingJoumal.
- Larburu N. (1995). Maquinas Prontuario, México. Editorial Paraninfo.
- Shingley J. (1985). Diseño en Ingeniería Mecánica. México. Libros Mc Graw Hill.
- Patton W. (1982). Ciencia Y Técnica de la soldadura. España, Urmo Ediciones.
- Kalpakjian, Serope, and Steven Schmid.(2013).Soldadura por arco. Recuperado el 01 de noviembre del 2013 de:
http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_arco

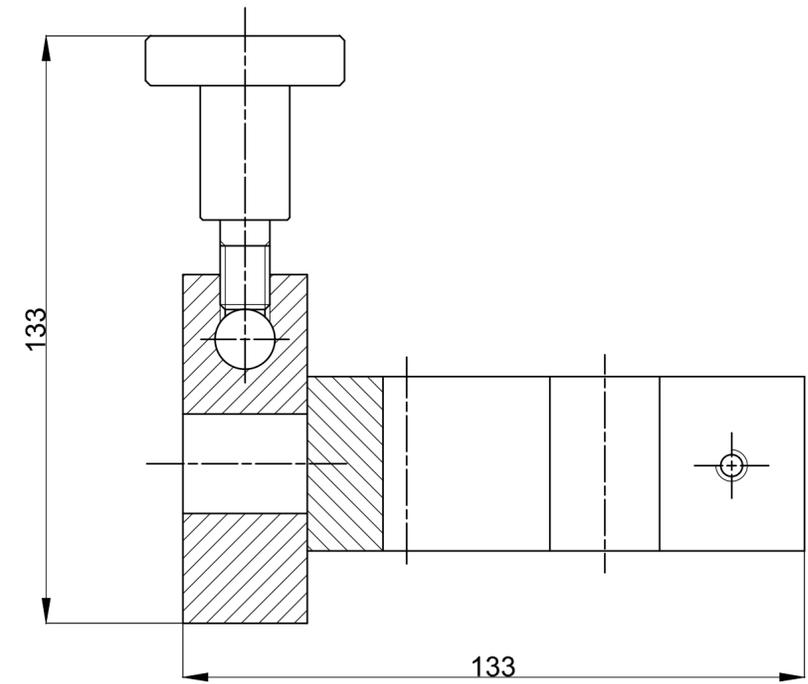
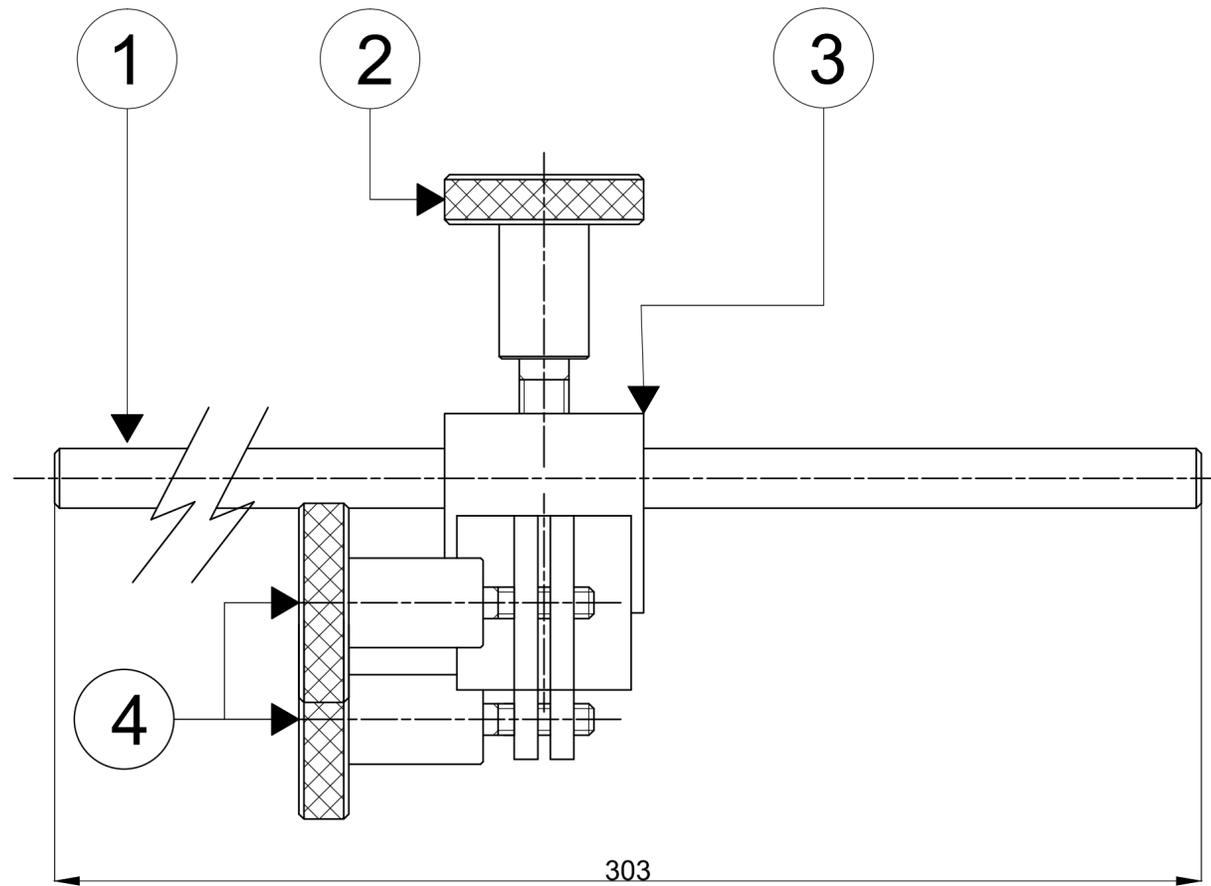
- Kjellberg (2000). Qué es la soldadura de arco sumergido. Recuperado el 15 de noviembre del 2013 de: <http://www.kjellberg.de/Tecnologia-desoldadura/Asistencia/Procedimiento-de-soldadura/Soldadura-de-arco-sumergido.html>
- Solysol(2008). Soldadura por arco sumergido. Recuperado el 04 de enero del 2014 de:
<http://solysol.com.es/data/documents/Soldadura=20por=20Arco=20Sumergido=20Curso=20Completo.pdf>
- Las Villas (2004). Fundentes al Manganeso para la Soldadura Automática por Arco Sumergido (SAW). Recuperado el 15 de febrero del 2014 de: <http://www.monografias.com/trabajos92/fundentes-manganeso-soldadura-automatica/fundentes-manganeso-soldadura-automatica.shtml#ixzz3UTi7XTKK>

ANEXO 1

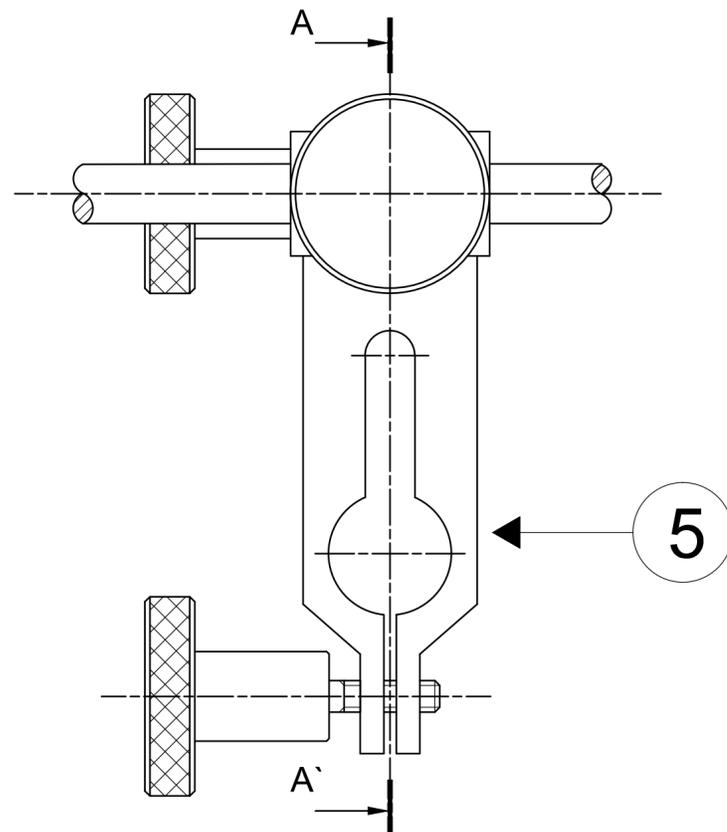
PLANOS DEL EQUIPO DIDÁCTICO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO



5	Carcasa	1	Acero SAE 1045	10.8921534.01.03	451x201x201	NA
4	Sistema porta torcha	1	Acero SAE 1045	10.8921534.01.01	133x133x303	NA
3	Sistema de guiado	1	A-36	10.8921534.01.04	22x32x1010	NA
2	Carro	1	Tool galvanizado	10.8921534.01.02	451x201x16	NA
1	Tolva	1	Tool galvanizado	10.8921534.01.05	250x340x1	NA
Nº	Denominación	Can	Material	Norma	Dim.Brutas	Observación
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			UPS	Diseño: Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
EQUIPO DE SOLDADURA SAW			Escala: 1:2	Revisó: Ing. Homero Yanchapaxi	06/03/2015	
				Código	10.8921534.01	Tol.Gral.: ±0,5

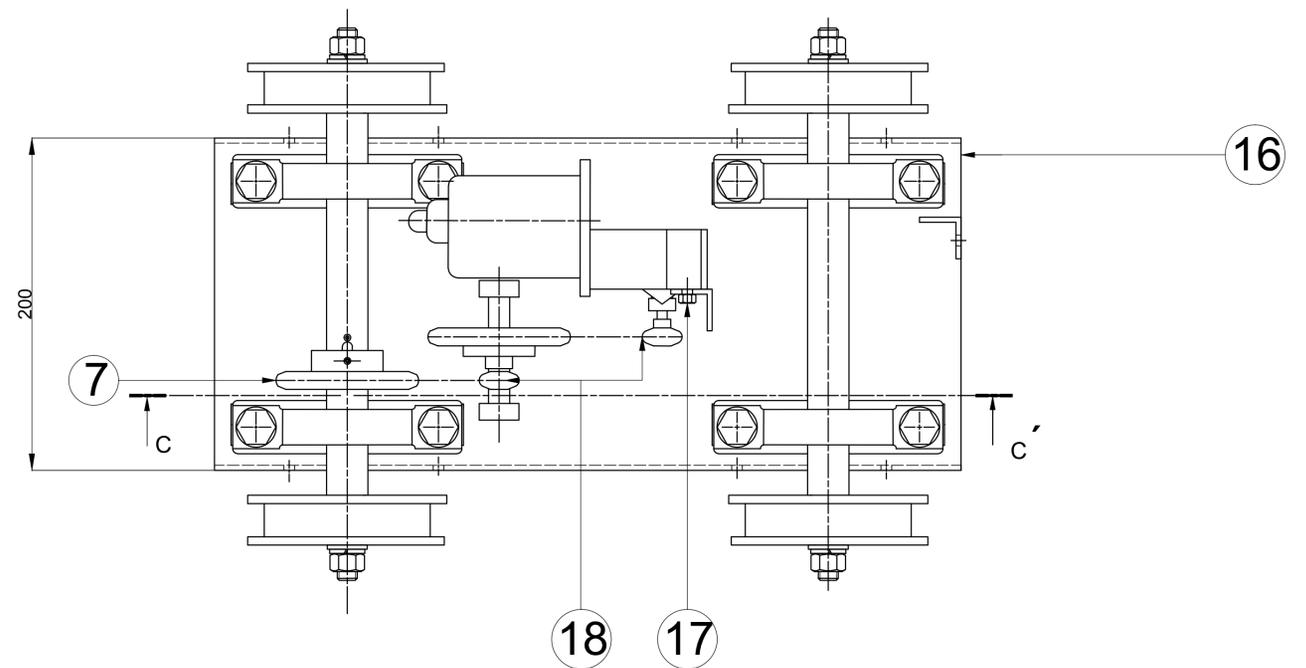
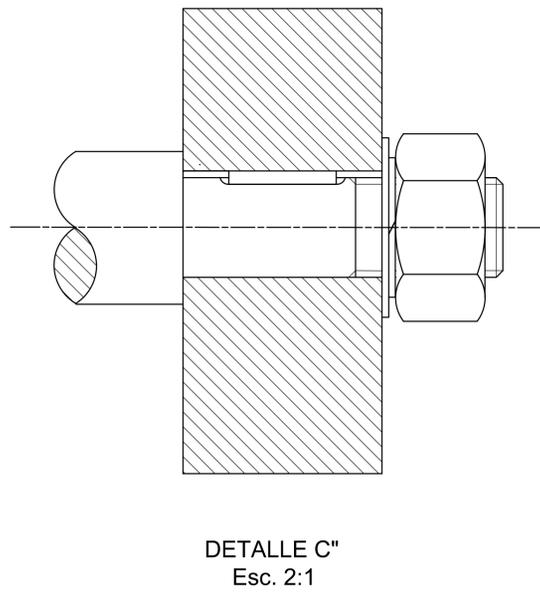
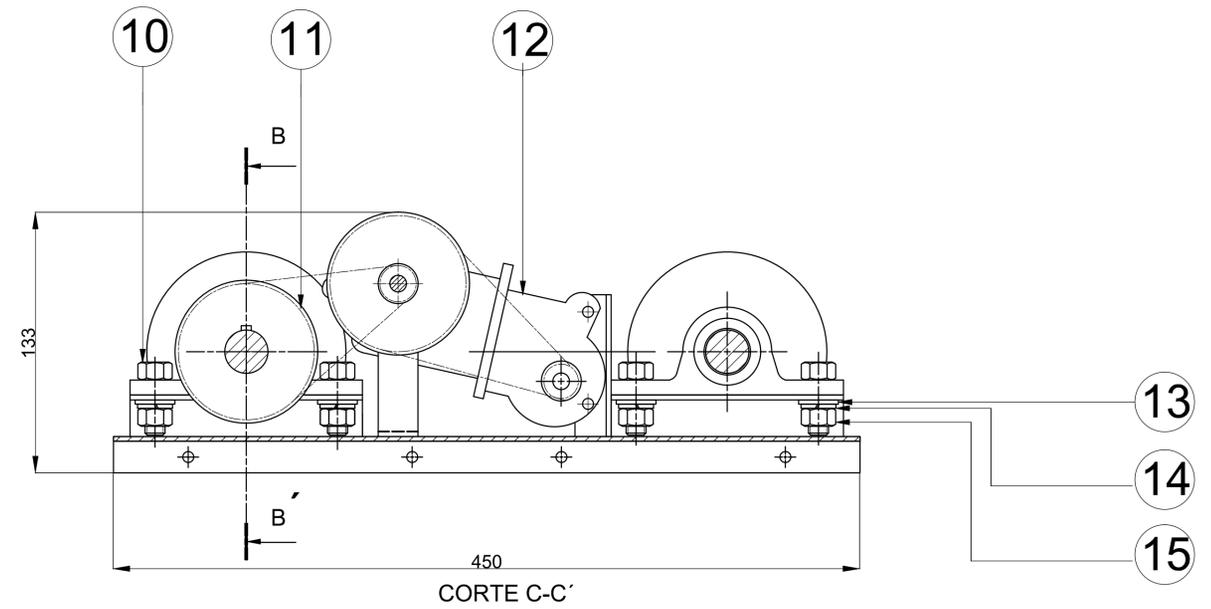
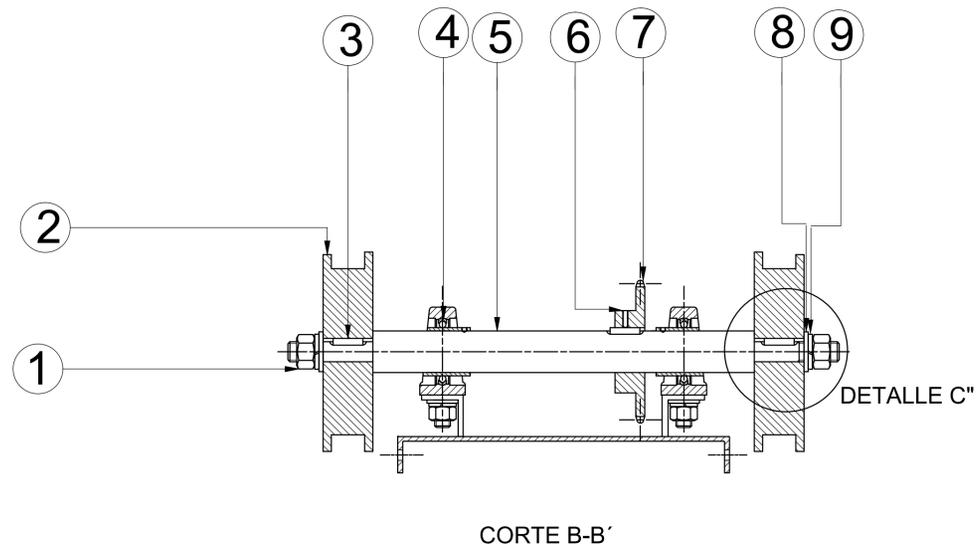


CORTE A-A'



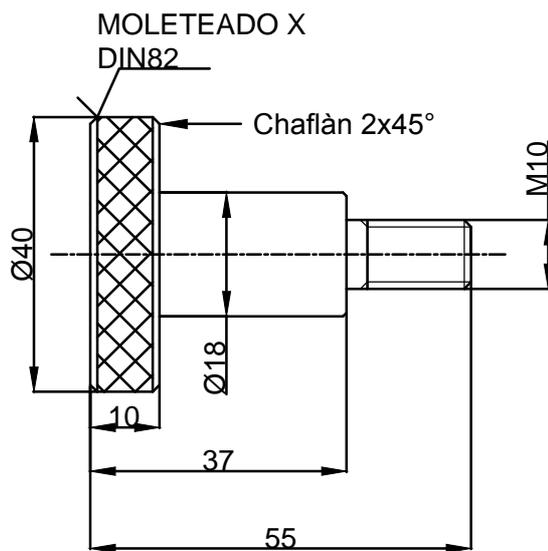
N°	Denominación	Can	Material	Norma	Dim.Brutas	Observación
5	Porta torcha	1	Aluminio 2145	10.8921534.01.01.04	127X37X42	NA
4	Perilla B	2	Acero SAE 1045	10.8921534.01.01.02	Ø42x57	NA
3	Posicionador	1	Aluminio 2145	10.8921534.01.01.03	72x42x22	NA
2	Perilla A	1	Acero SAE 1045	10.8921534.01.01.01	Ø42x57	NA
1	Brazo	1	Barilla Ø 12mm	10.8921534.01.01.05	Ø12 x 522	NA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	Diseño: Manosalvas.J Chacha P		06/03/2015
SISTEMA PORTA TORCHA			Escala: 1:1	Dibujó: Manosalvas.J Chacha P	
			Código	10.8921534.01.01	Tol.Gral.: ±0,5



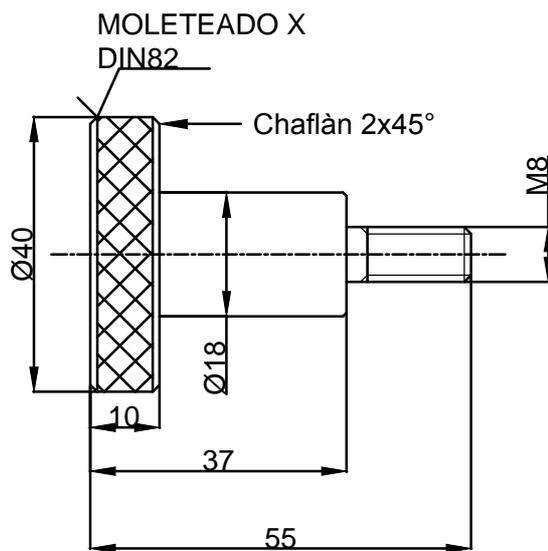
18	Catarina B	2	Acero SAE 1045	Ø22x9	Normalizado	
17	Perno sujeción motor	2	DIN-931	M6X20	Normalizado	
16	Soporte del carro	1	Tool	451 x 201	NA	
15	Tuerca	4	DIN-931	M12	Normalizado	
14	Arandela de Presión	8	DIN-127	Ø10x2	Normalizado	
13	Arandela Plana	8	DIN - 125	Ø10x2	Normalizado	
12	Motor	1	Suzuki	1/20Hp	B-94121807-0	
11	Cadena	1	Asa29		Normalizado	
10	Perno	8	DIN-931	M12 x 60	Normalizado	
9	Arandela de Presión	4	DIN-127	Ø16	Normalizado	
8	Arandela Plana	4	DIN- 125	Ø16	Normalizado	
7	Catarina A	2	Acero SAE 1045	Ø42x9	RC 35	
6	Prisionero M8	2	SAE 1018	M8	Normalizado	
5	Eje principal	2	Acero SAE 1045	Ø 26x 266	NA	
4	Chumacera	4	Hierro fundido	UCP202	Ch. piso 1"	
3	Chavetas	2	DIN-6885	6X6X15	NA	
2	Ruedas	4	Duralon	Ø122x32	NA	
1	Tuerca	4	DIN-934	M16	Normalizado	
Nº	Denominación	Can	Material	Norma	Dim.Brutas	Observación
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			UPS	Diseño: Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
				Dibujó: Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
				Revisó: Ing. Homero Yanchapaxi	06/03/2015	
CARRO			Escala: 1:2	Código	10.8921534.01.02	Tol.Gral.: ±0,5

N8



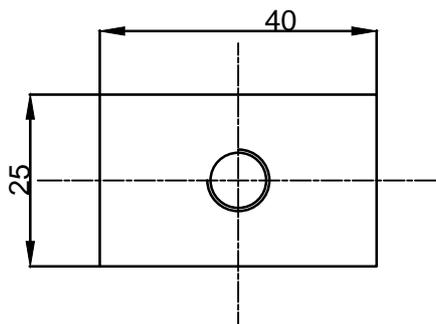
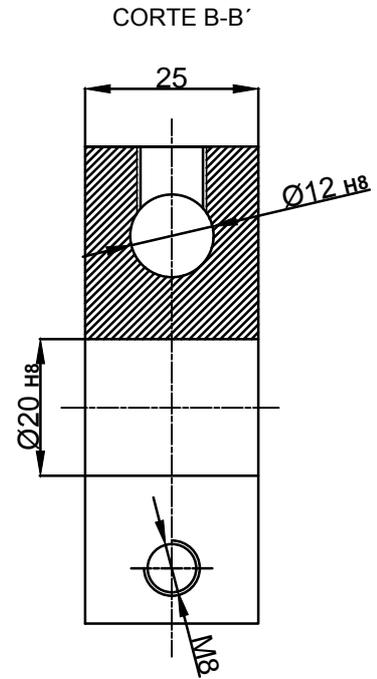
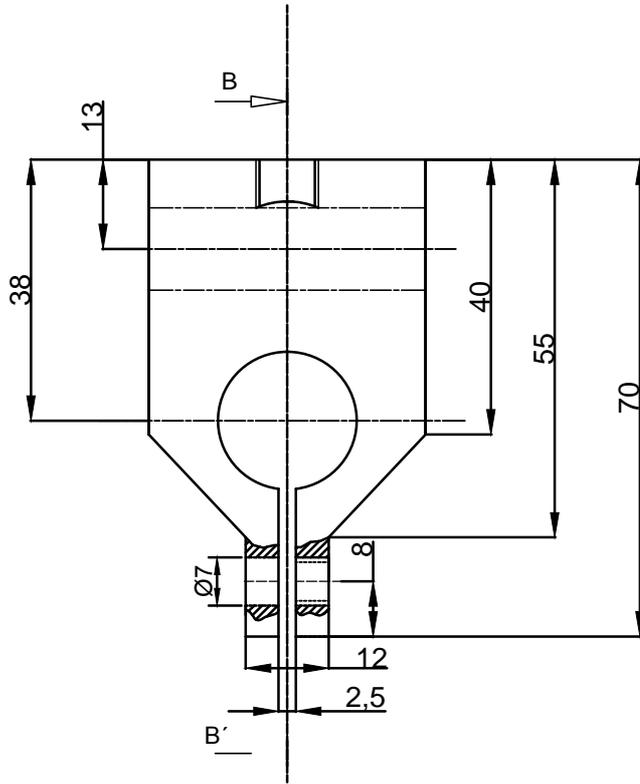
Tratamiento térmico:	_____	Material:	Acero SAE 1045	Dim. brutas:	Ø42x57
Recubrimiento:	Tropicalizado				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
		Dibujó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
		Revisó:	Ing. HomeroYanchapaxi	06/03/2015	
PERILLA "A"	Escala: 1:1	Código	10.8921534.01.01.01	Tol.Gral.: ±0.5	

N8



Tratamiento térmico:	_____	Material:	Acero SAE 1045	Dim. brutas:	Ø42x57
Recubrimiento:	Tropicalizado	Diseño:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	Dibujó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
		Revisó:	Ing. HomeroYanchapaxi	06/03/2015	
PERILLA "B"	Escala: 1:1	Código	10.8921534.01.01.02	Tol.Gral.:	±0.5

N8

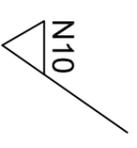
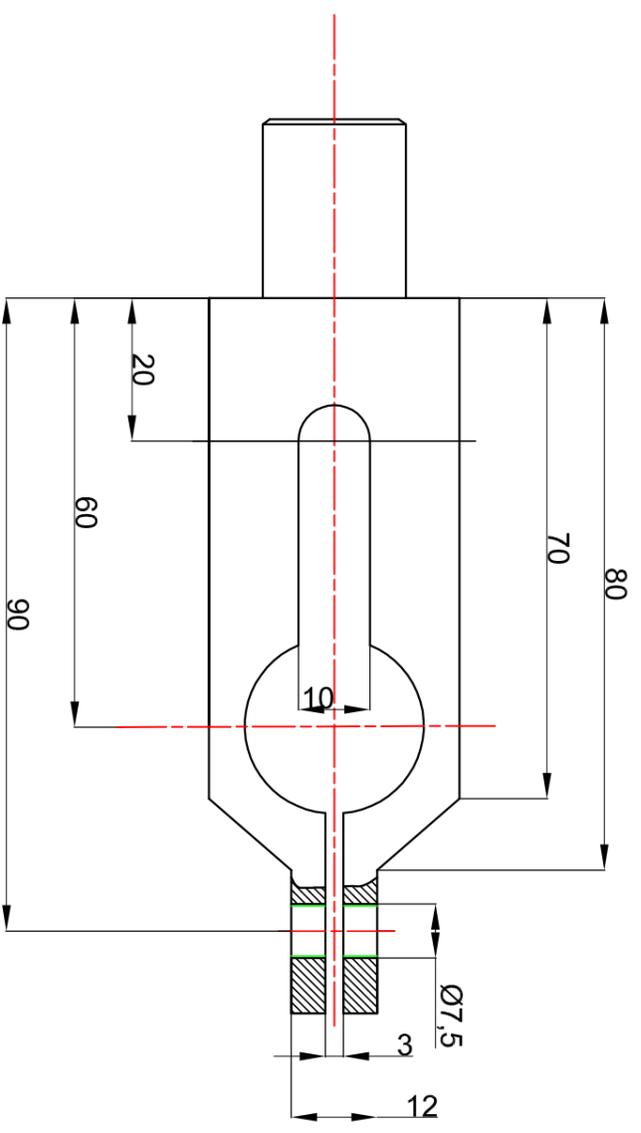
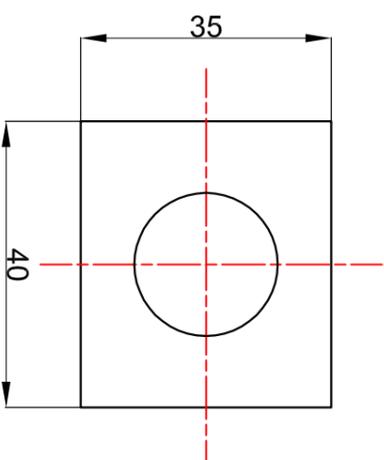
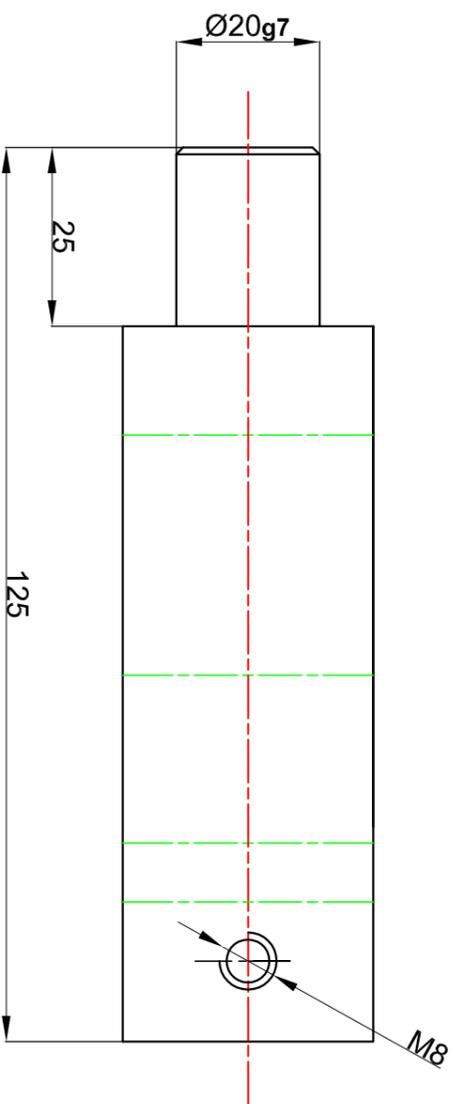


Ø20 H8	20,033
	20,000

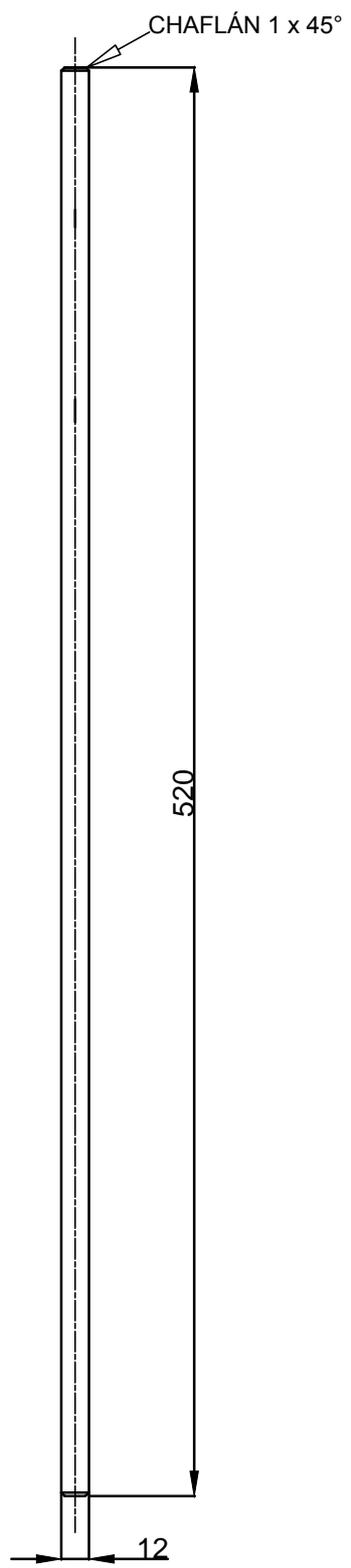
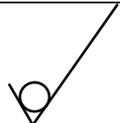
Ø12 H8	12,033
	12,000

Tratamiento térmico:	_____	Material:	Aluminio 2145	Dim. brutas:	72x42x26
Recubrimiento:	_____	Diseño:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	Dibujó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
		Revisó:	Ing. HomeroYanchapaxi	06/03/2015	
POSICIONADOR	Escala: 1:1	Código	10.8921534.01.01.03	Tol.Gral.:	±0.5

Ø20g7	19.993
	19.972

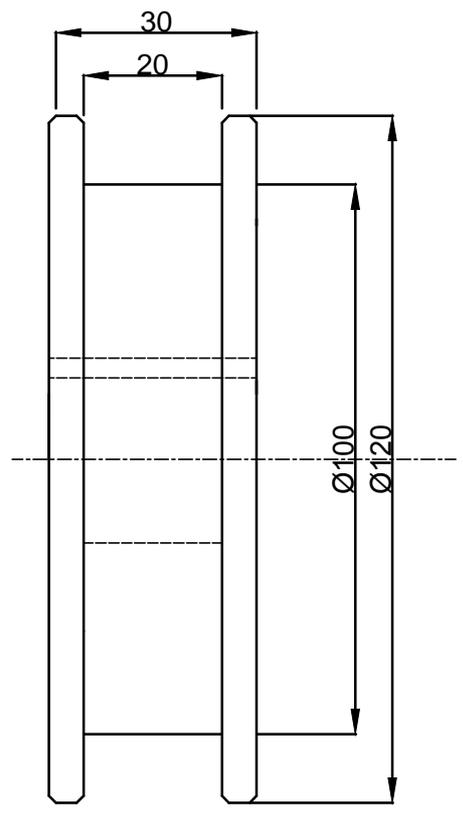


Tratamiento térmico:		Material:	Aluminio 2145	Dim. brutas:	127X37X42
Recubrimiento:		diseño:	Manosalvas.J Chacha P		06/03/2015
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		dibujo:	Manosalvas.J Chacha P		06/03/2015
PORTATORCHA		Revisó:	Ing. Homero Yanchapaxi		06/03/2015
		Escala:	1:1	Código	10.8921534.01.01.04
				Tol.Gral:	±0,5

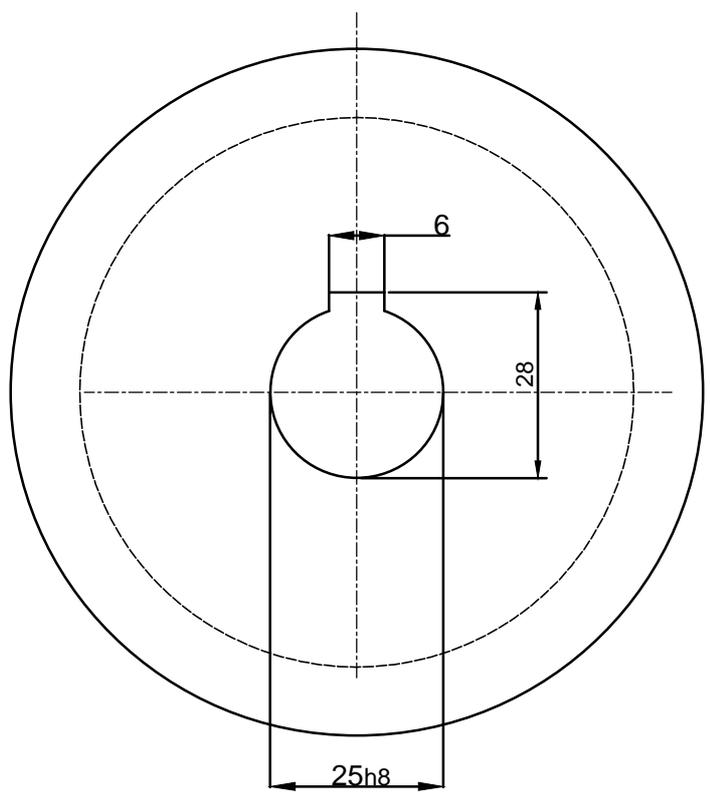


Tratamiento térmico:	_____	Material:	Dim. brutas:	
Recubrimiento:	Tropicalizado	AISI 1045	Ø12 X 522	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Manosalvas J Chacha P	06/03/2015
		Dibujó:	Manosalvas J Chacha P	06/03/2015
		Revisó:	Ing. Yanchapaxi Homero	06/03/2015
BRAZO	Escala: 1:2.5	Código	10.8921534.01.01.05	Tol. Gral: ±0.5

N8



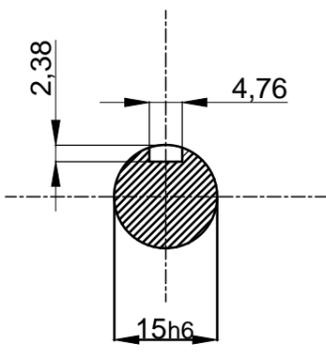
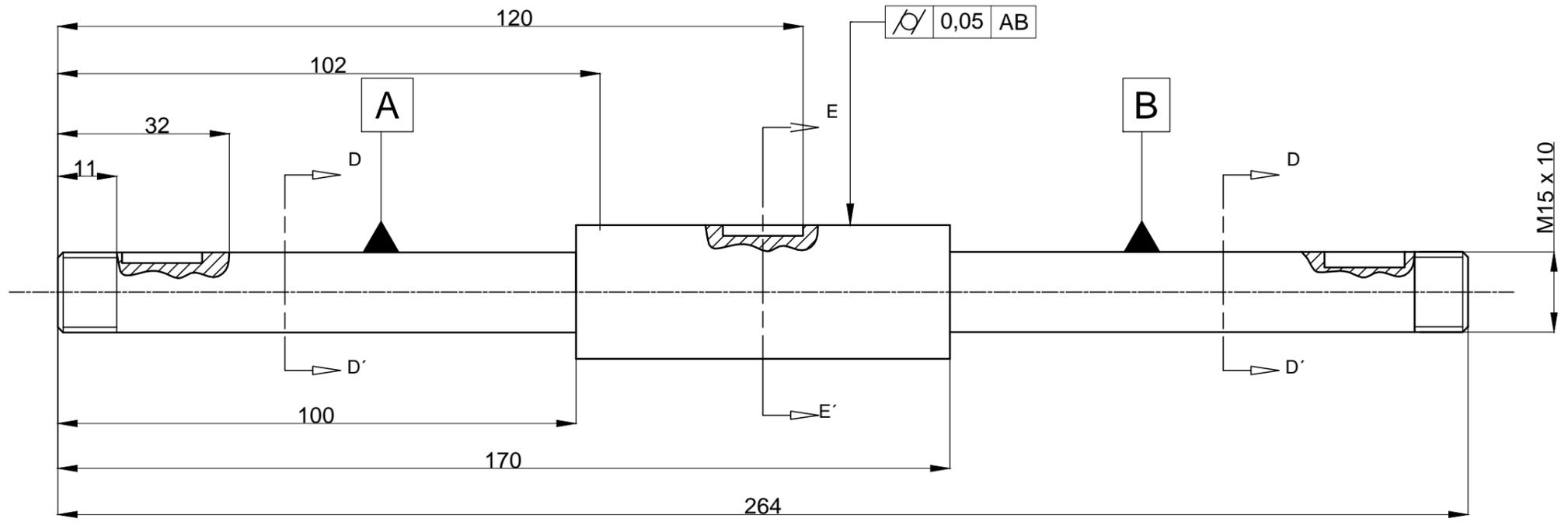
Chaflan 1 x 45°



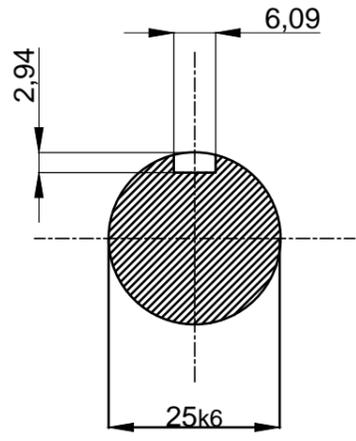
Ø25 H8	25,067
	25,06

Tratamiento térmico:		Material:	Duralòn	Dim. brutas:	Ø122x32
Recubrimiento:					
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	diseñó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
		dibujó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
		Revisó:	Ing. HomeroYanchapaxi	06/03/2015	
Rueda	Escala: 1:1	Código	10.8921534.01.02.01	Tol.Gral.:	±0.1

N7



CORTE D-D'

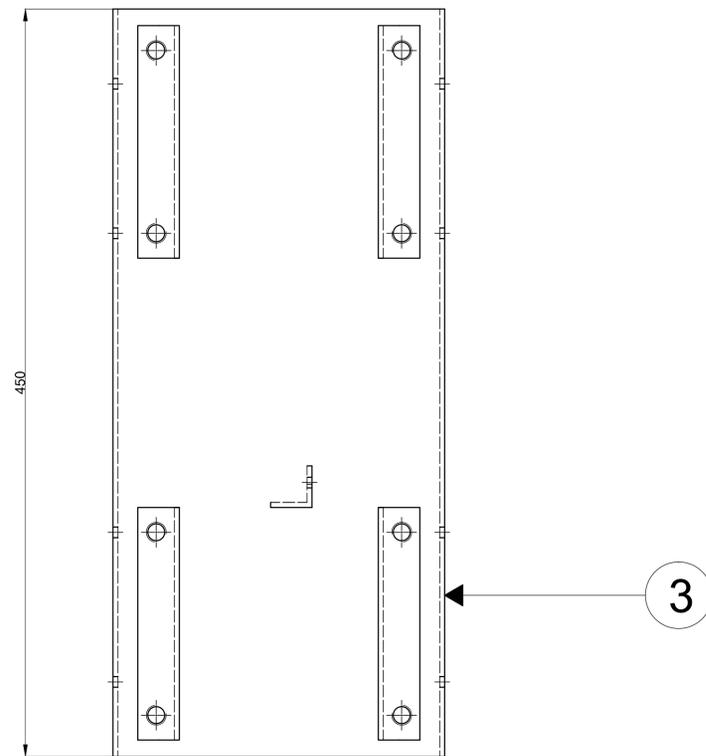
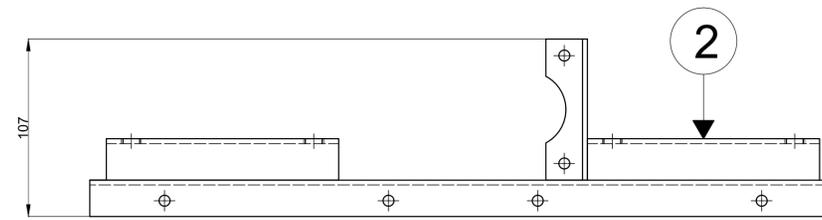
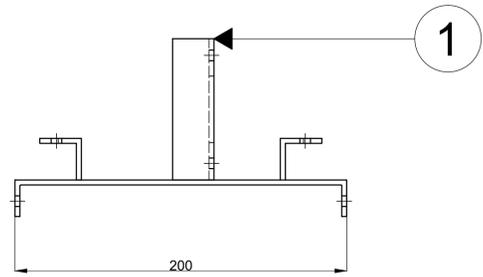


CORTE E-E'

Ø25k6	+0,1
	-0,005

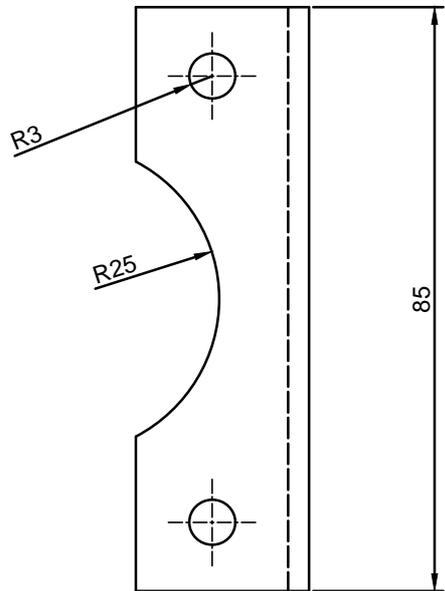
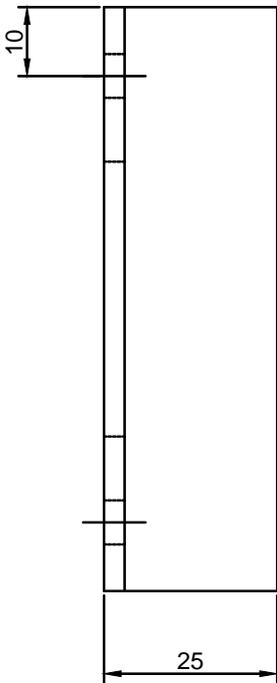
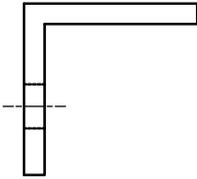
Ø15 h6	+0,2
	-0,1

Tratamiento térmico:	_____	Material:	Acero SAE 1045	Dim. brutas:	Ø26x266
Recubrimiento:	Tropicalizado	Diseñó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS	Dibujó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015
			Revisó:	Ing.Homero YAnchapaxi	06/03/2015
EJE PRINCIPAL		Escala:	1:1	Código	10.8921534.01.02.02
				Tol.Gral.:	±0.5

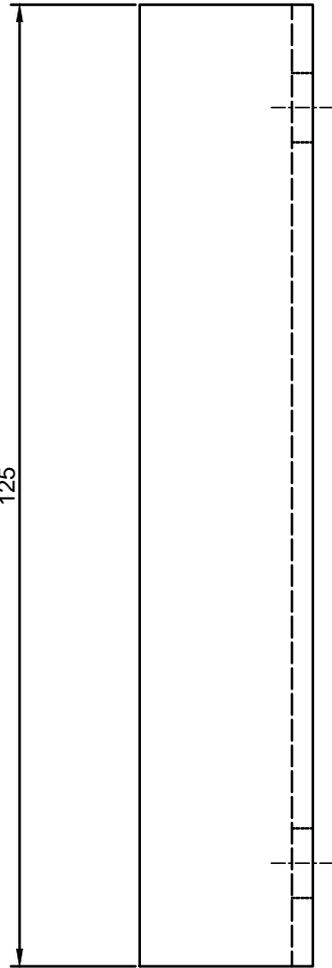
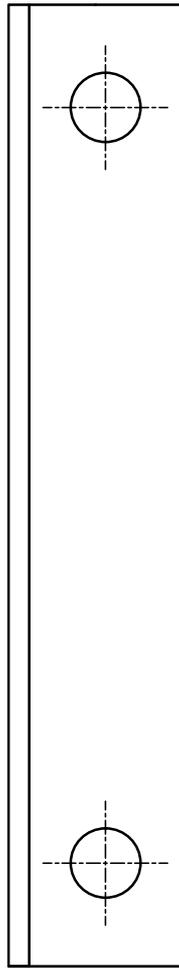
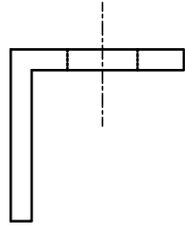


3	Placa Base	1	Tool 3 mm	10.8921534.01.02.03.03	451 x 201	NA
2	Soporte de chumaceras	1	A-36	10.8921534.01.02.03.02	L 25 x 3	NA
1	Soporte del motor	1	A-36	10.8921534.01.02.03.01	L 25 x 3	NA
N°	Denominación	Can	Material	Norma	Dim.Brutas	Observación
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			UPS		Diseño: Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015
SOPORTE DEL CARRO			Escala: 1:2	Código	10.8921534.01.02.03	Tol.Gral.:

N8

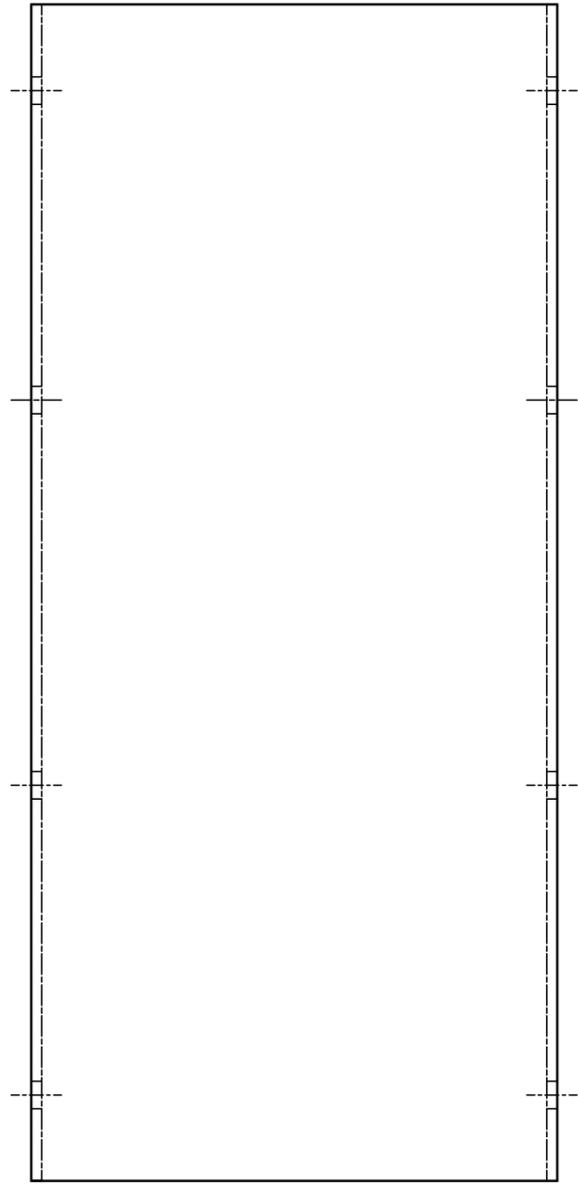
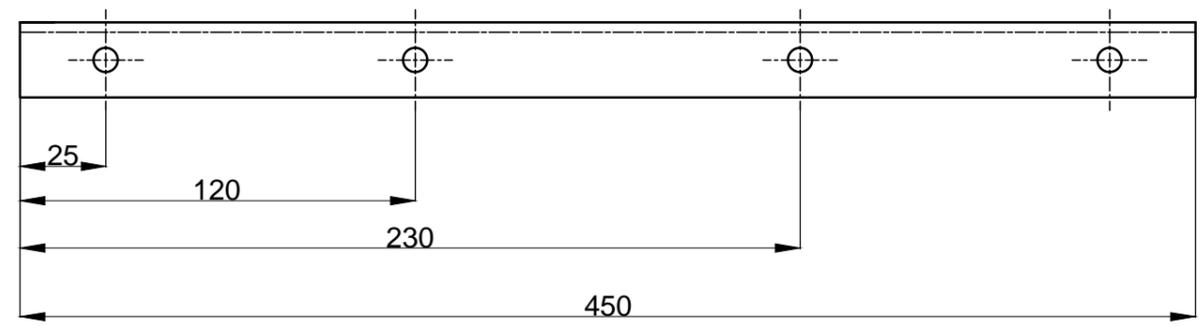
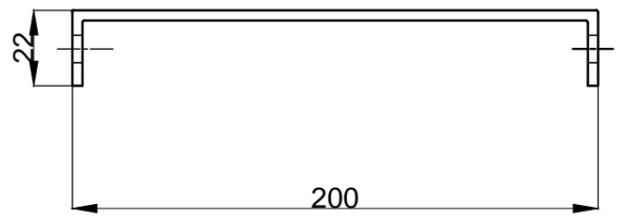


Tratamiento térmico:	_____	Material:	Ángulo 25x3mm	Dim. brutas:	87
Recubrimiento:	Tropicalizado				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
		Dibujó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
		Revisó:	Ing. HomeroYanchapaxi	06/03/2015	
SOPORTE DEL MOTOR	Escala: 1:1	Código	10.8921534.01.02.03.01	Tol.Gral.: ±0.5	

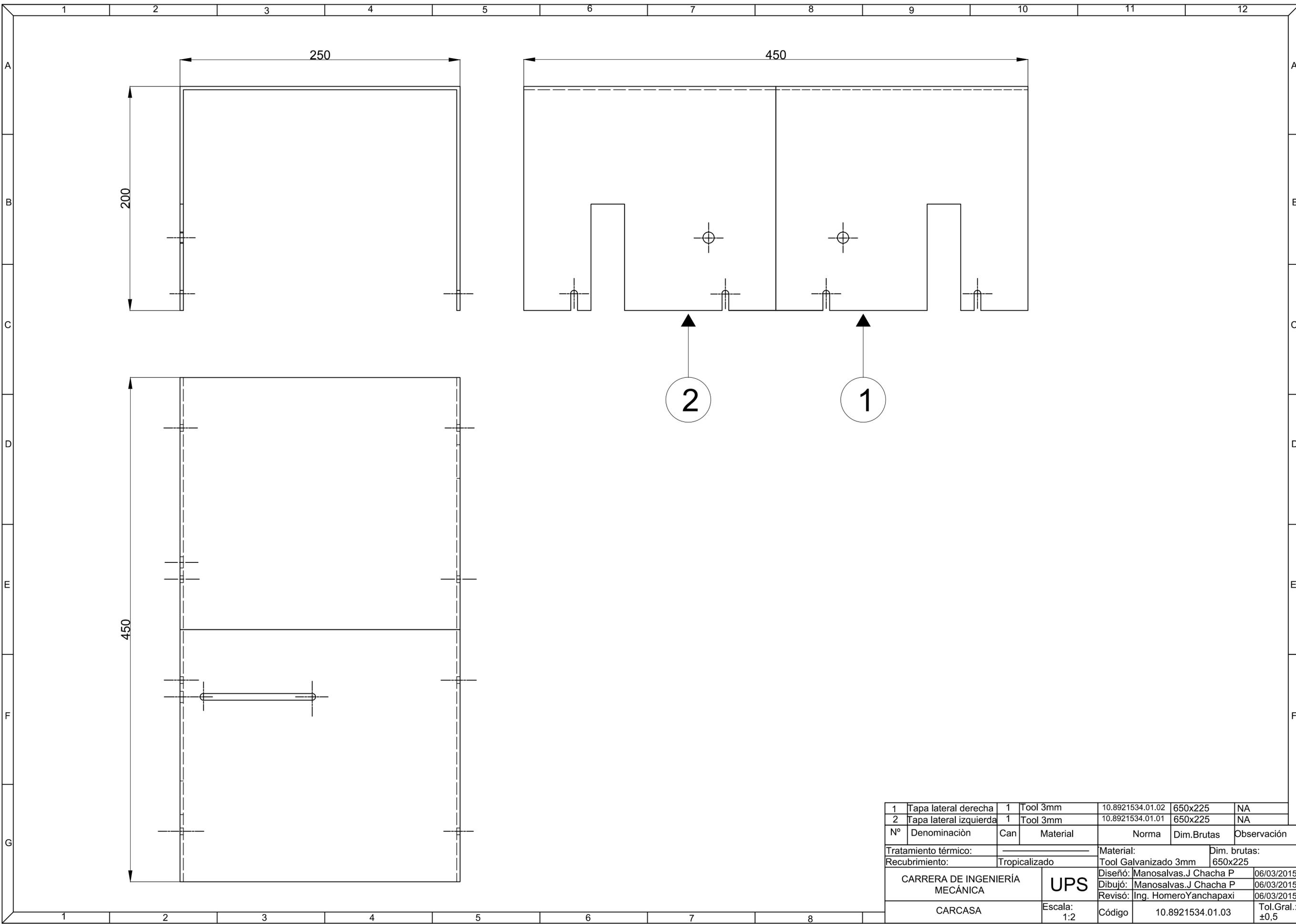


Tratamiento térmico:	_____	Material:	Ángulo 25x3mm	Dim. brutas:	126
Recubrimiento:	Tropicalizado	Diseñó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	Dibujó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
		Revisó:	Ing. HomeroYanchapaxi	06/03/2015	
SOPORTE DE CHUMACERAS	Escala: 1:1	Código	10.8921534.01.02.03.02	Tol.Gral.: ±0.5	

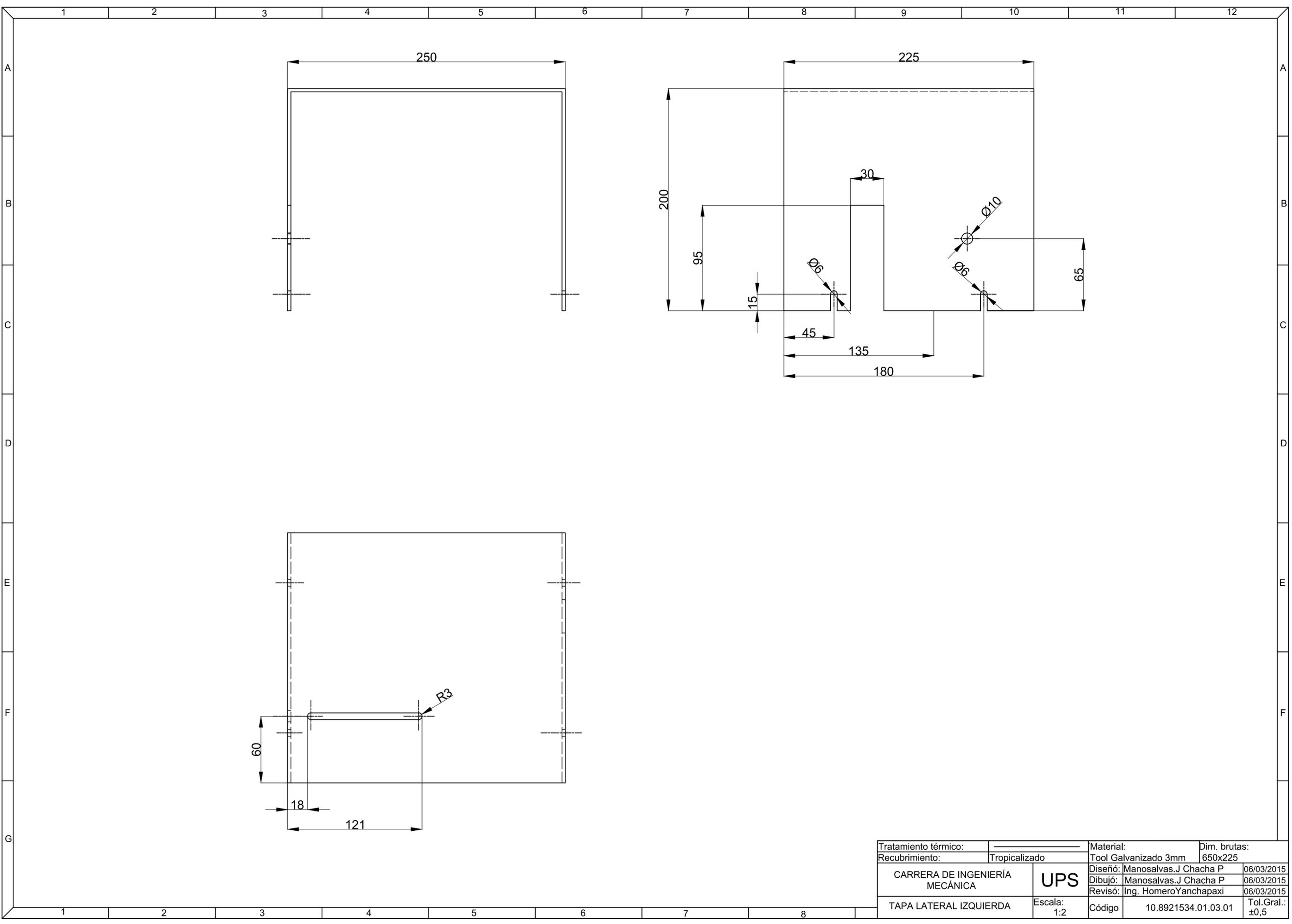
N7 ✓



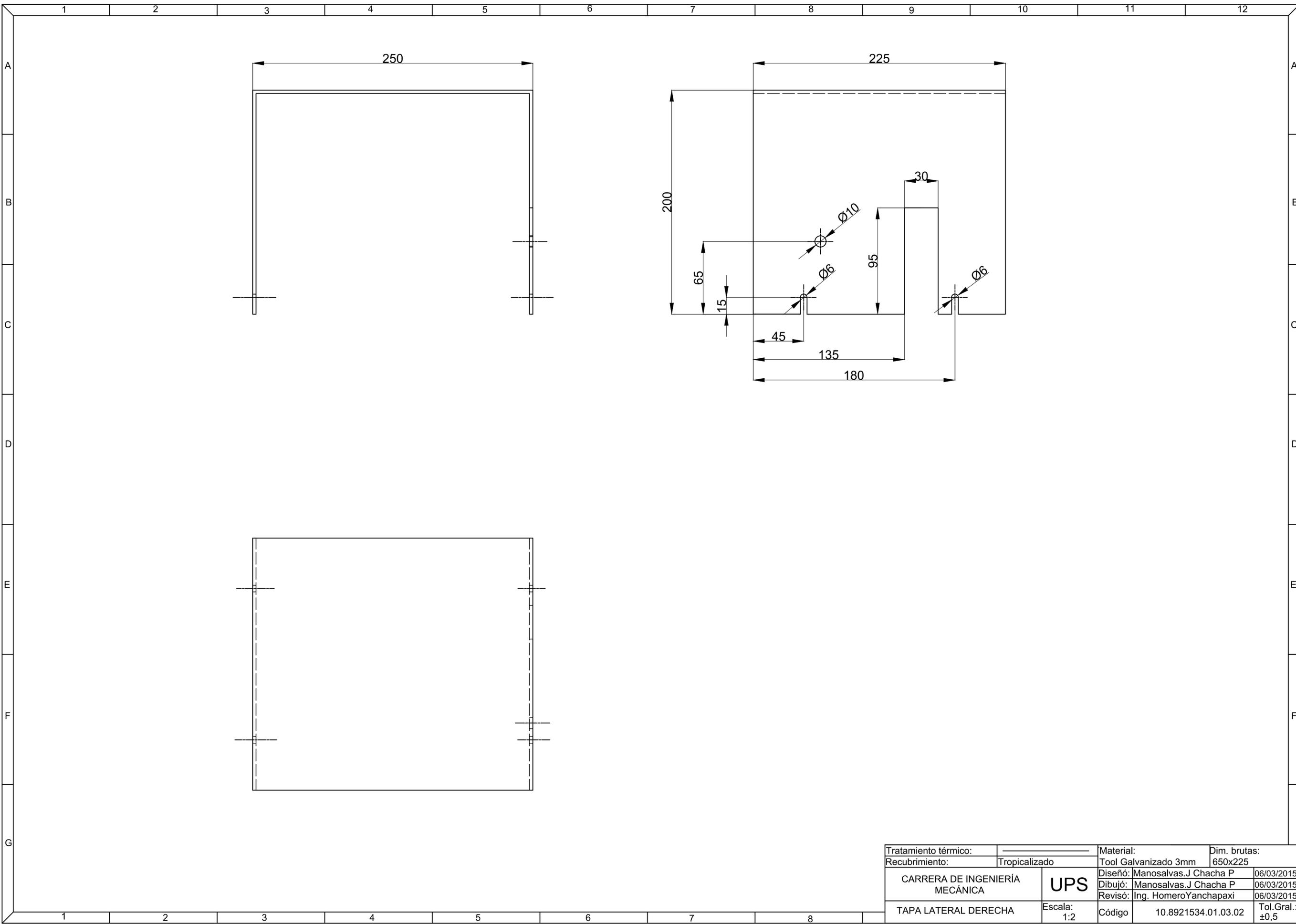
Tratamiento térmico:	_____	Material:	Dim. brutas:
Recubrimiento:	Tropicalizado	Tool Galvanizado 3mm	451X201
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Manosalvas.J Chacha P 06/03/2015
		Dibujó:	Manosalvas.J Chacha P 06/03/2015
		Revisó:	Ing.Homero YAnchapaxi 06/03/2015
PLACA BASE	Escala: 1:2.5	Código	10.8921534.01.02.03.03 Tol.Gral.: ±0.5



1	Tapa lateral derecha	1	Tool 3mm	10.8921534.01.02	650x225	NA
2	Tapa lateral izquierda	1	Tool 3mm	10.8921534.01.01	650x225	NA
N°	Denominación	Can	Material	Norma	Dim.Brutas	Observación
Tratamiento térmico:			Material:		Dim. brutas:	
Recubrimiento:			Tropicalizado		Tool Galvanizado 3mm 650x225	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			UPS		Diseño: Manosalvas.J Chacha P 06/03/2015	
					Dibujó: Manosalvas.J Chacha P 06/03/2015	
					Revisó: Ing. Homero Yanchapaxi 06/03/2015	
CARCASA			Escala: 1:2		Código 10.8921534.01.03 Tol.Gral.: ±0,5	



Tratamiento térmico:	_____	Material:	_____	Dim. brutas:	_____
Recubrimiento:	Tropicalizado	Tool Galvanizado 3mm	_____	650x225	_____
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS		Diseño:	Manosalvas.J Chacha P 06/03/2015
				Dibujó:	Manosalvas.J Chacha P 06/03/2015
				Revisó:	Ing. Homero Yanchapaxi 06/03/2015
TAPA LATERAL IZQUIERDA		Escala:	1:2	Código	10.8921534.01.03.01 Tol.Gral.: ±0,5

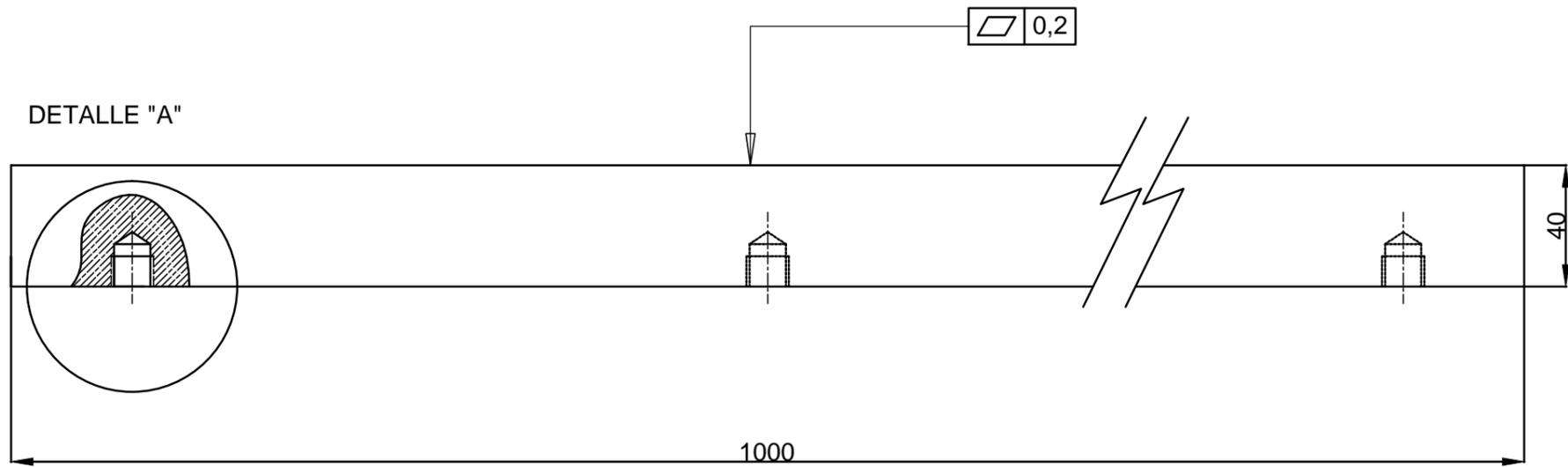


Tratamiento térmico:	_____	Material:	Tool Galvanizado 3mm	Dim. brutas:	650x225
Recubrimiento:	Tropicalizado	Diseño:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS		Dibujó:	Manosalvas.J Chacha P
				Revisó:	Ing. Homero Yanchapaxi
TAPA LATERAL DERECHA		Escala:	1:2	Código	10.8921534.01.03.02
				Tol. Gral.:	±0,5

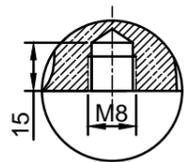
N7



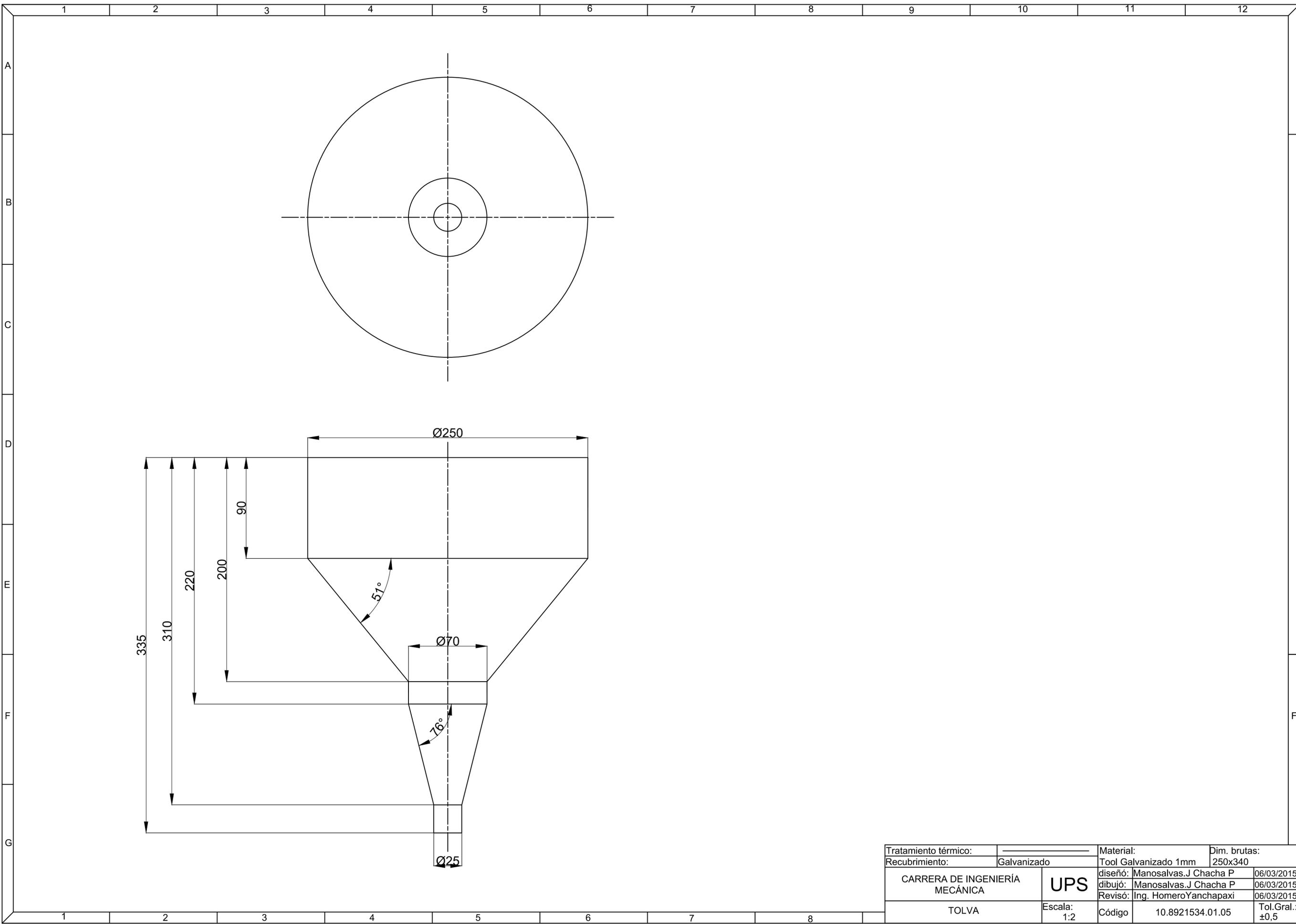
DETALLE "A"



DETALLE "A"



Tratamiento térmico:	_____	Material:	Chaveta cuadrada	Dim. brutas:	22x32x1010	
Recubrimiento:	Tropicalizado	Diseñó:	Manosalvas Jonathan	06/03/2015		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		UPS		Dibujó:	Manosalvas Jonathan	06/03/2015
				Revisó:	Ing.Homero Yanchapaxi	06/03/2015
Sistema de guiado		Escala:	1:4	Código	10.8921534.01.04	Tol.Gral.: ±0.5



Tratamiento térmico:	Galvanizado	Material:	Tool Galvanizado 1mm	Dim. brutas:	250x340
Recubrimiento:	Galvanizado	diseño:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
		dibujó:	Manosalvas.J Chacha P	06/03/2015	
		Revisó:	Ing. Homero Yanchapaxi	06/03/2015	
		Código	10.8921534.01.05	Tol.Gral.:	±0,5

CARRERA DE INGENIERÍA
MECÁNICA

UPS

TOLVA

Escala:
1:2

ANEXO 2

TABLAS DE DISEÑO

Anexo 3.1 Factor de servicio para transmisión por cadena

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

Anexo 3.2 Dimensiones de las cadenas de rodillo estándar

Tabla 17-10 DIMENSIONES DE CADENAS DE RODILLOS ESTÁNDAR NORTEAMERICANAS – UN SOLO CORDÓN

Número ANSI de cadena	Paso pulg (mm)	Anchura pulg (mm)	Resistencia mínima a la tensión lb/ (N)	Peso medio lb/pie (N/m)	Diámetro de rodillo pulg (mm)	Espaciamento de cordones múltiples pulg (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	...
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (23.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.3)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.53)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.392 (60.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Fuente: recopilado de ANSI B29.1-1975.

Anexo 3.3 Factores de corrección para los dientes

Tabla 17-12 FACTORES DE CORRECCIÓN PARA LOS DIENTES

Número de dientes en la rueda dentada impulsora	Factor de corrección K_1 para los dientes	Número de dientes en la rueda dentada impulsora	Factor de corrección K_1 para los dientes
11	0.59	22	1.29
12	0.62	23	1.35
13	0.70	24	1.41
14	0.78	25	1.46
15	0.85	30	1.73
16	0.92	35	1.95
17	1.00	40	2.15
18	1.05	45	2.37
19	1.11	50	2.51
20	1.18	55	2.66
21	1.26	60	2.80

Anexo 3.4 Factores de corrección para cadenas de cordones múltiples K_2

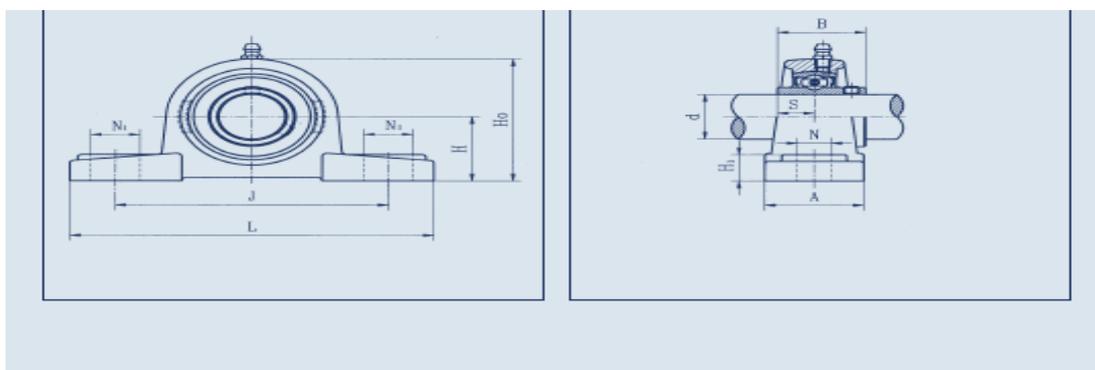
Tabla: 17-13 FACTORES PARA CADENAS DE CORDONES MÚLTIPLES K_2

Número de cordones	K_2
1	1.0
2	1.7
3	2.5
4	3.3

Anexo 3.5 Capacidad de potencia nominal en Hp de cadena de rodillos

Velocidad de la rueda rpm	Número ANSI de cadena					
	25	35	40	41	50	60
50	0.05	0.16	0.37	0.20	0.72	1.24
100	0.09	0.29	0.69	0.38	1.34	2.31
150	0.13*	0.41*	0.99*	0.55*	1.92*	3.32
200	0.16*	0.54*	1.29	0.71	2.50	4.30
300	0.23	0.78	1.85	1.02	3.61	6.20
400	0.30*	1.01*	2.40	1.32	4.67	8.07
500	0.37	1.24	2.93	1.61	5.71	9.81
600	0.44*	1.46*	3.45*	1.90*	6.72*	11.6
700	0.50	1.68	3.97	2.18	7.73	13.3
800	0.56*	1.89*	4.48*	2.46*	8.71*	15.0
900	0.62	2.10	4.98	2.74	9.69	16.7
1000	0.68*	2.31*	5.48	3.01	10.7	18.3
1200	0.81	2.73	6.45	3.29	12.6	21.6
1400	0.93*	3.13*	7.41	2.61	14.4	18.1
1600	1.05*	3.53*	8.36	2.14	12.8	14.8
1800	1.16	3.93	8.96	1.79	10.7	12.4
2000	1.27*	4.32*	7.72*	1.52*	9.23*	10.6
2500	1.56	5.28	5.51*	1.10*	6.58*	7.57
3000	1.84	5.64	4.17	0.83	4.98	5.76

Anexo 3.6 Chumacera a utilizar



Nº UNIDAD	Ø	Dimensiones (mm)										Métrica	Nº Rod.	Nº Caja	Peso Kg.
		H	L	J	A	N	N1	H1	H0	S	B				
UCP-202	15	30.2	125	96	32	12	16	13	57	11.5	27.4	M10	UC202	P203	0.60
UCP-203	17	30.2	125	96	32	12	16	13	57	11.5	27.4	M10	UC203	P203	0.60
UCP-204	20	33.3	127	96	37	13	16	14	63.8	12.7	31	M10	UC204	P204	0.65
UCP-205	25	36.5	140	105	38	13	19	15	69.5	14.3	34	M10	UC205	P205	0.72
UCP-206	30	42.9	160	121	44	14	19	16	82	15.9	38.1	M12	UC206	P206	1.15
UCP-207	35	47.6	167	126	48	15	19	17	92	17.5	42.9	M12	UC207	P207	1.53
UCP-208	40	49.2	180	136	52	15	21	18	98	19	49.2	M12	UC208	P208	1.88
UCP-209	45	54	189	146	54	15	21	20	105.5	19	49.2	M12	UC209	P209	2.10
UCP-210	50	57.2	204	159	57	19	22	21	112.2	19	51.6	M16	UC210	P210	2.50
UCP-211	55	63.5	217	172	60	19	22	22	124.5	22.2	55.6	M16	UC211	P211	3.30
UCP-212	60	69.9	238	186	66	19	25	24	137	25.4	65.1	M16	UC212	P212	5.50
UCP-213	65	76.2	262	203	70	23	29	26	149	25.4	65.1	M20	UC213	P213	5.60
UCP-214	70	79.4	266	210	72	23	29	27	155	30.2	74.6	M20	UC214	P214	6.60
UCP-215	75	82.6	274	217	74	25	29	28	161.6	33.3	77.8	M20	UC215	P215	7.30
UCP-216	80	88.9	292	232	78	25	30	30	174	33.3	82.6	M20	UC216	P216	8.30
UCP-217	85	95.2	310	247	83	25	30	32	186	34.1	85.7	M20	UC217	P217	10.8
UCP-218	90	101.6	326	262	88	27	30	33	198	39.7	96	M22	UC218	P218	13.0

ANEXO 4

GUÍA DE PRÁCTICA PARA LABORATORIO

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
INGENÍERA MECÁNICA
LABORATORIO DE SOLDADURA

GUÍA DE PRÁCTICA PARA LABORATORIO

1.- TEMA: SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO (SAW)

2.- OBJETIVOS:

- Estudiar los principios y fundamentos de soldadura por arco sumergido.
- Conocer los diferentes tipos de soldaduras por arco sumergido.
- Enseñar el procedimiento de soldadura por arco sumergido.
- Realizar una comparación de las ventajas y desventajas del proceso.

3.- DURACIÓN DE LA PRÁCTICA.

Duración total de la práctica: 120 MINUTOS

60 Minutos dedicados a la explicación teórica de los procesos de soldadura, estudio del proceso y variables de la soldadura por arco sumergido y el funcionamiento del equipo de soldadura.

60 Minutos: Prácticas en el laboratorio.

4.- FUNDAMENTO TEÒRICO

El proceso de soldadura por arco sumergido (SAW) apareció a principio de los años treinta. Fue el primero de muchos procesos que usó alambre continuo como electrodo y su aceptación se acrecentó durante la Segunda Guerra Mundial, fue creado por Oscar Kjellberg.

En el proceso de soldadura por arco sumergido un alambre desnudo es alimentado mediante un mecanismo automático, a medida que se consume. El suministro de potencia y el sistema de alimentación son similares a los que se usan con la soldadura GMAW, pero el blindaje se proporciona por un fundente granular alimentado por una tolva que rodea completamente al arco. Parte del fundente se fusiona por el calor del arco para proporcionar una cubierta vidriosa de escoria que protege el metal fundido y la soldadura solidificada conforme se enfría.

Este tipo de equipo por arco sumergido trabaja bajo los siguientes parámetros:

4.1.1 VELOCIDAD DE AVANCE DEL PROCESO DE SOLDADURA

La velocidad de avance determina cuánto tiempo el arco queda retenido por unidad de longitud. Esto produce un efecto sobre prácticamente todos los parámetros de soldadura que se apliquen en el arco y cómo éste afecta al metal sobre el que dicho arco está establecido.

4.1.2 VELOCIDAD DE SALIDA DEL ALAMBRE

La velocidad de salida del alambre determina, el factor de aportación y caracteriza la forma exterior del cordón de soldadura, aumenta la combustión del Mn y Si aumentando su contenido en el metal aportado.

4.1.3 STICK-OUT DEL ALAMBRE

Es la distancia del hilo desde la boquilla hasta la superficie del metal base.

4.1.4 TIEMPO DE SOLDADURA

La máquina no tiene tiempos específicos de soldadura, estos van a depender de la velocidad de avance del equipo de soldadura se encuentra entre 10 y 12 seg.

NOTA:

Los parámetros de velocidad y tiempo indicados son empleados en soldaduras realizadas con acero.

5.- MATERIALES Y EQUIPOS.

- 2 Probetas de PLANCHA ASTM-A36 de medidas 150x60x6mm
- Equipo de soldadura por arco sumergido

6.- PROCEDIMIENTO

- Limpiar las probetas de toda clase de impurezas
- Seleccionar las variables como son avance, alimentación de alambre y stick-out.
- Colocar las probetas seleccionadas encima de la mesa de trabajo para el proceso de arco sumergido ajustadas correctamente.
- Encender el motor del equipo previamente seleccionadas las variables.
- Realizar el proceso de soldadura correctamente.
- Una vez realizados los cordones en la probeta dejar que se enfríen, y retirar el exceso de fundente.
- Por último para verificar la soldadura realizar los ensayos necesarios en la probeta.

7.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Indicar todos los pasos a seguir para esta práctica
- Completar la tabla 6

Tabla 6 Procedimiento experimental

Muestra	I (Amp)	V (Voltios)	Velocidad de Soldadura (mm/Seg)	Ancho del cordón (mm)	Ancho de ZAC(mm)
1	100	27	10		
2	140	27	10		
3	150	27	10		
4	250	30	14		
5	350	30	8		

Elaborado por: Jonathan Manosalvas y Pedro Chacha.

8.- Analizar el efecto de las variables avance de soldadura, alimentación de alambre, stick-out.

9.-Detalle las aplicaciones que tiene este tipo de soldadura

10.- Conclusiones

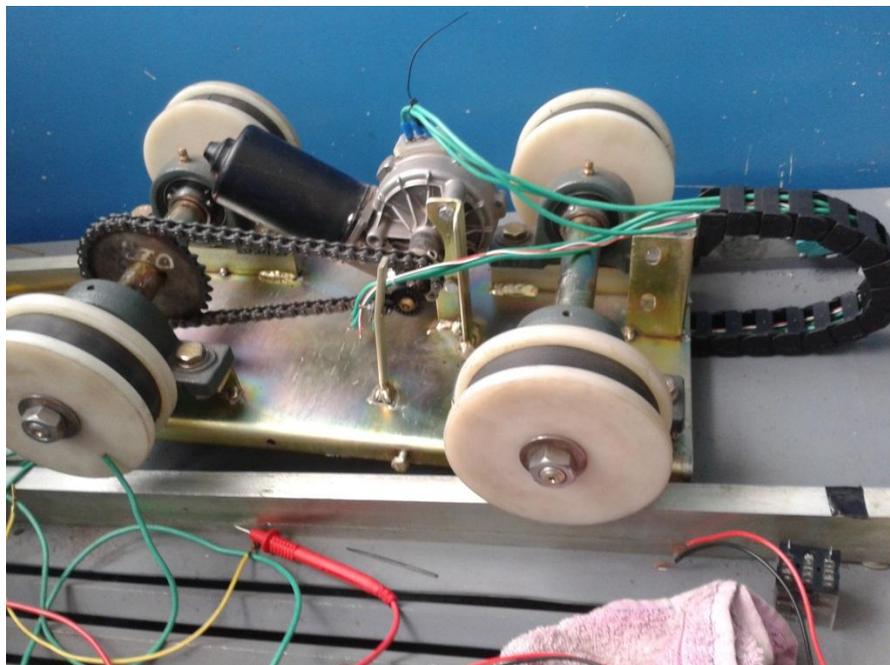
11.- Recomendaciones

ANEXO 5

FOTOGRAFÍAS DEL EQUIPO



Equipo para proceso SAW



Motor y sistema de transmisión



Tablero de control



Torcha de soldeo



Proceso de soldadura por arco sumergido



Cobertura del arco por fundente