

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Diseño y Construcción de una Máquina, para la Elaboración de Postes
de Fibra de Vidrio Reforzada (F.V.R)**

José Daniel Salinas Rojas

Myrian Lorena Bejarano, Ph.D. (c), Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniero Mecánico

Quito, mayo del 2014

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Diseño y Construcción de una Máquina, para la Elaboración de Postes
de Fibra de Vidrio Reforzada (F.V.R)**

José Daniel Salinas Rojas

Myrian Lorena Bejarano, Ph.D (c)
Director de Tesis

.....

Alfredo Valarezo, Ph.D
Miembro del Comité de Tesis

.....

Nicolás Soria, Ing
Miembro del Comité de Tesis

.....

Myrian Lorena Bejarano, Ph.D (c)
Miembro del Comité de Tesis

.....

Alfredo Valarezo, Ph.D
Coordinador de Ingeniería
Mecánica

.....

Ximena Córdova, Ph.D
Decana Escuela de Ingeniería,
Colegio de Ciencias e Ingeniería

.....

Quito, mayo del 2014

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art.144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: José Daniel Salinas Rojas

C. I.:1714632328

Fecha: 18 de Mayo del 2014

RESUMEN

El siguiente documento presenta una respuesta al requerimiento de la fábrica Postyher, por desarrollar una máquina para elaborar postes de fibra de vidrio reforzada. Para dar una solución a este requerimiento fue necesario la aplicación de conocimientos de ingeniería mecánica durante todo el proyecto, desde el diseño preliminar hasta el diseño final y construcción. Se construyó una máquina devanadora de hilos de fibra la cual enrolla hilos de fibra en un mandril rotatorio apoyado en dos pivotes fijos; mientras paralelamente se desplaza un distribuidor de fibras móvil encargado de ordenar y dosificar correctamente las fibras y la resina alrededor del mandril. Para el diseño y construcción de la máquina se realizaron cálculos en elementos críticos de la máquina asegurando así su funcionamiento y confiabilidad; siempre manteniendo factores de seguridad adecuados para cada caso. El ensamblaje y construcción se basó en los planos de taller desarrollados durante este trabajo; una vez construida la máquina se comprobó su funcionamiento teniendo los resultados esperados.

ABSTRACT

The following document presents the design of a machine requested by the company Postyher. The machine is capable of manufacturing fiber reinforced poles (FRP). To provide a solution to the requirement, the application of mechanical engineering knowledge was necessary throughout the project, from the preliminary design to the final design and construction. A winding machine was built that rolls filament yarns around a rotating mandrel supported by two fixed supports, while a fiber distributor moves parallel to the mandrel being responsible of ordering and dosing correctly fiber yarns and resin around the mandrel. For the design and construction of the machine, calculations were made on critical elements of the machine ensuring its performance and reliability; always keeping safety factors relevant to each case. The assembly and construction was based on CAD drawings developed for this work. Once the machine was built, it was tested. The performance of the machine was as expected.

Tabla de Contenido

ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
1. CAPÍTULO I: Descripción del Problema	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Descripción del Problema.....	3
1.4. Alcance	4
1.4.1. Requerimientos de Diseño y Fuerzas -----	5
1.4.1.1. Características detalladas de funcionamiento.....	5
1.4.1.2. Posicionamiento.....	6
1.4.1.3. Características de seguridad.....	6
1.4.1.4. Pesos máximos.....	6
1.4.1.5. Dimensiones máximas o mínimas	7
1.4.1.6. Requerimientos de cargas	7
1.4.1.7. Requerimientos ambientales.....	7
1.4.2. Requerimientos de Confiabilidad y Garantía -----	8
1.4.2.1. Vida Útil	8
1.4.2.2. Ciclos que debe cumplir sin problemas	8
1.4.3. Requerimientos Financieros-----	8
2. CAPÍTULO II: Diseño Conceptual	9
2.1. Diseño Preliminar	9
2.1.1. Introducción a los Materiales Compuestos.....	9
2.1.2. Conceptos de Procesos para la Manufactura de Postes de FVR.....	12
2.1.2.1. “Filament Winding” (Devanado de Hilos de Fibra de Vidrio)-----	12
2.1.2.2. Pultrusión -----	12
2.1.2.3. Molde Abierto-----	13
2.1.2.4. Molde Cerrado -----	13
2.2. Análisis de Patentes	15
2.2.1. Método a Aplicarse.....	21
2.3. Prototipos.....	21
2.3.1. Mandril	21
2.3.1.1. Prototipo 1.1 de Mandril-----	22
2.3.1.2. Prototipo 1.2 de Mandril-----	23

2.3.1.3.	Prototipo 1.3 de Mandril-----	25
2.3.2.	Homogenizador de Fibras.....	26
2.3.2.1.	Prototipo 2.1 de Homogenizador-----	26
2.3.2.2.	Prototipo 2.2 de Homogenizador-----	27
2.3.2.3.	Prototipo 2.3 de Homogenizador-----	29
2.3.3.	Distribuidor Móvil.....	29
2.3.3.1.	Prototipo 3.1 de Distribuidor Móvil-----	30
2.3.3.2.	Prototipo 3.2 de Distribuidor Móvil-----	31
2.3.3.3.	Prototipo 3.3 de Distribuidor Móvil-----	32
2.3.4.	Sistema de Soporte y Rotación del Mandril	33
2.3.4.1.	Prototipo 4.1 de Soporte y Rotación del Mandril-----	34
2.3.4.2.	Prototipo 4.2 de Soporte y Rotación del Mandril-----	35
2.4.	Prototipos Seleccionados.....	36
3.	CAPÍTULO III: Diseño Detallado	37
3.1.	Descripción General	37
3.1.1.	Funcionamiento de la MDFV	37
3.1.2.	Montaje de la MDFV.....	38
3.2.	Diseño Crítico.....	39
3.2.1.	Cálculo de la Velocidad Máxima de Enrollado.....	40
3.2.2.	Cálculo de la Velocidad Máxima del Distribuidor de Fibras:	41
3.2.3.	Cálculo de Tiempo de Enrollado:.....	41
3.2.4.	Cálculo de Potencia del Motor para Rotación del Mandril	42
3.2.5.	Esfuerzo Cortante en Pernos de Acople Punta Mandril	52
3.2.6.	Cálculo de Esfuerzo Cortante en Acople Base Mandril	54
3.2.7.	Cálculo de Reacciones y Momentos en el Mandril	48
3.2.8.	Cálculo de Reacciones y Momentos en el Eje de Soporte del Mandril.....	56
3.2.9.	Estimación de Materiales Compuestos.....	58
3.3.	Diseño Paramétrico y Construcción	60
3.3.1.	Mandril	60
3.3.1.1.	Tramos del Mandril-----	61
3.3.1.2.	Acople a eje Motorizado (Acople de Transmisión de Potencia y Movimiento)-----	62
3.3.1.3.	Acople a Eje No Motorizado-----	63
3.3.2.	Base de Mandril Motorizada y No Motorizada.....	64
3.3.3.	Impregnador de Resina.....	66
3.3.3.1.	Tina de Resina-----	67
3.3.3.2.	Rodillos de Impregnación-----	68

3.3.4.	Distribuidor Móvil de Fibras	69
3.3.4.1.	Base Móvil-----	69
3.3.4.2.	Ordenador de Fibras -----	70
3.3.5.	Riel	71
3.4.	Codificación de Componentes	73
3.5.	Sistema Eléctrico	75
4	CAPÍTULO IV: Análisis Financiero	78
4.1	Rentabilidad.-	78
4.2	Costos de Producción de un PFVR.-	81
5.	CONCLUSIONES	84
6.	RECOMENDACIONES	86
7	BIBLIOGRAFÍA	89
8.	ANEXOS	92
8.1	Anexo 1: Codificación de Partes del Grupo A	92
8.2	Anexo 2: Codificación de Partes del Grupo B	97
8.3	Anexo 3: Análisis de Costos de Diseño de la MDFV	99
8.4	Anexo 4: Análisis de Costos de Materiales para la Construcción de la MDFV ...	101
8.5	Anexo 5: Análisis de Costos de Mano de Obra y Servicios para la Construcción de la MDFV.....	105
8.6	Anexo 6: Análisis de Cálculo de Costos de Materiales del Sistema Eléctrico	108
8.7	Anexo 7: Manual de Operación / Servicio	109
8.8	Anexo 8: Detalles y Planos Constructivos	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de Patentes.....	20
Tabla 2: Prototipos Seleccionados.....	36
Tabla 3: Codificación de Partes Existentes	74
Tabla 4: Resumen de Costos de Construcción de la MDFV	78
Tabla 5: Costo Total de Producción de un Poste de FVR	80
Tabla 6: Costos de Materiales para la Producción de un Poste de FVR	81
Tabla 7: Análisis de Mano de Obra para la Producción de un Poste de FVR.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Prototipo 1.1	23
Ilustración 2: Prototipo 1.2	24
Ilustración 3: Prototipo 1.3	25
Ilustración 4: Prototipo 2.1	27
Ilustración 5: Prototipo 2.2	28
Ilustración 6: Prototipo 2.3	29
Ilustración 7: Prototipo 3.1	31
Ilustración 8: Prototipo 3.3	33
Ilustración 9: Prototipo 4.1	34
Ilustración 10: Prototipo 4.2	35
Ilustración 11: Ensamble MDFV	39
Ilustración 12: Cálculo Acople Punta	52
Ilustración 13: Cálculo de Acople Base	54
Ilustración 14: Diagrama de Reacciones Mandril	48
Ilustración 15: Diagrama de Cuerpo Libre Mandril	49
Ilustración 16: Diagrama de Cortante Mandril	49
Ilustración 17: Diagrama de Momento Flector Mandril	50
Ilustración 18: Simulación de Cargas en el Mandril	51
Ilustración 19: Diagrama de Cargas en Eje Mandril	56
Ilustración 20: Diagrama de Cuerpo Libre Eje Mandril	56
Ilustración 21: Diagrama de Cortante y Momento Flector, Eje Mandril	57
Ilustración 22: Simulación de Cargas en Eje del Mandril	57
Ilustración 23: Mandril Diseño Paramétrico SolidWorks	60
Ilustración 24: Mandril Real	61
Ilustración 25: Diseño Paramétrico Secciones y Tramos del Mandril en Solid Works	61
Ilustración 26: Secciones del Mandril Reales	61
Ilustración 27: Acabado Superficial Secciones y Tramos del Mandril	62
Ilustración 28: Detalle de Acople Punta del Mandril	63
Ilustración 29: Detalle Real Acople Punta	63
Ilustración 30: Detalle Acople Base Mandril	64
Ilustración 31: Detalle Real Acople Base	64
Ilustración 32: Diseño Paramétrico Soporte Motorizado del Mandril	65
Ilustración 33: Diseño Real Soporte Motorizado del Mandril	65
Ilustración 34: Diseño Paramétrico Base No Motorizada Mandril	66
Ilustración 35: Base No Motorizada Real	66
Ilustración 36: Diseño Paramétrico Impregnador de Resina	67
Ilustración 37: Diseño Paramétrico Tina de Resina	67
Ilustración 38: Diseño Paramétrico Rodillos de Impregnación	68
Ilustración 39: Diseño Paramétrico Distribuidor de Fibras	69
Ilustración 40: Diseño Paramétrico Coche del Distribuidor	70
Ilustración 41: Coche Distribuidor Real	70
Ilustración 42: Diseño Paramétrico Distribuidor de Fibras	71
Ilustración 43: Diseño Paramétrico Riel	71
Ilustración 44: Riel Real	71
Ilustración 45: Diseño Paramétrico Posicionamiento Motores Riel	72
Ilustración 46: Posicionamiento Motores Real	72
Ilustración 47: Diseño Paramétrico Anclaje Medio Riel	73

Ilustración 48: Anclaje Real Riel.....	73
Ilustración 49: Diagrama Unifilar Motor Distribuidor	75
Ilustración 50: Diagrama Unifilar Motor Mandril.....	76
Ilustración 51: Tablero de Control	76
Ilustración 52: Porcentajes de Inversión para la Construcción de la MDFVR.....	79

1. CAPÍTULO I: Descripción del Problema

1.1. Introducción

El mundo y la sociedad de hoy exigen cada vez más a la humanidad a desarrollar nuevas ideas e invenciones para mejorar el estilo de vida y ser competitivos en el día a día. Para esto es fundamental el desarrollo de productos innovadores, o la evolución de productos ya elaborados; como es el caso de los Postes de Fibra de Vidrio Reforzado.

Ecuador es un país, en el que su gente busca oportunidades e ideas que hagan crecer al país a través de la industria. Los jóvenes, emprendedores se encuentran motivados para aprovechar las condiciones actuales para impulsar proyectos e ideas que generen industria y trabajo en nuestro país.

El requerimiento del diseño de la máquina para fabricación de postes de fibra de vidrio reforzado fue planteado por Postyher, una fábrica ubicada en Ecuador, en el sector de Cumbayá en San Juan Alto. En la planta se producen postes de hormigón y prefabricados de hormigón. La planta proyecta expandir sus instalaciones e implementar la producción de postes de fibra de vidrio reforzados; con este propósito se inició el proyecto de “Diseño y Construcción de una Máquina para la Construcción de Postes de Fibra de Vidrio Reforzada”; el cual permitirá contribuir al desarrollo tecnológico ecuatoriano, además de incentivar la calidad y competitividad en el mercado.

El diseño y construcción de la máquina se llevó a cabo considerando funcionalidad, confiabilidad, competitividad, utilidad y factibilidad en la comercialización del producto producido por la máquina devanadora de hilos de fibra de vidrio. Fundamentando el diseño en estos principios se busca obtener un producto final que cumple con las necesidades, expectativas y requerimientos de diseño requeridas por la empresa Postyher.

El desarrollo del proyecto, se basó en estándares y normativa ecuatoriana, tanto INEN (según las normas ANSI C136.20-2008, UNE-EN 40-7) como normativa de la Empresa Eléctrica Quito correspondiente a postes para redes de distribución y de iluminación (ASTM D4923, ASTM D149, ASTM D635, ASTM D790). Los elementos y componentes de la máquina, son dimensionados y caracterizados según normas ISO con el fin de obtener fácilmente las partes y/o repuestos, además que se logra la reducción de costos. El utilizar estándares facilita la compra de partes, evitando la fabricación innecesaria de partes específicamente para la máquina, reduciendo costos y tiempo de producción.

1.2. Justificación

El enfoque principal es utilizar los conocimientos y experiencias adquiridas durante los años de formación educacional para el desarrollo del proyecto; además de implementar desarrollo tecnológico ya que el diseño mecánico de ésta máquina será 100% ecuatoriano, basándose en modelos o patentes existentes de la industria.

El proyecto comprende el diseño de una máquina para la producción de postes de fibra de vidrio reforzada (FVR), por lo que se demandará la incorporación de conocimientos mecánicos, electrónicos y de automatización.

En el caso de la parte mecánica es fundamental el estudio y diseño de las diferentes partes del artefacto, considerando un diseño óptimo para una mayor eficiencia en la producción. Cabe recalcar que para que la máquina sea eficiente ésta debe cumplir con las características mecánicas y electrónicas pertinentes para producir postes que cumplan con las normativas vigentes y especificaciones técnicas requeridas por la empresa eléctrica.

La importancia del proyecto va en función de la necesidad de la empresa de producir postes de FVR, para incrementar la producción de la planta e implementar un nuevo tipo de producto de venta para Postyher, aumentando así su competitividad en el mercado nacional e internacional.

Considerando la parte económica es justificable el desarrollo de una máquina productora de postes de fibra de vidrio reforzada, ya que la demanda actual no es satisfecha con la oferta de las empresas en el mercado ecuatoriano. Es justificable el diseño de una máquina de postes de FVR ya que la inversión en la compra de maquinaria extranjera de éste tipo resulta costosa, y el tiempo de recuperación del capital es alto, debido a la cantidad de máquinas necesarias para lograr una producción rentable.

En el Ecuador existen dos fábricas de postes de fibra de vidrio reforzada, una de ellas es PROCOMATEL, que realiza la importación de postes de Colombia, para justificar el valor de agregado nacional colocan pintura sobre éstos a fin de comercializarlos localmente con empresas estatales o públicas. La segunda empresa es EQUIPLAST, se encuentra ubicada en Cuenca y fabrica postes de fibra de acuerdo a las normas establecidas: ANSI C136.20 y ASTM D4923-01. Esta empresa tiene una amplia experiencia en productos de fibra de vidrio.

Ambas empresas distribuyen postes de FVR fabricados con máquinas de devanado de hilos de fibra de vidrio reforzados (MDFVR), en busca de satisfacer el mercado nacional,

sin embargo la producción no es suficiente y no abastece la demanda. La proyección de este trabajo es lograr competitividad con éstas empresas, y además de mantener la producción de postes de hormigón, metal, introducir en sus productos postes de fibra de vidrio.

1.3. Descripción del Problema

La condición geográfica del país exige el uso de postes de fibra de vidrio reforzada, debido a la existencia de lugares inaccesibles para vehículos de carga, además de la irregularidad geográfica que se encuentra fuera de pueblos y ciudades.

Durante los últimos años se han desarrollado diferentes soluciones para este problema, sin embargo muchas de ellas son muy costosas o no se acoplan para nuestro país. La solución más viable es la implementación de postes de fibra de vidrio reforzada, ya que en muchos sitios se descartan soterramientos o líneas aéreas extremadamente largas, debido a los costos altos y la dureza del terreno. (1)

Generalmente en el campo, los postes de hormigón son muy pesados para ser transportados y posicionados en sus respectivos sitios; la instalación de postes tradicionales demandaba grandes esfuerzos por parte del personal para movilizar postes de un lugar a otro, a éstos se los izaba con la ayuda de soportes de madera y sogas. Éste procedimiento además de demandar mucho esfuerzo, conllevaba un alto riesgo de ocasionar un accidente.

Con la implementación de postes de fibra de vidrio reforzada se ha logrado eliminar los esfuerzos y riesgos para el levantamiento de postes en lugares de difícil acceso.

El proyecto plantea la construcción de una máquina capaz de fabricar postes de fibra de vidrio reforzada (FVR), para esto se han analizaron diferentes puntos indispensables tanto de diseño como de construcción; basado en los componentes de la máquina.

- Mandril
- Distribuidor de Hilos de Fibras
- Impregnador de Resina
- Tablero de Control

El trabajo en conjunto de estos elementos permite la producción de un poste de fibra de vidrio. El proceso consiste en recubrir el mandril con hilos de fibra de vidrio previamente embebidos en resina endurecedora que contiene protección UV; los hilos son distribuidos

por todo el mandril controlando la velocidad del transportador y la direccionalidad de los hilos. La resistencia del poste variará según el tipo de direccionamiento de las fibras y la combinación con la resina. (2)

Este trabajo se fundamenta en el proceso de elaboración y se contempla en el proceso de diseño y construcción, por lo que se necesitan buscar soluciones a todos los puntos indispensables mencionados anteriormente, además de los estándares necesarios para la calificación de los postes con normativa local.

Para que los postes puedan ser homologados de acuerdo a los estándares, éstos deben cumplir una conicidad (1.8) y longitud específica (desde 9m hasta 12m de largo) (3), por lo que el mandril debe ser diseñado en base a esos principios. Las partes de la máquina y el sistema de control están vinculados directamente al mandril, ya que éste es el molde que dirigirá todo el proceso; es decir el resto de procesos giran alrededor del mandril para producir el poste. Sin embargo todos los elementos son indispensables en el funcionamiento.

1.4. Alcance

El alcance del proyecto se basa en los requerimientos de Postyher, la compañía ha enfocado el proyecto en el diseño y construcción de una máquina devanadora de hilos de fibra de vidrio reforzada, para la fabricación de postes de FVR. El análisis del producto resultante de la máquina no se presentará en éste trabajo por cuanto se trata de un análisis de materiales compuestos, pero se recomendará los métodos adecuados para la fabricación de los postes que permitan cumplir con la normativa.

La construcción fue realizada en los talleres de Postyher en la Av. de la Prensa y Vaca de Castro, con el fin de disminuir costos de producción. El equipo de trabajo para la construcción de la máquina se integró por un soldador, un asistente de soldadura y un encargado de taller debido a la complejidad y magnitud del proyecto.

Debido a ser un trabajo de diseño y construcción, se explican los detalles constructivos y de diseño para los diferentes elementos de la máquina. Algunas partes y piezas fueron adaptadas al diseño, debido a su existencia en las bodegas de la empresa.

Se presenta recomendaciones para el uso apropiado del equipo y su respectivo mantenimiento; para esto se considerará los manuales originales de los equipos junto con un manual específico creado para la máquina (manuales de operación y mantenimiento); Documento de Requerimientos Técnicos.

El Documento de Requerimientos Técnicos o TRD por sus siglas en inglés es un documento en el que se detallan las características de la máquina, de acuerdo a lo estipulado en la normativa. Éste documento es muy importante ya que describe los parámetros necesarios a considerarse en el diseño y construcción del equipo.

En éstos requerimientos se estipulan las funcionalidades tanto mecánicas como electrónicas, que contiene una máquina devanadora de hilos de fibra de vidrio.

1.4.1. Requerimientos de Diseño y Fuerzas

1.4.1.1. Características detalladas de funcionamiento.

El funcionamiento de la máquina es de fácil operación, con el fin de que cualquier persona pueda utilizarlo. Lo fundamental es que no sean necesarias más de dos personas para operar la máquina.

El diseño consta de reguladores de velocidad capaces de controlar la velocidad y sentido de giro de los motores, para optimizar producción; la manipulación de los equipos es versátil y sencilla.

Se describe el mandril giratorio en el que se enrollan los hilos de fibra de vidrio previamente embebidos en la resina reactiva, para el endurecimiento y acabado del poste. El diseño incluye un distribuidor móvil de hilos de fibra, con el fin de distribuirla en el mandril de acuerdo al diseño de materiales compuestos.

El tablero de control es independiente del tablero que contiene los controladores de velocidad, para tener un acceso más cómodo y adecuado para el operario; además de un botón de paro de emergencia en caso de que haya una falla en la máquina o en la producción.

En cuanto al diseño eléctrico y mecánico, éstos consideran que en un futuro la máquina podría requerir la implementación de automatización o sistematización de procesos de producción.

La máquina consta de un distribuidor de fibras móvil y un mandril, que mediante sincronización de sus velocidades permite un enrollado de fibras de acuerdo al diseño de materiales compuestos (composición, forma de distribución y densidad) que se recomienda se realice posteriormente; la velocidad de ambas partes es regulable y adaptable al bobinado requerido.

1.4.1.2. Posicionamiento.

La máquina deberá ser posicionada en un área cerrada, ocupando un espacio que permita acomodar mínimo diez equipos en un galpón de 2000 metros cuadrados (40m de frente x 50m de largo).

La posición de la máquina será horizontal y anclada en un piso de hormigón armado, que soporte el peso y movimientos del equipo. El anclaje de la máquina debe ser sencillo con pernos, para evitar trabajos extra en el sitio.

1.4.1.3. Características de seguridad

- El equipo fue diseñado considerando la comodidad para el operador, con el fin de evitar fatiga o cansancio innecesario. Es indispensable considerar la ergonomía ya que un trabajador cómodo puede dar una mejor producción, y evitar que éste se lesione ocupando el equipo.
- Los operarios deberán ocupar equipos de seguridad pertinentes para el uso de la máquina.
- Se consideraron botones de paro de emergencia en posiciones clave, para poder detener el funcionamiento total del equipo en caso de un posible accidente o mal funcionamiento del mismo.

1.4.1.4. Pesos máximos

Los pesos se dividen en partes según la funcionalidad de cada una.

- Mástil: 375 kg
- Riel: 300 kg
- Bases Mástil: 70 kg
- Tablero de Control: 20 kg
- Distribuidor Móvil de Hilos: 60 kg
- Impregnador/Tina de Resina: 80 kg

Se calculó el peso máximo de la máquina sumando los pesos máximos de sus componentes.

- Peso Máximo Total: 905 kg

1.4.1.5. Dimensiones máximas o mínimas

Las dimensiones máximas y mínimas son fundamentadas con las características que debería tener un poste calificado en la Empresa Eléctrica Quito; por lo que se toma en consideración el largo y ancho de un poste normalizado. Además se las calculó según las necesidades de la empresa para la instalación de los equipos en el galpón a construirse.

- Largo Máximo: 17m
- Largo Mínimo: 10m
- Ancho Máximo: 6m
- Ancho Mínimo: 2.5m

1.4.1.6. Requerimientos de cargas

La máquina deberá operar en su totalidad sin necesidad de implementar sistemas de apoyo o motores que ayuden al movimiento de sus componentes; para esto se debe considerar los pesos máximos de los equipos y de los postes a producirse.

Los conjuntos de partes ensamblados en el taller tienen un peso máximo de 900kg cada uno, para poder ser cargados por el puente grúa de la fábrica Postyher.

1.4.1.7. Requerimientos ambientales.

Por ser un equipo electrónico no producirá contaminación de CO₂ (4); sin embargo la planta deberá adecuar el sitio con extractores y filtros para extraer los gases provenientes de los químicos que se utilizan para la producción de los postes (5).

La máquina permitirá la fácil recolección de los desechos producidos durante el funcionamiento de la misma; y si es el caso la reutilización de las materias primas sobrantes.

1.4.2. Requerimientos de Confiabilidad y Garantía

1.4.2.1. Vida Útil

La vida útil de los equipos será mínimo de dos años, mientras se mantenga un uso y mantenimiento apropiado del equipo. El plan de funcionamiento permitiría en el primer año recuperar el capital de inversión del diseño y construcción del equipo.

1.4.2.2. Ciclos que debe cumplir sin problemas

Se considera que la máquina deberá trabajar durante ocho horas diarias, permitiendo la producción continua de postes de FVR, de acuerdo a la demanda o necesidad de producción de la fábrica.

1.4.3. Requerimientos Financieros

El costo máximo del equipo es de \$12000; éste se basa en el presupuesto establecido para el diseño y construcción de la MDFV. Se incluyen costos de diseño, mano de obra, materiales.

Se justifica la rentabilidad de la máquina según los costos de los postes en el mercado nacional; además de considerar una utilidad moderada para recuperar la inversión dentro del primer año de uso de los equipos.

2. CAPÍTULO II: Diseño Conceptual

2.1. Diseño Preliminar

El diseño preliminar consiste en el análisis de lineamientos para alcanzar el diseño final, es decir analizar proyectos existentes o plantear ideas que nos lleven a un diseño final que cumpla las necesidades del proyecto. (6)

Para el diseño preliminar se analizaron patentes y diferentes tipos planteados, los cuales fueron evaluados en base a los requerimientos técnicos. Se realizó un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para calificar las diferentes soluciones para el diseño y construcción de una máquina devanadora de hilos de fibra para la construcción de postes FVR.

La fase del diseño preliminar permite introducir el proyecto de una manera rápida y fácil de entender; explicando términos o características fundamentales para el funcionamiento de la máquina. Además se busca exponer métodos y soluciones para la fabricación de postes de fibra de vidrio reforzado, y los materiales sugeridos a utilizarse.

Durante el diseño preliminar se seleccionó los modelos más adecuados para nuestro diseño y construcción de la máquina de postes de FVR.

2.1.1. Introducción a los Materiales Compuestos

Los materiales compuestos son materiales que se los puede encontrar en la naturaleza o se los puede producir según las necesidades del hombre (3); sin embargo para considerar a un material como material compuesto debe cumplir con algunos requisitos: (7)

- Debe estar formado por dos o más componentes que se diferencien en forma o composición; manteniendo una mezcla heterogénea. (8)
- El material presenta varias fases químicamente distintas e insolubles entre sí; que los separa una interface. (9)
- Los materiales que forman los compuestos son separables mediante procesos mecánicos, o mediante la inspección superficial o microscópica se pueden distinguir sus fases fácilmente. (8)
- Pueden fabricarse de manera controlada; con el fin de alcanzar propiedades óptimas. (10)

- Las propiedades del material son superiores a cuando se encuentran por separado.
(8)

Este tipo de materiales manifiesta la forma en que materiales distintos pueden trabajar sinérgicamente con el fin de tener propiedades mecánicas, físicas, y químicas capaces de soportar mayores exigencias que lo materiales comunes o una combinación de las propiedades de sus constituyentes (2). Cabe recalcar que los componentes en un material compuesto deben trabajar conjuntamente para poder generar propiedades o características más resistentes; es por esto que el proceso de síntesis del material debe ser lo más precisa posible (11). En los materiales compuestos son importantes las propiedades y las fracciones volumétricas de cada fase individual, ya que éstas características definirán la resistencia final del material. (12)

La conectividad entre fases es indispensable, ya que éste proceso marcará los enlaces entre la fase matriz y el agente reforzante. Según el tipo de material o las características a obtenerse puede haber más fases matrices o reforzantes. (12)

La fase matriz es la fase continua, responsable de las propiedades físicas y químicas del compuesto (13). Ésta fase acentúa y mantiene la forma del producto, además mantiene al agente reforzante en su sitio, y lo más importante cuando una carga es aplicada a la estructura la fase matriz distribuye la carga al agente reforzante. (2)

El agente reforzante es la fase secundaria, su rol principal es el de fortalecer a la fase principal o fase matriz. Es una fase de carácter discreto y su geometría es fundamental al momento de definir las propiedades mecánicas del material (2). Existen agentes reforzante con diferentes particularidades cada uno, sin embargo nosotros tomamos en cuenta únicamente las fibras.

Las fibras son filamentos de material de refuerzo; generalmente en la industria se utilizan fibras de vidrio, carbón, boro, kevlar, o cerámicos; para los postes de fibra de vidrio reforzado como su nombre lo indica utilizaremos únicamente fibras de vidrio reforzadas (FVR) (14). Éstas son hilos que en el mercado se las puede encontrar con diferentes características según en que vayan a ser utilizadas; hay hilos con formas circulares, tubulares, rectangulares, o hexagonales (15). La máquina será capaz de utilizar cualquiera de éstas fibras según la necesidad de la resistencia del producto final y de acuerdo a la matriz empleada.

Según el proceso a utilizarse para la fabricación del producto, hay una amplia gama de fibras que se podrían seleccionar (2), las más comunes en el mercado son:

- A-Glass: A= Alakali (Alcalina); fibras con alto contenido de alcalinos.
- C-Glass: C= Chemical (Químicas); fibras con resistencia a los químicos.
- D-Glass: D= Dielectric (Dieléctricas); fibras con constante dieléctrica baja.
- E-Glass: E= Electrical (Eléctricas); fibras con conductividad eléctrica baja.
- S-Glass: S= Strenght (Fuerza); fibras con alta resistencia a la tensión.

Todas estas fibras tienen en común el silicio; el resto de componentes puede variar según el tipo de fibra que se quiere producir (16). En el caso de las fibras que busquen alta resistencia se disminuye el porcentaje de boro en su estructura (2); si se quiere aumentar la constante dieléctrica se debe aumentar el contenido de trióxido de boro (2). De acuerdo a nuestras necesidades y aislamiento eléctrico necesario se consideran fibras tipo E.

Las fibras tipo E son fibras que ofrecen alta resistencia a la tensión a un bajo costo, además de su baja constante dieléctrica. Estas fibras pueden ser continuas o discontinuas (17). Las continuas son fibras largas que son útiles cuando se quiere distribuir una carga en una superficie extensa, además sirven para procesos automáticos debido a su continuidad.(18)

Al momento de escoger una fibra es muy importante considerar su aplicación y su modo de producción ya que sus características varían según el proveedor. Para la producción de postes se deberá considerar los diámetros de los filamentos que forman los hilos de fibra, ya que éstos tienen una relación directa con la resistencia a la tensión que soportarán los hilos (14).

2.1.2. Conceptos de Procesos para la Manufactura de Postes de FVR

2.1.2.1. “Filament Winding” (Devanado de Hilos de Fibra de Vidrio)

El devanado de hilos de fibra de vidrio es uno de los métodos para manufactura de postes de fibra de vidrio reforzados. Éste proceso consiste en el enrollado de hilos de fibra de vidrio continuo sobre un mandril metálico; el mandril es el molde que define la forma del poste. Para éste proceso es necesario un transportador, organizador de fibras, y un mandril giratorio que se sincronice con el distribuidor de fibras. Posteriormente al enrollado de las fibras sobre el mandril se cura la resina y una vez seco se remueve el mandril. (19)

La resistencia del poste se relaciona directamente por la dirección de las fibras y la combinación del polímero con la resina; existen diferentes tipos de resinas que reaccionan con las fibras de acuerdo al tipo de fibra y tiempos de secado necesarios. En el caso de los postes, el tiempo de secado debe ser corto, para acelerar la producción; además de ser una resina endurecedora ésta debe tener propiedades de protección UV y anti corrosión (1). Es importante tomar en cuenta que junto con la resina se puede usar diferentes pigmentos para definir el color del poste según la necesidad (16).

2.1.2.2. Pultrusión

Es un proceso continuo y automático, se jalan las fibras a través de un baño de resina y después se las pasa por un matriz de preformado donde la sección toma una forma inicial y elimina excesos de resina. Posteriormente pasa a un proceso de curado en el que las fibras atraviesan una matriz térmica que da la forma final al compuesto y cura térmicamente a la resina. (2)

Las ventajas de este proceso son que se puede producir volúmenes grandes a un costo bajo, y se pueden fabricar elementos con sección transversal uniforme.

La producción de postes con este método es muy similar al de Filament Winding (Devanado de Hilos de Fibra), se diferencian principalmente en el curado de la fibra antes de llegar al mandril. Cuando se usa pultrusión en la fabricación de postes o cilindros, es un proceso muy costoso ya que el consumo energético es mayor y el proceso realizado no es

indispensable para el enrollado de hilos (2). La ventaja de este proceso frente al de filament winding es la producción masiva ya que el curado es más rápido.

2.1.2.3. Molde Abierto

Es un proceso manual en el que el molde a utilizarse consta de una sola pieza; es decir el molde puede ser interno o externo pero no está formado de ambas partes. Éste proceso requiere de un capa de gel que ayudará al acabado superficial de la pieza a fabricarse, es importante tomar en cuenta que en este proceso únicamente la cara que tiene un contacto con el molde será la útil o de buen acabado superficial. Antes de aplicar la capa de gel, se baña al molde con un agente desmoldante para que la extracción de la pieza sea fácil y no se dañe el producto al momento de extraerlo del molde. (2)

Los procesos más comunes para la aplicación de las fibras y resinas en un molde abierto son:

- “Hand Lay-Up” (distribución de fibras y resina manualmente) (2)
- “Spray-Up” (distribución de fibras y resinas por proceso de rociado) (2)

Ambos procesos requieren de los mismos tratamientos a los moldes y fibras, sin embargo se diferencian en el momento de aplicación de las resinas y fibras al molde. En el proceso de distribución manual se ordenan las fibras en una dirección específica y se las impregna con la resina durante el acomodamiento de las mismas, dando una resistencia mayor según el direccionamiento de las mismas (20). En el proceso de “spray” no hay como acomodar las fibras en una manera determinada, debido a que éste proceso tritura las fibras previamente a ser impregnadas con la resina para después ser dosificadas sobre el molde en forma de “spray” (21). En ambos procesos se deben colocar las capas necesarias de fibra para obtener el grosor esperado; también se debe hacer un proceso de compactación con un rodillo para eliminar las burbujas de aire entre las fibras previamente al curado.

2.1.2.4. Molde Cerrado

El método necesita de dos moldes uno externo y un interno, o un macho y una hembra, o un dado y una matriz; existen diferentes maneras de nombrarlos pero todos cumplirán la misma función al final. Con éste proceso se puede asegurar un buen acabado

de las superficies tanto internas como externas de la pieza a fabricarse, ya que el molde cubre ambas caras superficiales de la pieza. (2)

A diferencia con el proceso de molde abierto, éste es más controlado debido a que los moldes a utilizarse serán repetitivos y se obtendrá siempre el mismo acabado tanto afuera como adentro. Esto permite tener un mayor control en las tolerancias de las superficies y los acabados de las piezas, además de agilizar la producción.

La implementación del segundo molde permite construir piezas tridimensionales más complejas, ya que las formas en los moldes se imprimirán directamente sobre el compuesto.

Dentro del grupo del método de moldes cerrados se encuentran varios procesos útiles para la construcción de partes o piezas fabricadas de materiales compuestos.

Moldeo por Compresión.- consiste en comprimir las caras del molde para imprimir los detalles sobre la resina y la fibra, una vez que ambas caras se encuentren bajo presión una contra otra, se calienta el molde para el curado del compuesto; posteriormente se extrae el producto. (22)

Moldeo por Transferencia: al igual que el moldeo por compresión se debe colocar las resinas y fibras sobre la matriz para posteriormente someterla a presión con el dado; sin embargo se diferencian en que las resinas no se encuentran dentro del molde. La resina es calentada y curada previamente y una vez listo el molde para la compresión se la inyecta. Cabe recalcar que el molde debe estar frío para ayudar al curado. (19)

Moldeo por Inyección: se diferencia de los procesos mencionados anteriormente, ya que en éste se debe preparar el molde y en lugar de posicionar filamentos de fibra; se inyectan fibra triturada y resina previamente calentadas. Para éste método al igual que en el de transferencia es primordial que el molde esté frío.(19)

Moldeo Centrifugado: el método consiste en colocar fibras trituradas y resina sobre la cara inferior e interior del molde; posteriormente se girará el molde a velocidades controladas con el fin de que por la fuerza centrífuga las resinas y fibras se distribuyan homogéneamente alrededor de la cara interna del molde.(2)

Para todos los procesos mencionados anteriormente se pueden utilizar diferentes tipos de fibras de vidrio y en sus diferentes presentaciones; sin embargo para la construcción de postes de fibra de vidrio reforzado únicamente se utilizan filamentos de fibra ya sean secos o pre-impregnados con resinas. La única diferencia es que los pre-impregnados (Prepreg)

son filamentos que no necesitan de tanta resina al momento de hacer la interface entre el agente reforzante y la matriz y el proceso de curado es más rápido. No se toman en cuenta los otros tipos de fibra, ya que la mejor manera de distribuir cargas a tensión es formando un tejido direccionado, mas no el uso de fibras cortadas, trituradas, líquidas. Los diferentes tipos de fibras pueden ser considerados como un refuerzo o relleno de espacios vacíos, pero no como un miembro crítico estructural del poste.

2.2. Análisis de Patentes

El análisis de patentes permite la evaluación y entendimiento de diferentes diseños existentes que se relacionen con el proyecto. Éste método elimina la posibilidad de (reinventar lo inventado, es decir ahorrar esfuerzos inventando cosas que ya existen).

Analizar las patentes permite corregir errores que en proyectos similares y/o existentes, facilita el aprendizaje mediante investigación para una posterior implementación en el proyecto. Es importante evaluar cada patente, para profundizar el aprendizaje y sacar elementos o ideas para implementarlas en nuestro diseño.

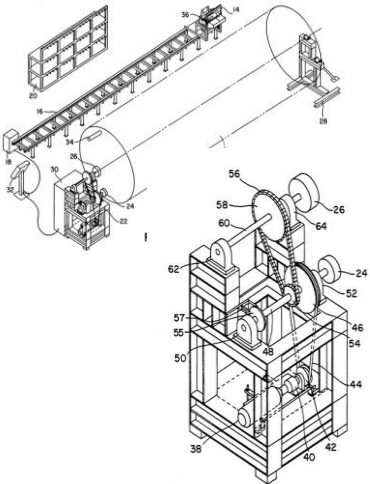
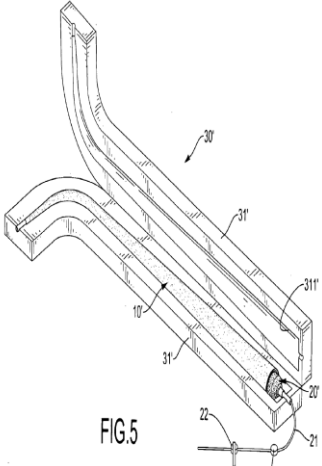
Las patentes están filtradas según su importancia y categorizadas de acuerdo a que parte de la máquina corresponden. Generalmente no se encuentran patentes muy detalladas debido a motivos de copia o plagio, por lo que son muy específicas y claras.

Se realizó una tabla donde se destacan las características principales y potenciales para el diseño de la MDFV.

Patentes Relacionadas con la MDFV

Número de Patente	Nombre	Descripción	Imagen
US4448624	Method and Apparatus for Making Filament Wound Cylindrical Structures	<p>* Molde formado por dos mandriles concéntricos entre sí, un mandril interno y uno externo.</p> <p>* El mandril externo es colocado al rededor interno para tomar la forma cilíndrica.</p> <p>* Alrededor del mandril externo se enrolla un alambre para facilitar la extracción del producto terminado del mandril.</p> <p>* Cuando se retira el mandril interno se libera el mandril externo y se puede extraer el producto.</p> <p>(23)</p>	
US3499815	Filament Winding Apparatus	<p>* El dispositivo agrupa y ordena los filamentos de fibra de vidrio en forma de cinta.</p> <p>* Consta de un disco perforado y una malla para direccionar las fibras, según el patrón que se quiera obtener es posible girar el disco interno.</p> <p>* Para regular el ancho de la cinta se puede aumentar o disminuir las columnas del disco.</p> <p>* El enrollar las fibras en forma de cinta ayuda a tener un mejor acabado superficial.</p> <p>(24)</p>	

US4869761	Filament Winding Process	<p>* La patente busca enrollar los hilos de una manera homogénea y ordenada.</p> <p>* Es un agrupador de fibras que consta de orificios para guiar los filamentos independientemente cada uno por un agujero.</p> <p>* El interior del dispositivo consta de rodillos para asegurar tensión en las fibras.</p> <p>* Éste proceso requiere de fibras PREPREG (pre-impregnadas de resina), por lo que se elimina una tina de resina; el proceso requiere un curado durante la distribución de las fibras; para esto se las calienta mientras son dosificadas.</p> <p>(25)</p>	
US3492187	Filament Winding and Impregnation Mechanism	<p>* Impregnación de la resina en la fibra de una manera rápida y sencilla.</p> <p>* Las fibras pasan por agujeros mientras son sumergidas en la resina con el fin de mediante presión forzar a la resina que ésta se impregne a la fibra.</p> <p>* Permite que la máquina funcione a altas velocidades de enrollado.</p> <p>* Se logra suprimir espacios vacíos o aire en las fibras llenándolos de resina.</p> <p>(26)</p>	

US5335167	Filament Winding Apparatus	<p>* La patente busca una manera de controlar la máquina eficientemente.</p> <p>* Se toman en cuenta sensores que miden el posicionamiento y velocidades de la máquina; para así controlar el tipo de enrollado que se desee en cada sección del mandril.</p> <p>* Se necesita dos encoders, uno para medir la velocidad de giro del mandril y otro para poder saber la posición del distribuidor de fibras. También es necesario un controlador para evaluar las señales de los sensores.</p> <p>(27)</p>	
US2010/0148408A1	Method of Manufacturing a Fiber Reinforced Plastic Light Pole	<p>* Método para la fabricación de postes de fibra de vidrio con Molde Cerrado.</p> <p>* Tiene un molde externo metálico dividido en dos partes; y un molde interno que es de caucho o plástico.</p> <p>* Se debe trabajar con resinas Prepreg.</p> <p>* Se coloca las fibras en el interior del molde a acuerdo al tipo de enrollado que se necesite; se infla el molde interior para presionar las fibras en la superficie del molde externo y tomen la forma del poste.</p> <p>(28)</p>	 <p>FIG.5</p>

<p>US4369934</p>	<p>Helical Filament Winding Apparatus</p>	<p>* La fibra a enrollarse se desplaza axialmente mientras el mandril gira en su eje. * El ángulo axial se determinará por el desplazamiento axial del distribuidor de fibras y la velocidad de giro del mandril. * El distribuidor de fibras camina sobre un tornillo sin fin, paralelo al mandril. * El tornillo sin fin se mueve con el mismo motor que gira el mandril, por lo que siempre se encuentra sincronizado el mecanismo.</p> <p>(29)</p>	
<p>US4838971</p>	<p>Winding Process and Apparatus</p>	<p>* La máquina consta de un distribuidor de fibras móvil y un mandril giratorio. * Utiliza fibras con conductividad eléctrica. * El proceso de curado de la resina se da transmitiendo corriente eléctrica a través de las fibras y cerrando un circuito con el mandril; generando calor en el filamento y haciendo que se cure la resina. * La temperatura varía según la velocidad de enrollado, con un tacómetro instalado en el motor del mandril.</p> <p>(30)</p>	

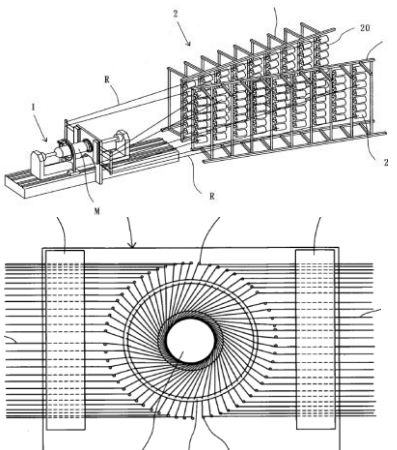
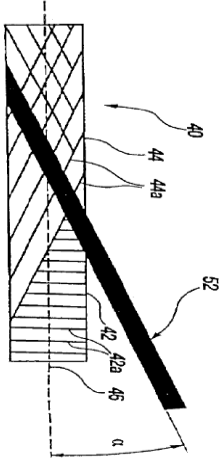
US2008/0197229 A1	Filament Winding Method and Apparatus	<p>* El aparato permite hacer enrollados helicoidales de diferentes formas con distintos ángulos.</p> <p>* La máquina consiste en dos anillos, y mandril. El primer anillo distribuye la fibra sobre el mandril y avanza longitudinalmente; el segundo anillo es un anillo de curado que avanza longitudinalmente curando las fibras.</p> <p>* Ambos anillos trabajan simultáneamente para ir curando cada capa de fibras.</p> <p>(31)</p>	
US6955024 B2	Filament Wound Structural Light Pole	<p>* Enrollado de fibras para la producción de postes de fibra de vidrio reforzados, con pretensado de fibras durante la manufactura del poste.</p> <p>* Es necesario tensar los filamentos de 30-100 libras durante el enrollado.</p> <p>* Durante el secado o curado, se debe mantener las fibras en tensión.</p> <p>* Se enrolla una capa circunferencial que cubre la totalidad del mandril, posteriormente varias capas con pequeños ángulos axiales para crear capas helicoidales.</p> <p>(32)</p>	

Tabla 1: Análisis de Patentes

2.2.1. Método a Aplicarse

El método a aplicarse se definió mediante un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA). Éste análisis nos permitió evaluar las características de todos las patentes y basar el diseño únicamente en sus fortalezas y oportunidades, a su vez que elimina el riesgo de cometer errores escogiendo alternativas que no tengan debilidades y amenazas altas.

Para éste análisis se consideraron una lista de parámetros de acuerdo a la función de cada elemento en la máquina, la calificación o puntaje varían del 0 al 10; donde 0 es el puntaje más bajo y 10 el más alto.

El análisis FODA realizado se encuentra como anexo.

2.3. Prototipos

Los prototipos contemplan la evolución de partes en base al análisis de patentes planteado en la sección anterior. También los prototipos permiten demostrar el funcionamiento y factibilidad de implementación de los diseños con los componentes existentes en el mercado ecuatoriano; con el fin de reducir costos, acelerar la construcción, y en caso de daño de uno de los componentes haya la factibilidad de reposición lo más rápido posible para su reemplazo.

Se consideraron varios prototipos como soluciones a los requerimientos de la máquina, sin embargo no todos presentaron resultados esperados, pero facilitaron el diseño final porque permitió corregir errores apriori. Los prototipos descartados son guías para un diseño óptimo que cumpla con los requisitos establecidos. (6)

Los modelos o dibujos a continuación son únicamente representaciones sencillas esquemáticas de los conceptos, el diseño detallado de los de los prototipos, no se presenta sino cuando se establezca el diseño final detallado en el que se especifican las características específicas de cada componente.

2.3.1. Mandril

Una parte clave para el proceso de devanados de hilos de fibra de vidrio reforzada, es la implementación de un mandril giratorio, en el cual se enrollaran las fibras. El mandril es el molde del poste, pues éste tiene una relación directa con la forma, longitud y acabado del poste.

En las patentes mencionadas anteriormente se analizó diferentes tipos de mandriles, unos plásticos otros metálicos; el método a utilizarse para enrollar los hilos de fibra tiene mucho que ver con el tipo de mandril a utilizarse. Como se observó pueden haber métodos para hacer postes de fibra de vidrio de molde cerrado, molde abierto, entre otros. Sin embargo nuestra tendencia es el método de devanados de hilos de fibra, por lo que se redujo la posibilidad de tipos de mandril a implementarse en el diseño.

Para el diseño se consideraron mandriles plásticos y metálicos, diferenciándose en su modo de montaje a la máquina, material, estructura. Los prototipos presentados cumplen con las características técnicas necesarias para que los postes sean homologados con la normativa y puedan ser comercializados en las empresas eléctricas del país.

2.3.1.1. Prototipo 1.1 de Mandril

El prototipo 1.1 consiste en un mandril desarmable en secciones longitudinales; con el fin de poder fabricar postes de diferentes longitudes. La implementación de un mandril seccionado aporta a un ahorro de energía eléctrica ya que la potencia del motor podría regularse según el peso que va a hacer girar.

El hecho de tener un mandril giratorio que no requiera estar armado en su totalidad, puede alargar la vida útil de los componentes ya que éstos no trabajarían bajo su máxima carga todo el tiempo.

Éste prototipo aporta a un mantenimiento más fácil y más completo, ya que se puede desarmar las secciones y además de hacer un mantenimiento superficial se facilita hacer un mantenimiento interior del mandril.

El molde consta de varias secciones metálicas cónicas unidas entre sí bajo presión; las secciones empiezan a partir de los 9m de longitud, con el fin de producir postes de 9m, 10m, 11m, y 12m.

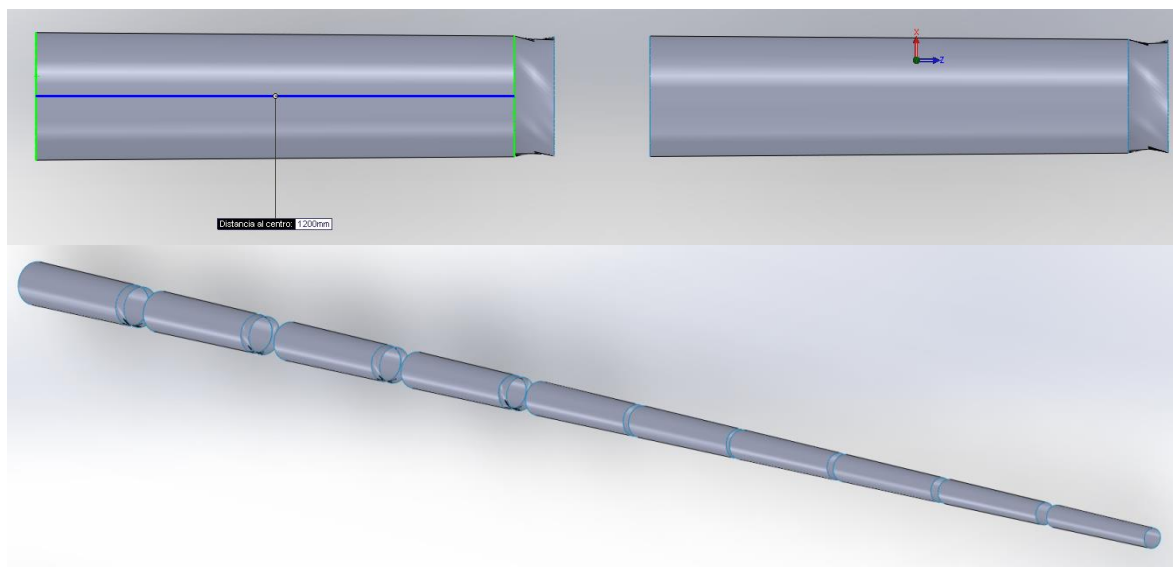


Ilustración 1: Prototipo 1.1

Desventajas:

Es posible que se den filtraciones de resinas o líquidos oxidantes al interior del mandril debido al tipo de uniones entre las secciones; además las uniones no permanentes pueden sufrir desgastes o deformaciones (pandeo) debido a la longitud del poste.

El diseño de un molde armable es más complejo ya que contempla más componentes, y las uniones entre secciones vienen a ser otro factor crítico.

Durante la fabricación de postes, no es funcional desarmar el mandril y mover los pivotes del molde para reducir la longitud del poste; éste proceso es largo y limita la línea de producción ya que puede inferir con los plazos de fabricación de los postes.

Por ser un molde con secciones desarmables, se requiere de más de dos personas para manipularlo y desarmarlo cada vez que se quiera producir postes con diferentes longitudes; además que los componentes de la máquina son pesados por lo que se restringe la posibilidad de moverlos continuamente.

2.3.1.2. Prototipo 1.2 de Mandril

Éste concepto se basa en la idea de un mandril plástico interior de la patente US2010/0148408A1, de ésta se tomó la idea de la fabricación de un molde inflable que sea capaz de soportar alta presión y dar al compuesto la forma de un poste; sin embargo la patente no trata de un proceso de devanado de hilos de fibra de vidrio, por lo que se adaptó ésta idea al proceso. (28)

El mandril es un mandril plástico que se infla para tomar la forma cónica del poste; a su alrededor se coloca una estructura metálica capaz de soportar los filamentos de fibra bajo tensión; además se enrolla un cable o alambre de acero alrededor de toda la estructura. Éste método surgió como una observación de la patente US4448624, que utiliza un alambre para crear un espacio vacío entre el poste y el mandril, para facilitar la extracción del poste del molde (23). El molde no es seccionado por lo que se requiere el giro completo de los 12m de mandril, sin embargo el uso de un molde plástico reduce bastante el peso y el esfuerzo que debe mover el motor.

Una vez enrollado el filamento alrededor del mandril, se debe desinflar el mandril plástico y jalar el alambre de acero, liberando en su totalidad al poste.

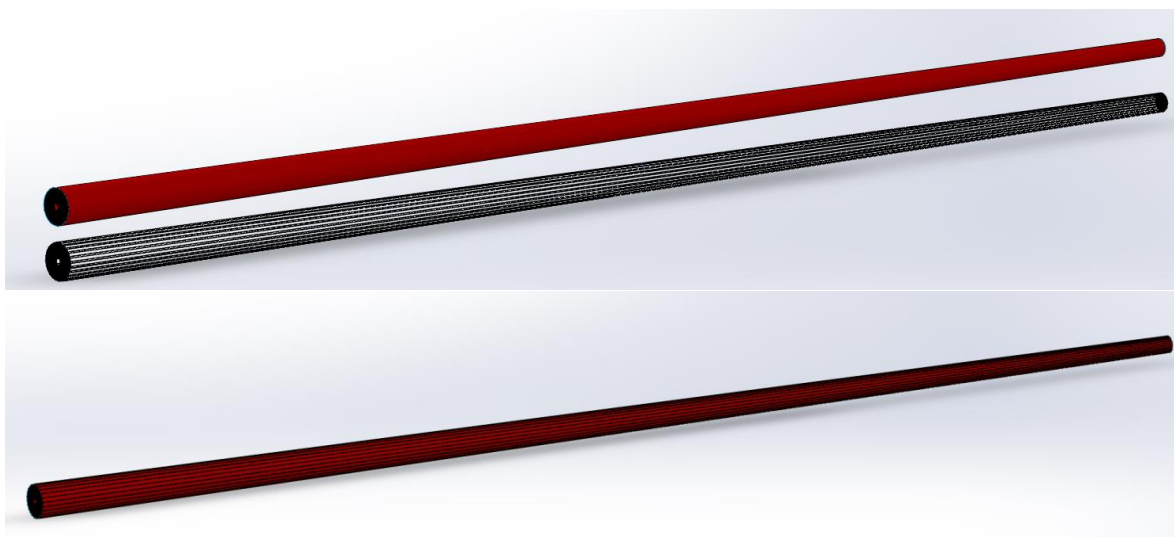


Ilustración 2: Prototipo 1.2

Desventajas:

Si el molde plástico se corta el proceso será paralizado hasta la reparación o sustitución del mismo.

El proceso requiere de implementación de dispositivos extras a la máquina de enrollado de fibras, que encarece el producto y la construcción de la máquina. Es necesaria la compra de un compresor capaz de mantener una presión constante en el molde, un devanador de alambre para enrollarlo uniformemente y bajo tensión alrededor del molde.

2.3.1.3. Prototipo 1.3 de Mandril

Consiste en un mandril convencional metálico de 12m formado de secciones de 1.20m cada una. Las secciones son unidas por soldaduras permanentes, así también como todos los componentes fijos del mandril. La unión por soldadura garantiza que no haya filtraciones de material en el interior del mandril, y que no haya deformaciones en las uniones.

Un mandril fijo aporta a menor esfuerzo de los empleados y mejora el tiempo de producción, se pueden enrollar los filamentos únicamente de acuerdo a la longitud necesaria en el molde, sin necesidad de retirar el molde o desarmarlo.

El mantenimiento del mandril es fácil ya que sólo se debe lavar por su exterior después de utilizarlo; cabe recalcar que para éste molde es indispensable el uso de agentes desmoldante para liberar al poste con facilidad.

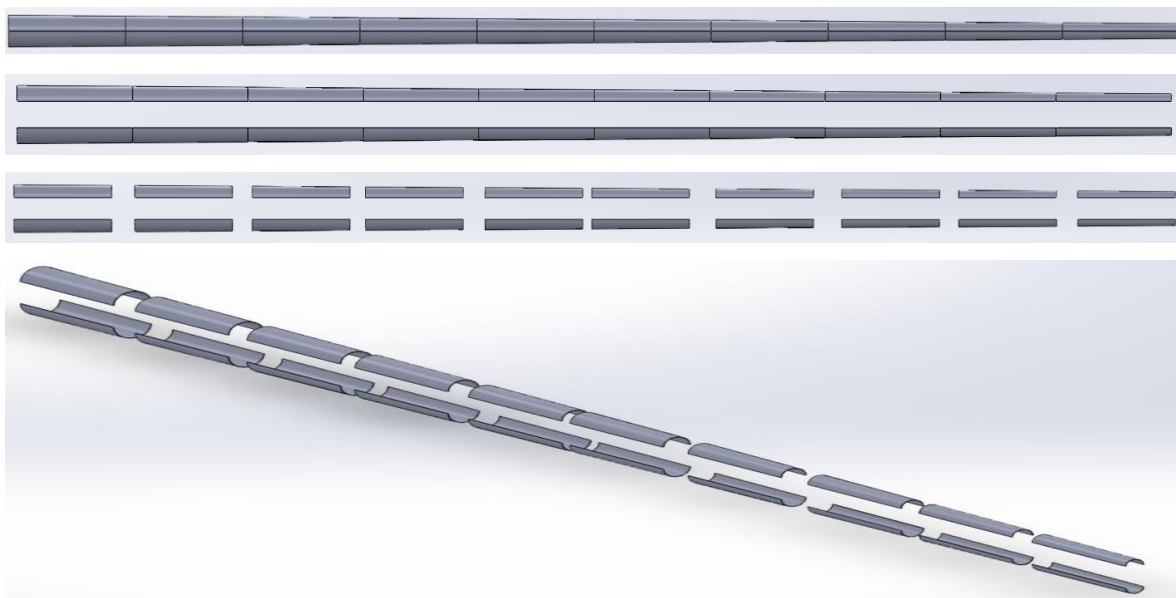


Ilustración 3: Prototipo 1.3

Desventajas:

La extracción del poste del mandril requiere de mayor tiempo y esfuerzo, debido a que el mandril es una sola pieza, y su peso es mayor que el resto de los prototipos mencionados.

En el caso de darse una deformación o daño en el mandril, la reparación toma más tiempo debido a que se debe reemplazar una parte del molde por completo, cortándola y sustituyéndola por una nueva.

La exigencia del motor es alta debido a que siempre va a trabajar con todo el mandril a pesar de estar fabricando los postes más cortos.

2.3.2. Homogenizador de Fibras

El homogeneizador de fibras es esencial para el ordenamiento de los filamentos a lo largo del molde giratorio. De las patentes analizadas, se concluyó que el método a implementarse en la máquina será un distribuidor capaz de ordenar las fibras y mantenerlas templadas uniformemente; sin embargo no se tomará para el diseño un baño de fibra en el mismo componente de la máquina, para dar la flexibilidad a que la máquina pueda operar con fibras de vidrio pre-impregnadas de resina.

La posición de las fibras sobre el mandril se basa en elementos clave como son un orden y tensión homogénea en toda la distribución sobre el mandril; el ángulo se puede determinar tanto por la calibración del ordenador de fibras como por medio de la velocidad del distribuidor de fibras y velocidad de giro del mandril. (33)

La altura del homogeneizador debe ser regulable según las necesidades de la máquina, cabe recalcar que generalmente para la construcción de postes de fibra de vidrio reforzado la altura del ordenador de fibras es la misma altura del eje de rotación del mandril. La regulación de altura da flexibilidad a utilizar diferentes mandriles en la máquina, además de permitir que la máquina se acople a distintos niveles de terreno. (34)

Es importante que sea una pieza desmontable y no fija al distribuidor móvil de fibras, para que sea reemplazable o según el tipo de ordenamiento de fibras éste pueda ser sustituido, además en caso de un desgaste facilita la reparación o cambio total de la pieza.

2.3.2.1. Prototipo 2.1 de Homogenizador

Estructura rectangular con perforaciones de acuerdo al diseño de materiales compuestos, el prototipo se sujeta en un eje que le permite girar 360 grados y regular su altura. El prototipo consta de un marco que soporta el ordenador de filamentos, éste es una placa perforada, removible para mantenimiento y limpieza, se lo puede girar en caso de darse un desgaste en una de las caras de la placa.

Las perforaciones varían según el tipo de enrollado a realizarse, para éste diseño es muy importante tener precisión en las perforaciones ya que éstas van a definir el ordenamiento de las fibras, además de evitar que se enreden. (24)

La estructura rectangular permite la facilidad de hacer un diseño compacto para el ordenamiento de las fibras, además de permitir implementar una estructura capaz de soportar la tensión ejercida por el mandril sobre las fibras.

Éste ordenador se encuentra ubicado antes del baño de resina y anclado sobre el dispensador móvil de fibras, por lo que debe ser una estructura lo suficiente mente fuerte para soportar la carga durante el movimiento del sistema.

La construcción de éste prototipo es sencilla, se la puede fabricar con una cortadora de plasma CNC o una fresa CNC para tener exactitud en las perforaciones, sin embargo es posible construir la placa con un taladro de banco convencional perdiendo un poco de precisión.

El costo de construcción de éste dispositivo es bajo debido a su simplicidad y convencionalidad.

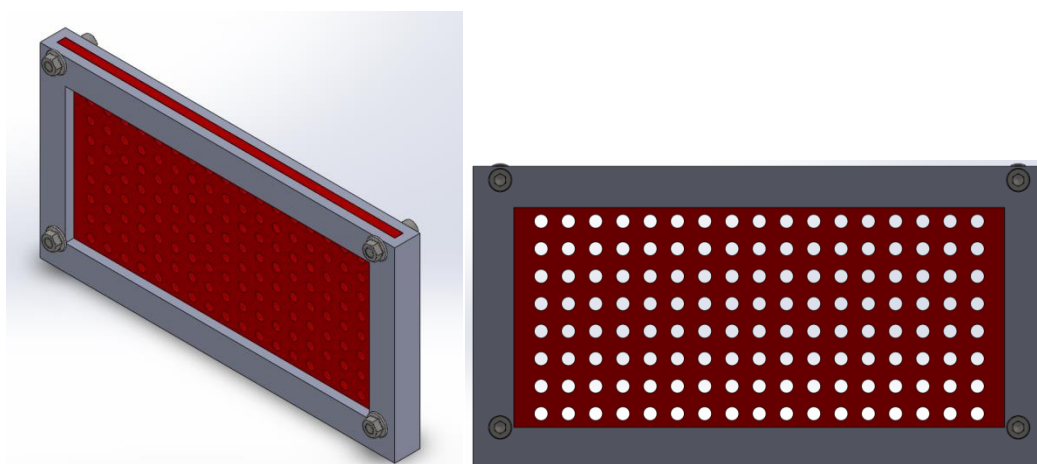


Ilustración 4: Prototipo 2.1

Desventajas:

La calibración es manual por lo que fallas humanas pueden incidir en el producto final; una desventaja muy importante de este dispositivo es que no ayuda a mantener una presión constante y continua sobre cada filamento que pasa a través de él.

2.3.2.2. Prototipo 2.2 de Homogenizador

El planteamiento del prototipo 2.1 fue guiado en base a la patente 3499815, debido a su flexibilidad en su funcionamiento. La patente no contempla todas los requerimientos de la máquina, pero se le agregó ciertos detalles que acoplan y extienden su funcionalidad.

La patente considera un disco en el centro de dos anillos que lo sostienen y sirven de eje del mismo, en los exteriores se encuentran mallas que sirven como guías. El prototipo 2.1 mantiene la idea del anillo interior que debe girar para controlar el ángulo y ancho de la banda de filamentos a ordenarse, sin embargo cambia su estructura; en lugar de utilizar dos mallas exteriores se incorporan dos discos más que sirven de guías estáticas de las fibras, y hace a la estructura más robusta. (24)

El mástil del prototipo es móvil para regular la altura del ordenador, ayudando así a la tensión de las fibras y al enrollado en el mandril. La altura de éste tiene relación con la cuna de hilos de fibra debido a que éste es el primer elemento por donde pasarán las fibras y las ordenará previamente al baño de resina. Al mismo tiempo el mástil permite girar al ordenador 360 grados según la configuración a realizarse en las fibras o el diseño de materiales compuestos. (24)

El ordenador es dependiente del distribuidor móvil ya que el distribuidor es la base del mismo.

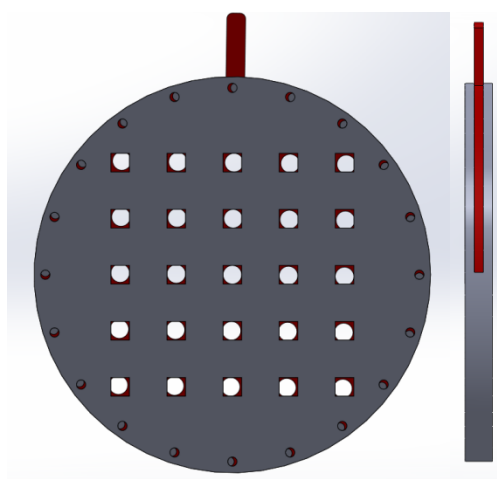


Ilustración 5: Prototipo 2.2

Desventajas:

Las desventajas del dispositivo son la calibración manual del equipo, y la construcción del mismo ya que no es una construcción ni diseño sencillo de implementar.

La mayor desventaja estructura es el diámetro del distribuidor, por ser un disco si se quiere enrollar más fibras se requiere de un disco más grande, ocupando más espacio y aumentando la altura del dispositivo.

2.3.2.3. Prototipo 2.3 de Homogenizador

Consta de una estructura muy simple de peinilla, es decir los ordenadores de fibra son columnas que separan las fibras entre sí. Éste prototipo es el más sencillo de todos, su construcción es fácil.

El factor principal de éste prototipo es el tiempo que requiere ordenar los filamentos sobre la peinilla, éste tiempo es corto comparado con los otros métodos que exigen pasar cada filamento por un agujero independiente.

Al igual que los otros conceptos éste tiene regulación de altura y giro, las columnas son estáticas por lo que el sistema sirve únicamente para el enrollado de un patrón de fibra.

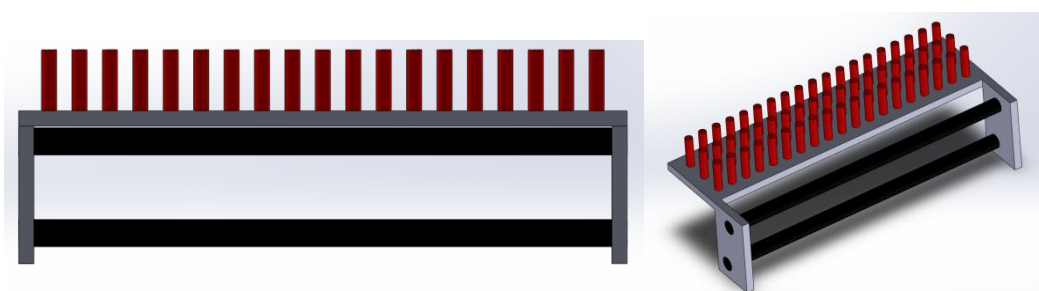


Ilustración 6: Prototipo 2.3

Desventajas:

El dispositivo únicamente tiene calibración manual de la altura y giro del mismo, pero no de ángulo y tensión por lo que el ángulo se verá ligado únicamente a la velocidad entre el distribuidor móvil y el mandril giratorio.

Los hilos no son ordenados uniformemente, lo que puede resultar en un mal acabado del poste.

El prototipo no tiene nada móvil, por lo que su configuración no es amplia, únicamente permite realizar su configuración inicial. No se puede apilar varias capas de filamentos debido a que sólo tiene un piso de ordenamiento de hilos.

2.3.3. Distribuidor Móvil

El distribuidor móvil es el componente de la máquina encargado de transportar las fibras a lo largo de un eje longitudinal paralelo al mandril, en éste proceso es muy importante que el distribuidor sea lo suficientemente robusto para soportar la tensión ejercida sobre el mandril. Para esto se debe enfocar en un diseño que mantenga al distribuidor en una pista o carril para que conserve su dirección a lo largo del enrollado de hilos. (35)

Existen diferentes tipos de distribuidores en el mercado, algunos únicamente se encargan de transportar las fibras, mientras otros se encargan de llevar las fibras y el recipiente que contiene la resina para el baño de resina; se estudió ambos casos para escoger el más adecuado para las necesidades.

La estructura del distribuidor generalmente es metálica y lleva en sí un motor para el avance longitudinal, éste motor debe ser adecuado para poder sincronizar la velocidad entre el mandril y el distribuidor. La velocidad del distribuidor es fundamental ya que durante su operación complementaria con el mandril, darán el ángulo desorientación los filamentos a enrollarse, y la direccionalidad de las fibras. (26)

El distribuidor tiene relación directa con el mandril, ya que funcionan al mismo tiempo y en ejes paralelos; existen procesos en los que el distribuidor móvil puede tener varios grados de libertad para dar una mayor direccionalidad a las fibras. La máquina devanadora de hilos de fibra no necesita de tantos grados de libertad, el principal objetivo es dar un enrollado uniforme y con la direccionalidad de fibras de acuerdo al estudio de materiales compuestos. (29)

Un factor importante a considerar en la construcción del distribuidor es la altura, ya que el operador de la máquina tendrá que calibrarlo, limpiarlo y pasar los hilos a través de las guías u ordenador de fibras que se apoya en el distribuidor.

2.3.3.1. Prototipo 3.1 de Distribuidor Móvil

Consta de una estructura resistente debido a que usa un perfil IPN como carril del distribuidor; encima de éste se desplaza el distribuidor paralelamente al mandril.

El distribuidor consta de ruedas para su desplazamiento sobre el perfil y de un motor eléctrico que se mueve conjuntamente con el distribuidor.

Éste concepto tiene como fundamento el transportar la resina y hacer el proceso de impregnación de resina en el mismo distribuidor, es decir mientras el distribuidor se mueve éste transporta la resina y se va impregnando conforme se van enrollando los filamentos en el mandril.(36)

La construcción de éste dispositivo es sencilla, ya que en el mercado se encontraron dispositivos similares; sin embargo hay que adaptarlos para poder transportar las resinas y controlar la velocidad del equipo.

Debido a la riel y las ruedas guías el prototipo puede mantener estabilidad y no moverse con la tensión de las fibras; además el peso de la estructura ayudará al sistema a mantenerse estable sin necesidad de un fuerte anclaje.

Estos mecanismos son reconocidos para soportar grandes cargas y transportar mucho peso, por lo que el concepto planteado resulta totalmente útil para nuestro propósito.

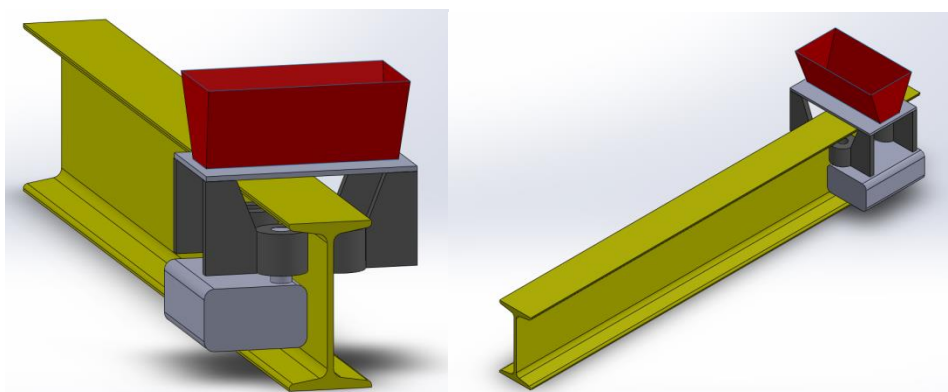


Ilustración 7: Prototipo 3.1

Desventajas:

Debido a que es necesario un perfil estructural IPN, la estructura es muy pesada y costosa. La instalación de los equipos necesitará varias personas para cargar la estructura o el uso de una grúa.

2.3.3.2. Prototipo 3.2 de Distribuidor Móvil

El prototipo es muy similar al 3.1 aparentemente, sin embargo su manera de operación es diferente. Éste prototipo opera desde el techo o altura, para distribuir los hilos sobre el mandril; por lo que puede colarse sobre el mandril o a un costado.

Se utiliza un perfil estructural IPN pero es un mecanismo mucho más simple que el prototipo 3.1; hay que recalcar que éste prototipo no transporta al reservorio de resina en su estructura. El no transportar el reservorio permite tener uno separadamente, para poderle hacer la limpieza y mantenimiento fácilmente, además de un monitoreo de niveles de resina.

La posición del distribuidor en alto permite al operador tener un mejor control del enrollado de fibras, mayor espacio de supervisión cerca del mandril. La tensión ejercida por las fibras es mayor debido a la altura del distribuidor y la trayectoria de la fibra, ayudando a un mejor producto final pretensado y dando un buen acabado superficial.

El motor eléctrico y el distribuidor cumplen el mismo funcionamiento que un puente grúa, a diferencia que éste no debe cargar tanto peso y mantiene una altura constante. El prototipo puede ensamblarse en base a un mecanismo de puente grúa y adaptarlo con el distribuidor.

Desventajas:

El costo es elevado como el de cualquier otro puente grúa, por lo que los costos de instalación también son altos.

Un factor negativo es el hecho que no transporta la resina ya que se necesitará construir otro elemento impregne la resina a las fibras; el hecho que no lleve al reservorio de resina es un factor muy importante ya que se dará desperdicios de resina durante el enrollado debido a la distancia entre los hilos de fibra recién bañados y el mandril.

Debido al goteo o desperdicio de resina, el proceso requerirá de mayor mantenimiento y limpieza.

El uso inicial de la máquina demandará al operario de mayor esfuerzo debido a que el distribuidor no se encuentra en un sitio de fácil acceso, es necesaria una escalera para poder pasar los hilos a través del distribuidor. En caso de falla el proceso resultará cansado para el operador.

2.3.3.3. Prototipo 3.3 de Distribuidor Móvil

La propuesta contempla un modelo de distribuidor de filamentos, que es capaz de cargar el ordenador de fibras y el recipiente para la impregnación de resina en las fibras.

El concepto de éste prototipo se basa en un distribuidor montado sobre un par de rieles que sirven como guías para el movimiento longitudinal del equipo. Éstas se encuentran ubicadas a un lado del mandril, siguiendo paralelamente su eje. (27)

El distribuidor se mueve por un motor eléctrico, que es de fácil calibración y puede operar a distintas velocidades. En el distribuidor se encuentran dos mesas, una de ellas es el soporte del mecanismo de ordenado de fibras y el otro es para el recipiente que contiene la resina.

Los materiales utilizados son comunes en el mercado y no resulta un diseño complicado. Las bases para el diseño de éste prototipo fueron el ahorro de materiales para la construcción del mismo, y reducir el peso; cumpliendo parámetros se diseñó el prototipo 3.3.

Su estructura permite transportarlo a cualquier parte, e instalarlo con facilidad. Debido al bajo peso de los componentes se lo puede ensamblar con tres personas; ahorra costos y tiempo de instalación. En caso de falla o desgaste de una de las piezas se la puede reemplazar con facilidad, ya que no se necesitan de equipos especiales para desmontar la máquina.

El prototipo incluye en un mismo cuerpo el distribuidor, ordenador e impregnador de resina; es muy útil porque permite ahorrar espacio, además acortar distancias entre los procesos previos al enrollado ayuda a que haya menos desperdicio y que los filamentos estén menos tiempo en el aire.(27)

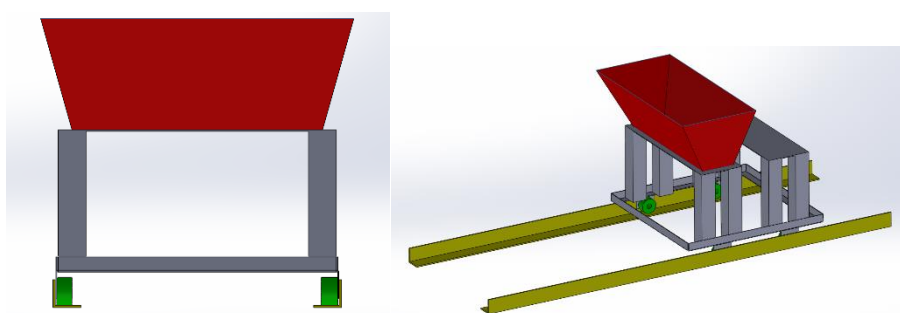


Ilustración 8: Prototipo 3.3

Desventajas:

La influencia de la tensión sobre el distribuidor puede influenciar en su direccionamiento en las rieles, causando un mal enrollado o pérdida de dirección del equipo. La construcción es complicada, ya que requiere el ensamble y adaptación de muchas piezas, se diferencia de los otros prototipos en que los otros son de fácil adquisición, pues se los puede encontrar en el mercado.

2.3.4. Sistema de Soporte y Rotación del Mandril

El sistema de rotación del mandril es indispensable para la máquina devanadora de hilos de fibra, es un mecanismo con fuerza necesaria para girar al mandril sobre su eje, con una velocidad variable; al mismo tiempo sirve de soporte del mandril para mantenerlo suspendido en el aire entre los dos soportes. (37)

Para que la máquina enrolle los hilos alrededor de todo el mandril es necesario que éste se encuentre suspendido en el aire sin necesidad de apoyos en el medio; esto evitaría que queden espacios sin filamentos o una acabado discontinuo en el poste.

El motor a considerarse para el mecanismo será en base del diseño final del mandril, ya que éste debe tener la potencia necesaria para mover el mandril y tener la posibilidad de regular la velocidad del mismo. El montaje del motor será en base al diseño, sin embargo se debe considerar su posición según las características de funcionamiento del motor.

2.3.4.1. Prototipo 4.1 de Soporte y Rotación del Mandril

El prototipo consta con una estructura capaz de soportar el peso del mandril y un mecanismo de giro para el mismo.

La ventaja de éste diseño es la facilidad del acople y desacople del mandril; soltando el rodillo superior se libera el mandril y se puede proseguir a la extracción del poste. El prototipo consta de tres ruedas o rodillos, la superior es la encargada de ajustar y asegurar el mandril. En la parte inferior se encuentran dos ruedas, una de ellas se encarga de transmitir el movimiento a la otra por medio de una banda; la rueda principal es conectada directamente al motor; es decir ésta es la que genera el movimiento en todo el mecanismo.

Éste diseño permite tener diferentes acoples o tipos de sujeción del mandril al mecanismo, además de ser un método que no necesita mucho mantenimiento ni presentará desgastes significativos en sus partes. En el caso de desgastarse uno de los cilindros, simplemente se ajusta más el cilindro superior, y el eje del mandril se acoplará adecuadamente al sistema.

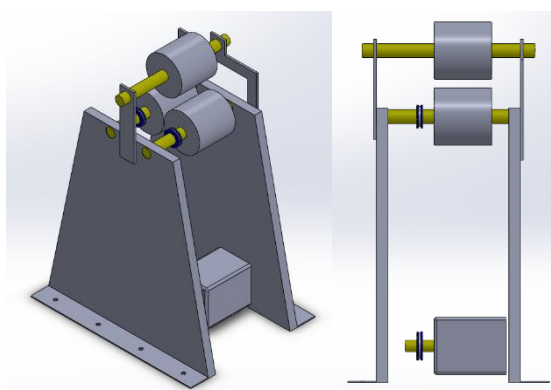


Ilustración 9: Prototipo 4.1

Desventajas:

El prototipo presenta una construcción compleja debido a que es necesario maquinar cada uno de los cilindros y ejes con tolerancias que permitan el giro y funcionamiento de cada una de las partes del equipo.

2.3.4.2. Prototipo 4.2 de Soporte y Rotación del Mandril

El diseño de éste concepto se basa en una construcción fácil y económica, buscando reducir costos y tiempo. Se tomó en consideración un mecanismo de polea directo al motor; esto nos ayuda a aumentar o reducir la fuerza del motor según la configuración de las poleas.

El mecanismo tiene dos chumaceras en la parte superior para soportar el eje de transmisión de movimiento, el que será conectado directamente al mandril. La construcción del sistema es fácil ya que los componentes del mecanismo se los puede encontrar en el mercado ecuatoriano, sin necesidad de maquinar ninguna pieza específicamente.

La estructura es capaz de soportar el peso y movimiento del mandril, en uno de los extremos se encuentra la base motorizada, y en el otro únicamente la base eje. Ambas bases soportan el peso del mandril y facilitan su movimiento.

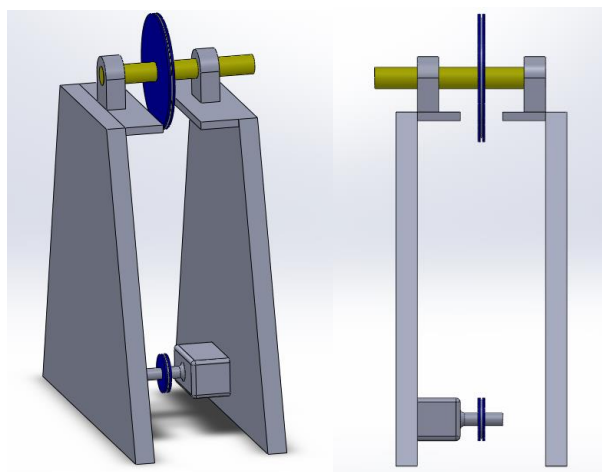


Ilustración 10: Prototipo 4.2

Desventajas:

Se necesitará un sistema de acople y desacople del mandril, lo que aumentará el tiempo de desmontaje del mandril para la extracción del poste. El desgaste de los componentes es mayor que en el prototipo anterior, debido al esfuerzo ejercido sobre el eje y el mecanismo de acople del mandril.

2.4. Prototipos Seleccionados

Después de un arduo análisis de las posibilidades de construcción de los diferentes prototipos, se escogió uno de cada componente por medio de un análisis conjuntamente con la compañía Postyher, para adaptar el diseño detallado a las necesidades técnicas y económicas de la fábrica.

Los prototipos con mayor puntaje que fueron seleccionados para un prototipo final de la máquina devanadora de hilos de fibra de vidrio reforzada son los siguientes:

PROTOTIPOS SELECCIONADOS
Prototipo 1.3 de Mandril.
Prototipo 2.1 de Homogenizador.
Prototipo 3.2 de Distribuidor Móvil de Fibras.
Prototipo 4.2 de Soporte y Rotación del Mandril.

Tabla 2: Prototipos Seleccionados

En base a los prototipos seleccionados, se realizó el diseño detallado de cada pieza de la máquina, considerando detalles constructivos, técnicos, posicionamiento, económicos y de resistencia de cada componente de la máquina.

Debido a que los prototipos son diseñados independientemente entre sí, posteriormente se realizaron adaptaciones entre componentes de la máquina, para asegurar un buen funcionamiento de la misma.

Como se mencionó anteriormente el diseño es un proceso evolutivo, por lo que los componentes de la máquina irán cambiando mientras el proyecto se direcciona al diseño final.

El diseño y conceptualización de prototipos fue indispensable para el diseño final de la máquina, fortaleció el diseño ya que eliminó modelos no aptos para las necesidades de Postyher, y a su vez tomó oportunidades al incorporar ideas de los prototipos no seleccionados para mejorar a los conceptos del diseño final.

3. CAPÍTULO III: Diseño Detallado

3.1.Descripción General

En el capítulo anterior se seleccionaron los prototipos a diseñarse en base a la normativa para la producción de postes FVR; además se distinguieron muchos de los componentes que formarán parte de la máquina y que deben dimensionarse de acuerdo a su funcionalidad en la misma.

En el diseño detallado se han diseñado y seleccionado las piezas, accesorios, partes, y equipos de la máquina de acuerdo a los parámetros del documento de requerimientos técnicos, a su vez en esta etapa del diseño se presentan cálculos de elementos críticos que podrían comprometer el funcionamiento del equipo. Los cálculos y el diseño se complementaron con simulaciones computacionales en partes críticas de la máquina para corroborar la veracidad de los cálculos y lograr evitar posibles fallas.

3.1.1. Funcionamiento de la MDFV

Como se definió anteriormente el proceso a utilizarse para la manufactura de postes de FVR será el de “Filament Winding” o Devanado de Hilos de Fibra de Vidrio (DHFV). La funcionalidad de la máquina girará en torno a este proceso y las etapas que éste requiera para llegar a producir el producto final.

Considerando el devanado de hilos de fibra de vidrio, se puede establecer que toda la construcción y resistencia del poste dependerá de dos elementos indispensables:

- Mandril
- Devanador de Fibras

El funcionamiento de la máquina se rige a la sincronización y adaptación de los movimientos del mandril y del devanador de fibras, pues la resistencia del poste dependerá de que tan buena sea la impregnación de la resina, el direccionamiento y distribución de las fibras sobre el mandril (38). Para esto se implementaron dos variadores de frecuencia que permiten controlar la velocidad tanto del devanador como del mandril independientemente. (39)

El mandril gira sobre un eje horizontal paralelo al desplazamiento lineal del devanador; la velocidad requerida para cada uno de los elementos debe ser calibrada previa al tipo de bobinado que se quiera realizar. El giro y la velocidad del mandril provienen de un motor trifásico de corriente alterna de acuerdo a los cálculos realizados. La transmisión de

potencia del motor al mandril viene dada por bandas en V y dos poleas; el mandril se conecta a un eje con una brida de acople rápido para poder extraer el mandril con facilidad. El molde (mandril) se encuentra suspendido entre dos bases que soportan su peso, uno de los extremos es motorizado y el otro un apoyo que permite su rotación. El hecho de que el mandril se encuentre suspendido en el aire facilita la extracción o ensamble del mismo, además de permitir una mejor limpieza del área y de todos los equipos.

El desplazamiento lineal del devanador es sobre un riel que soporta su peso y asegura que el desplazamiento sea paralelo al mandril; sin que éste se descarrile o pierda su dirección. El movimiento del devanador depende de un motor trifásico de corriente alterna conectado a dos poleas del mismo diámetro que están conectadas entre sí a través de cable de acero.

El devanador consta de tres partes: el distribuidor móvil, el recipiente que contiene la resina, y el organizador de fibras. El distribuidor se encarga del desplazamiento y soporta el peso de la resina, el recipiente permite almacenar la resina a ser impregnada en las fibras, además de tener rodillos templadores para tensar los filamentos; el organizador de fibras se encarga de distribuir las fibras de una manera ordenada y adecuada para que no se enreden al momento de ser enrolladas, es posible regular la altura de éste elemento según el molde o enrollado que se desee utilizar.

El sistema eléctrico y electrónico de la máquina está posicionado en un tablero de control principal donde se encuentran las debidas protecciones para los equipos, los variadores de frecuencia, contactores, etc. A partir de éste tablero se deriva un tablero de control secundario donde únicamente se encuentran los accesorios para que el operador controle la máquina y en caso de emergencia o falla pueda detenerla. Es importante reiterar que no se han considerado equipos de automatización en este trabajo por lo que es necesario implementarlos en un futuro en ésta máquina; sin embargo se recomendará algunas de las opciones que se deben considerar para el diseño de la automatización que se podría hacer posteriormente.

3.1.2. Montaje de la MDFV

El montaje de la máquina se llevará a cabo por Postyher en el sitio de operación de la misma, sin embargo la máquina fue montada provisionalmente en los talleres donde se construyó para ser probada y calibrada adecuadamente.

Según el TRD se exige que el montaje debe ser fácil, capaz de realizarse con un puente grúa con capacidad máxima de 1 Ton; para esto se dividió todos los preensamblajes de la máquina en partes las cuales su peso no sea mayor a 800kg.

El transporte del equipo a su sitio debe ser realizado en una plataforma de 7 a 12m de largo, y 2.20m de ancho; a fin de transportar todos los componentes conjuntamente, por facilidad y para evitar que éstos sufran golpes o rayones. Una vez en el sitio se los puede descargar con el puente grúa para evitar riesgos de trabajo a los empleados.

Se debe instalar la máquina sobre una superficie horizontal liza y que esté a nivel, para asegurar el desplazamiento lineal del devanador de fibras. Previamente a anclar la máquina al suelo ésta debe ser ensamblada como indican los planos en los anexos.

Es indispensable que las instalaciones tengan todas las adecuaciones pertinentes para el funcionamiento de la máquina como son:

- Ventilación
- Iluminación
- Punto de luz trifásico directo del tablero de distribución principal
- Energía eléctrica estable

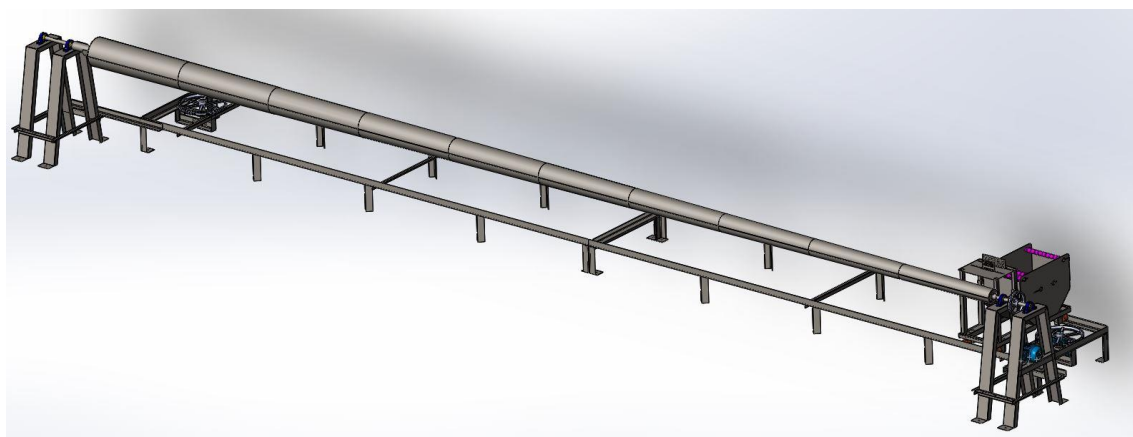


Ilustración 11: Ensamble MDFV

3.2. Diseño Crítico

Dado que el diseño crítico analiza la funcionalidad completa de la máquina para determinar los elementos de mayor importancia que requieren cálculos para asegurar el buen funcionamiento de la máquina y evitar que ésta falle o presente un riesgo de lastimar a alguien (6). Dentro del diseño se consideraron como elementos críticos los siguientes:

- Motor de Rotación del Mandril
- Motor de Desplazamiento Devanador de Fibras
- Eje de Transmisión de Potencia al Mandril
- Peso del Mandril
- Acoples del Mandril a los ejes de Rotación

Además de los cálculos pertinentes se realizaron simulaciones computacionales de cargas que soportan en éstos elementos.

Componentes de la máquina como el Distribuidor Móvil de Fibras y las Rieles no fueron considerados como elementos críticos, ya que éstos no deben resistir esfuerzos o cargas muy grandes. A su vez en caso de falla de una de éstas partes de la máquina, no se ve en riesgo ni el operador ni el producto. Las cargas a resistir de éstos elementos son mínimas comparadas con la resistencia de los materiales a utilizarse para su construcción.

3.2.1. Cálculo de la Velocidad Máxima de Enrollado

La velocidad de enrollado se basó en la investigación realizada, de donde se obtuvo que una velocidad óptima para el bobinado de fibras es de 60 m/min a 90 m/min. Ésta información se obtuvo de una publicación titulada: “Filament Winding with Increased Efficiency” por Michael Passler y Ralf Schledjewski. (39)

En esta publicación se describe la velocidad lineal del mandril; sin embargo para el diseño se la transformó a velocidad angular, para poder dimensionar los motores.

$$\omega_{max1} = \text{Velocidad Angular Máxima Mandril}$$

$$\overline{D}_m = \text{Diámetro Promedio del Mandril} = 235\text{mm}$$

$$\omega_{max1} = \frac{\text{Velocidad Lineal del Mandril [m/min]}}{\pi (\overline{D}_m)} \quad (40)$$

$$\omega_{max1} = 121.91 \text{ rpm} \approx 122 \text{ rpm}$$

Para el resto de los cálculos $\omega_{max1} = 122 \text{ rpm}$ considerada como la velocidad máxima de giro del mandril para el bobinado de FVR.

3.2.2. Cálculo de la Velocidad Máxima del Distribuidor de Fibras:

La velocidad máxima del distribuidor móvil se la calculó a partir de la velocidad máxima angular del mandril y el diámetro de las poleas que hacen funcionar el sistema. Con los datos tomados de la publicación mencionada anteriormente se determinó que la velocidad de desplazamiento lineal del distribuidor es de 30 m/min. Las poleas utilizadas en la máquina tienen relación uno a uno, ya que el motor seleccionado para el mecanismo es capaz de desplazar el distribuidor sin necesidad de una relación de transmisión de fuerza o de velocidad.

$$\begin{aligned} \omega_{\max 2} &= \text{Velocidad Angular Máxima Distribuidor} \\ D_{p2} &= \text{Diámetro de Polea Motor Distribuidor} = 510\text{mm} \end{aligned}$$

$$\omega_{\max 2} = 18.72 \text{ rpm} \approx 19 \text{ rpm}$$

La velocidad del motor del distribuidor de fibras es $\omega_{\max 2} = 19 \text{ rpm}$.

La variación de una de las velocidades ya sea ésta del mandril o del distribuidor permite hacer un tipo de enrollado diferente, que deberá ser programado según el diseño de materiales compuestos para los postes de FVR en función de la densidad y distribución de fibras en el poste.

3.2.3. Cálculo de Tiempo de Enrollado:

El cálculo de tiempo de enrollado es el tiempo que tardará la máquina en bobinar por completo un poste de FVR; éste cálculo es indispensable para justificar la rentabilidad de la máquina y el tiempo de producción de cada poste. Para esto se consideró la velocidad máxima de enrollado para un perímetro promedio del mandril:

$$\begin{aligned} \overline{P_m} &= \text{Perímetro Promedio del Mandril} = 738.27\text{mm} \\ T_E &= \text{Tiempo de Enrollado} \\ X_{mf} &= \text{Cantidad de Metros de Fibra Enrollados por Minuto} \end{aligned}$$

$$X_{mf} = \omega_{\max 1} \times \overline{P_m} (40)$$

$$X_{mf} = 90.28 \text{ m/min}$$

De los cálculos se obtuvo que se pueden enrollar 90.28 metros de fibra por minuto; los proveedores de fibra como Owens Corning y China Fiber indican que sus bobinas tienen aproximadamente 5200m de fibra y que su peso es de 23kg cada una. Considerando que un poste de 12m tiene un peso máximo de 222kg de los cuales el 70% es fibra y el

30% es resina (éste dato se obtuvo de la información suministrada de los proveedores de fibra, junto con la cotización de los materiales en base a la resistencia del poste requerida) se obtiene que un poste tiene 155.4kg de su peso en fibra y 66.6kg de resina; por lo que se necesitan $155.4\text{kg}/23\text{kg} = 6.75$ rollos de fibra por poste.

El diseño de la máquina permite enrollar simultáneamente más de un rollo de fibra a la vez, por lo que para calcular el tiempo de enrollado de un poste se calculó según el tiempo necesario para enrollar 5200m de fibra. Éste tiempo varía según la cantidad de rollos que se utilicen simultáneamente; sin embargo para los cálculos se toma en cuenta como si se enrollaran siete rollos al mismo tiempo de 5200m cada uno.

$$T_E = \frac{\text{Metros de Fibra por Bobina}}{X_{mf}}$$

$$T_E = 57.59 \text{ min} \approx 1 \text{ h}$$

Se calculó que el tiempo de enrollado del poste será de una hora; como se mencionó anteriormente este tiempo se cumple cuando se enrollan siete bobinas al mismo tiempo; además según los cálculos el enrollado óptimo es con siete bobinas para evitar desperdicios y gastar la materia prima por completo, a su vez esto permite tener un mejor control de la producción.

3.2.4. Cálculo de Potencia del Motor para Rotación del Mandril

La potencia del motor se la dimensionó en base al momento de inercia del mandril; tomando en cuenta que el motor debe vencer esa inercia para poder girar el mandril en un principio.

$P_p = \text{Peso del Poste} = 222\text{kg}$ $P_m = \text{Peso del Mandril} = 350\text{kg}$ $g = \text{Gravedad} \approx 9.8 \text{ m/s}^2$ $t = \text{tiempo necesario para enrollar } 90.28\text{m} = 60\text{s}$ $P_T = \text{Peso Total} = 575\text{kg}$ $P_F = \text{Carga Total a Moverse} = 5635\text{N}$ $T = \text{Torque}$ $\mathcal{P}_M = \text{Potencia Mecánica}$ $I_E = \text{Inercia del Cono Truncado Externo del Mandril}$ $I_I = \text{Inercia Interna del Cono Truncado Interno del Mandril}$ $I_T = \text{Inercia Total; del Cono Truncado Hueco del Mandril}$

Para calcular el torque necesario para girar el mandril primero se calculó la inercia del mandril considerando la inercia de un cono como se detalla a continuación:



$I_1 =$ Inercia del Cono 1
 $I_{1t} =$ Inercia del Cono 1t, para Truncar el Cono 1
 $R_1 =$ Radio Externo de la Base del Mandril = 0.160m
 $R_{1t} =$ Radio Externo de la Punta del Mandril = 0.075m
 $H_1 =$ Longitud/Altura Total del Cono
 $\rho =$ Densidad del Acero A36 = 7850 kg/m³

$$I_{\Delta} = \frac{3}{10} MR^2 \quad (43)$$

$$I_{\Delta} = \frac{1}{10} \rho \pi R^4 H \quad (43)$$

Por lo que:

$$I_1 = \frac{1}{10} \rho \pi R_1^4 H_1$$

H1 se calculó de acuerdo a las dimensiones reales del mandril; debido a que es cónico y conserva una conicidad constante a lo largo de su estructura, se resolvió el siguiente triángulo para determinar H1:



$$Y_1 = R_1 - R_{1t}$$

$$Y_1 = 0.085m$$

$$\tan(\theta_1) = \frac{0.085}{12}$$

$$\theta_1 = 0.41^\circ$$

$$\sin(\theta_1) = \frac{R_{1t}}{H_{1n}}$$

$$H_{1n} = 10.48m$$

$$H_1 = H_{1t} + H_{1n}$$

$$H_1 = 22.48m$$

Reemplazando los valores se calculó la inercia del cono, y se obtuvo el siguiente resultado:

$$I_1 = (4.53 \times 10^{-3} m^5) \rho$$

La inercia calculada corresponde a un cono, sin embargo el mandril tiene la forma de un cono truncado por lo que para calcular la inercia total se calculó la inercia de la punta del cono, para a ésta restarla de I_1 ; obteniendo de ésta manera únicamente la inercia del cono truncado.

$$I_{1t} = \frac{1}{10} \rho \pi R_{1t}^4 H_{1n}$$

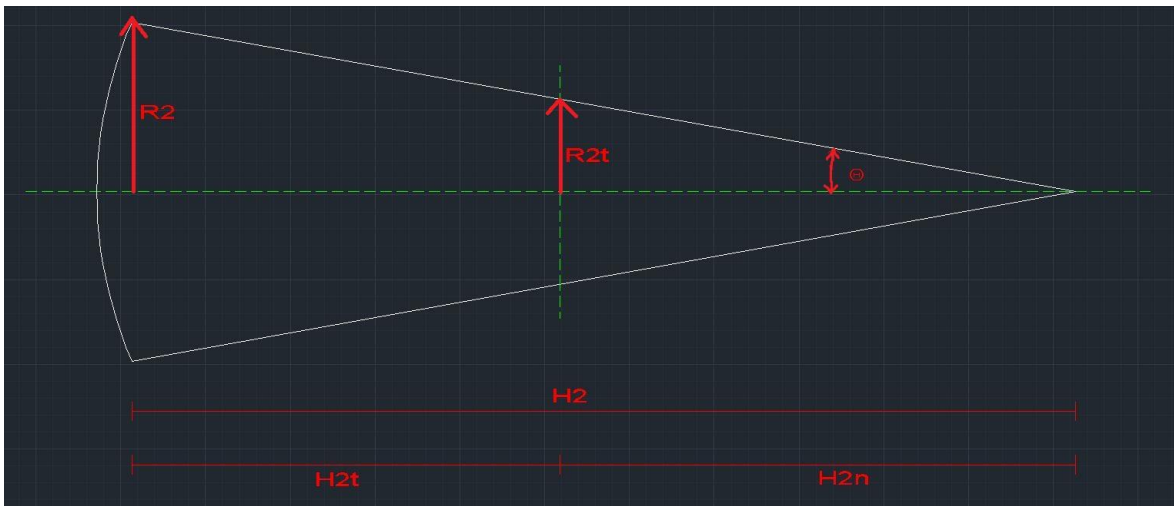
$$I_{1t} = (1.04 \times 10^{-4} m^5) \rho$$

Calculadas ambas inercias se restó I_{1t} de I_1 :

$$I_E = I_1 - I_{1t}$$

$$I_E = (4.53 \times 10^{-3} m^5) \rho$$

La inercia calculada I_E es la inercia total del cono truncado; ésta considera un cono sólido por lo que para calcular la inercia real del mandril se calculó la inercia interior del cono truncado. Para éste cálculo se realizó el mismo procedimiento que para I_E , se detalla a continuación:



$I_2 =$ Inercia del Cono 2
 $I_{2t} =$ Inercia del Cono 2t, para Truncar el Cono 2
 $R_2 =$ Radio Interno de la Base del Mandril = 0.155m
 $R_{2t} =$ Radio Interno de la Punta del Mandril = 0.070m
 $H_2 =$ Longitud/Altura Total del Cono
 $\rho =$ Densidad del Acero A36 = 7850 kg/m^3

$$I_2 = \frac{1}{10} \rho \pi R_2^4 H_2 \quad (43)$$

Para calcular I_2 se calculó H_2 y H_{2t} utilizando el ángulo Θ_1 ya que éste es el mismo ángulo para la geometría exterior e interior del cono.



$$Y_2 = R_2 - R_{2t}$$

$$Y_2 = 0.085m$$

$$\text{Tan}(\Theta_1) = \frac{0.085}{H_{2t}}$$

$$H_{2t} = \frac{0.085}{\text{Tan}(\Theta_1)}$$

$$H_{2t} = 11.88m$$

$$H_2 = H_{2t} + H_{2n}$$

$$H_2 = 21.66m$$

Encontrado H_2 se calculó la Inercia:

$$I_2 = \frac{1}{10} \rho \pi R_2^4 H_2$$

$$I_2 = (3.95 \times 10^{-3} m^5) \rho$$

Al igual que en la inercia calculada anteriormente, se calculó la inercia de la punta del cono para restarla de I_2 ; y así obtener la inercia del cono truncado interno del mandril:

$$I_{2t} = \frac{1}{10} \rho \pi R_{2t}^4 H_{2n}$$

$$I_{2t} = (7.38 \times 10^{-5} m^5) \rho$$

Se restó I_{2t} de I_2 obteniendo como resultado la inercia total del cono truncado interno del mandril.

$$I_I = I_2 - I_{2t}$$

$$I_I = (3.88 \times 10^{-3} m^5) \rho$$

Una vez calculada la inercia interna y la inercia externa del mandril, se calculó la inercia total del mismo; para cumplir con la geometría estipulada por el diseño del mandril:

$$I_T = I_E - I_I$$

$$I_T = [(4.53 \times 10^{-3} m^5) - (3.88 \times 10^{-3} m^5)] \rho$$

$$I_T = (6.5 \times 10^{-3} m^5) \rho$$

Reemplazando la densidad del acero A36 el resultado es el siguiente:

$$I_T = 5.1 \text{ Kg } m^2$$

Con la inercia total del cuerpo se calculó el torque necesario para hacer girar al mandril; para esto se utilizó la velocidad angular máxima del mandril en rad/s y la aceleración angular necesaria para alcanzar dicha velocidad en tres segundos tomando en cuenta los parámetros establecidos por Postyher en base a la patente ISSN 1068-798.

$\alpha = \text{Aceleración Angular}$
 $t = \text{tiempo necesario para llegar a la velocidad máxima} = 3s$
 $\omega = \text{velocidad angular máxima de giro del mandril} = 122\text{rpm} = 12.78 \text{ rad/s}$
 $\mathcal{T} = \text{Torque}$

$$\alpha = \frac{\omega}{t} \quad (41)$$

$$\alpha = 4.26 \text{ rad/s}^2$$

$$\mathcal{T} = I_T \times \alpha \quad (43)$$

$$\mathcal{T} = 21.73 \text{ kg } m^2 / s^2$$

A partir del torque y la velocidad angular se calculó la potencia del motor:

$$\mathcal{P}_M = \tau \times \omega \quad (43)$$

$$\mathcal{P}_M = 277.71 \text{ W} = 0.37 \text{ Hp}$$

La potencia necesaria del motor para mover el mandril es de 0.37 Hp; sin embargo se la sobredimensionó a 1 Hp considerando un factor de seguridad de 2.5. Se consideró un factor de seguridad alto debido a que en el cálculo se despreciaron los efectos de fricción de los soportes del mandril.

Con la potencia del motor y la velocidad máxima necesaria para el movimiento del mandril se puede ordenar un motor funcional para la máquina; la variación de velocidad es calibrada con variadores de frecuencia.

3.2.5. Cálculo de Reacciones y Momentos en el Mandril

El mandril es una de las partes más críticas en la máquina pues éste debe ser capaz de soportar su mismo peso además del peso de la resina y fibras a enrollarse; la resistencia del mandril es clave para que los postes a producirse mantengan siempre la misma calidad y forma.

Para obtener un cálculo más preciso de las reacciones y momentos del mandril se evaluó una carga distribuida a través de todo el mandril (en base al peso conjunto del poste y de las secciones del mandril, y el espaciamiento entre los tramos del mandril). Se realizó una tabla en Excel, se graficó la recta y se obtuvo la ecuación de la misma; éste desarrollo se encuentra en los anexos de la tesis. La carga distribuida equivalente $q(x)$ que se utilizó para todos los cálculos a continuación es:

$$q(x) = (-20.545x + 443.33)$$

La distribución de carga en el mandril se la modeló como una carga distribuida en una viga con dos apoyos simples, de esta manera se simplificó el sistema para facilitar los cálculos y para que el sistema sea estáticamente determinado.

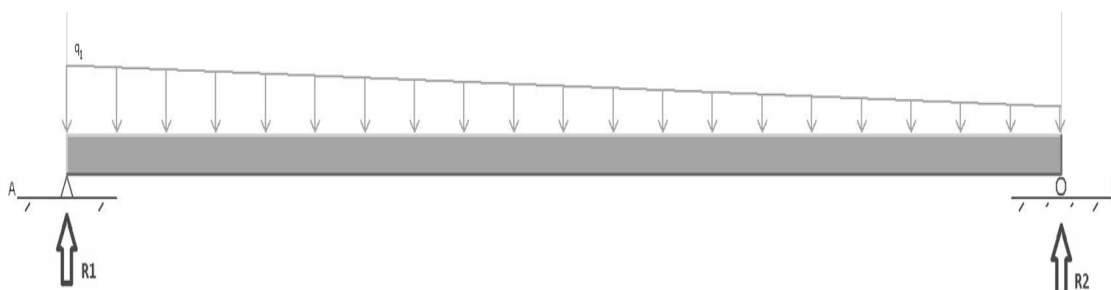


Ilustración 12: Diagrama de Reacciones Mandril

Con el método de las áreas se calcularon las fuerzas puntuales en el mandril, y se obtuvo lo siguiente:

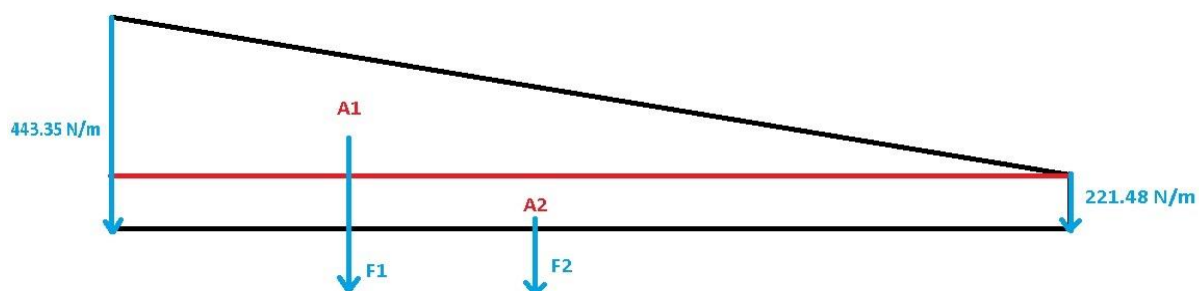


Ilustración 13: Diagrama de Cuerpo Libre Mandril

$$F_1 = 2662.44 \text{ N}$$

$$F_2 = 2657.76 \text{ N}$$

Conociendo las fuerzas se prosiguió a calcular las reacciones en el mandril con sumatoria de momentos en el punto A y sumatoria de fuerzas en el eje Y, de acuerdo a la ilustración 14; de donde se obtuvieron los siguientes resultados:

$$R_1 = 3103.84 \text{ N}$$

$$R_2 = 2216.36 \text{ N}$$

Realizados los cálculos preliminares del mandril y con ambas reacciones conocidas de los dos apoyos, se calculó el cortante V integrando la carga $q(x)$:

$$V = \int q(x)dx(43)$$

$$V = 10.27x^2 - 443.33x + C$$

La constante C equivale a la R_1 ya que se quiere calcular el cortante y momento flector en la parte crítica del mandril (se escogió la reacción más fuerte para el análisis).

$$V = 10.27x^2 - 443.33x + 3103.48$$

Resolviendo la ecuación cuadrática se obtuvo los siguientes resultados para el cortante:

$$V_1 = 34.38 \text{ N}$$

$$V_2 = 8.79 \text{ N}$$



Ilustración 14: Diagrama de Cortante Mandril

Integrando el cortante V se obtiene el momento flector:

$$M_F = \int V(x) dx$$

$$M_F = 3.42x^3 - 221.67x^2 + 3103.84x$$

La solución de la ecuación cúbica dio los siguientes resultados:

$$M_{F1} = 44.35 Nm$$

$$M_{F2} = 0 Nm$$

$$M_{F3} = 20.46 Nm$$

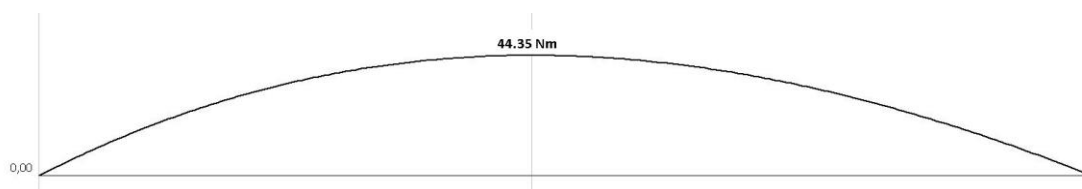


Ilustración 15: Diagrama de Momento Flector Mandril

Los diagramas de cortante y momento flector permiten identificar el momento flector máximo, es decir cuando el cortante es cero el momento flexionante es máximo como se puede ver en las figuras.

Con el momento flexionante máximo M_{F1} se calculó el esfuerzo crítico σ en el mandril, para esto se consideró una geometría tubular con el diámetro promedio del mandril y se obtuvieron los siguientes resultados:

$$C = \text{Centroide del Mandril}$$

$$I = \text{Momento de Inercia del Mandril}$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{máx}} \times C}{I} \quad (44)$$

$$\sigma = 204.36 \text{ kpa}$$

De acuerdo a la tabla E-24 de propiedades mecánicas de los materiales comunes, se tiene que el esfuerzo máximo aproximado para el acero A36 es de 334.165 Mpa(6); por lo

que se puede concluir que el diseño del mandril es viable y va a soportar la carga de su mismo peso y la del poste sin problema.

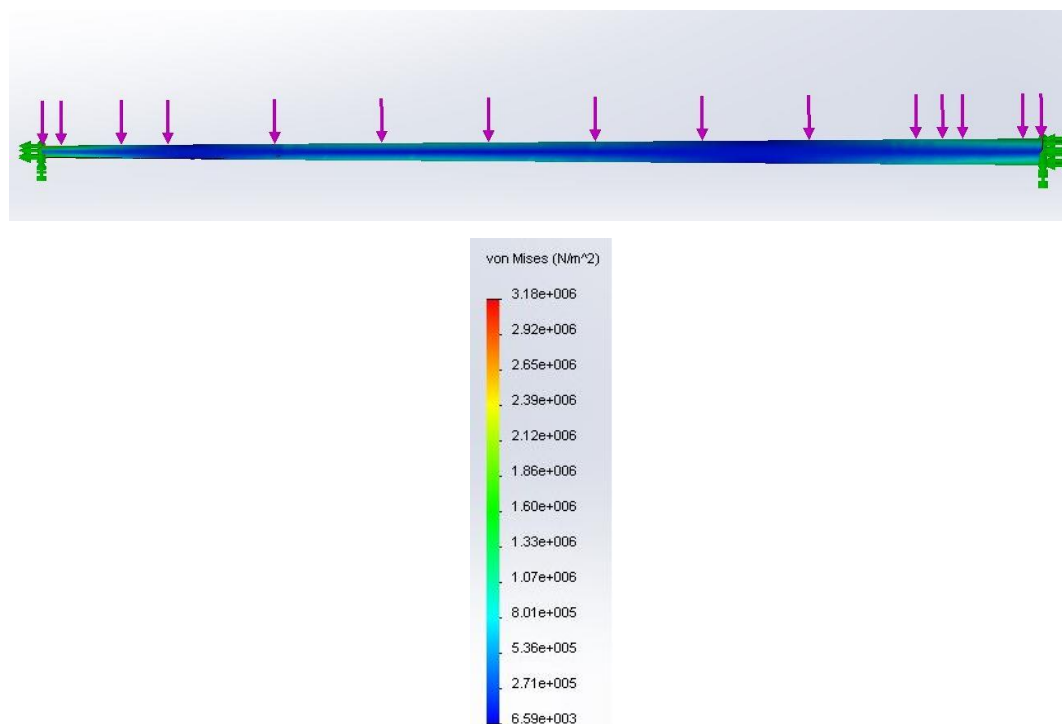


Ilustración 16: Simulación de Cargas en el Mandril

Se simuló el mandril en SolidWorks 2013 con los dos soportes al igual que en los cálculos del mismo; la simulación demuestra un desplazamiento máximo de 0.038mm lo que demuestra que nuestros cálculos fueron correctos y el mandril soportará la carga necesaria, es decir de su peso y el del poste.

3.2.6. Esfuerzo Cortante en Pernos de Acople Punta Mandril

Los pernos del acople de la punta del mandril son críticos para el diseño ya que deben soportar toda la carga del mandril y del poste; por esta razón se realizaron cálculos de esfuerzo cortante según la distribución de los pernos en el acople.

El acople consta de cuatro pernos y dos bridas que se encuentran ubicados simétricamente como detallan las figuras a continuación:

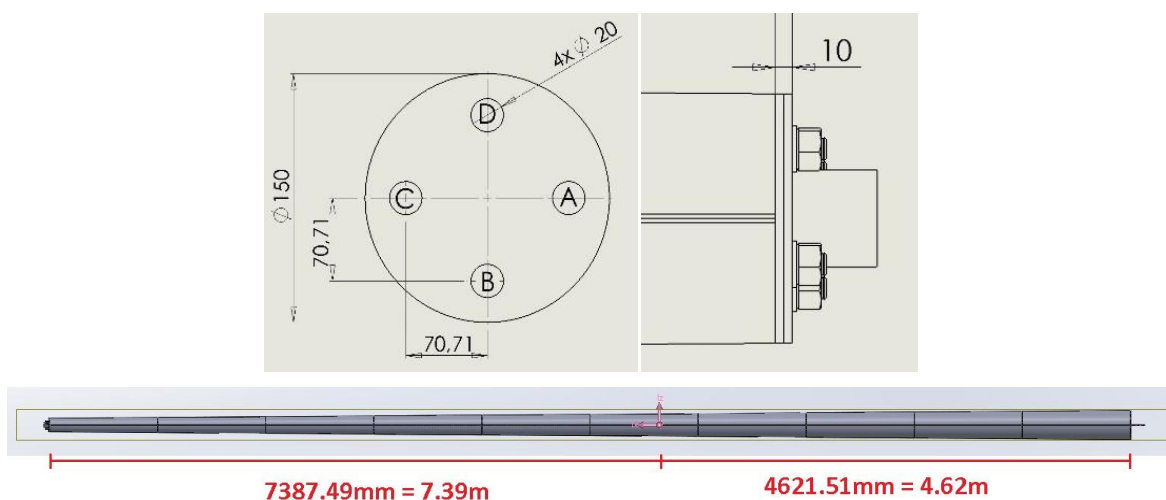


Ilustración 17: Cálculo Acople Punta

El esfuerzo cortante V_1 que los pernos van a soportar es la carga máxima a soportar; generada por la reacción R_2 calculada anteriormente.

$$d = \text{Brazo de Palanca} = 7.39 \text{ m}$$

$$V_1 = \text{Esfuerzo Cortante 1} = R_2 = 2216.36 \text{ N}$$

Por simetría la carga cortante se distribuye igual en los cuatro pernos, por lo que se calculó el cortante primario por cada perno de la siguiente manera:

$$n = \text{Cantidad de Pernos en el Sistema} = 4$$

$$F_A^1 = \text{Cortante Primario por Perno}$$

$$F_A^1 = \frac{V_1}{n} \quad (6)$$

$$F_A^1 = \frac{2216.36 \text{ N}}{4}$$

$$F_A^1 = 554.09 \text{ N}$$

Calculado el esfuerzos se continuó con el diseño de los pernos que soportarán la carga total, para esto se calcularon las longitudes del perno de acuerdo a los tamaños de pernos existentes en el mercado, evitando así la fabricación específica de pernos para la máquina.

L_{p1} = Longitud Mínima del Perno de Acople Punta
 L_{t1} = Longitud de la Rosca Perno Acople Punta
 L_{r1} = Longitud de la Sección no Roscada Perno Acople Punta
 ϕ_{12} = Diámetro Mayor del Perno = 12mm
 ϕ_{12m} = Diámetro Menor del Perno = 11.4mm
 * Las dimensiones de las tuercas, pernos y arandelas se obtuvieron de medidas estándares que se encuentran en la tabla E-28 Shigley.

L_{p1} = Espesor de las Superficies a Sujetar + Altura de la Tuerca + Altura de la Arandela (6)

$$L_{p1} = (5\text{mm} + 5\text{mm}) + (7.76\text{mm}) + 2\text{mm}$$

$$L_{p1} = 19.76\text{mm} \approx 20\text{mm}$$

$$L_{t1} = \phi_{12} + 6(6)$$

$$L_{t1} = 18\text{mm}$$

$$L_{r1} = L_{p1} - L_{t1}$$

$$L_{r1} = 2\text{mm}$$

Debido a que la longitud sin rosca del perno es mayor al espesor total de las piezas a unirse, el esfuerzo cortante máximo del perno se dará en el mayor diámetro del mismo; para esto se tomó en cuenta el área de la sección de menor diámetro y F_A^1 ya que es la mayor carga en el perno.(6)

τ_1 = Esfuerzo Cortante Máximo 1
 $A_{\phi_{12}}$ = Área del Diámetro Mayor del Perno = 113 mm²

$$\tau_1 = \frac{F_A^1}{A_{\phi_{12}}} (6)$$

$$\tau_1 = \frac{554.09\text{N}}{113\text{mm}^2}$$

$$\tau_1 = 4.9 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo cortante máximo calculado por cada perno está dentro de los pernos de acero con grado 4.6; que tienen una resistencia mínima a la fluencia de 240Mpa (6). El esfuerzo cortante máximo es bajo comparado con la resistencia del perno, por lo que no es necesario considerar un factor de seguridad. Los pernos a utilizarse son pernos de fácil accesibilidad en el mercado ecuatoriano, no se requiere de pernos de aceros especiales.

3.2.7. Cálculo de Esfuerzo Cortante en Acople Base Mandril

Es un esfuerzo crítico en este punto debido a que es un elemento del mandril que soportará gran parte de la carga del mismo; se consideró como carga máxima en el punto a la reacción R_1 calculada anteriormente.

El cálculo del esfuerzo cortante del perno del acople base del mandril se realizó en base a las figuras a continuación:

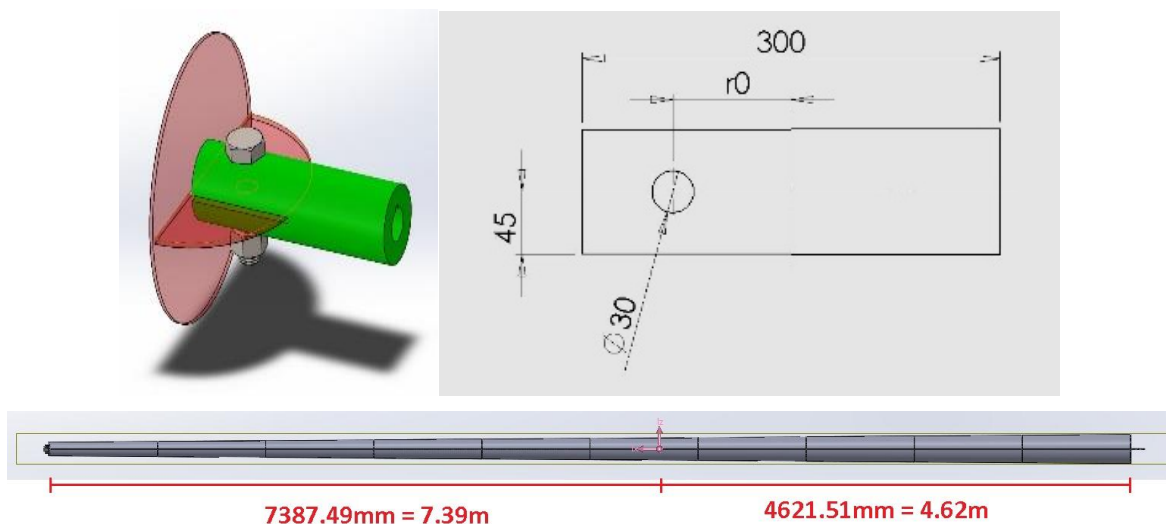


Ilustración 18: Cálculo de Acople Base

El cortante V_2 que los pernos van a soportar es la carga máxima a soportar; es decir R_1 . El cortante es igual a la carga cortante primaria, ya que sólo hay un perno; es decir se distribuye en un solo elemento el cortante.

$$R_1 = F_B^1 = 3103.84N$$

Al igual que en cálculo de los pernos para el acople de la punta del mandril se diseñó el perno, de acuerdo a las superficies a unirse y los pernos existentes en el mercado según la tabla E-28 de Shigley.

$L_{p2} = \text{Longitud M\u00ednima del Perno de Acople Base}$ $L_{t2} = \text{Longitud de la Rosca Perno Acople Base}$ $L_{r2} = \text{Longitud de la Secci\u00f3n no Roscada Perno Acople Base}$ $\Phi_{20} = \text{Di\u00e1metro Mayor del Perno} = 20\text{mm}$ $\Phi_{20m} = \text{Di\u00e1metro Menor del Perno} = 19.2\text{mm}$ <i>* Las dimensiones de las tuercas, pernos y arandelas se obtuvieron de medidas est\u00e1ndares que se encuentran en la tabla E-28 Shigley.</i>
--

$$L_{p2} = \text{Espesor de las Superficies a Sujetar} + \text{Altura de la Tuerca} + \text{Altura de la Arandela} \quad (6)$$

$$L_{p2} = 90\text{mm} + 12.88 + 2\text{mm} \quad (6)$$

$$L_{p2} = 104.88 \approx 105\text{mm}$$

$$L_{t2} = 46\text{mm}$$

$$L_{r2} = 59\text{mm}$$

La longitud roscada del perno se encuentra dentro de las superficies a unirse, por lo que el c\u00e1lculo de esfuerzo cortante m\u00e1ximo se realiz\u00f3 en la secci\u00f3n del perno con menor di\u00e1metro.

$\tau_2 = \text{Esfuerzo Cortante M\u00e1ximo 2}$ $A_{\Phi_{20m}} = \text{\u00c1rea del Di\u00e1metro Menor del Perno} = 289.53 \text{ mm}^2$
--

$$\tau_2 = \frac{F_B^1}{A_{\Phi_{30m}}} \quad (6)$$

$$\tau_2 = \frac{3103.84\text{N}}{289.53\text{mm}^2}$$

$$\tau_2 = 10.72 \text{ Mpa}$$

Con el resultado obtenido es factible utilizar un perno de acero M20 de grado 4.6; ya que \u00e9stos tienen una resistencia m\u00ednima de fluencia de 240Mpa (6). Al igual que en el c\u00e1lculo del perno de acople punta no es necesario considerar un factor de seguridad ya que τ_2 es bajo comparado con la resistencia m\u00ednima a la fluencia de los pernos con grado 4.6.

3.2.8. Cálculo de Reacciones y Momentos en el Eje de Soporte del Mandril

El eje de soporte del mandril es crítico ya que éste va a soportar todo el peso y además es el encargado de transmitir el movimiento de rotación del motor al mandril; por esto se hicieron cálculos en el eje para comprobar que no va a fallar y va a soportar la carga o esfuerzo a realizar.

En el siguiente diagrama se puede ver la configuración del eje y las fuerzas que actúan en él. En base a la figura se realizaron los cálculos necesarios.

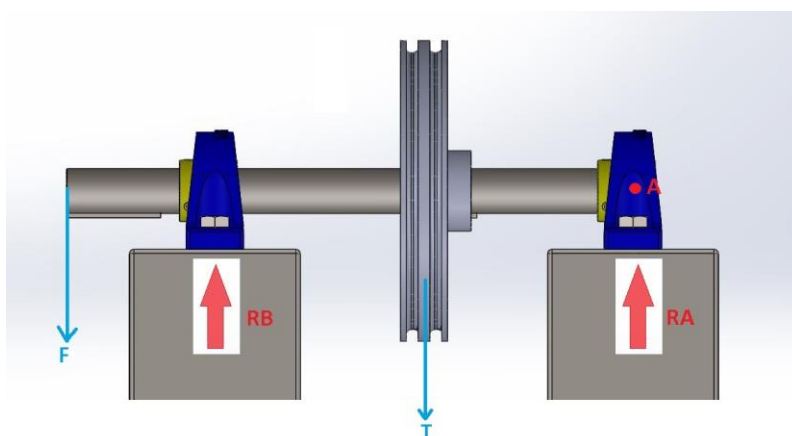


Ilustración 19: Diagrama de Cargas en Eje Mandril

La situación es similar a la del mandril, pues se simplificó el eje a dos apoyos simples ya que no hay cargas axiales que generen más reacciones. Para el cálculo de reacciones se realizaron sumatoria de momentos y de fuerzas respecto al punto A, se obtuvieron los siguientes resultados:

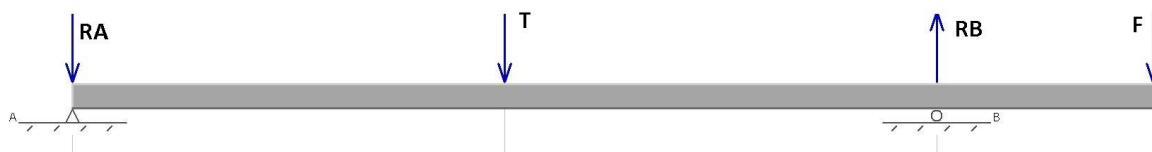


Ilustración 20: Diagrama de Cuerpo Libre Eje Mandril

$$T = 460.1 \text{ N}$$

$$R_A = -1687.69 \text{ N}$$

$$R_B = 1704.44 \text{ N}$$

$$F = 443.35 \text{ N}$$

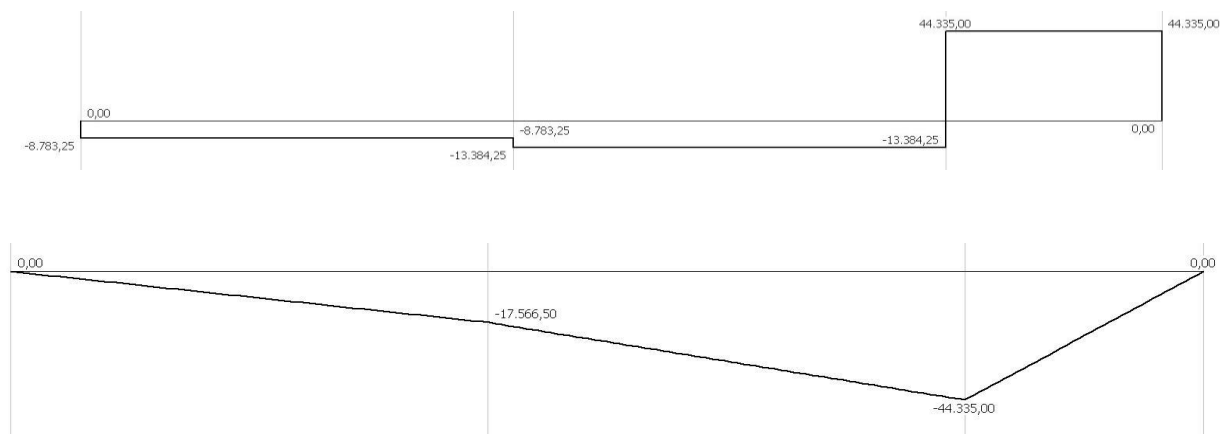


Ilustración 21: Diagrama de Cortante y Momento Flector, Eje Mandril

Se puede observar que el momento flector es máximo cuando el cortante es cero, por lo que se calculó el esfuerzo crítico σ en el momento de la fuerza F.

$$\sigma = \frac{M_{\text{máx}} \times C}{I} \quad (44)$$

$$\sigma = 4.41 \text{ Mpa}$$

De acuerdo a la tabla E-24 de propiedades mecánicas de los materiales comunes (6), el eje aguantará las cargas de tensión y peso del mandril.

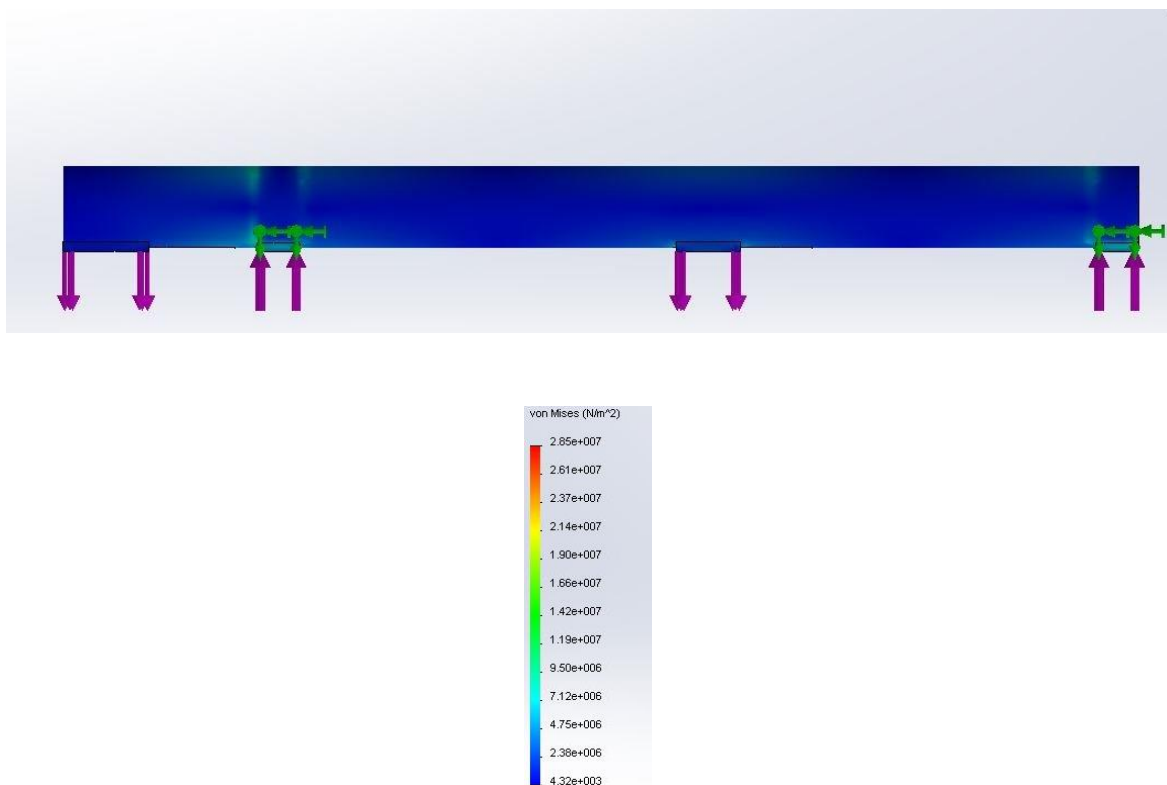


Ilustración 22: Simulación de Cargas en Eje del Mandril

Se realizó una simulación de las cargas en el eje de soporte del mandril con lo que se verificó que los cálculos fueron correctos; como se puede ver en la figura no hay concentraciones de esfuerzos que demuestren un problema en el eje ya sea cortante o flector debido a que según el criterio de Von Mises el material no sobrepasa sus límites elásticos, manteniendo su forma. El diseño del eje es el adecuado para las cargas que va a soportar por lo que puede implementarse en el sistema.

3.2.9. Estimación de Materiales Compuestos

Para justificar el diseño de la máquina se estimó la resistencia de los materiales compuestos, considerando las exigencias de la Empresa Eléctrica Quito: (1)

- Resistencia a la tensión: 500N
- Espesor máximo del Poste: 8mm
- Diámetro de la Punta: 150mm
- Diámetro de la Base: 320mm
- Deflexión Máxima: 10% de la longitud libre de empotramiento

Para aproximar el cálculo a la realidad del poste se calculó un diámetro promedio (D_p) y se consideró un cilindro hueco.

$$D_p = \text{Diámetro de la Base} - \text{Diámetro de la Punta}$$

$$D_p = \frac{320\text{mm} - 150\text{mm}}{2}$$

$$D_p = 85\text{mm}$$

El diámetro promedio se lo consideró como el diámetro externo del cilindro, por lo que el diámetro interno es de 77mm tomando en cuenta el espesor máximo del poste de acuerdo a la normativa de la EEQ.(1)

Para comprobar que el poste soportará los 500N de carga en la punta se debe calcular el módulo de elasticidad del cilindro, para de ésta manera compararlo con el módulo de elasticidad de las fibras de los diferentes proveedores en el mercado.

El módulo de elasticidad del cilindro hueco viene dado por:

$$E = \frac{4FL^3}{3\pi\Delta y(DiámetroExterno^4 - DiámetroInterno^4)} \quad (2)$$

Donde F es la carga máxima a aplicarse en el poste, es decir 500N; Δy corresponde a la deflexión máxima considerando una viga en cantiléver con una carga en el extremo, y L a longitud total del poste.

La deflexión máxima del poste corresponde al 10% de la longitud libre de empotramiento del poste según la norma ANSI C136.20. (1) Para el cálculo de la deflexión del poste se calculó la longitud de empotramiento de un poste de 12m de acuerdo a lo estipulado por la EEQ de la siguiente manera:

$$Longitud\ de\ Empotramiento = 0.1 * L_{Total} m + 0.5m \quad (1)$$

$$Longitud\ de\ Empotramiento = 0.1 * 12 m + 0.5m$$

$$Longitud\ de\ Empotramiento = 1.7m = l_e$$

Por lo que la deflexión máxima será de 0.17m que corresponde al 10% de la longitud de empotramiento.

La longitud de empotramiento del poste utilizada para el módulo de elasticidad del cilindro se calculó con un factor de seguridad de tres, por lo que la longitud de empotramiento utilizada para el cálculo del módulo de elasticidad fue de 5.1m.

Se calculó el módulo de elasticidad del cilindro en la parte crítica del poste, es decir en la sección de empotramiento del poste, ya que en ese punto puede ocasionarse la rotura.

Con los datos calculados se calculó el módulo de elasticidad para el cilindro:

$$E = \frac{4Fl_e^3}{3\pi\Delta y(DiámetroExterno^4 - DiámetroInterno^4)} \quad (2)$$

$$E = \frac{4 \times 500N \times (5.1m)^3}{3\pi \times 0.17m((0.085m)^4 - (0.077m)^4)}$$

$$E = 9.71 GPa$$

En base a la estimación calculada el poste cumple con las especificaciones y soportará los 500N de carga en la punta, ya que el módulo de elasticidad calculado es mucho menor al módulo de elasticidad de las fibras cotizadas en los proveedores. (16)

3.3. Diseño Paramétrico y Construcción

En esta etapa del diseño se modelaron las partes de la máquina y se crearon planos ingenieriles para el ensamblaje y construcción de las mismas. Se toma los cálculos o datos obtenidos de la sección anterior, para obtener un producto final aceptable y que cumpla con los estándares de diseño.

Se utilizó SolidWorks 2013 para el diseño a detalle de todos los componentes de la máquina; éste software permite mantener un orden adecuado de las piezas además de gráficamente darnos una idea de cómo se verá el producto final; sus dimensiones y operación.

En éste diseño se consideran todos los componentes de la MDFV, con lo que es posible hacer un listado de todas las partes y piezas, y el posterior análisis económico antes de la construcción de la máquina.

3.3.1. Mandril

El diseño y construcción del mandril se basó en el Prototipo 1.3 del Mandril dividiendo al mandril en diez tramos y diez secciones; además de los acoples para transmisión de potencia, y rotación. Para el ensamble del mandril se consideró la soldadura y preparación de juntas necesarias para el ensamblaje del mismo, que se detallan en el WPS de los anexos y planos.

De acuerdo al documento de requerimientos técnicos el mandril debe tener un peso inferior a 375kg, una conicidad continua de 1.8 y una longitud adecuada para la producción de postes de hasta 12m de largo, según la normativa de la Empresa Eléctrica Quito.

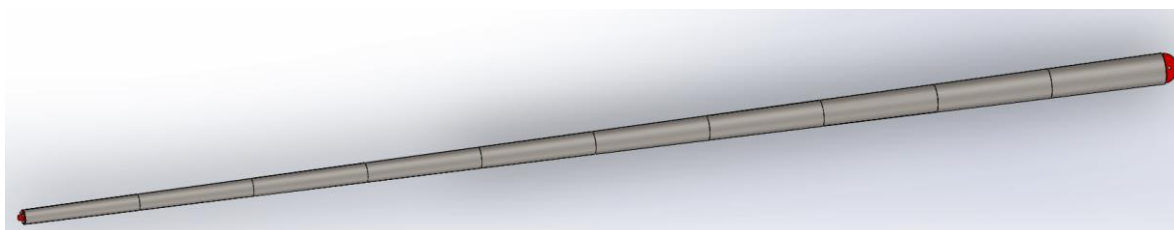


Ilustración 23: Mandril Diseño Paramétrico SolidWorks



Ilustración 24: Mandril Real

3.3.1.1. Tramos del Mandril

Ésta división se llevó a cabo para facilitar la construcción del mandril, puesto que en el mercado ecuatoriano la chapa metálica se la puede encontrar en planchas de 1200x2400x5mm con facilidad. Dividido el mandril en diez tramos facilita el corte del material a 1200mm de largo, es decir necesitamos diez tramos de 1200mm para completar los 12000mm totales del mandril; con ésta decisión se aprovecha al máximo el material, y en caso de que algún día una parte del mandril se dañe es fácil reemplazarla por una nueva.

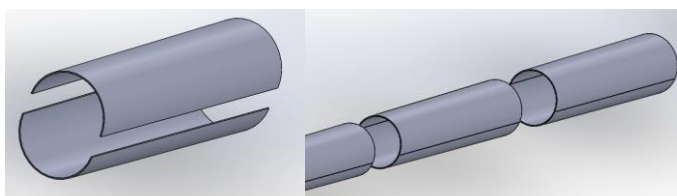


Ilustración 25: Diseño Paramétrico Secciones y Tramos del Mandril en Solid Works

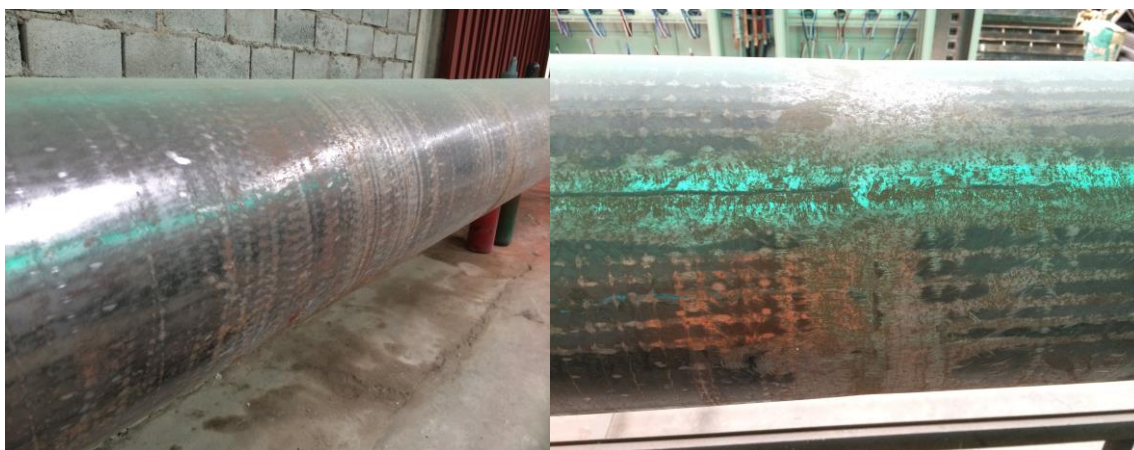


Ilustración 26: Secciones del Mandril Reales

Los tramos del mandril están formados por dos secciones cada uno; ambas secciones son simétricas y tienen las mismas dimensiones.

Las secciones deben ser roladas, posterior al corte de la chapa metálica con las dimensiones establecidas, para así asegurar la conicidad de la misma.

La unión de las secciones y de los tramos debe ser por suelda de filete según el WPS (“Welding Procedure Specification” – Especificación de Procesos de Soldadura) adjunto en los anexos; la junta debe ser preparada dejando un chaflán de 2.5mm para que haya una mejor penetración de la suelda y posteriormente esmerilar las soldaduras, dejando así una superficie lisa que permita que las fibras enrolladas se deslicen y la extracción del mandril sea fácil.

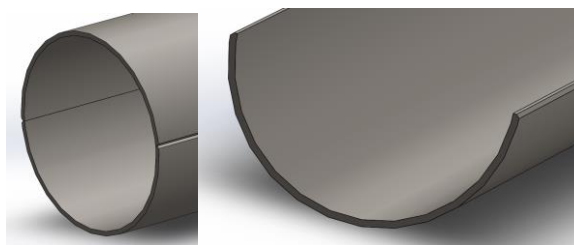


Ilustración 27: Acabado Superficial Secciones y Tramos del Mandril

El mandril diseñado debe ser fabricado en chapa metálica de 5mm de espesor para cumplir con los propósitos de peso y funcionamiento; el diseño permitió hacer un mandril hueco aliviando así su estructura; el peso del mandril cumple con los estándares de diseño ya que su peso es de 350kg (25kg menor a la establecida), mantiene la conicidad de 1.8 y permite la producción de postes de hasta 12m de largo.

3.3.1.2. Acople a eje Motorizado (Acople de Transmisión de Potencia y Movimiento)

El acople a eje motorizado se diseñó en base al dimensionamiento del eje, y el diámetro de la punta del mandril. Ésta piza es la encargada de unir y transmitir el movimiento del motor al mandril. La funcionalidad de la misma se basa en la facilidad y tiempo de acoplar y desacoplar el mandril del sistema de devanado de filamentos, para tener una producción eficiente.

Para esto se diseñó un método para unir y separar el mandril del acople con la ayuda de pocas herramientas y poco esfuerzo. Éste procedimiento viene dado por cuatro

pernos que son capaces de soportar el esfuerzo cortante que ejerce el mandril sobre ellos, éstos pernos son soldados a la punta del mandril para que únicamente se necesite una llave de tuerca al momento de acoplar y desacoplar la punta del mandril.

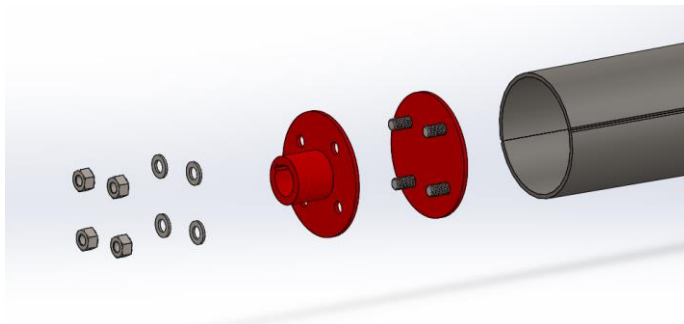


Ilustración 28: Detalle de Acople Punta del Mandril



Ilustración 29: Detalle Real Acople Punta

La construcción de estas piezas fue hecha con corte de plasma CNC para las bridas, consiguiendo así precisión en el corte y las perforaciones para mantener la concentricidad del ensamblaje. El acople requirió de soldadura para unir el eje hueco con la brida base; para esto se adjunta el WPS.

3.3.1.3. Acople a Eje No Motorizado

Éste acople se encuentra posicionado en la base del mandril, éste se encarga de transmitir el movimiento al eje y a las chumaceras para girar con facilidad. El diseño de ésta pieza acelera el enganche y desenganche del mandril, pues a diferencia del acople de la punta únicamente es unido por un perno al eje. El perno fue dimensionado de acuerdo a los cálculos de esfuerzo cortante realizados en la sección anterior.

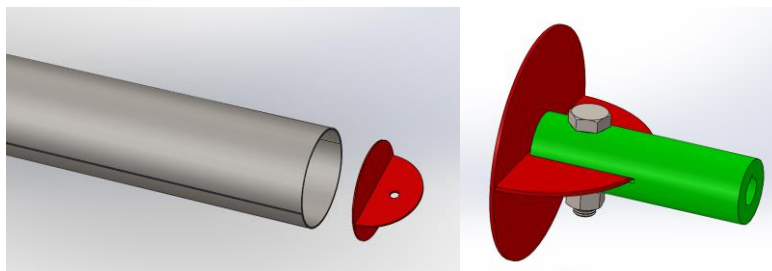


Ilustración 30: Detalle Acople Base Mandril



Ilustración 31: Detalle Real Acople Base

La una parte del acople va soldada directamente a la base del mandril mientras que la otra va unida al eje de la base no motorizada. No se utilizó el mismo sistema en la punta debido a que el diámetro de la punta es menor y no permitía que el sistema funcione apropiadamente. El maquinado del eje se realizó con fresa y torno de acuerdo a los planos adjuntos; y el corte de la brida por plasma CNC.

3.3.2. Base de Mandril Motorizada y No Motorizada

La base del mandril motorizada es indispensable para la transmisión de potencia del motor al eje motorizado del mandril. El diseño de ésta se llevó a cabo considerando una altura cómoda para suspender al mandril y poder inspeccionar el enrollado de los filamentos con facilidad; además de permitir a los trabajadores hacer un fácil ensamble y desensamble del mandril.

La estructura debe ser anclada al piso para evitar que ésta se mueva con las vibraciones del mandril; a su vez ésta es anclada al riel para mantener siempre el paralelismo entre el mandril y el devanador de fibras.

La construcción y ensamblaje de ésta requirió de uniones por soldadura para los componentes fijos y uniones apernadas para los motores, y partes móviles.

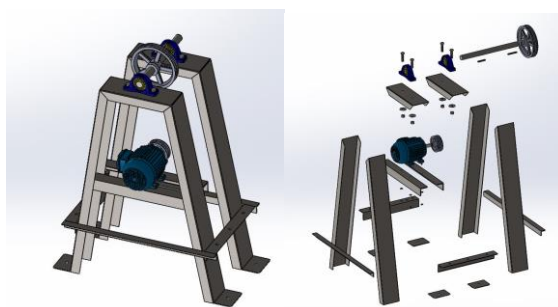


Ilustración 32: Diseño Paramétrico Soporte Motorizado del Mandril



Ilustración 33: Diseño Real Soporte Motorizado del Mandril

La base del mandril no motorizada sólo se diferencia en que no tiene los soportes del motor ni el motor. Los cálculos de eje son los mismos debido a que se consideró el mismo peso en ambas puntas.

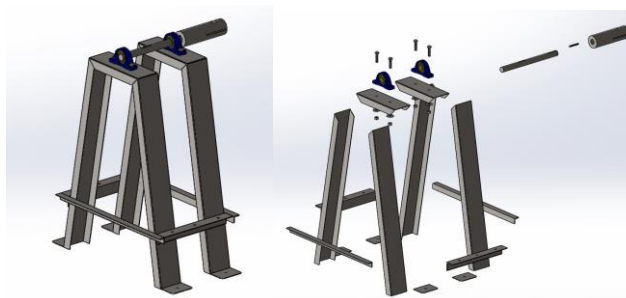


Ilustración 34: Diseño Paramétrico Base No Motorizada Mandril



Ilustración 35: Base No Motorizada Real

3.3.3. Impregnador de Resina

El impregnador de resina se divide en dos partes, la tina de resina y las guías e impregnadores de resina. Para impregnar la resina en las fibras éstas son templadas y guiadas a través de canales en los rodillos de impregnación, creando presión en las mismas y eliminando las burbujas de aire en las fibras. Posteriormente los filamentos pasan por el distribuidor para ser enrollados en el molde.

Una buena impregnación de resina ayuda a mejorar la resistencia de los materiales compuestos, además de mejorar el acabado superficial del PFVR y a su vez mejorar el proceso de curado.

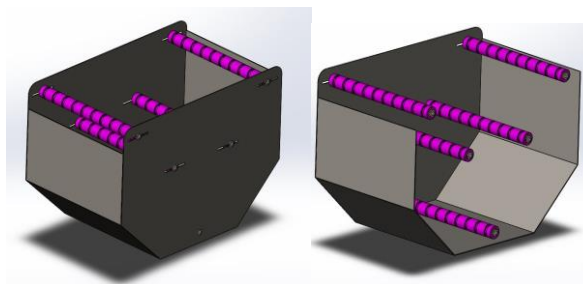


Ilustración 36: Diseño Paramétrico Impregnador de Resina

3.3.3.1. Tina de Resina

La tina de resina es la encargada de almacenar la resina que va a ser utilizada para la construcción del poste. Ésta fue diseñada basándonos en la posibilidad de tensar las fibras usándola a ella de soporte y dando la posibilidad de cambiar la tensión según se requiera. Para esto las paredes laterales de la tina tienen perforaciones donde puede regularse o calibrarse la tensión que se requiera.

El diseño de éste componente exigió tomar en cuenta la limpieza del mismo, puesto que si la resina se seca en su interior, ésta va a estorbar y dañar posiblemente las fibras durante el enrollado. Por éste motivo se optó por una tina con caída para facilitar la limpieza de la misma, a su vez en el fondo de la tina hay un tapón que permite drenar el sobrante de resina o los desperdicios que se encuentren en la tina.

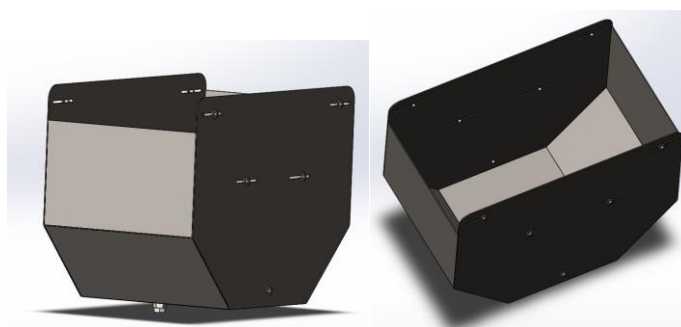


Ilustración 37: Diseño Paramétrico Tina de Resina

La construcción de la tina fue en chapa metálica de 3mm de espesor, para el corte de la parte central se utilizó cizalla y para las paredes laterales plasma CNC; la parte central de la tina fue doblada con plegadora semiautomática para garantizar el ángulo del pliegue. El ensamblaje se realizó con soldas internas y externas para asegurarse que no

haya fugas. Es importante recalcar que la superficie interna de la tina es totalmente lisa para permitir que la resina resbale con facilidad.

El ángulo de la tina además de permitir una fácil limpieza del equipo ayuda a que no haya mucho desperdicio de resina, ya que éste se acumula en la parte inferior de la tina asegurando que se utilice toda la resina.

3.3.3.2. Rodillos de Impregnación

Los impregnadores de resina constan de dos partes, un eje y un rodillo. La función del eje consiste en permitir que el rodillo impregnador gire con facilidad cuando las fibras son enrolladas por el mandril, esto permite que éstas se desplacen con facilidad y no se rompan.

La función del impregnador como su nombre lo indica es ayudar a que la resina se impregne en su totalidad en las fibras; éste principio se basa en la patente US3492187 la cual estipula que si se pasan las fibras por un área pequeña mientras éstas están en tensión y en contacto con la resina se puede asegurar que el aire se elimine de ellas y éste sea reemplazado por resina. Las ranuras de los impregnadores permiten que éste principio se cumpla.

La ranura de los rodillos también ayuda a mantener las fibras ordenadas y evitar que éstas se enreden antes de llegar al mandril. Es importante mantener el orden de las fibras para evitar que éstas se rompan, si las fibras llegaran a romperse durante la producción de un poste cambiaría totalmente la resistencia del mismo.

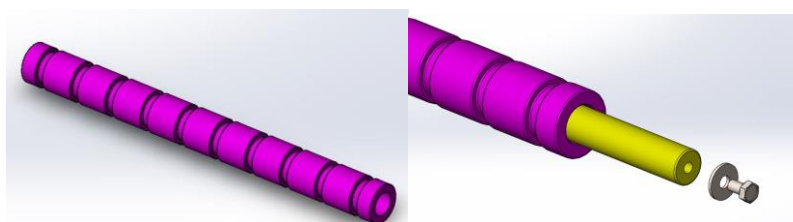


Ilustración 38: Diseño Paramétrico Rodillos de Impregnación

Los elementos del impregnador son desarmables para poder limpiarlos y darles mantenimiento; el maquinado de los impregnadores se realizó en torno en grilón para facilitar su construcción. El eje es de acero con un agujero roscado en el centro de sus extremos.

Los rodillos pueden moverse horizontalmente en la tina, para tensar las fibras como se requiera.

3.3.4. Distribuidor Móvil de Fibras

El distribuidor móvil es el encargado de desplazarse linealmente sobre el riel de la máquina, además carga el impregnador de resinas y el ordenador de fibras.

El impregnador y todos sus componentes fueron montados en el distribuidor móvil de fibras, para evitar tenerlo lejos del mandril causando pérdida de tensión en los filamentos y desperdicios de resina.

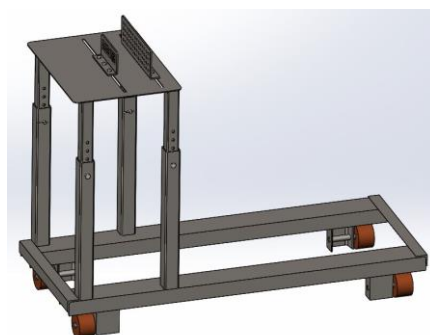


Ilustración 39: Diseño Paramétrico Distribuidor de Fibras

3.3.4.1. Base Móvil

La base móvil es uno de los ejes primordiales para el funcionamiento de la máquina, por lo que se puso mucho énfasis en el diseño del mismo. Las dimensiones de la base móvil se rigieron al espacio utilizado por la tina y el ordenador de fibras; se diseñó una estructura estable con el centro de gravedad bajo para evitar que por el movimiento de la misma ésta se volqué o se caiga del riel.

La estructura es completamente metálica a excepción de las ruedas que son de duralón; se utilizaron únicamente perfiles angulares y UPN estándares, lo cual facilita la construcción.

El movimiento del coche es únicamente lineal paralelo al mandril, por lo que sus ruedas son fijas y no permiten que la base gire o se desplace en otro sentido.

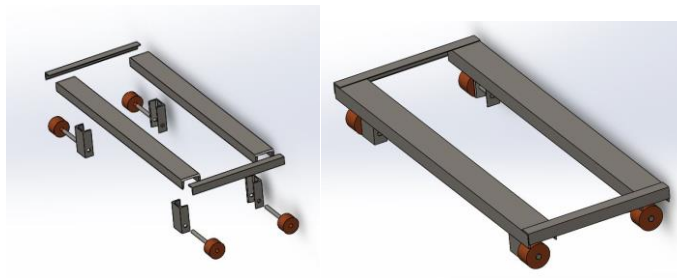


Ilustración 40: Diseño Paramétrico Coche del Distribuidor



Ilustración 41: Coche Distribuidor Real

Toda la estructura fue soldada de acuerdo al WPS adjunto en los Anexos de éste trabajo.

3.3.4.2. Ordenador de Fibras

El ordenador de fibras se encarga de ordenar u agrupar las fibras de una manera uniforme previamente a ser enrolladas en el mandril; ésta es la última etapa previa al bobinado.

Para organizar las fibras se diseñaron dos ordenadores los cuales cambian su tamaño para disminuir el área de los hilos mientras las fibras pasan por los organizadores. La configuración y posicionamiento de las fibras en los organizadores dependerá del diseño de materiales compuesto o del tipo de enrollado que se quiera producir.

La mesa que sujeta a los organizadores tiene regulación de altura para poder posicionar las fibras sobre el mandril más libremente, o en caso de querer usar otro mandril la base se puede adaptar a cualquier proceso.

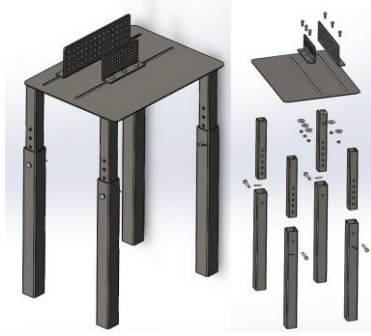


Ilustración 42: Diseño Paramétrico Distribuidor de Fibras

3.3.5. Riel

El riel se encarga de mantener al distribuidor móvil paralelo al mandril, para esto se diseñó el riel en base a las medidas del distribuidor, para dejar una mínima holgura entre las ruedas y los topes que mantienen en posición al distribuidor, evitando así que éste se descarrile o pierda el paralelismo con el eje del mandril.

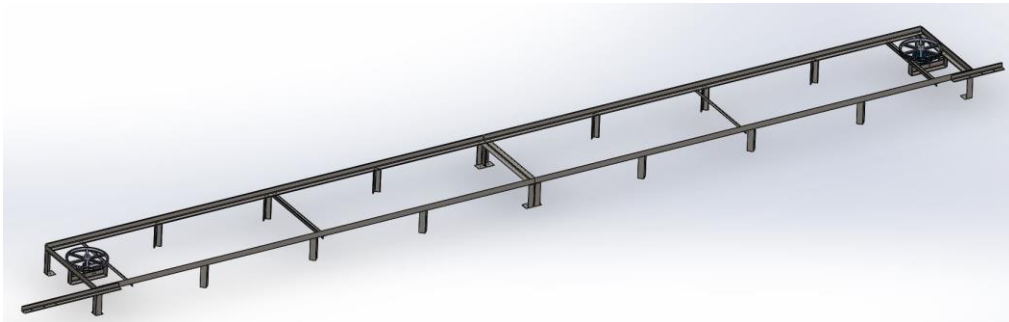


Ilustración 43: Diseño Paramétrico Riel



Ilustración 44: Riel Real

Debido al movimiento del distribuidor sobre el riel, éste es anclado al piso con pernos, y a su vez a los soportes del mandril, asegurando el paralelismo entre los ejes.

Por cuestiones de espacio la mejor posición para ubicar el motor fue debajo del mismo riel, de ésta manera se ahorró la construcción de un soporte extra y se simplificó la manera de transmitir el movimiento al distribuidor móvil por medio de un alambre de acero. El posicionar el motor debajo del riel implicó la colocación de patas en la estructura permitiendo el espacio necesario para el motor. El hecho de que la estructura esté levantada del suelo favorece a que estar más cerca del mandril y a que el distribuidor de fibras no tenga que estar extendido.

La construcción del riel requirió principalmente de perfiles angulares estándar, facilitando así el corte de las piezas. Es importante simplificar los materiales a utilizarse para de ésta manera generar un ahorro, pues los materiales generalmente no los venden retaceados.

En un extremo del riel es motorizado, mientras que el otro únicamente tiene una polea y un eje que permite el desplazamiento del distribuidor.

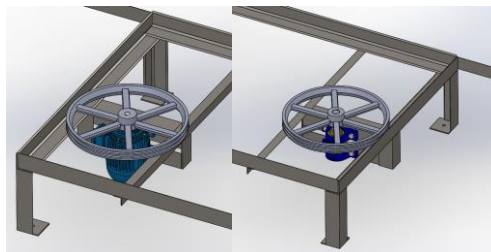


Ilustración 45: Diseño Paramétrico Posicionamiento Motores Riel



Ilustración 46: Posicionamiento Motores Real

El riel está dividido en dos partes para que su transporte sea fácil; el ensamble entre ambas secciones es sencillo únicamente por pernos.



Ilustración 47: Diseño Paramétrico Anclaje Medio Riel



Ilustración 48: Anclaje Real Riel

En el ensamblaje todas las juntas son fijas por soldadura, a excepción de las chumaceras, motores, poleas y unión entre secciones del riel.

3.4. Codificación de Componentes

Todas las partes y piezas adquiridas o construidas para la MDFV fueron codificadas para agilizar el proceso de ensamblaje, a su vez esto facilita en caso de que una de las piezas falte o falle conseguir un repuesto con exactitud.

Se categorizaron las partes en dos grupos A y B, el primero incluye todas aquellas que necesitan ser maquinadas ya sean cortadas, troqueladas, plegadas, etc. El otro grupo incluye las partes existentes en el mercado que no necesitan de ningún tipo de maquinado.

Para el primer grupo se asignó un código de dependencia, que está dividido en tres partes de acuerdo a la jerarquía de la pieza u ensamble.

- Ensamble
- Subensamble de 1er Nivel
- Subensamble de 2do Nivel
- Pieza

La primera parte del código representa el ensamble global al que pertenece el elemento, la siguiente sección corresponde al ensamble o subensamble correspondiente del elemento; finalmente la tercera parte del código es la pieza. Se lee de izquierda a derecha empezando por el ensamble principal, terminando en la pieza.

ENSAMBLE / SUBENSAMBLE / PIEZA

Para distinguir un subensamble de 1er y de 2do nivel, se los separa con un punto:

ENSAMBLE / SUBENSAMBLE 1er Nivel. SUBENSAMBLE 2do

Para explicar mejor se ha desarrollado el siguiente ejemplo:

1 /1.8 /7

El código especifica que la pieza 7 corresponde al subensamble de 2do nivel 8 que corresponde al subensamble de 1er nivel 1; y que todo éste ensamble tiene relación con el ensamble principal.

Para el grupo B se codificaron las partes con un código alfa numérico, es decir la unión de letras y números. El código está dividido en dos partes la primera parte describe el nombre del ítem y la segunda las dimensiones o descripción del mismo.

Ítem/Descripción

La primera parte del código hace referencia a la siguiente tabla:

Letra	Descripción
P	Perno
T	Tuerca
A	Arandela
PIN	Pin
PAS	Pasador
CH	Chumacera
POL	Polea
CV	Chaveta
R	Rueda
M	Motor

Tabla 3: Codificación de Partes Existentes

El detalle de codificación de los componentes se encuentra en los Anexos 1 y 2.

3.5. Sistema Eléctrico

Se contempló únicamente el sistema eléctrico básico de la máquina, con el fin de poder demostrar su funcionamiento; es decir el control de velocidad del mandril, y el desplazamiento lineal del distribuidor de fibras. Para esto se incluyeron dos variadores de frecuencia que permiten calibrar la velocidad que se quiera para cada motor.

Para facilitar la construcción del equipo se utilizaron los mismos variadores de frecuencia para ambos motores, sin embargo la conexión difiere según indican los diagramas unifilares a continuación:

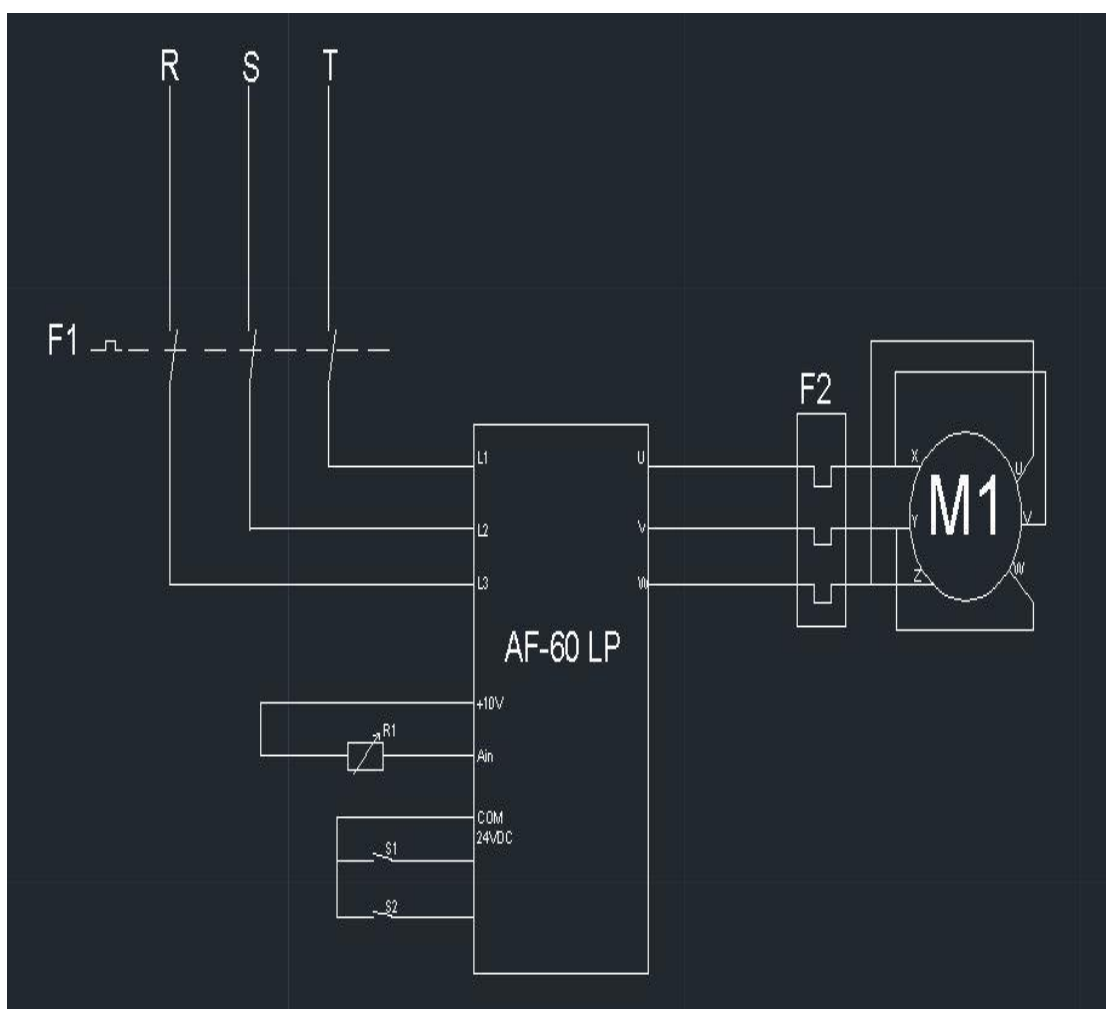


Ilustración 49: Diagrama Unifilar Motor Distribuidor

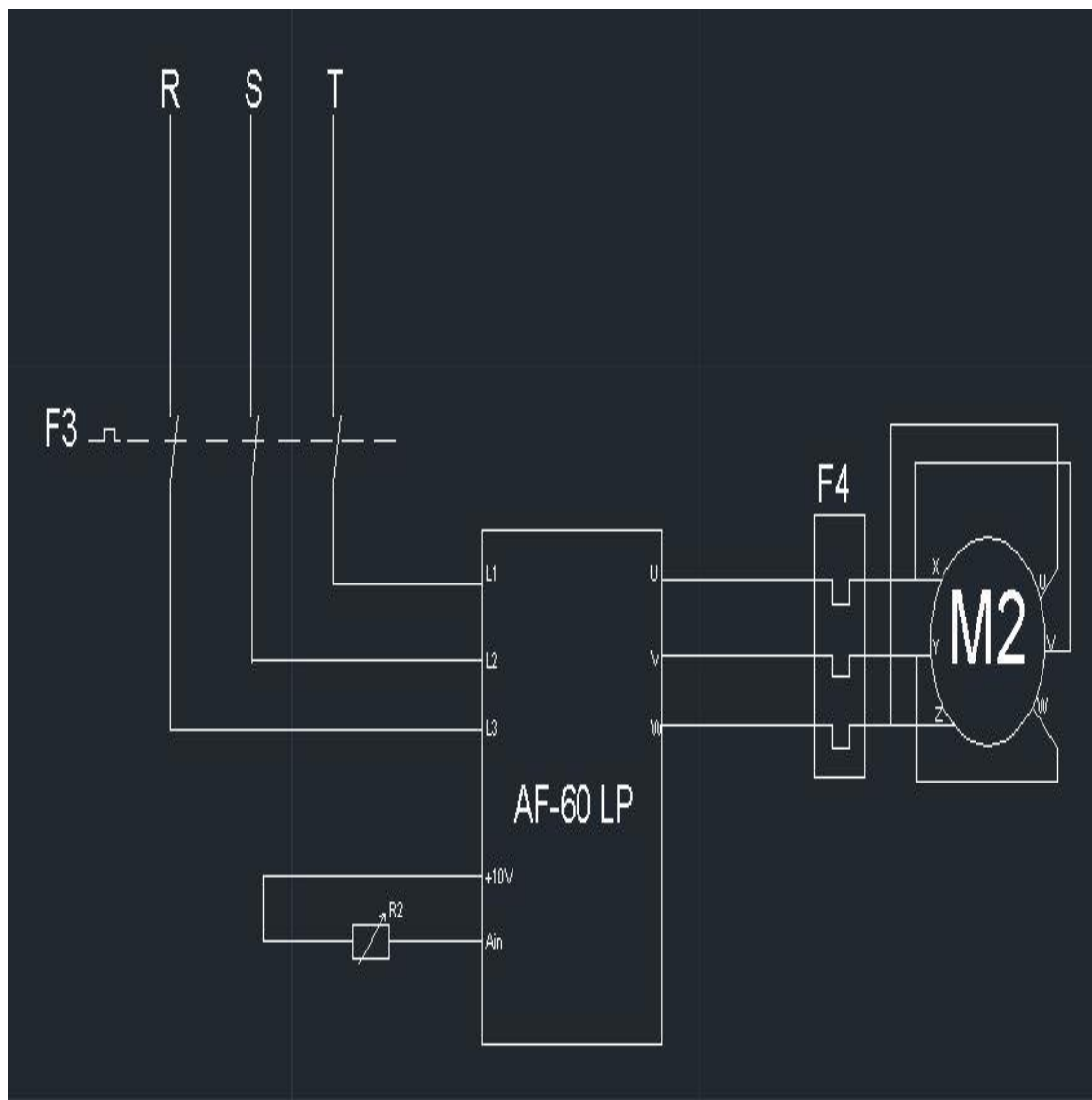


Ilustración 50: Diagrama Unifilar Motor Mandril



Ilustración 51: Tablero de Control

Ambos diagramas empiezan con una conexión trifásica (RST), que alimenta al variador de frecuencia. Antes de llegar al variador de frecuencia se utilizaron portafusibles y fusibles de 25A; para que en caso de una sobre carga éstos protejan los variadores de frecuencia. La función de los portafusibles es almacenar el fusible que interrumpirá el paso de corriente en caso de haber una sobrecarga.

La energía pasa a través de los variadores de frecuencia hacia los motores, pero antes de llegar a ellos pasa por contactores trifásicos que sirven como una protección a los motores. Los contactores son una protección electromagnética que funcionan con una bobina interna, la cual si no está totalmente energizada no permite el paso de energía a los motores, a su vez protegen a los motores trifásicos para que estos nunca vayan a operar con menos de tres fases. La operación de los motores con menos de tres fases puede ocasionar que éstos se recalienten y dejen de funcionar, o que no tengan la fuerza suficiente para funcionar.

Ambos circuitos tienen un potenciómetro de control R, éste funciona con bajo voltaje ya que se encuentra en el control del operador de la máquina. El potenciómetro ayuda a calibrar manualmente la velocidad sin necesidad de programar directamente en los variadores de frecuencia; lo que puede resultar en un riesgo debido al alto voltaje del tablero. La velocidad de ambos motores puede ser regulada según se requiera o se las puede calibrar a velocidad iguales, dependiendo de las necesidades del operador de la máquina.

En el primer diagrama unifilar se puede ver S1 y S2; que corresponde a finales de carrera para evitar que el distribuidor de fibras se descarrile; éstos envían una señal al variador de frecuencia para que éste se detenga y cambie el sentido de giro del distribuidor consiguiendo así que el distribuidor regrese a su posición inicial y continúe con el enrollado.

4 CAPÍTULO IV: Análisis Financiero

El análisis financiero para el proyecto de diseño y construcción de una MDFV para la elaboración de postes de FVR; toma en consideración gastos económicos tanto constructivos como de diseño de la máquina, a su vez con un análisis preliminar de materiales compuestos se estimó un costo de producción por poste para justificar la rentabilidad de los equipos y de la producción.

El presupuesto máximo para el diseño y construcción de la MDFV de acuerdo a los requerimientos del cliente fue de \$12000; con el siguiente análisis se espera justificar que el diseño y construcción estuvieron dentro del presupuesto estimado.

4.1 Rentabilidad.-

El diseño y construcción de la máquina, a pesar de haber incluido la construcción del sistema eléctrico básico se mantuvo dentro del presupuesto, y el proyecto resultó un 13.94% más barato. En el diseño se hizo lo posible por abaratar costos utilizando partes y materiales que se los encuentra con facilidad en el mercado local, para evitar importaciones que además de aumentar el costo del proyecto lo hubieran retrasado en su construcción.

En un inicio se estimó que el costo más alto sería el de los materiales, sin embargo en la tabla a continuación se observa que el costo de mano de obra es el rubro más alto.

Resumen de Costos de Construcción de la MDFV	
Descripción	Costo Rubro
Costo de Diseño	\$1468.82
Costo de Materiales para el Sistema Mecánico	\$2666.67
Costo de Materiales para el Sistema Eléctrico	\$1612.12
Costo de Mano de Obra o Construcción	\$4580.13
TOTAL	\$10327.74

Tabla 4: Resumen de Costos de Construcción de la MDFV

El detalle y análisis de los costos mencionados en la Tabla 4 se encuentran en los anexos de éste trabajo.

Los costos calculados contemplan únicamente la construcción de una máquina, como se puede analizar a continuación la construcción simultanea de más de una MDFV puede abaratar costos; debido a que se elimina el costo de diseño que es del 14% del costo total de la máquina. Los otros gastos pueden disminuir comprando materiales al por mayor y con reducción de tiempos de trabajo.

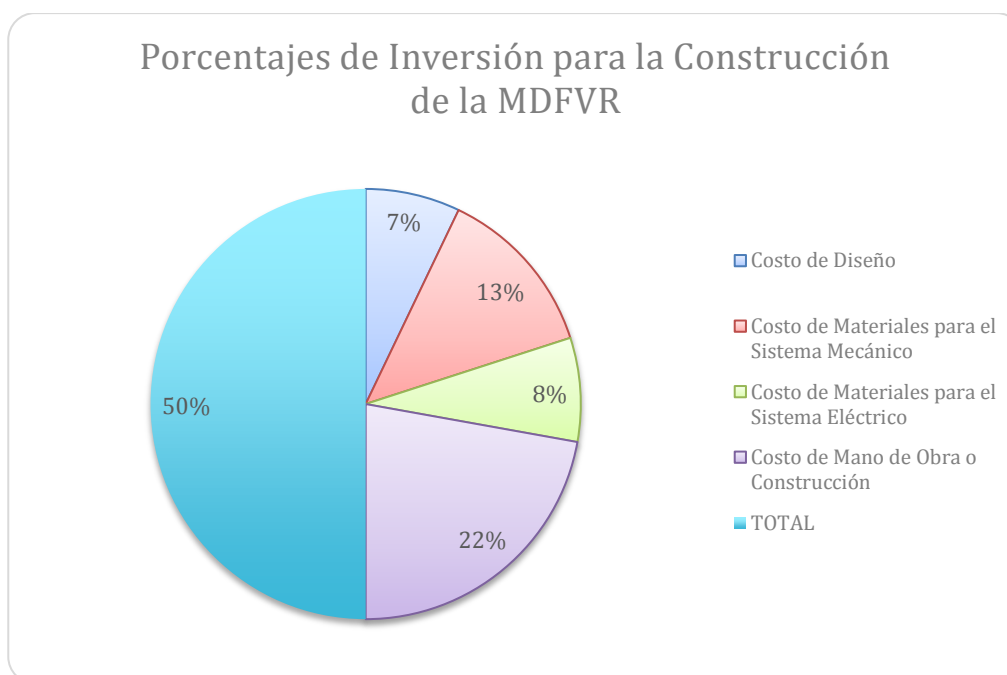


Ilustración 52: Porcentajes de Inversión para la Construcción de la MDFVR

Justificada la posibilidad de construir la máquina ya que ésta se encuentra dentro del presupuesto se prosiguió con el análisis financiero de costo de producción de un poste de FVR, para comprobar si resulta rentable la producción de los postes en Ecuador.

Con este objetivo se cotizaron materias primas a China Fiber y Owens Corning, ambos presupuestaron precios para las fibras y resinas; se tomó en cuenta los precios más altos para el análisis; es decir los de Owens Corning (16). Al valor ofertado se le agregó el costo de transporte e impuestos pertinentes para que el producto llegue a Ecuador y sea trasladado a la fábrica de la empresa.

La mano de obra se calculó en base a la remuneración básica, que se explicará más adelante, y considerando el poste de mayor longitud y capacidad a producirse, es decir un poste de 12m que resista 500kg de fuerza en la punta.

Costo Total Producción de un Poste de FVR	
Descripción	Costo Rubro
Materiales	\$451.53
Mano de Obra	\$8.96
Subtotal	\$460.49
Indirectos 15%	\$69.07
Total	\$529.56

Tabla 5: Costo Total de Producción de un Poste de FVR

Se comparó el costo de producción del poste producido por Postyher con el costo de venta actual en el mercado; se cotizaron precios de dos fábricas:

- Fibratore (Poste de FVR 12m-500kg): \$618 sin IVA
- Equiplast (Poste de FVR 12m-500kg): \$675 sin IVA

Tomando en cuenta el poste más económico en el mercado es decir el de Fibratore, se tendría una utilidad de \$88.44 suponiendo que se venda el producto al mismo precio; sin embargo para ganar mercado y ser competitivos es aconsejable disminuir el costo de venta del poste, siempre y cuando se pueda mantener una utilidad satisfactoria.

En base a los parámetros establecidos por la empresa, el tiempo óptimo para recuperar el capital es de dos años; sin embargo en vista del diseño hecho para la MDFV éste tiempo se ha disminuido. Considerando una producción óptima de dos postes diarios se puede llegar a tener una utilidad de \$19200 al año, vendiendo cada poste a \$80 sin IVA.

Con un periodo de retorno de la inversión de un año como máximo, se puede afirmar que la máquina es totalmente rentable; sin embargo ése es el escenario optimista tomando en cuenta que se venda toda la producción de postes durante el año.

4.2 Costos de Producción de un PFVR.-

El cálculo de producción de un PFVR se basa en tres factores:

- Materiales necesarios para la producción
- Tiempo de Producción
- Mano de Obra
- Gastos Energéticos

Los materiales a considerarse son los filamentos de fibra de vidrio y la resina poliéster.

Los hilos de fibra en el mercado actual se los consigue en bobinas de 23kg, que tienen aproximadamente 5200m cada una; un poste de 12m pesa aproximadamente 222 kg, su composición en masa equivale a 70% fibras y 30% resina.

Se calculó las cantidades necesarias de cada material, se detallan a continuación en la siguiente tabla:

Materiales para la Producción de un Poste de FVR				
Material	Peso Necesario (Kg)	Unidad	Costo	Costo Total
Resina Poliéster	66.6	\$/kg	\$2.95	\$196.47
Filamentos de Fibra de Vidrio	155.4	\$/kg	\$1.33	\$206.68
			Subtotal	\$403.15
			12%	
			IVA	\$48.38
			Total	\$451.53

Tabla 6: Costos de Materiales para la Producción de un Poste de FVR

El tiempo de producción de la máquina depende la sincronización de los motores y de la velocidad máxima de avance; como se consideró anteriormente la velocidad óptima de enrollado son 115rpm. El tiempo necesario para enrollar un poste se calculó con un radio promedio del mandril de 0.125m de donde se calculó el perímetro promedio:

$$P_{promedio} = 2\pi r$$

$$P_{promedio} = 2\pi(0.125)$$

$$P_{promedio} = 0.79m$$

Con el perímetro promedio del mandril y la velocidad angular se calculó la cantidad de metros de bobinados que se puede realizar en un minuto por rollo de fibra:

$$\begin{aligned} \text{Bobinado}_{\text{miuto}} &= \omega \times P_{\text{promedio}} \\ \text{Bobinado}_{\text{miuto}} &= 115\text{rpm} \times 0.79\text{m} \\ \text{Bobinado}_{\text{miuto}} &= 90.85 \text{ m}/\text{min} \end{aligned}$$

Cada bobina pesa 23kg y tiene aproximadamente 5200m de fibras, por lo tanto son necesarias siete bobinas para cubrir el 70% de fibras en el poste; considerando que se utilizarán siete bobinas simultáneamente ($7 \times 23 = 161\text{kg}$ de fibra) se calculó el tiempo de enrollado por poste:

$$\begin{aligned} T_{\text{Bobinado}} &= \frac{\text{mdefibradelabobina}}{\text{Bobinado}_{\text{Minuto}}} \\ T_{\text{Bobinado}} &= \frac{5200}{90.85} \\ T_{\text{Bobinado}} &= 57.24 \text{ minutos} \approx 1 \text{ Hora} \end{aligned}$$

En base al tiempo necesario para la producción de un PFVR se calcularon los gastos energéticos y de mano de obra para la producción.

La máquina fue diseñada de acuerdo al TRD para que ésta sea operada por dos personas; éstas no necesitan ninguna habilidad específica únicamente tener un entrenamiento del uso de la máquina y estar equipados con el equipo de protección personal adecuado. Por éstos motivos se consideraron salarios básicos como la remuneración de cada obrero (\$318).

$$\begin{aligned} \text{RemuneraciónporHora} &= \left[\frac{318}{30} \right] / 8 \\ \text{RemuneraciónporHora} &= \$1.4 \end{aligned}$$

En base a la remuneración por hora y el tiempo que lleva cada actividad para la producción de un PFVR se calculó el costo de mano de obra por poste; se detalla en la siguiente tabla:

Análisis de Costos de Mano de Obra para la Producción de un Poste de FVR					
ETAPA	Actividad	Tiempo (H) Total	Empleado y Costo		Costo Total
			H		
			Operador	Asistente	
OFF DUTY	Engrasado de la Máquina	0.4		\$1.4	\$56
	Revisión de los Sistemas	0.2	\$1.4	\$1.4	\$56
	Extracción de Materiales de Bodega	0.3	\$1.4	\$1.4	\$84
	Posicionamiento de Bobinas	0.3		\$1.4	\$42
	Ordenamiento de Filamentos	0.5	\$1.4	\$1.4	\$1.4
	Llenado de Tina de Resina	0.15		\$1.4	\$21
ON DUTY	Operación de la Máquina	1	\$1.4	\$1.4	\$2.8
	Extracción del Mandril	0.4	\$1.4	\$1.4	\$1.12
AFTER DUTY	Limpieza de la Máquina	0.3		\$1.4	\$42
	Recolección de Desechos	0.25		\$1.4	\$35
	Orden del Sitio de Trabajo	0.2		\$1.4	\$28
				Total	\$8.96

Tabla 7: Análisis de Mano de Obra para la Producción de un Poste de FVR

De la tabla también se puede calcular el tiempo necesario para la producción de un poste, sumando todos los tiempos de cada actividad que se requiere para la producción de un poste; el resultado es de 4h. Con éste resultado se puede evaluar la cantidad de postes que se puede producir diariamente y también el consumo energético del equipo.

Analizando los costos de producción e inversión en los equipos se puede concluir que es un producto rentable, cabe recalcar que los cálculos se hicieron en una situación extrema en la que el tiempo de fabricación de un sólo poste es de cuatro horas, sin embargo si se logra mejorar este tiempo de una manera más eficiente, o con resinas que requieran de un proceso de curado más corto, se podrían producir más postes dando una mayor rentabilidad del equipo.

5. CONCLUSIONES

- Fue indispensable la conceptualización de las ideas y la investigación de patentes para el desarrollo del diseño de la máquina, ya que se partió sin ningún conocimiento previo de éste tipo de equipos. A pesar de ser una etapa larga y tediosa es importante la investigación, pues sin esto se reinventaría lo inventado o se cometería errores pasados; la idea de diseñar es implementar conocimientos existentes y mejorarlos a las necesidades o parámetros estipulados.
- Se diseñó la MDFVR en base a las necesidades del cliente, y se adaptó todos los materiales y equipos a los que se pueden obtener en el mercado local, esto facilitó la construcción y ensamblaje de la misma, además de disminuir costos notablemente ya que se evitó cualquier tipo de gastos extras de maquinado o de importación de piezas específicas. Al mismo tiempo la decisión de utilizar partes nacionales favorece a que en caso de que exista alguna falla o daño de un componente en la máquina, ésta pueda repararse rápidamente sin detener la producción por un periodo largo.
- El diseño crítico contempló cálculos específicos en partes de la máquina que resultan críticas para su funcionamiento, por lo que se realizaron cálculos puntuales únicamente en zonas que podrían presentarse y comprometer la producción o que pueda poner en peligro a un operador. Para los cálculos se utilizaron cargas máximas llevando al límite los componentes a calcularse.
- Los componentes de la máquina fueron diseñados paramétricamente en SolidWorks 2013; éste software fue de gran ayuda ya que permite al diseñador tener un concepto real de cómo va a quedar el producto final. El software también fue el indicado para el desarrollo de planos ingenieriles para la construcción de la máquina; los planos agilizaron la construcción de la máquina y permitieron la fabricación de piezas de una manera adecuada, a su vez ayudaron al cálculo de materiales necesarios para la construcción y montaje de la máquina.

- El ensamble de la máquina y la construcción de sus piezas fueron realizados en los talleres de Postyher, donde con los planos entregados se construyeron todas las piezas respetando los parámetros y tolerancias especificadas en los mismos. Se capacitó al personal del taller para el uso adecuado de los planos.
- Para facilitar la construcción de piezas y partes de la máquina se desarrolló una codificación de todas las piezas, con el fin de poder ensamblar las piezas de una manera precisa y ordenada. La codificación de piezas no sólo facilitó y agilitó la identificación de partes de la máquina y ensamblaje, sino que para un futuro en caso de necesitar un reemplazo de una pieza esto no será un problema.
- A pesar de que la tesis no contemplaba el sistema de automatización y control de la máquina se implementó un sistema básico de control para demostrar el funcionamiento de la máquina. Se comprobó que el equipo funciona adecuadamente permitiendo movilidad tanto del mandril como del distribuidor de fibras; y que ambas velocidades pueden ser reguladas a partir de los variadores de frecuencia del tablero de control.
- El costo de producción de la MDFVR se mantuvo dentro de lo estimado, inclusive resultó 13.94% más barato; el ahorro se dio debido al desempeño del diseño, pues se mantuvo al límite los parámetros y no se exageró ningún gasto. En caso de querer producir más de una máquina habrá un mayor ahorro debido a que se eliminan algunos gastos como el de diseño, y se puede conseguir los materiales para la máquina a precio de por mayor.
- Se comprobó que la producción de postes en Ecuador es rentable, y se puede recuperar la inversión de la máquina en máximo un año; además de que el construir la máquina y sus productos como productos nacionales favorece a nuestro país generando más plazas de trabajo y productos de exportación. Se logró justificar la rentabilidad de la máquina y de los productos en base a los precios de los postes de FVR que se venden en Ecuador.

6. RECOMENDACIONES

- Es indispensable el desarrollo del control electrónico de la máquina para facilitar su operación y mejorar la productividad de la MDFV; en la etapa de diseño se realizaron varias observaciones para la implementación del sistema eléctrico, que podrían ser tomadas en consideración en un futuro. Algunas de las observaciones se detallan a continuación:
 - PLC: se recomienda utilizar un PLC que funcione con señales tanto analógicas como digitales, para de éste modo poder controlar la máquina de una manera más fácil y autónoma, disminuyendo la cantidad de trabajadores necesarios para el funcionamiento de la máquina. El PLC permite que la máquina sea versátil a la producción de diferentes tipos de poste sin la necesidad de reprogramar todo el sistema.
 - Finales de Carrera: el diseño del riel de la MDFVR contempló espacios en los extremos de la máquina para posicionar finales de carrera para marcar el retorno del distribuidor, es decir una vez que el distribuidor de fibras llegue al límite del riel éste recibirá una señal y sabrá que debe regresar. Los finales de carrera a su vez pueden servir para determinar la longitud del poste a enrollarse, es decir se pueden instalar a los nueve, diez, once, y doce metros de distancia en el riel que son estándares de postes, para poder hacer diferentes tamaños de poste con un mismo mandril.
 - Encoder: utilizar encoders para medir la velocidad del mandril como la del distribuidor de fibras serán indispensable para de ésta manera controlar las velocidades óptimamente y a su vez poderlas variar según el tipo de enrollado a realizarse.

Los equipos para el control básico de la MDFVR son estándar y reconocidos mundialmente, sin embargo antes de comprar el resto de equipos eléctricos se aconseja verificar que éstos sean compatibles con los existentes.

La sofisticación de la máquina dependerá de cuánto se desea invertir, pues para la automatización existen varias gamas de productos con diferentes capacidades y funciones.

- Se recomienda que el diseño de materiales compuestos a realizarse para los postes se lleve a cabo en base a los parámetros y cargas utilizadas en ésta tesis, es decir en base a los estándares estipulados por la EEQ y su normativa vigente, ya que a pesar de que los cálculos tengan un factor de seguridad, una carga excesiva sobre la máquina podría ocasionar que ésta falle o se dañe.
- El cálculo de materiales debe regirse a la normativa actual de la Empresa Eléctrica Quito, pues si éstos no pasan las pruebas estipuladas por ellos no pueden salir al mercado. Para los cálculos a realizarse se recomienda seguir la normativa vigente y los ensayos pertinentes al caso; para un buen diseño de materiales es indispensable tomar en cuenta la densidad de las fibras y la resistencia mecánica requerida.
- Es recomendable que las personas a cargo de la automatización y diseño de materiales trabajen conjuntamente, para así coordinar las necesidades de cada uno; caso contrario el diseño de materiales debería ser antes de la automatización del proceso. El diseño de materiales debe considerar todos los pasos del devanado de filamentos de fibra de vidrio, con el fin de cumplir correctamente con la metodología empleada en la máquina.
- Como se mencionó anteriormente la máquina fue diseñada para usar fibras tipo E, que no son pre-impregnadas de resina, ya que el proceso de impregnación de resina lo realizará la máquina.
- De lo investigado para el diseño de la máquina se identificó como indispensable primero un enrollado continuo de filamentos (“Hoop Winding”) para facilitar la extracción del poste del mandril. En la última capa de enrollado se puede utilizar igual un enrollado lineal para dar un buen acabado superficial al poste; las capas internas del poste deben ser angulares entre sí, intercalando diferentes patrones; esto se logra variando la velocidad de uno de los motores ya sea el del mandril o

del distribuidor de fibras. No se recomienda hacer más de dos capas lineales ya que éstas no son las que brindan resistencia al poste; la resistencia del poste se basa en la manera de enrollar las capas internas, considerando las capas entrelazadas a 90 grados como las más resistentes.

- La composición de un poste puede variar, sin embargo para los cálculos se debe considerar la orientación de las fibras respecto a las cargas que soporta el poste una vez instalado. Se tomó en cuenta 70% del peso del poste en fibras y el 30% en resina (16); mientras no se exceda el peso máximo del poste estipulado en los parámetros de la máquina ésta funcionará correctamente sin importar que porcentaje de resina o de fibras se utilice.
- Se recomienda tener personal capacitado para el uso de la máquina y un sitio adecuado para su instalación; el trabajar con químicos puede ser riesgoso y afectar a la salud; el mal uso de la máquina puede ocasionar accidentes.

7 BIBLIOGRAFÍA

1. **Equiplast.** Equiplast. [En línea] 03 de 2013. [Citado el: 8 de 11 de 2013.]
<http://www.equiplast.com/prfv.html>.
2. **Groover, Mikell P.** *Fundamentals of Modern Manufacturing*. Massachusetts : John Wiley & Sons, INC, 2007. ISBN 978-0-471-74485-6.
3. **Miranda, Ing. Cesar Oña.** Promelsa. [En línea] 05 de 2013. [Citado el: 22 de 11 de 2013.]
4. **Echarri, Luis.** *Contaminación de la Atmósfera*. Navarra : s.n., 2007.
5. **IPCC.** ntergovernamental Panel on Climate Change. [En línea] [Citado el: 26 de 11 de 2013.] <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>.
6. **Shigley, Joseph E. y Mischke, Charles R.** *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México D.F : McGraw-Hill, 2002. ISBN 970-10-3646-8.
7. **Askeland, Donald R.** *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. México : International Thomson Editores, S.A., 1988. ISBN 0-534-93423-4.
8. **Chawla, Krishan K.** *Composite Materials, Science and Engineering*. New York : Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 2012. ISBN 9780387743646.
9. **Strong, A. Brent.** *Composites Manufacturing*. Estados Unidos : Society of Manufacturing Engineers, 2008. ISBN 9780872638549.
10. **Hu, Ning.** *Composites and Their Applications*. s.l. : Intech, 2012. ISBN 9789535107064.
11. **Tsai, Stephen W y Hahn, H. Thomas.** *Introduction to Composite Materials*. Pennsylvania : Technomic Publishing Company, Inc., 1980. ISBN 0877622884.
12. **Cristescu, Nicolaie, Craciun, Eduard-Marius y Soós, Eugen.** *Mechanics of Elastic Components*. London : Chapman & Hall /CRC, 2004. ISBN 1-58488-442-8.
13. **Barbero, Ever J.** *Introduction to Composite Materials Design*. Boca Raton : Taylor & Francis Group, LLC, 2011. ISBN 9781420079159.
14. *Filament Winding Composites*. **Peters, S.T y McLarty, J.L.** Daytona : ASM Handbook, 2013, Vol. 21.
15. **Inc, Fortafil Fibers.** *Tips and Techniques for Handling Filament Fibers*. Salt Lake City : s.n., 1996.
16. **Owens Corning Composite Materials, LLC.** Owens Corning Composite Materials. [En línea] Marzo de 2011. [Citado el: 15 de Agosto de 2013.]
www.owenscorning.com/composites. Pub. No. 100360-E.

17. **Peters, S.T, Humphrey, W.D y Foral, R.F.***Filament Winding, Composite Structure Fabrication*. Covina : ASTM International, 1999.
18. **Reinforcements, OCV.** Owens Corning Reinforcements. *Owens Corning*. [En línea] Septiembre de 2009. [Citado el: 15 de Agosto de 2013.] www.ocvreinforcements.com. Pub. No. 10011498.
19. **Lubin, George.***Handbook of Composites*. s.l. : Technomic Publishing Company, 1982.
20. **Skinner, Michael L.***The Economics of Composites Focusing on Filament Winding & Pultrusion*. Draper : Skinner Creative, Inc, 2003.
21. *Structural FRP Composites*. **Ballinger, C.** s.l. : ASCE Civil Engineering, 1990, Vol. 60.
22. **Harper, Charles E.***Handbook of Plastics, Elastomers, and Composites*. s.l. : Society of Plastic Engineers, 1997. 3rd Edition.
23. **Webber, Robert C. y Ga, Marietta.***Method and Apparatus for Making Filament Wound Cylindrical Structures*. 4448624 Estados Unidos, 15 de Mayo de 1984. Maquinaria.
24. **Hof, Richard.***Filament Winding Apparatus*. 3499815 A Estados Unidos, 26 de Septiembre de 1966. Concesión.
25. **Weingart, Oscar, Lunde, Gerald A. y Taylor, Clark D.***Filament Winding Process*. 4869761 Estados Unidos, 26 de Septiembre de 1989. Concesión.
26. **Hirtzer, Henry J.***Filament Winding and Impregnation Mechanism*. 3492187 Estados Unidos, 27 de Enero de 1970. Concesión.
27. **Boyd, John W.***Filament Winding Apparatus*. 5335167 Estados Unidos, 27 de Agosto de 1994. Concesión.
28. **Yen, Hai-Chou.***Method of Manufacturing a Fiber Reinforced Plastic (FRP) Lighting Pole*. 20100148408 Estados Unidos, 17 de Junio de 2010. Solicitud.
29. **Spies, Henry J.***Helical Filament Winding Apparatus*. 4369934 Estados Unidos, 25 de Enero de 1983. Concesión.
30. **Cacak, Harold L.***Filament Winding Process and Apparatus*. 4838971 Estados Unidos, 13 de Junio de 1989. Concesión.
31. **Uozumi, Tadashi, Takashima, Hiroki y Tanigawa, Motohiro.***Filament Winding Method and Apparatus*. 20080197229 Estados Unidos, 21 de Agosto de 2008. Solicitud.
32. **Ashton, Clint.***Filament Wound Structural Light Poles*. 6955024 Estados Unidos, 18 de Octubre de 2005. Concesión.

33. **Mel M., Schwartz.** *Composite Materials: Processing, Fabrication, and Applications*. s.l. : Prentice-Hall, 1997.
34. **Babu, M.S, G, Srikanth y S, Biswas.** Technology Information, Forecasting and Assessment Council. *Department of Science and Technology of India*. [En línea] 2007. [Citado el: 22 de Agosto de 2013.] <http://www.tifac.org.in/news/pub.htm>.
35. **Abdalla, F.H, y otros.** *Design and Fabrication of Low Cost Filament Winding Machine*. Serdang : Materials & Design, 2007. 28(1):234-239.
36. **McClean, William G. y Budge, Daniel C.** *Filament Winding Apparatus. 4145740* Estados Unidos, 21 de Enero de 1977. Concesión.
37. **Beckwith, Scott W. y Craig R., Hyland.** *Filament Winding Course: Principles, Methods, and Applications*. Salt Lake City : Beckwith Technology Group, 1997.
38. *Development of Glass Fiber Reinforced Plastic Poles For Transmission and Distribution Lines*. **Ibrahim, S, Polyzois, D y Hassan, K.** s.l. : Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 27.
39. *High Efficient Pressure Vessel Manufacturing*. **Schledjewski, R.** 34, s.l. : JEC Composites Magazine, 2007.
40. **Hibbeler, R.C.** *Mecánica Vectorial para Ingenieros, Dinámica*. México : Pearson Educación S.A, 2004. ISBN 9702605008.
41. **Beer, Ferdinand P., Johnston, E. Russell y Eisenberg, Elliot R.** *Mecánica Vectorial para Ingenieros, Estática*. México D.F : McGraw-Hill Interamericana, 2007. ISBN 9789701061039.
42. **WEG.** Motores Eléctricos WEG. [En línea] Noviembre de 2012. [Citado el: 8 de Diciembre de 2013.] www.weg.net. COD: 50039910.
43. **Gere, James M.** *Mecánica de Materiales*. México D.F : Cengage Learning Editores S.A, 2008. ISBN 0534417930.
44. **Beer, Ferdinand P, Johnston, E. Russell y DeWolf, John T.** *Mecánica de Materiales*. México D.F : McGraw-Hill Interamericana, 2006. ISBN 9701061012.

8 ANEXOS

8.1 Anexo 1: Codificación de Partes del Grupo A

Codificación de Partes GRUPO A							
Ensamble		Subensamble de 1er Nivel		Subensamble de 2do Nivel		Pieza	
Código	Detalle	Código	Detalle	Código	Descripción	Código	Descripción
1/0/0	Máquina Devanadora de Hilos de Fibra de Vidrio (MDFV) para la Producción de Postes de Fibra de Vidrio Reforzada (PFVR).	1/1/0	Detalle del ensamblaje de las partes y piezas del mandril, considerando soldaduras y secciones existentes en el ensamblaje.	1/1.1/0	Tramo 1 del Mandril (Base del Poste) cono truncado 320mm-303mm	1/1.1/1	Sección 1 del Mandril (Base del Poste) medio cono truncado 160mm-151.5mm
				1/1.2/0	Tramo 2 del Mandril cono truncado 303mm-286mm	1/1.2/2	Sección 2 del Mandril medio cono truncado 160mm-143mm
				1/1.3/0	Tramo 3 del Mandril cono truncado 286mm-269mm	1/1.3/3	Sección 3 del Mandril medio cono truncado 143mm-134.5mm
				1/1.4/0	Tramo 4 del Mandril cono truncado 269mm-252mm	1/1.4/4	Sección 4 del Mandril medio cono truncado 134.5mm-126mm
				1/1.5/0	Tramo 5 del Mandril cono truncado 252mm-235mm	1/1.5/5	Sección 5 del Mandril medio cono truncado 126mm-117.5mm
				1/1.6/0	Tramo 6 del Mandril cono truncado 235mm-218mm	1/1.6/6	Sección 6 del Mandril medio cono truncado 117.5mm-109mm
				1/1.7/0	Tramo 7 del Mandril cono truncado 218mm-201mm	1/1.7/7	Sección 7 del Mandril medio cono truncado 109mm-105mm
				1/1.8/0	Tramo 8 del Mandril cono truncado 201mm-184mm	1/1.8/8	Sección 8 del Mandril medio cono truncado 105mm-92mm

		1/1.9/0	Tramo 9 del Mandril cono truncado 184mm-167mm	1/1.9/9	Sección 9 del Mandril medio cono truncado 92mm-83.5mm
		1/1.10/0	Tramo 10 del Mandril (punta) cono truncado 167mm-150mm	1/1.10/10	Sección 10 del Mandril medio cono truncado 83.5mm-75mm
		N/A		1/1/11	Acople del Mandril a la Base no Motorizada
		1/1.11/0	Tapa superior con Pernos Soldados	1/1.11/12	Tapa Superior Perforada, Previo Acople a la Base Motorizada
		N/A		1/1/13	Acople a Eje Mandril Motorizado
	1/2/0	Base del Mandril Motorizada	N/A	1/2/1	Perfil U 145x50x3mm Lateral (Corte de Plancha 1191.61mm x 243.08mm)
				1/2/2	Perfil U 145x50x3mm Transversal Superior (Corte de Plancha 410mm x 243.08mm)
				1/2/4	Ángulo ISO 65x65x6mm; Transversal Base Medio; 500mm Largo
				1/2/5	Ángulo ISO 40x40x5m; Transversal Base; 878mm Largo
				1/2/6	Platina para Soporte de Piso 145x100x3mm
				1/2/7	Ángulo ISO 65x65x6mm; 605.5mm Largo
				1/2/8	Eje de Transmisión de Potencia y Movimiento al Mandril 38.1mm (1.5") de Diámetro, 500mm Largo.
	1/3/0	Mandril No Motorizada	N/A	1/3/1	Perfil U 145x50x3mm Lateral (Corte de Plancha 1191.61mm x

					243.08mm)
				1/3/2	Perfil U 145x50x3mm Transversal Superior (Corte de Plancha 410mm x 243.08mm)
				1/3/4	Ángulo ISO 65x65x6mm; Transversal Base Medio; 500mm Largo
				1/3/5	Ángulo ISO 40x40x5m; Transversal Base; 878mm Largo
				1/3/6	Platina para Soporte de Piso 145x100x3mm
				1/3/7	Eje de Anclaje a la Base del Mandril, 90mm de Diámetro 300mm de Largo
				1/3/8	Eje de Transmisión de Potencia y Movimiento al Mandril 38.1mm (1.5") de Diámetro, 500mm Largo.
	1/4/0	Tina de Resina	N/A	1/4/1	Lateral Tina de Resina (Corte de Plancha 1654.59mm x 500mm)
				1/4/2	Tapas Frontal y Posterior Tina de Resina (Corte de Plancha 830.26x615.13mm)
				1/4/3	Eje Rodillos, 25.4mm (1") de Diámetro, 500mm de Largo.
				1/4/4	Camisa Guía de Rodillos, 48mm de Diámetro, 500mm de Largo.
	1/5/0	Distribuidor Móvil de Fibras	N/A	1/5/1	ISO UPN 100 Estructura Base, 1250mm de Largo
				1/5/2	Ángulo ISO 40x40x5 Estructura

					Base, 506mm de Largo
					1/5/3 ISO UPN 80 Soporte para Ruedas, 140mm de Largo
					1/5/4 Eje para Rueda 19mm de Diámetro, 150mm de Largo
					1/5/5 Tubo Cuadrado Base Homogenizador, ISO 50x50x3.20, 500mm de Largo
					1/5/6 Tubo Cuadrado Base Homogenizador, ISO 40x40x2.60, 300mm de Largo
					1/5/7 Mesa Homogenizador, (Corte de Plancha 510mm x 380mm, 3mm Espesor)
					1/5/8 Guía 1 Perforaciones 10mm, (Corte de Plancha 300mm x 133.61mm, 5mm Espesor)
					1/5/9 Guía 1 Perforaciones 8mm, (Corte de Plancha 160mm x 108.61mm, 5mm Espesor)
	1/6/0	Riel Distribuidor Móvil de Fibras	N/A	1/6/1	Ángulo ISO 75x75x6; 6000mm de Largo, Lateral Izquierdo Riel
				1/6/2	Ángulo ISO 75x75x6; 6000mm de Largo, Lateral Derecho Riel
				1/6/3	Ángulo ISO 75x75x6; 1200mm de Largo, Transversal Extremo de Unión Riel
				1/6/4	Ángulo ISO 40x40x3; 1200mm de

					Largo, Transversal Medio Riel
				1/6/5	Ángulo ISO 75x75x6; 1200mm de Largo, Transversal Extremo Motor Riel
				1/6/6	Ángulo ISO 75x75x6; 1200mm de Largo, Transversal Extremo Sin Motor Riel
				1/6/7	Ángulo ISO 75x75x6; 175mm de Largo, Base Motor Vertical Riel
				1/6/8	Ángulo ISO 75x75x6; 470mm de Largo, Soportes Horizontales del Motor Riel
				1/6/9	Platina 175x75x6mm; Soportes Verticales del Motor Riel
				1/6/10	Ángulo ISO 75x75x6; 306mm de Largo, Patas Extremos Riel
				1/6/11	Ángulo ISO 75x75x6; 306mm de Largo, Patas Medias Riel
				1/6/12	Platina 100x100x5mm; Platina de Anclaje Riel
				1/6/13	Ángulo ISO 65x65x6; 695mm de Largo, Anclaje Bases Del Mandril Superior Riel
				1/6/14	Ángulo ISO 65x65x6; 1330mm de Largo, Anclaje Bases Del Mandril Inferior Riel
				1/6/15	Eje 38mm de Diámetro, 250mm Largo; Polea Distribuidor Móvil de Fibras Riel

Tabla 1: Codificación de Partes Grupo A

8.2 Anexo 2: Codificación de Partes del Grupo B

Codificación de Partes y Equipos Existentes GRUPO B		
Pernos - Tuercas - Arandelas (Galvanizados)		
Código	Descripción	Ensamblajes Correspondientes
A/M14	Arandela Plana ISO M14	1/1/0; 1/6/0
T/M14	Tuerca Pesada ISO M14	1/1/0; 1/6/0
P/M16x65	Perno ISO M16x65	1/2/0; 1/3/0; 1/6/0
A/M16	Arandela Plana ISO M16	1/2/0; 1/3/0; 1/6/0
T/M16	Tuerca Pesada ISO M16	1/2/0; 1/3/0; 1/6/0
P/M8x35	Perno ISO M8x35	1/2/0
A/M8	Arandela Plana ISO M8	1/2/0; 1/4/0; 1/5/0; 1/6/0
T/M8	Tuerca Pesada ISO M8	1/2/0; 1/5/0; 1/6/0
P/M8x14	Perno ISO M8x14	1/4/0; 1/5/0
P/M20x30	Perno ISO M20x30	1/4/0
T/M20	Tuerca Pesada ISO M20	1/4/0
PIN/10X60	Pin Clevis ISO 2341B 10x60	1/5/0
PAS/3.2x28	Pasador ISO 1234-3.2x28C	1/5/0
P/M8x20	Perno ISO M8x20	1/5/0
P/M8x40	Perno ISO M8x40	1/6/0
P/M14x40	Perno ISO M14x40	1/6/0
Partes y Equipos de Transmisión de Potencia		

Código	Descripción	Ensamblajes Correspondientes
CH/1	Chumacera 1	1/2/0; 1/3/0; 1/6/0
POL/10	Polea de Aluminio de 10"x2"	1/2/0
CV/1	Chaveta 8x7x80mm	1/2/0; 1/3/0
M1	Motor 1	1/2/0
POL/5	Polea de Aluminio de 5"x2"	1/2/0
CV/2	Chaveta 8x7x65mm	1/2/0
R/5	Rueda	1/5/0
POL/20	Polea de Aluminio de 20"x2"	1/5/0
M2	Motor 2	1/5/0

Tabla 2: Codificación de Partes Grupo B

8.3 Anexo 3: Análisis de Costos de Diseño de la MDFV

El cálculo de costos diseño de la máquina se basó en las horas necesarias para el diseño de la misma, considerando el cronograma y actividades que se llevaron a cabo, una remuneración de un ingeniero de \$1300 mensuales.

Para el cálculo de remuneración por hora se realizó la siguiente operación:

$$\left[\frac{\text{Salario Mensual}}{30 \text{ Días}} \right] / 8 \text{ horas} = \text{Remuneración por Hora}$$

$$\text{Remuneración por Hora} = \left[\frac{1300}{30} \right] / 8$$

$$\text{Remuneración por Hora} = \$5.42$$

Análisis de Costos de Diseño de la Máquina Devanadora de Hilos de Fibra de Vidrio para la Producción de PFVR			
Área de Trabajo	Horas de Trabajo	Costo por Hora	Total
Definición de Requerimientos Técnicos	7	\$ 5,42	\$ 37,94
Diseño Preliminar	5	\$ 5,42	\$ 27,10
Desarrollo del TRD	3	\$ 5,42	\$ 16,26
Investigación de Patentes y Métodos Existentes	27	\$ 5,42	\$ 146,34
Comparación de Conceptos y Prototipos	10	\$ 5,42	\$ 54,20
Diseño conceptual	10	\$ 5,42	\$ 54,20
Análisis Financiero 1	4	\$ 5,42	\$ 21,68
Dibujo del Prototipo	20	\$ 5,42	\$ 108,40
Revisión del Prototipo	4	\$ 5,42	\$ 21,68
Diseño Detallado	20	\$ 5,42	\$ 108,40

Cálculos Críticos	30	\$ 5,42	\$ 162,60
Dibujo del Prototipo Detallado	25	\$ 5,42	\$ 135,50
Planos Ingenieriles Detallados	7	\$ 5,42	\$ 37,94
Reuniones Semanales	18	\$ 5,42	\$ 97,56
Búsqueda de Materiales y Piezas	72	\$ 5,42	\$ 390,24
Selección de Componentes	5	\$ 5,42	\$ 27,10
Análisis Financiero 2	4	\$ 5,42	\$ 21,68
COSTO TOTAL DISEÑO:	\$ 1.468,82		

8.4 Anexo 4: Análisis de Costos de Materiales para la Construcción de la MDFV

Los materiales necesarios para la construcción de la máquina son considerados todos aquellos que forman parte de la máquina ya sean éstos componentes eléctricos o mecánicos. La siguiente tabla detalla el costo de cada componente:

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES QUE REQUIEREN MAQUINADO (Grupo A)								
Código	Material	Cantidad	Dimensión de Corte m	Unidad	Área m ² ó Longitud m Total	Costo m ² ó m	Total	
MANDRIL	1/1.1/1	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	2	0.495 x 0.468	U	0.46332	\$ 36.22	\$ 16.78
	1/1.2/2	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	2	0.468 x 0.441	U	0.412776	\$ 36.22	\$ 14.95
	1/1.3/3	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	2	0.441 x 0.415	U	0.36603	\$ 36.22	\$ 13.26
	1/1.4/4	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	2	0.415 x 0.388	U	0.32204	\$ 36.22	\$ 11.67
	1/1.5/5	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	2	0.388 x 0.361	U	0.280136	\$ 36.22	\$ 10.15
	1/1.6/6	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	2	0.361 x 0.335	U	0.24187	\$ 36.22	\$ 8.76
	1/1.7/7	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	2	0.335 x 0.308	U	0.20636	\$ 36.22	\$ 7.47
	1/1.8/8	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	2	0.308 x 0.281	U	0.173096	\$ 36.22	\$ 6.27
	1/1.9/9	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	2	0.281 x 0.254	U	0.142748	\$ 36.22	\$ 5.17
	1/1.10/10	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	2	0.254 x 0.228	U	0.115824	\$ 36.22	\$ 4.2
	1/1/11	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	1	0.232 x 0.320	U	0.07424	\$ 36.22	\$ 2.69
		Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 6mm	1	0.320 x 0.155	U	0.0496	\$ 43.47	\$ 2.16
	1/1.11/12	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	1	0.075 x 0.075	U	0.005625	\$ 36.22	\$.2
1/1/13	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	1	0.150 x 0.150	U	0.0225	\$ 36.22	\$.82	
	Eje Hueco; Diá Int: 19.08mm Diá Ext:58.15mm	1	0.05	m	0.05	\$ 38.33	\$ 1.92	
BASE MANDRIL MOTORIZADA	1/2/1	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 3mm	4	1.192 x 0.243	U	1.158624	\$ 21.74	\$ 25.18
	1/2/2	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 3mm	2	0.410 x 0.243	U	0.19926	\$ 21.74	\$ 4.33
	1/2/4	Ángulo ISO 65x65x6mm	2	0.5	m	1	\$ 7.53	\$ 7.53

	1/2/5	Ángulo ISO 40x40x5m	2	0.878	m	1.756	\$ 3.59	\$ 6.3
	1/2/6	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 3mm	4	0.145 x 0.100	U	0.058	\$ 21.74	\$ 1.26
	1/2/7	Ángulo ISO 65x65x6mm	2	0.606	m	1.212	\$ 7.53	\$ 9.13
	1/2/8	Eje Diámetro Externo: 38.1mm	1	0.5	m	0.5	\$ 17.	\$ 8.5
BASE MANDRIL NO MOTORIZADA	1/3/1	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 3mm	4	1.192 x 0.243	U	1.158624	\$ 21.74	\$ 25.18
	1/3/2	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 3mm	2	0.410 x 0.243	U	0.19926	\$ 21.74	\$ 4.33
	1/3/4	Ángulo ISO 65x65x6mm	2	0.5	m	1	\$ 7.53	\$ 7.53
	1/3/5	Ángulo ISO 40x40x5m	2	0.878	m	1.756	\$ 3.59	\$ 6.3
	1/3/6	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 3mm	4	0.145 x 0.100	U	0.058	\$ 21.74	\$ 1.26
	1/3/7	Eje Diámetro Externo: 90mm	1	0.3	m	0.3	\$ 107.17	\$ 32.15
	1/3/8	Eje Diámetro Externo: 38.1mm	1	0.5	m	0.5	\$ 17.	\$ 8.5
TINA RESINA	1/4/1	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 3mm	1	1.655 x 0.500	U	0.8275	\$ 21.74	\$ 17.99
	1/4/2	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 3mm	2	0.830 x 0.615	U	1.0209	\$ 21.74	\$ 22.19
	1/4/3	Eje Diámetro Externo: 25.4mm	5	0.5	m	2.5	\$ 7.58	\$ 18.96
	1/4/4	Eje Diámetro Externo: 28mm	5	0.55	m	2.75	\$ 9.67	\$ 26.58
DISTRIBUIDOR MÓVIL	1/5/1	ISO UPN 100	2	1.250	m	2.5	\$ 16.1	\$ 40.25
	1/5/2	Ángulo ISO 40x40x5	2	0.506	m	1.012	\$ 3.59	\$ 3.63
	1/5/3	ISO UPN 80	4	0.14	m	0.56	\$ 11.03	\$ 6.17
	1/5/4	Eje Diámetro Externo: 19mm	4	0.15	m	0.6	\$ 4.33	\$ 2.6
	1/5/5	Tubo Cuadrado ISO 50x50x3.2	4	0.5	m	2	\$ 4.84	\$ 9.69
	1/5/6	Tubo Cuadrado ISO 50x50x2.6	4	0.3	m	1.2	\$ 3.03	\$ 3.64
	1/5/7	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 3mm	1	0.510 x 0.380	U	0.1938	\$ 21.74	\$ 4.21
	1/5/8	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	1	0.300 x 0.134	U	0.0402	\$ 36.22	\$ 1.46
	1/5/9	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	1	0.160 x 0.109	U	0.01744	\$ 36.22	\$.63
RIEL	1/6/1	Ángulo ISO 75x75x6	2	6	m	12	\$ 7.78	\$ 93.34
	1/6/2	Ángulo ISO 75x75x6	2	6	m	12	\$ 7.78	\$ 93.34
	1/6/3	Ángulo ISO 75x75x6	2	6	m	12	\$ 7.78	\$ 93.34
	1/6/4	Ángulo ISO 40x40x3	4	6	m	24	\$ 1.75	\$ 42.07
	1/6/5	Ángulo ISO 75x75x6	1	6	m	6	\$ 7.78	\$ 46.67

1/6/6	Ángulo ISO 75x75x6	1	6	m	6	\$ 7.78	\$ 46.67
1/6/7	Ángulo ISO 75x75x6	2	0.175	m	0.35	\$ 7.78	\$ 2.72
1/6/8	Ángulo ISO 75x75x6	4	0.47	m	1.88	\$ 7.78	\$ 14.62
1/6/9	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 6mm	2	0.175 x 0.75	U	0.2625	\$ 43.47	\$ 11.41
1/6/10	Ángulo ISO 75x75x6	4	0.306	m	1.224	\$ 7.78	\$ 9.52
1/6/11	Ángulo ISO 75x75x6	16	0.306	m	4.896	\$ 7.78	\$ 38.08
1/6/12	Chapa Metálica ASTM A36 Espesor: 5mm	8	0.1 x 0.1	U	0.08	\$ 36.22	\$ 2.9
1/6/13	Ángulo ISO 65x65x6	1	0.695	m	0.695	\$ 7.53	\$ 5.24
1/6/14	Ángulo ISO 65x65x6	1	1.330	m	1.33	\$ 7.53	\$ 10.02
1/6/15	Eje Diámetro Externo: 38mm	1	0.25	m	0.25	\$ 17.	\$ 4.25
Subtotal							\$ 926.13
12 % IVA							\$ 111.14
TOTAL							\$ 1037.27

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE PARTES Y EQUIPOS EXISTENTES EL MERCADO							
Código	Descripción	Cantidad	Ensamblajes Correspondientes	UNIDAD	Costo U	Costo Total	
PERNOS - TUERCAS - ARANDELAS (GALVANIZADO)	A/M14	Arandela Plana ISO M14	7	1/1/0; 1/6/0	U	\$.09	\$.63
	T/M14	Tuerca Pesada ISO M14	7	1/1/0; 1/6/0	U	\$.14	\$.98
	P/M16x65	Perno ISO M16x65	12	1/2/0; 1/3/0; 1/6/0	U	\$.63	\$ 7.56
	A/M16	Arandela Plana ISO M16	12	1/2/0; 1/3/0; 1/6/0	U	\$.18	\$ 2.16
	T/M16	Tuerca Pesada ISO M16	12	1/2/0; 1/3/0; 1/6/0	U	\$.18	\$ 2.16
	P/M8x35	Perno ISO M8x35	4	1/2/0	U	\$.1	\$.4
	A/M8	Arandela Plana ISO M8	24	1/2/0; 1/4/0; 1/5/0; 1/6/0	U	\$.03	\$.72
	T/M8	Tuerca Pesada ISO M8	14	1/2/0; 1/5/0; 1/6/0	U	\$.22	\$ 3.08
	P/M8x14	Perno ISO M8x14	10	1/4/0; 1/5/0	U	\$.06	\$.6
	P/M20x30	Perno ISO M20x30	1	1/4/0	U	\$.88	\$.88
	T/M20	Tuerca Pesada ISO M20	1	1/4/0	U	\$.34	\$.34
	PIN/10X60	Pin Clevis ISO 2341B 10x60	4	1/5/0	U	\$ 1.32	\$ 5.28

	PAS/3.2x28	Pasador ISO 1234-3.2x28C	4	1/5/0	U	\$.35	\$ 1.4
	P/M8x20	Perno ISO M8x20	6	1/5/0	U	\$.68	\$ 4.08
	P/M8x40	Perno ISO M8x40	4	1/6/0	U	\$.1	\$.4
	P/M14x40	Perno ISO M14x40	3	1/6/0	U	\$.34	\$ 1.02
PARTES Y EQUIPOS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	CH/1	Chumacera 1	6	1/2/0; 1/3/0; 1/6/0	U	\$ 22.	\$ 132.
	POL/10	Polea de Aluminio de 10"x2"	1	1/2/0	U	\$ 17.36	\$ 17.36
	CV/1	Chaveta 8x7x80mm	2	1/2/0; 1/3/0	U	\$ 22.	\$ 44.
	M1	Motor 1	1	1/2/0	U	\$ 619.	\$ 619.
	POL/5	Polea de Aluminio de 5"x2"	1	1/2/0	U	\$ 6.5	\$ 6.5
	CV/2	Chaveta 8x7x65mm	1	1/2/0	U	\$ 3.19	\$ 3.19
	R/5	Rueda	4	1/5/0	U	\$ 7.	\$ 28.
	POL/20	Polea de Aluminio de 20"x2"	2	1/5/0	U	\$ 75.04	\$ 150.08
	M2	Motor 2	1	1/5/0	U	\$ 423.	\$ 423.
						Subtotal	\$ 1454.82
						12 % IVA	\$ 174.58
						TOTAL	\$ 1629.4

Los costos de materiales fueron cotizados en los principales distribuidores de aceros en el Ecuador; dentro de ellos se encuentran:

- Dipac
- Acercons
- Kubiec
- Importcom

Sumando ambos el costo de los materiales que requieren de maquinado y costos de las partes y equipos existentes en el mercado se obtiene:

$$\text{Costo de Materiales 1} + \text{Costo de Materiales 2} = \text{Costo Total Materiales}$$

$$\text{Costo total Materiales} = \$1037.27 + \$1629.4$$

$$\text{Costo total Materiales} = \$2666.67$$

8.5 Anexo 5: Análisis de Costos de Mano de Obra y Servicios para la Construcción de la MDFV

El costo de la mano de obra y servicios para la construcción de la máquina incluye todos los rubros necesarios para la preparación o maquinado de las piezas, además de los costos de ensamblaje de las mismas.

El costo de los rubros fue cotizado directamente a los talleres de Postyher, ya que ellos constan con toda la maquinaria necesaria para la producción de la máquina (el diseño se basó en las máquinas existentes en el taller); de ésta manera se redujo costos.

Para éste análisis se tomaron en cuenta el costo de uso de los equipos por hora así como el costo por hora de obrero según el trabajo que desempeñe; se calcularon tres salarios para tres empleados con diferentes habilidades cada uno:

- Soldador

Salario: \$800

$$\text{Remuneración por Hora} = \left[\frac{800}{30} \right] / 8$$

$$\text{Remuneración por Hora} = 3.33$$

- Maestro de Taller

Salario: 580

$$\text{Remuneración por Hora} = \left[\frac{580}{30} \right] / 8$$

$$\text{Remuneración por Hora} = 2.42$$

- Asistente de Soldador

Salario: 400

$$\text{Remuneración por Hora} = \left[\frac{400}{30} \right] / 8$$

$$\text{Remuneración por Hora} = 1.67$$

El cálculo de remuneraciones por hora se desarrolló con la ecuación de la sección 4.1.

De acuerdo a los salarios-hora calculados se calculó en la siguiente tabla el costo de mano de obra y servicios necesarios para la construcción de la MDFV:

Cálculo de Mano de Obra y Servicios para la Construcción de la MDFV															
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Tiempo (H)	Tiempo (H) Total	Uso de Equipos (Costo por Hora \$)							Empleados y Costo Hora (\$)			Costo Total	
				Roladora	Plasma CNC	Plegadora CNC	Trozadora / Cizalla	Taladro	Torno	Soldadura MIG	Soldador	Asistente de Soldador	Maestro Taller		
Mandrill	Corte de Piezas por Plasma CNC	24	0.5	12		40						3.3	1.6		\$540
	Rolado de Secciones del Mandrill	20	1	20	20								1.6	2.4	\$481.67
	Suelda de Secciones del Mandrill	10	0.8	8							14	3.3	1.6		\$152.
	Suelda de Tramos del Mandrill	10	1	10							14	3.3	1.6		\$190.
	Construcción de Acoples del Mandrill	2	1.5	3		40				25	14	3.3	1.6	2.4	\$259.25
	Ensamble y Soldadura de Acoples del Mandrill	2	1	2							14	3.3	1.6		\$38
Bases Mandrill	Corte de Piezas Manual	24	0.3	6				10					1.6		\$70
	Corte de Piezas por Plasma CNC	8	0.5	4		40						3.3	1.6		\$180
	Plegado de Tol 3mm	24	0.3	6			50						1.6	2.4	\$324.5
	Perforaciones M8	8	0.1	0.8					5				1.6		\$5.33
	Perforaciones M16	28	0.2	4.2					5				1.6		\$28
	Ensamble y Soldadura de la Estructura	36	0.5	18							14	3.3	1.6		\$342
Tina de Resina	Corte de Piezas por Plasma CNC	2	0.5	1		40						3.3	1.6		\$45
	Plegado de Tol 3mm	4	0.3	1			50						1.6	2.4	\$54.08
	Torneado de Ejes	5	0.4	2						25			1.6	2.4	\$58.17
	Torneado de Impregnador de Resina	5	4	20						25			1.6	2.4	\$581.67
	Ensamble y Soldadura de la Estructura	2	1	2							14	3.3	1.6		\$38
Distribuidor Móvil	Corte de Piezas Manual	24	0.3	6				10					1.6		\$70
	Corte de Piezas por Plasma CNC	3	0.5	1.5		40						3.3	1.6		\$67.5
	Perforaciones M16	24	0.2	3.6					5				1.6		\$24
	Perforaciones M8	6	0.1	0.6					5				1.6		\$4
	Ensamble y Soldadura de la Estructura	16	0.5	8							14	3.3	1.6		\$152
Riel	Corte de Piezas Manual	52	0.3	13				10					1.6		\$151.67
	Perforaciones M16	22	0.2	3.3					5				1.6		\$22
	Perforaciones M8	4	0.1	0.4					5				1.6		\$2.67

	Ensamble y Soldadura de la Estructura	57	0.6	34.2						14	3.3	1.6		\$649.8
	Montaje de Motor y Poleas	2	1	2						14	3.3	1.6	2.4	\$42.83
MDFV	Perforaciones M16	6	0.2	0.9				5				1.6		\$6
													Total	\$4580.13

El costo total de mano de obra y servicios es de \$4580.13; para éste valor no se toma en cuenta el IVA ya que los trabajadores no cobran IVA. Con ésta tabla también se calculó el tiempo que se tarda la construcción de la máquina sumando las horas necesarias para la producción de cada parte de la máquina.

El total de horas necesarias es de 193.5 horas; considerando que un obrero trabaja normalmente 8h diarias se obtiene:

$$\text{Días Laborables Necesarios: } \frac{193.5}{8}$$

$$\text{Días Laborables Necesarios: } 24.19 \text{ días}$$

Los 24.19 días corresponden aproximadamente a un mes y tres días más de trabajo, considerando que se tenga un 100% de rendimiento de los trabajadores y que no se enfermen, falten, etc.

El tiempo de construcción de la máquina cumple con lo esperado inclusive según estos cálculos se han reducido doce días; es importante tener estos doce días considerando que los materiales no se encuentren en stock; o que haya algún problema con alguna máquina o como se mencionó anteriormente algún problema con el personal que genere retrasos en la producción.

8.6 Anexo 6: Análisis del Cálculo de Costos de Materiales del Sistema Eléctrico

Los materiales considerados para el sistema eléctrico únicamente contemplan el funcionamiento básico de la máquina; es decir el movimiento del mandril y del distribuidor y el control de velocidad de ambos.

Fue importante tomar en cuenta estos gastos e implementación de los equipos para demostrar el funcionamiento de la máquina, a pesar de que el sistema de control y automatización no esté contemplado en esta tesis.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES PARA EL TABLERO DE CONTROL				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo U	Costo Total
Contactor ABB AS30 Bobina Multivoltaje de 110- 220V (AC/DC)	2	U	\$ 63.9	\$ 127.8
Variador de Frecuencia General Electric AF-60LP 3HP	2	U	\$ 584.58	\$ 1169.16
Porta Fusible RT-18 10x38 1Polo 380V 32 ^a	3	U	\$ 1.87	\$ 5.61
Fusible 10x38 380V 16 ^a	3	U	\$.2	\$.6
Breaker 16A 3P BKN-2-16	2	U	\$ 12.11	\$ 24.22
Tablero de Control Metálico 1000x500x500mm	1	U	\$ 112.	\$ 112.
			Subtotal	\$ 1439.39
			12% IVA	\$ 172.73
			Total	\$ 1612.12

El gasto de los materiales eléctricos obviamente aumentó el costo total de la construcción de la máquina; sin embargo la inversión total se mantuvo dentro del presupuesto asignado para el proyecto.

8.7 Anexo 7: Manual de Operación/ Servicio

MDFV 1.1


**PROTOTIPO DE MAQUINA
DEVANADORA DE HILOS DE FIBRA DE
VIDRIO**

**MANUAL
OPERACIÓN/SERVICIO**

MDFV 1.1

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Los siguientes símbolos en este manual indican peligro potencial al operador o equipo. Leer el manual detalladamente. Tomar medidas necesarias para proteger al personal, así como al equipo.

 **ADVERTENCIA:** MDFV 1.1 utiliza este símbolo en el manual para advertir de una posible lesión.

 **PRECAUCIÓN:** MDFV 1.1 utiliza este símbolo para indicar daño potencial en el equipo.

Motores, químicos, equipos eléctricos, gases, tornillos flojos, y las piezas móviles presentan un potencial riesgo, pudiendo resultar en una seria lesión del personal. Siga los procedimientos recomendados a continuación. Además, tenga en cuenta muchas de las reglas generales de seguridad adicionales practicadas dentro de su empresa o industria.

 **PRECAUCIÓN:** Siempre utilice guantes y mascarilla cuando utilice la MDFV 1.1.

- **Protéjase Contra Descargas Eléctricas**

La MDFV 1.1 está equipada con equipos que funcionan a 220V capaces de producir descargas eléctricas fuertes, que podrían resultar en lesiones fatales para el operario que accidentalmente intervino en el circuito eléctrico.

Tenga cuidado con un corte o daño en el cable de alimentación. En caso de encontrar algún defecto, reemplace el cable inmediatamente.

Tome medidas extras de seguridad cuando presente problemas eléctricos:

- Cuando la solución de problemas indica un mal funcionamiento en el sistema de corriente alterna de alta tensión, pasar la tarea a un electricista calificado y capacitado.
- Desconecte la energía eléctrica y apague el motor antes de quitar las tapas protectoras en los gabinetes de alta tensión.
- Los circuitos eléctricos en esta máquina cierran el circuito en una barra de tierra independientemente del tablero de distribución principal; verificar que ésta siempre este bien conectada y que los cables no presenten roturas ni mordeduras.
- En caso de intervenir en los equipos eléctricos utilice un multímetro (o voltímetro) con dos pinzas bien aisladas calificadas para 220 voltios.
- Mantenga una mano en el bolsillo al tocar la sonda del multímetro para conductores cargados. Esto evitará que la electricidad entre por una mano y salga por la otra; una ruta que toma la electricidad a través del corazón. Siempre desconecte la alimentación del circuito a antes de conectar los cables de prueba a los puntos de alta tensión.
- No trate de colocar ambas sondas/pinzas a la vez. En su lugar, sujetar una pinza a un cable neutro y con la otra pinza medir voltajes.
- No utilice un multímetro con cables o pinzas que tengan daño en el aislamiento.

- Inspeccione el cable de puesta a tierra entre el equipo eléctrico y el tablero. Si está dañado, cámbielo inmediatamente.
- Tratar a todos los conductores como potencialmente energizados, especialmente para solucionar problemas de mal funcionamiento del equipo.
- Quitarse cualquier tipo de joyería o accesorio metálico antes de trabajar cerca de conductores energizados.
- Proceder a través de los circuitos de manera sistemática, operando sólo una sección a la vez.
- Use herramientas aisladas al trabajar dentro del alcance de los conductores energizados.
- Mantenga un buen equilibrio. Si tiene un desliz, o deja caer una herramienta, no la agarre si los conductores energizados están al alcance.
- Concéntrese en la tarea hasta que el peligro de alta tensión sea eliminado.

- **Proteja El Medio Ambiente Y Practique Una Buena Higiene Industrial**

Prevenga la contaminación mediante la eliminación adecuada de las resinas y fibras utilizadas. Separe los desechos en contenedores designados, para facilitar el reciclaje y clasificación de los mismos.

Lávese las manos para quitar las grasas, resinas e impurezas; practique buena higiene industrial. Mantener un adecuado sistema de escape para expulsar gases descargados correctamente. Revise el sistema de ventilación del sitio periódicamente para evitar que haya acumulación de gases.

- **NO Toque Superficies Calientes**

Los motores de la MDFV pueden llegar a calentarse. Evite tocar las partes calientes; en caso de ser necesario utilice guantes designados para trabajar con temperaturas altas.

- **Esté Alerta Y Atento A Las Tareas**

Lea las instrucciones de seguridad y los procedimientos de operación antes de intentar solucionar problemas o trabajar en esta máquina. Lea también el manual del motor, variadores de frecuencia, equipos mecánicos y eléctricos.

No trabaje en este equipo cuando sienta fatiga física o mental.

No trabaje en este equipo bajo la influencia de drogas o alcohol.

- **Tenga Cuidado Con Piezas En Movimiento**

Evite ser golpeado o enganchado por las partes móviles de la MDFV.

Chaquetas sueltas, camisas, corbatas, o mangas no deben ser usadas cuando se trabaja u opere con la MDVF.

Mantenga las manos alejadas de las piezas móviles. Particularmente, asegúrese de mantener las manos alejadas de las correas y cables de acero de los motores 1 y 2, cuando estos estén funcionando.

No toque los filamentos o hilos mientras estos son enrollados, puede ocasionar cortes o que se rompan.

Evite tener piezas sueltas en el distribuidor de fibras móvil, podrían ocasionar un accidente mientras éste se desplaza.

- **Utilice Sólo Piezas De Repuesto Iguales**

Cuando un componente falla y necesita ser reemplazado únicamente utilizar el tamaño, longitud, rosca, grado y material equivalentes; acudir a los planos de ensamblaje codificados de ser necesario.

Póngase en contacto con el fabricante de las piezas de repuesto o Postyher para garantizar una correcta reparación.

MDFV 1.1

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

**IMPORTANTE: LEA TODAS LAS INSTRUCCIONES EN EL MANUAL
DETENIDAMENTE ANTES DE OPERAR EL EQUIPO**

**⚠ ¡ADVERTENCIA NO OPERAR LA MÁQUINA SI NO ESTÁ CAPACITADO
PARA UTILIZARLA!**

I. Inspección

- A. Inspeccione el equipo a simple vista, verificando que no haya objetos o equipos sueltos en las partes móviles de la MDFV.
- B. Asegúrese de que la máquina se encuentre apropiadamente conectada a tierra.
- C. Observe que los anclajes de la máquina estén correctamente empotrados.
- D. Verifique que los cables del panel de control no estén lastimados, que su aislamiento se encuentre en perfectas condiciones.
- E. Evalúe los alrededores de la máquina cerciorándose que se encuentren en condiciones óptimas para el uso de la máquina.


II. Limpieza y Lubricación


- A. Limpie los motores con el uso de aire a presión eliminando el polvo de sus filtros y ventiladores; es importante permitir que la ventilación de los motores sea óptima para evitar que estos se recalienten.
- B. Limpie los equipos electrónicos del tablero eléctrico con la ayuda del aire a presión; asegúrese de que el breaker del tablero de distribución principal se encuentre en posición de apagado.
- C. Limpie el riel del distribuidor de fibras, se debe evitar que éste patine durante su desplazamiento.
- D. Verificar que el mandril y la tina de resina estén limpios y secos; el agua o grasa puede influenciar en la resistencia del material compuesto.
- E. Lubrique las chumaceras del equipo con la grasa adecuada y un grasero.

III. Preparación del Bobinado

- A. Pruebe que el desplazamiento del distribuidor de fibras sea el adecuado.
- B. Gire el mandril para comprobar que está funcionando correctamente y que gira en su eje concéntricamente.
- C. Verifique que el botón de parada de emergencia está funcionando apropiadamente.
- D. Calibre las velocidades según el tipo de bobinado que desea realizar; para esto es importante revisar el manual de calibración del Micro Drive AF-60LP o del regulador de velocidad que se encuentre instalado en el equipo.
- E. Pruebe nuevamente el desplazamiento del distribuidor y giro del mandril.
- F. Lubrique el mandril con el agente desmoldante, asegurándose que éste cubra toda la superficie del mismo.
- G. Posicione los carretes de filamentos de fibra de vidrio en su puesto.



- H. Teja los filamentos a través del distribuidor móvil y el organizador de fibras hasta llegar al mandril.
- I. Llene la tina con la resina preparada.

 **PRECAUCIÓN:** Si no se evidencia el buen funcionamiento del mandril y del distribuidor no utilice la MDFV; esto puede resultar en un mal bobinado o daño en el equipo.

 **ADVERTENCIA:** No inicie la producción si el botón de paro de emergencia no está funcionando; evite accidentes. Contacte al técnico de mantenimiento para que lo repare.

IV. Bobinado/Enrollado de Filamentos

- A. Gire el mandril manualmente y enganche los filamentos hasta que den una o dos vueltas y se aseguren en el mandril.
- B. Encienda primero el giro del mandril a un paso lento y continúe a encender el distribuidor de fibras.
- C. Los controladores de velocidad y la programación de la máquina empezarán a funcionar sincronizando la velocidad del mandril y del distribuidor para obtener el enrollado requerido.
- D. Supervise que el bobinado sea el adecuado, y que la máquina funcione correctamente.
- E. Una vez terminado el enrollado apague la máquina.
- F. Gire manualmente el mandril de dos a tres vueltas para trabar los hilos en donde termine el bobinado, corte los hilos.
- G. Sujete el mandril con la ayuda del puente grúa.
- H. Extraiga los pernos de acople del mandril a los ejes de rotación; lleve el mandril al área de curado.

 **ADVERTENCIA**  **PRECAUCIÓN:** Verifique que el mandril esté bien sujeto para su transporte, un desbalance o falta de agarre puede ocasionar que éste se caiga dañando el mandril, el producto o un trabajador.

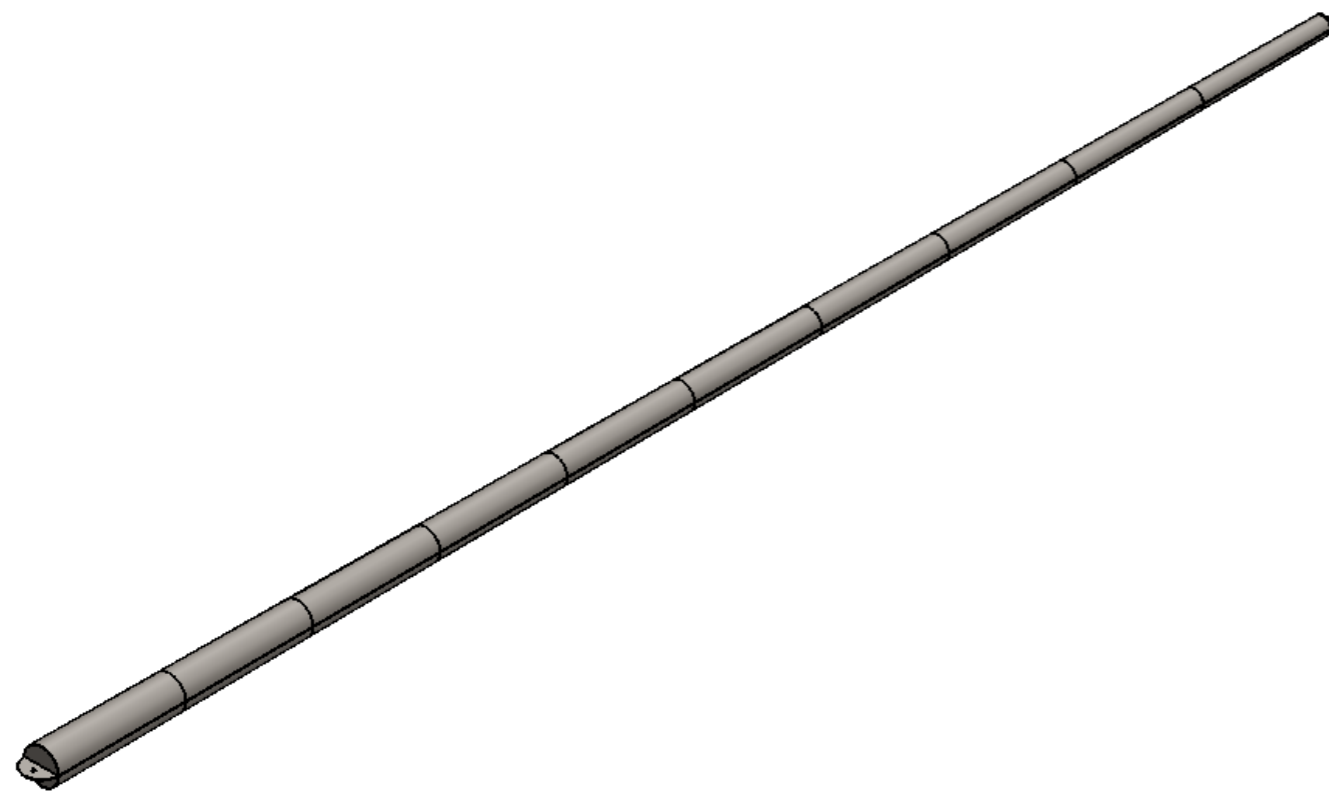
V. Montaje del Mandril

- A. Eleve el mandril con puente grúa debidamente asegurado.
- B. Posicione el mandril entre las dos bases de soporte de la máquina.
- C. Asegure el mandril con los pernos de los acoples a los ejes de la MDFV.

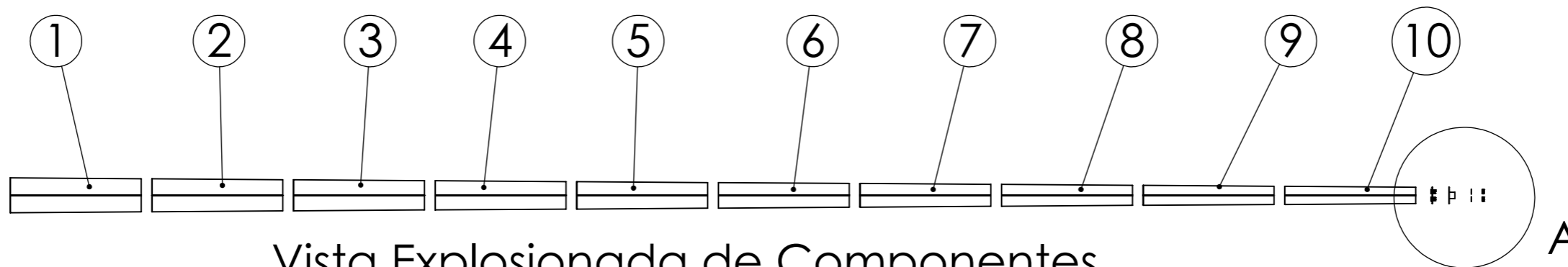
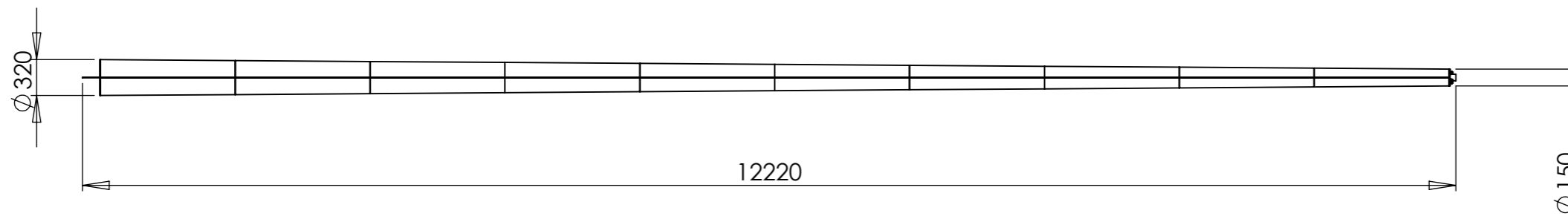
VI. Limpieza

- A. Limpie el mandril eliminando las resinas o compuestos que se adhirieron durante el bobinado.
- B. Retire los rodillos de impregnación y los organizadores de fibras, límpielos y déjelos remojando en un recipiente con desmoldante hasta el próximo uso.
- C. Limpie la tina de resina sacando el sobrante a través del desagüe y enjuáguela.
- D. Recolecte los desechos de la máquina y clasifíquelos para su reciclaje o reutilización.
- E. Limpie los alrededores, ya que la resina puede llegar a salpicar.
- F. Verifique que las partes móviles de la máquina estén limpias, caso contrario asearlas antes de que el compuesto se seque.

8.8 Anexo 8: Detalles y Planos Constructivos

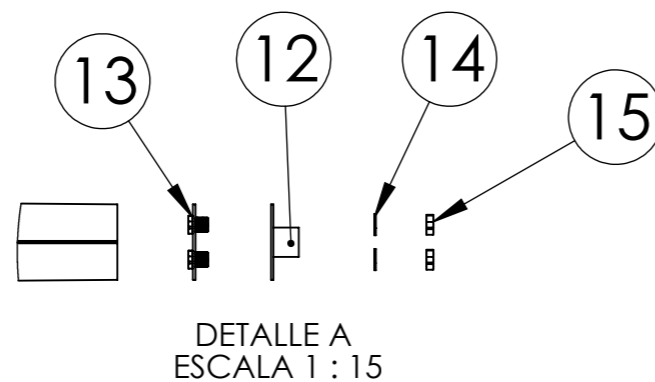


N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Tramo 1	1/1.1/0	1
2	Tramo 2	1/1.2/0	1
3	Tramo 3	1/1.3/0	1
4	Tramo 4	1/1.4/0	1
5	Tramo 5	1/1.5/0	1
6	Tramo 6	1/1.6/0	1
7	Tramo 7	1/1.7/0	1
8	Tramo 8	1/1.8/0	1
9	Tramo 9	1/1.9/0	1
10	Tramo 10	1/1.10/0	1
11	Tapa Inferior 1.1	1/1/11	1
12	Tapa Superior 1.1	1/1/13	1
13	Ensamblaje Tapa Superior con Pernos	1/1.14/0	1
14	B18.22M - Plain washer, 14 mm, narrow	A/M14	4
15	B18.2.4.6M - Heavy hex nut, M14 x 2 --W-N	T/M14	4



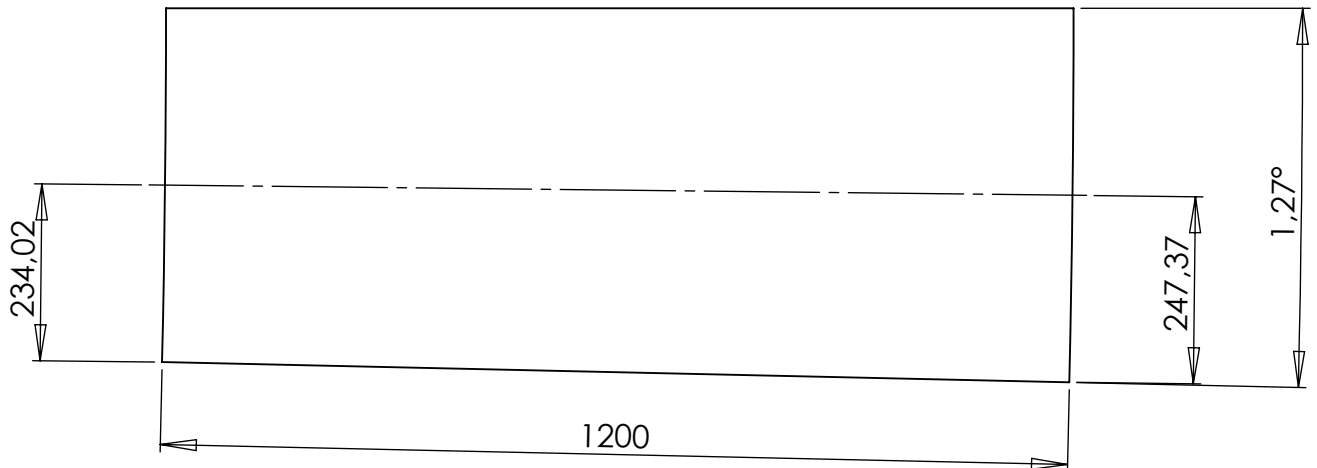
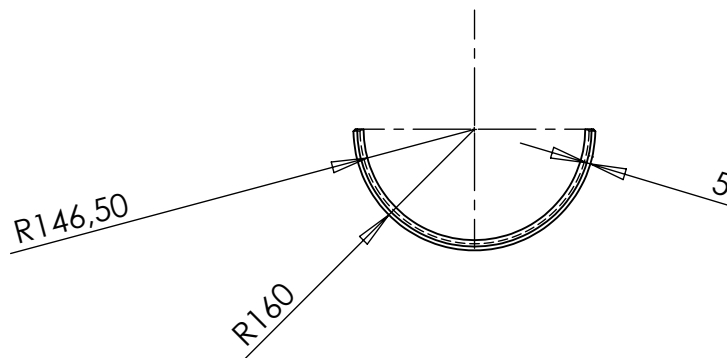
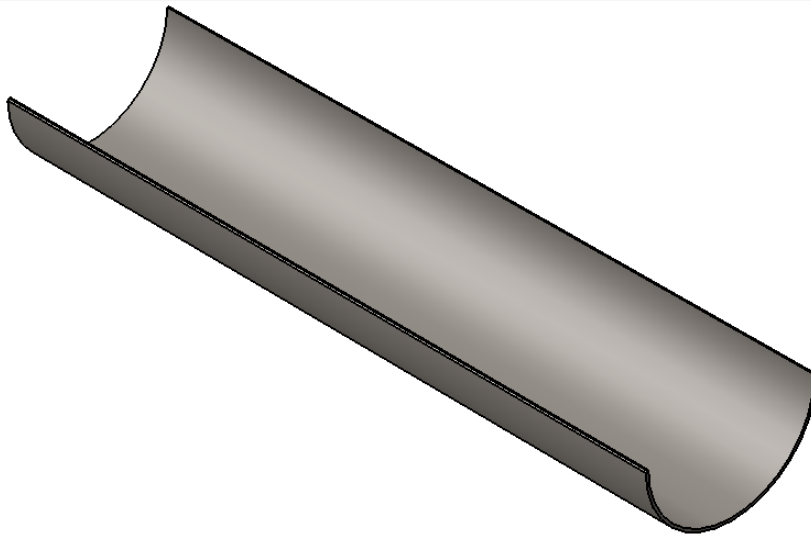
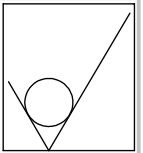
Vista Explosionada de Componentes

11



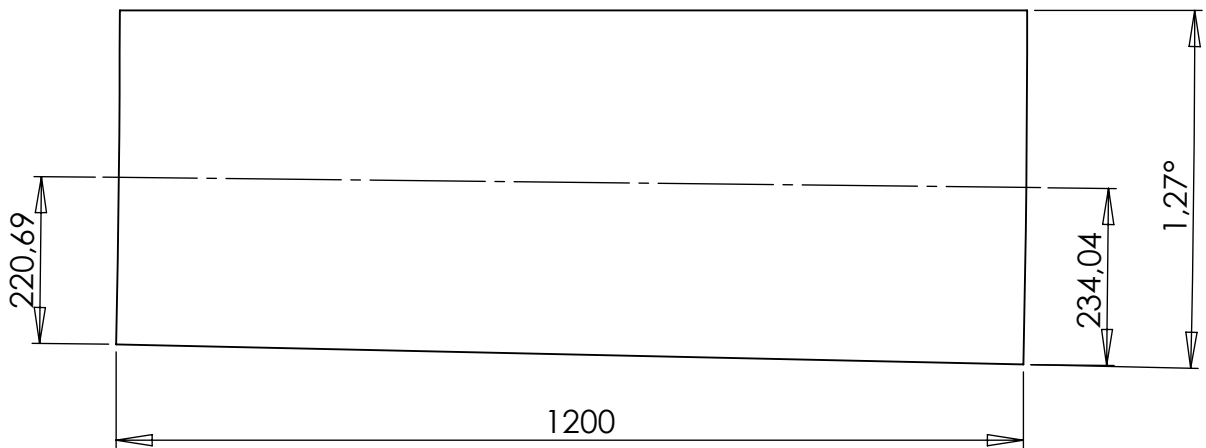
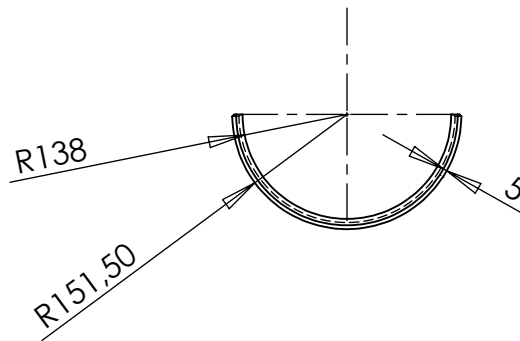
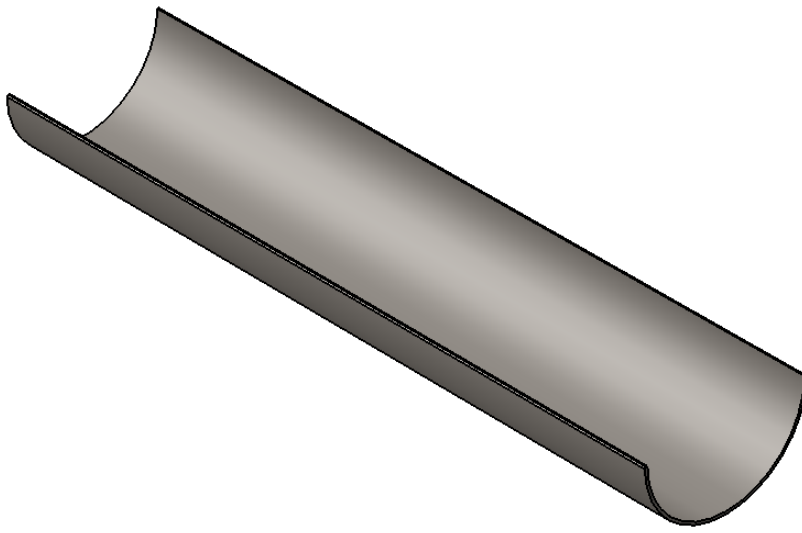
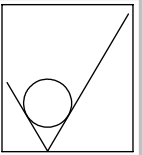
DETALLE A
ESCALA 1 : 15

TOLERANCIA GENERAL: ±0.1		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				Planos Secciones Mandril 1.2	
				TÍTULO: ENSAMBLE Y COMPONENTES DEL MANDRIL	
DIBUJ.	Daniel Salinas	FIRMA		FECHA	09/04/2013
VERIF.	Lorena Bejarano	FIRMA		FECHA	09/04/2013
APROB.	Lorena Bejarano	FIRMA		FECHA	09/04/2013
FABR.	Daniel Salinas	FIRMA		FECHA	09/04/2013
OBSERVACIONES: Todas las juntas son soldadas según el WPS adjunto, los cordones de soldadura terminados deben ser esmerilados para dejar una superficie lisa.			MATERIAL: De acuerdo a las Piezas del Ensamble		Código: 1/1/0
UNIDADES: SISTEMA INTERNACIONAL			PESO(g): 346038.23		ESCALA:1:50
					A3
					Hoja 1 de 25



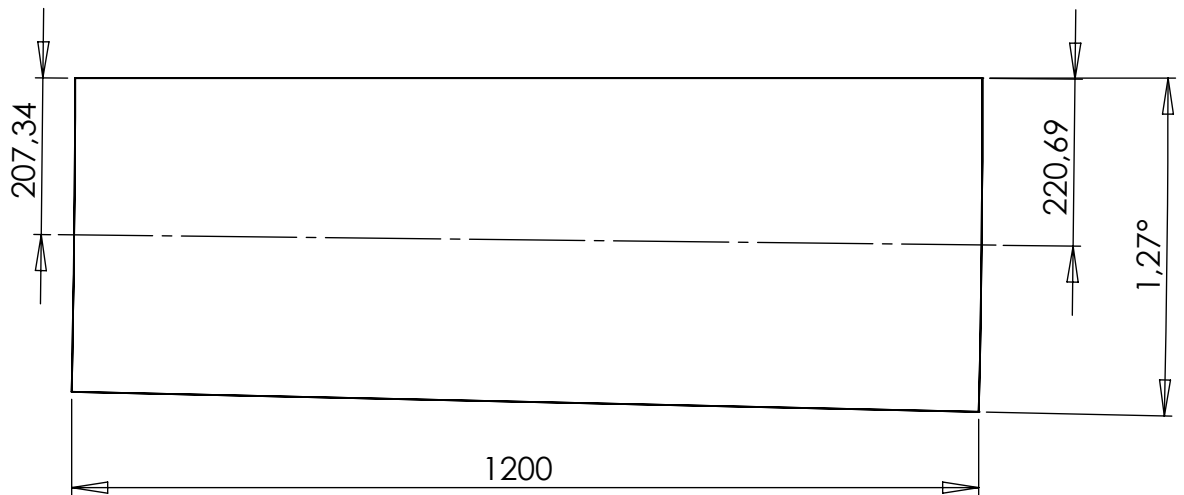
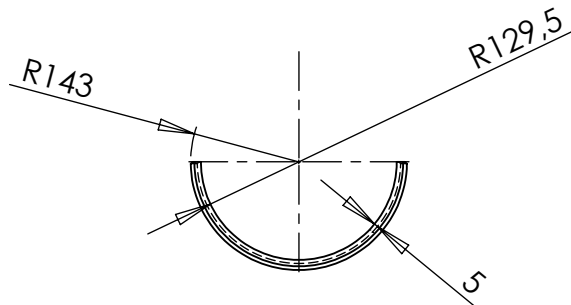
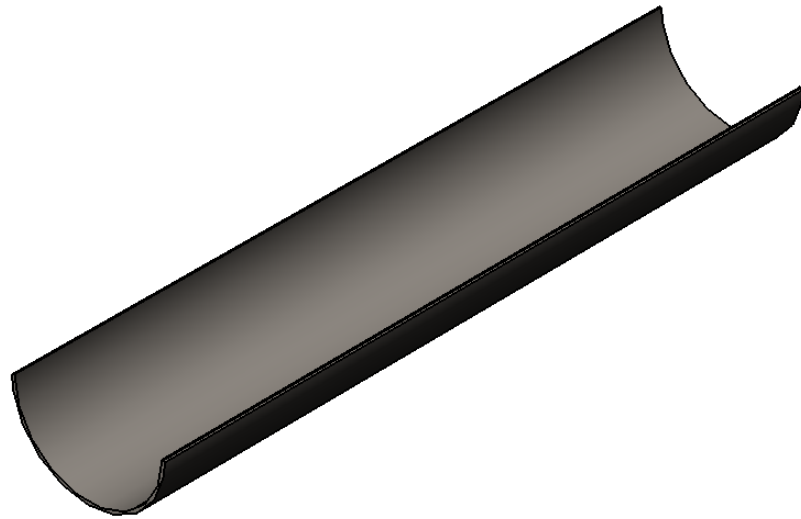
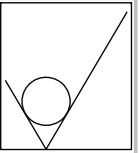
Detalle A: Diagrama de corte

TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO:	
					PLANO DE DIMENSIONES Y CORTE SECCIÓN 1 MANDRIL	
					Código:	A4
OBSERVACIONES: El doblado de la Sección debe ser realizada con baroladora/roladora. El corte de la chapa metálica deberá ser realizado por plasma CNC, de acuerdo al código G adjunto; para tener mayor precisión.					MATERIAL: ASTM A36 Acero	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 22618.26		ESCALA: 1:10		HOJA 2 DE 25

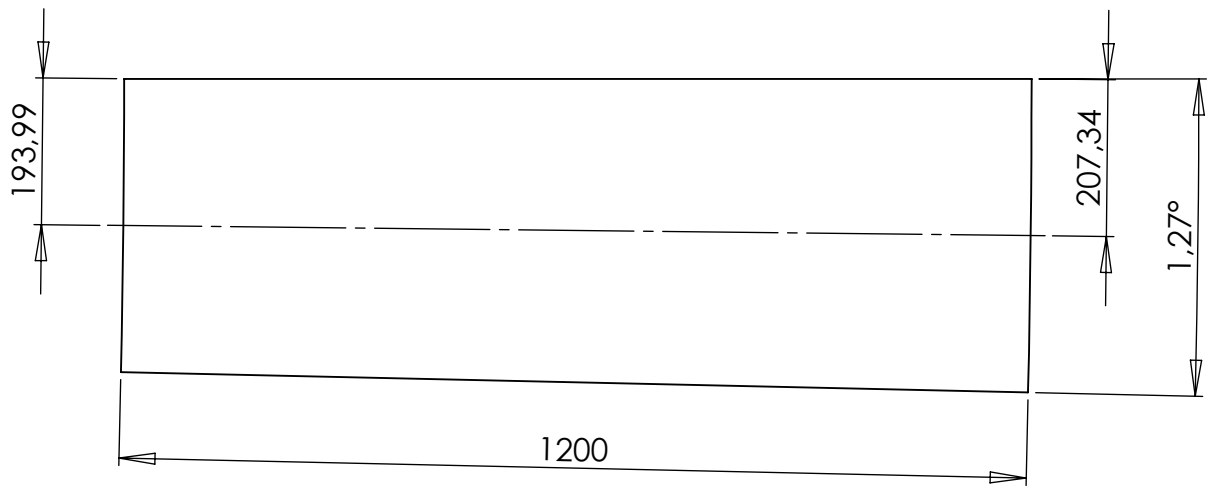
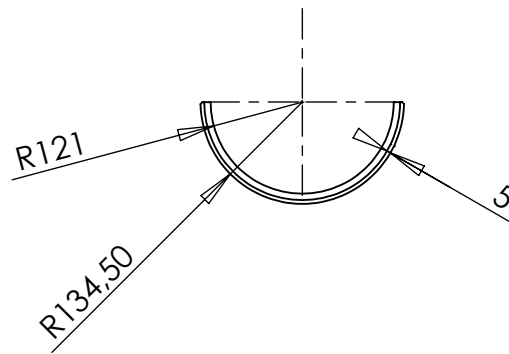
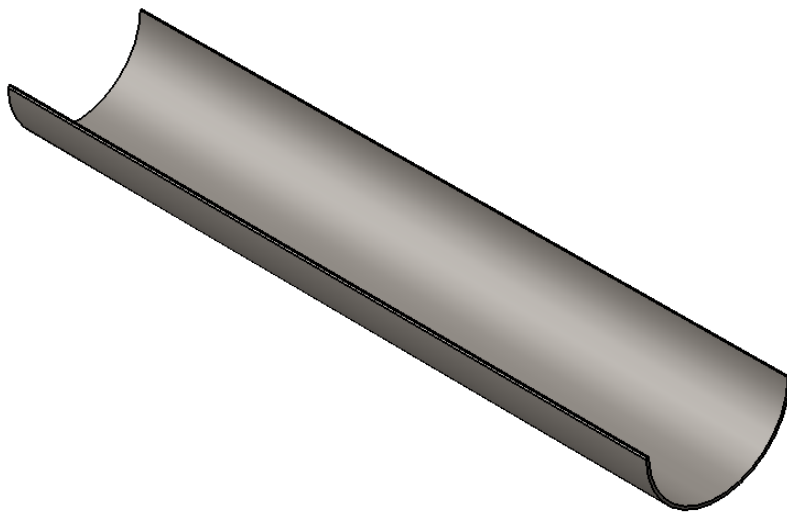
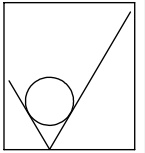


Detalle A: Diagrama de corte

TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO	TÍTULO: PLANO DE DIMENSIONES Y CORTE SECCIÓN 2 MANDRIL	
DIBUJ.	Daniel Salinas		09/04/2013			
VERIF.	Lorena Bejarano		09/04/2013			
APROB.	Lorena Bejarano		09/04/2013			
FABR.	Daniel Salinas		09/04/2013			
OBSERVACIONES: El doblado de la Sección debe ser realizada con barroladora/roladora. El corte de la chapa metálica deberá ser realizado por plasma CNC, de acuerdo al código G adjunto; para tener mayor precisión.			MATERIAL: ASTM A36 Acero		Código: 1/1.2/2	A4
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 21360.51	ESCALA: 1:10		HOJA 3 DE 25	

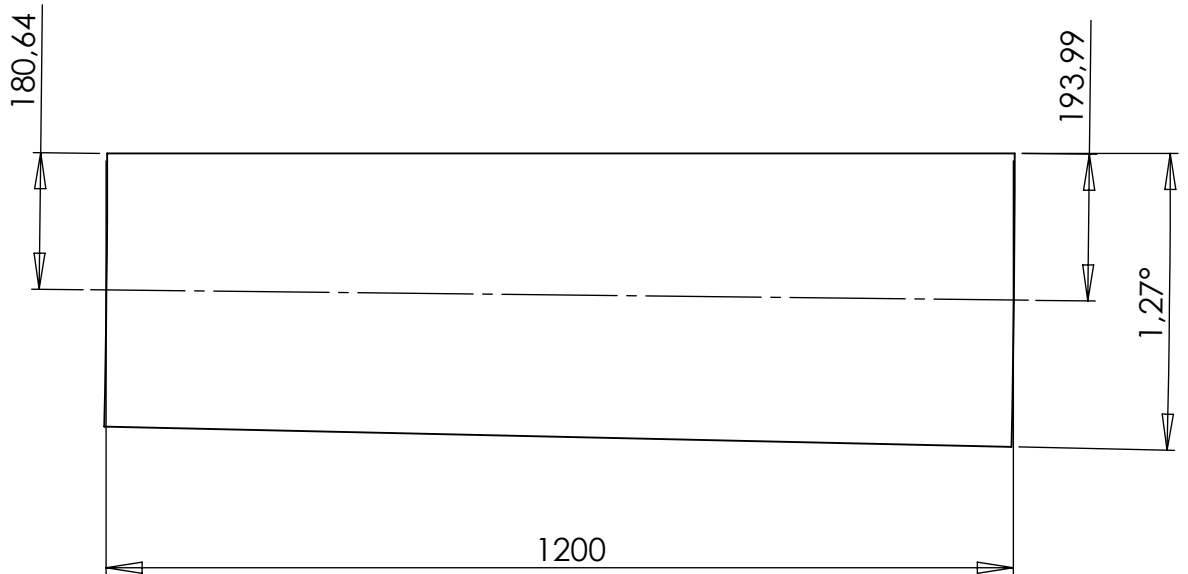
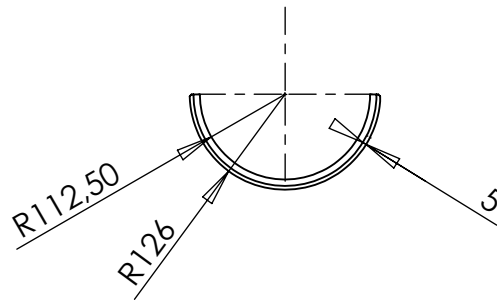
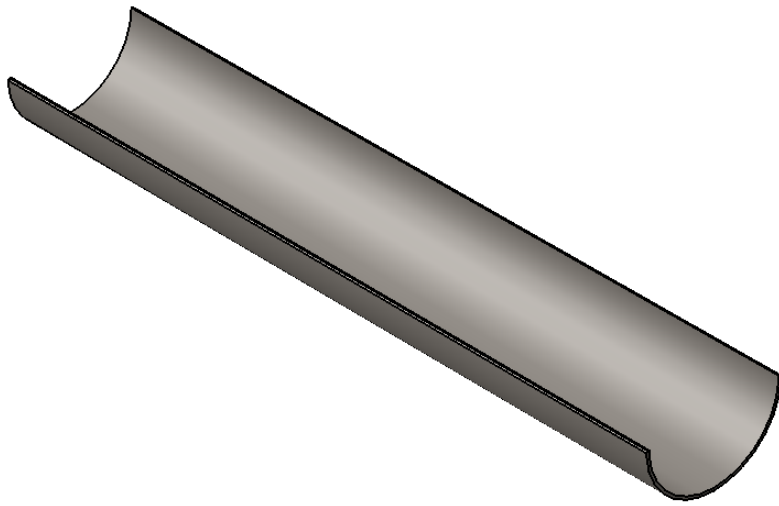
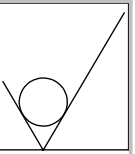


TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO: PLANO DE DIMENSIONES Y CORTE SECCIÓN 3 MANDRIL	
OBSERVACIONES: El doblez de la Sección debe ser realizada con barroladora/roladora. El corte de la chapa metálica deberá ser realizado por plasma CNC, de acuerdo al código G adjunto; para tener mayor precisión.			MATERIAL: ASTM A36 ACERO		Código: 1/1.3/3	A4
UNIDADES: Sistema Internacional	PESO (g): 20102.76	ESCALA: 1:10		HOJA 4 DE 25		



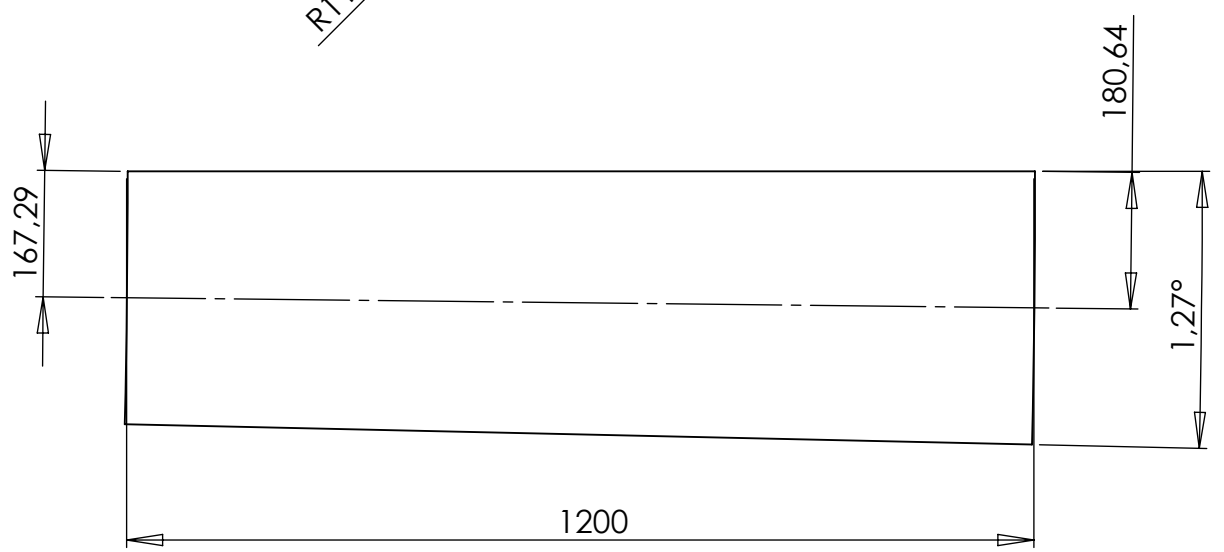
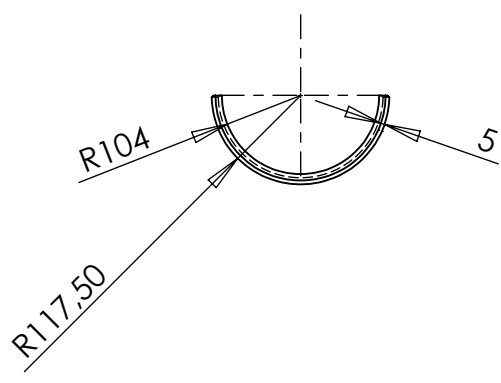
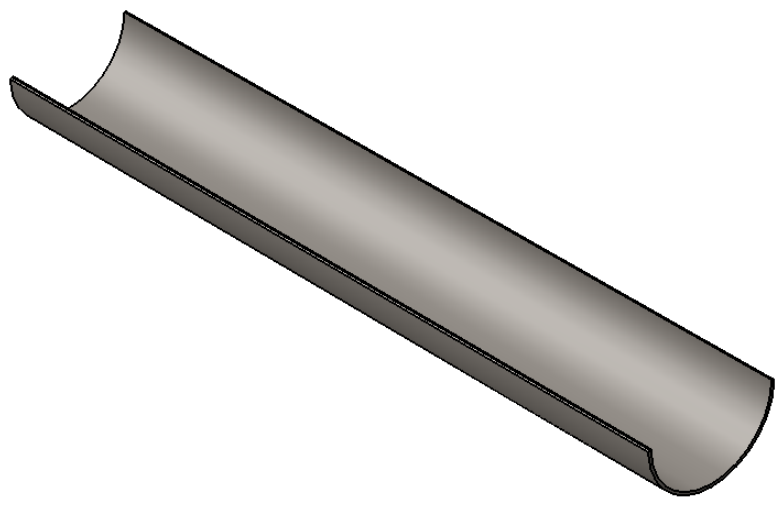
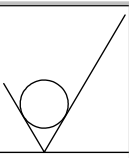
Detalle A: Diagrama de corte

TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
NOMBRE		FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO	TÍTULO:	
DIBUJ.	Daniel Salinas		09/04/2013		PLANO DE DIMENSIONES Y CORTE SECCIÓN 4 MANDRIL	
VERIF.	Lorena Bejarano		09/04/2013			
APROB.	Lorena Bejarano		09/04/2013			
FABR.	Daniel Salinas		09/04/2013			
OBSERVACIONES: El doblado de la Sección debe ser realizada con baroladora/roladora. El corte de la chapa metálica deberá ser realizado por plasma CNC, de acuerdo al código G adjunto; para tener mayor precisión.			MATERIAL: ASTM A36 ACERO		Código: 1/1.4/4	A4
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 18845.01	ESCALA: 1:10		HOJA 5 DE 25	



Detalle A: Diagrama de corte

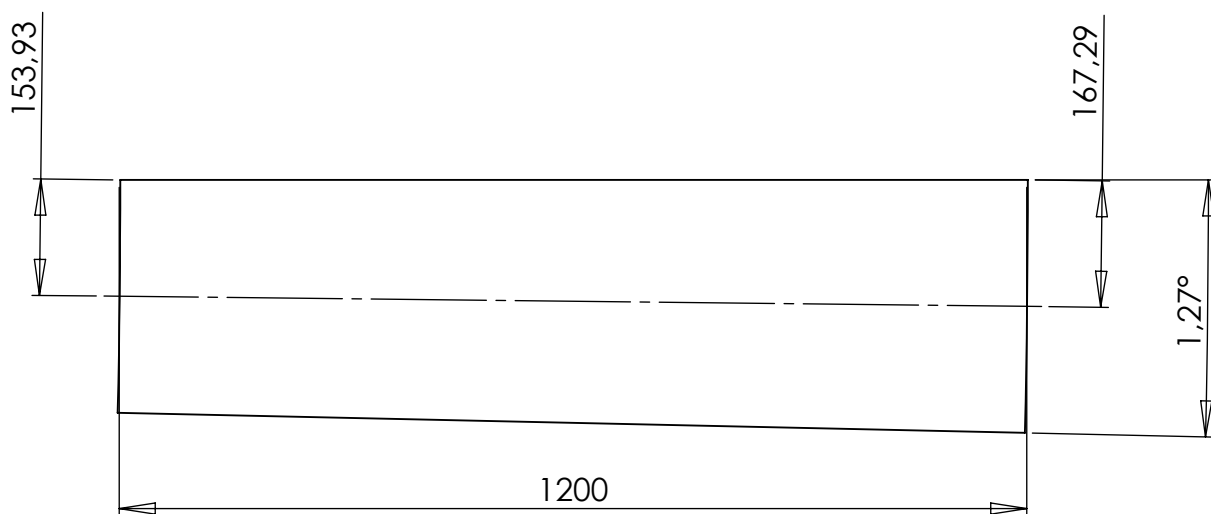
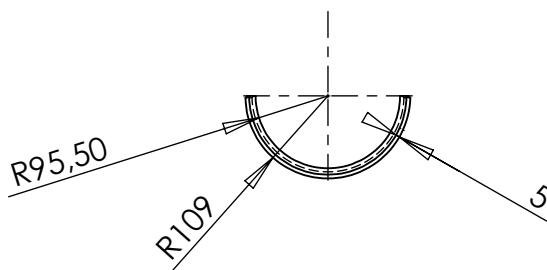
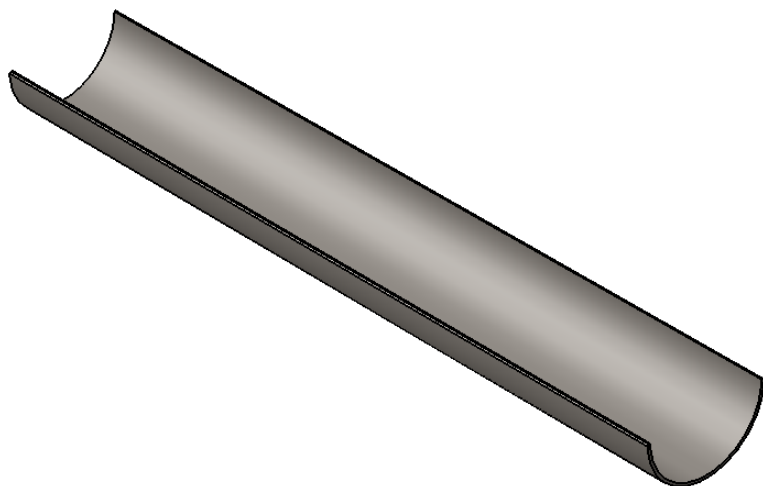
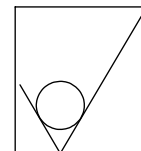
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO:	
					PLANO DE DIMENSIONES Y CORTE SECCIÓN 5 MANDRIL	
					Código:	
					1/1.5/5	
					A4	
OBSERVACIONES: El doblado de la Sección debe ser realizada con baroladora/roladora. El corte de la chapa metálica deberá ser realizado por plasma CNC, de acuerdo al código G adjunto; para tener mayor precisión.				MATERIAL: ASTM A36 Acero		
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 17587.27		ESCALA: 1:10		HOJA 6 DE 25



Detalle A: Diagrama de corte

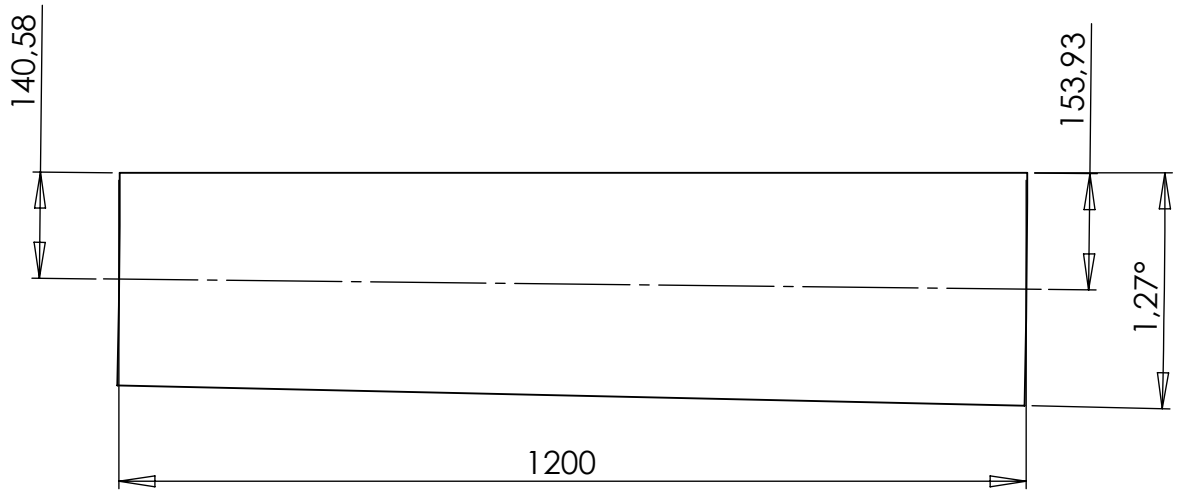
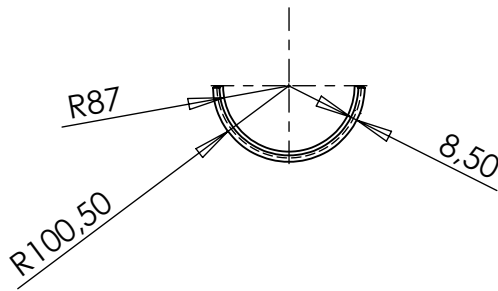
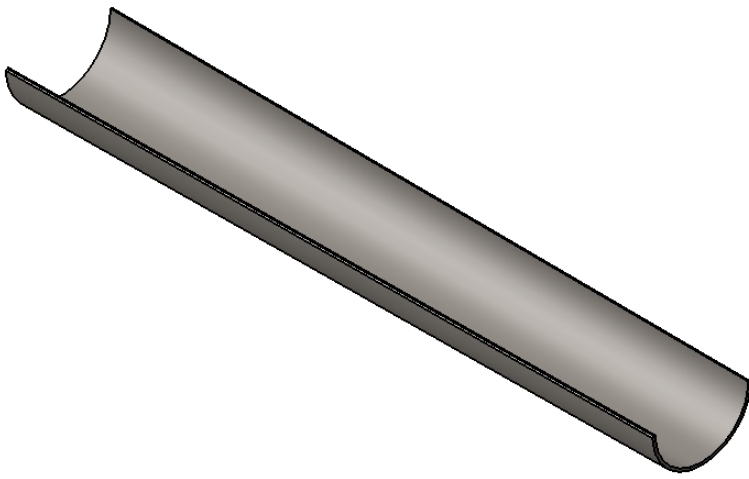
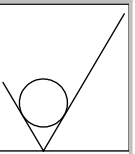
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
				TÍTULO:		
				PLANO DE DIMENSIONES Y CORTE SECCIÓN 6 MANDRIL		
OBSERVACIONES: El doblado de la Sección debe ser realizada con baroladora/roladora. El corte de la chapa metálica deberá ser realizado por plasma CNC, de acuerdo al código G adjunto; para tener mayor precisión.			MATERIAL: ASTM A36 Acero		Código: 1/1.6/6	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 16329.53	ESCALA: 1:10		HOJA 7 DE 25	

A4



Detalle A: Diagrama de corte

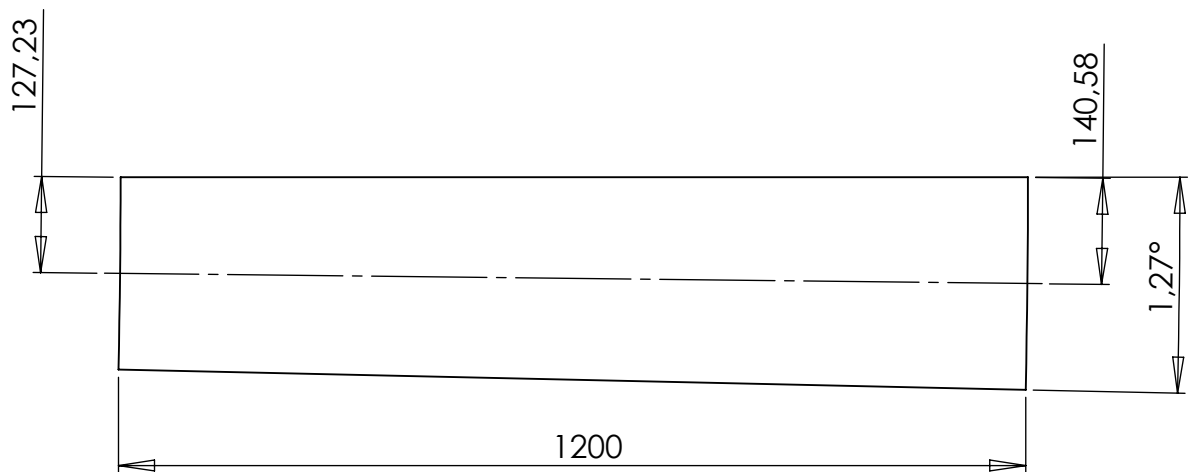
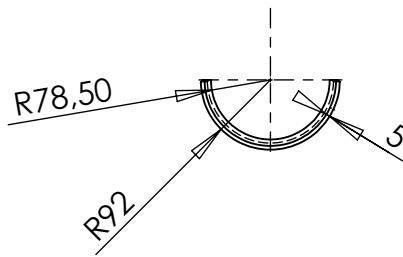
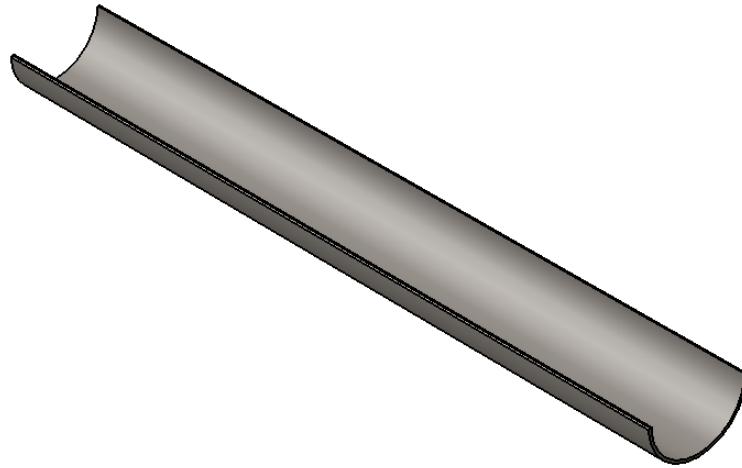
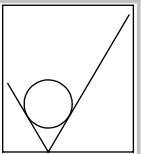
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO: PLANO DE DIMENSIONES Y CORTE SECCIÓN 7 MANDRIL	
OBSERVACIONES: El doblado de la Sección debe ser realizada con baroladora/roladora. El corte de la chapa metálica deberá ser realizado por plasma CNC, de acuerdo al código G adjunto; para tener mayor precisión.			MATERIAL: ASTM A36 Acero		Código: 1/1.7/7	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 15071.79	ESCALA: 1:10		HOJA 8 DE 25	



Detalle A: Diagrama de corte

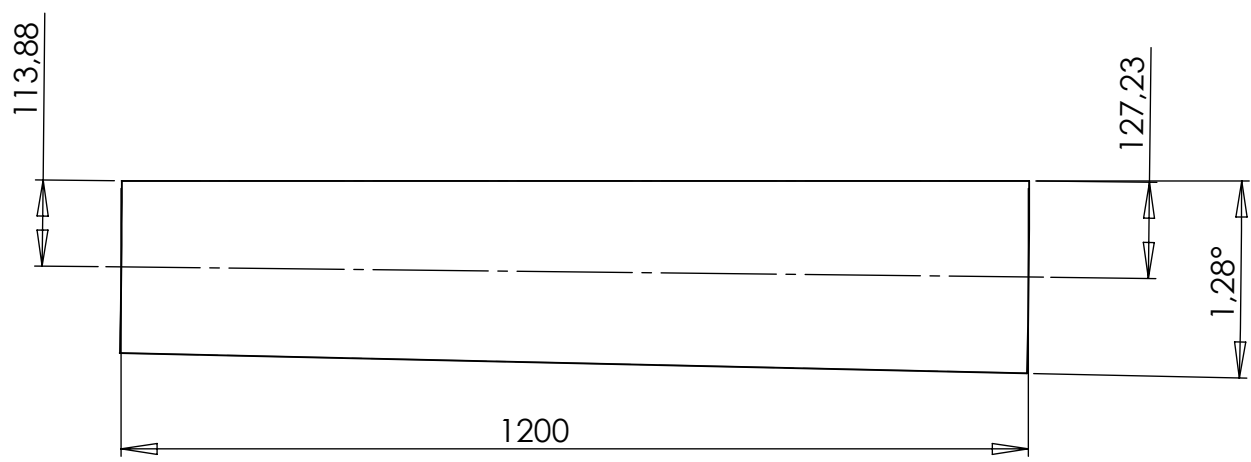
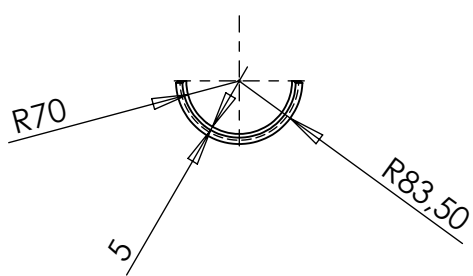
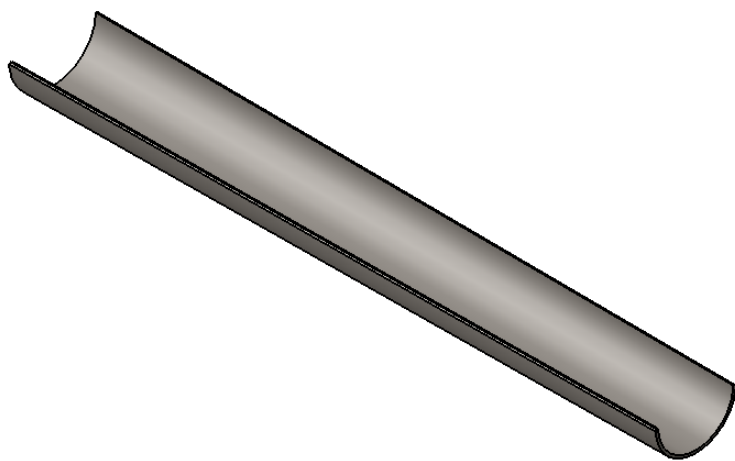
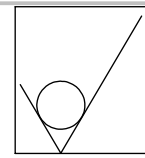
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO:	
					PLANO DE DIMENSIONES Y CORTE SECCIÓN 8 MANDRIL	
OBSERVACIONES: El doblado de la Sección debe ser realizada con barroladora/roladora. El corte de la chapa metálica deberá ser realizado por plasma CNC, de acuerdo al código G adjunto; para tener mayor precisión.			MATERIAL: ASTM A36 Acero		Código: 1/1.8/8	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 13814.06	ESCALA: 1:10		HOJA 9 DE 25	

A4



Detalle A: Diagrama de corte

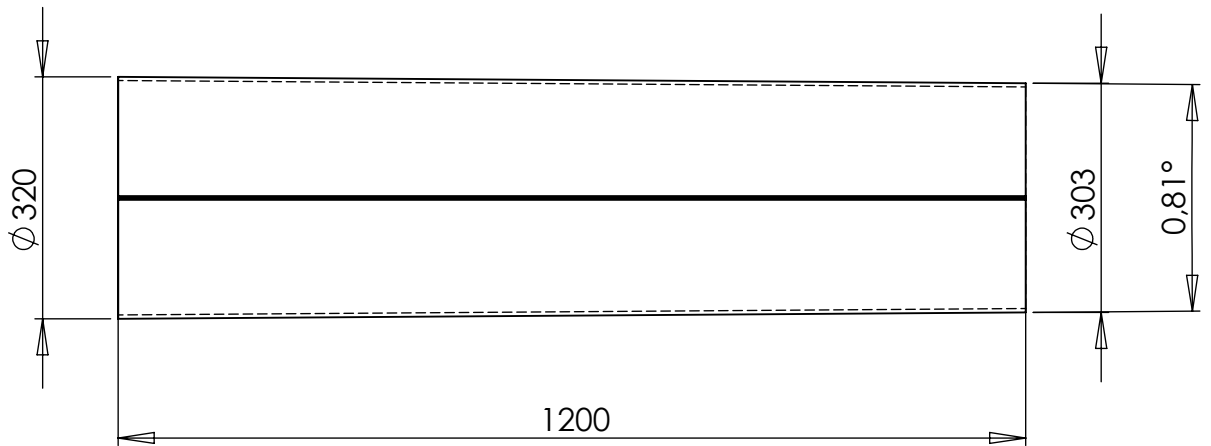
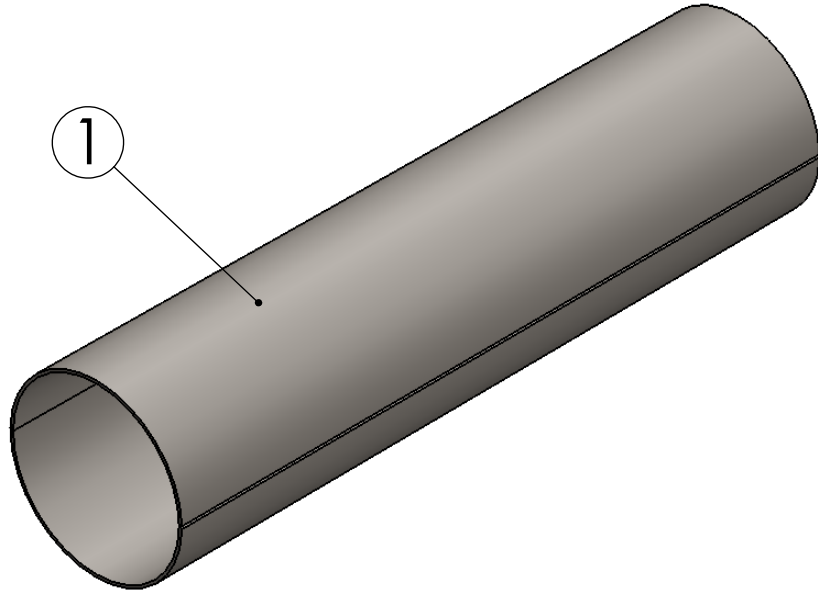
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO: PLANO DE DIMENSIONES Y CORTE SECCIÓN 9 MANDRIL	
OBSERVACIONES: El doblado de la Sección debe ser realizada con baroladora/roladora. El corte de la chapa metálica deberá ser realizado por plasma CNC, de acuerdo al código G adjunto; para tener mayor precisión.			MATERIAL: ASTM A36 Acero		Código: 1/1.9/9	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 12556.34	ESCALA: 1:10		HOJA 10 DE 25	



Detalle A: Diagrama de corte

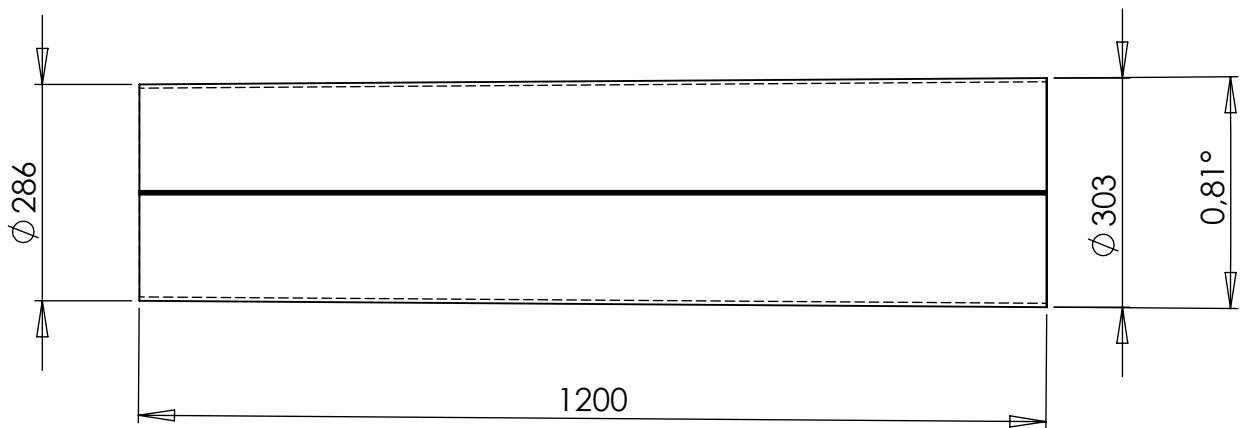
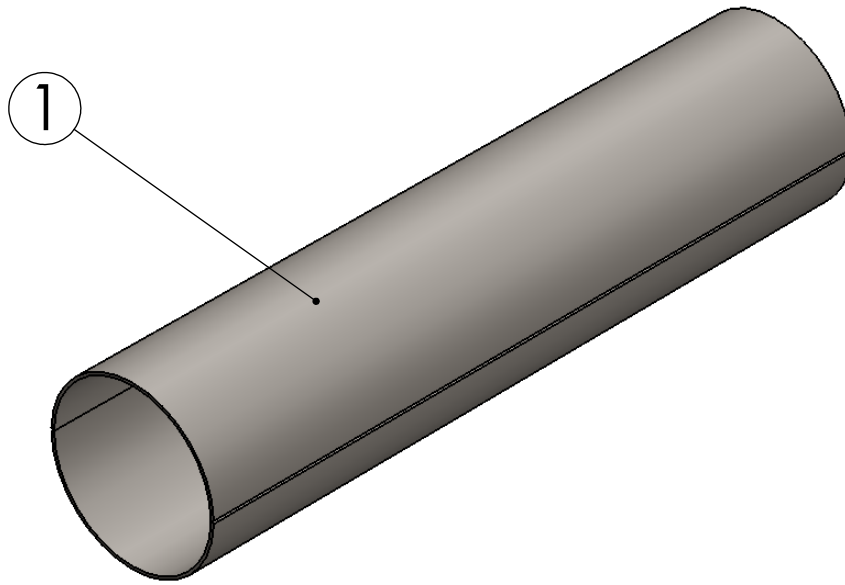
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO: PLANO DE DIMENSIONES Y CORTE SECCIÓN 10 MANDRIL	
OBSERVACIONES: El doblez de la Sección debe ser realizada con barroladora/roladora. El corte de la chapa metálica deberá ser realizado por plasma CNC, de acuerdo al código G adjunto; para tener mayor precisión.			MATERIAL: ASTM A36 ACERO		Código: 1/1.10/10	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g):		ESCALA: 1:10		A4
						HOJA 11 DE 25

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	Código	CANTIDAD
1	Sección 1	1/1.1/1	2



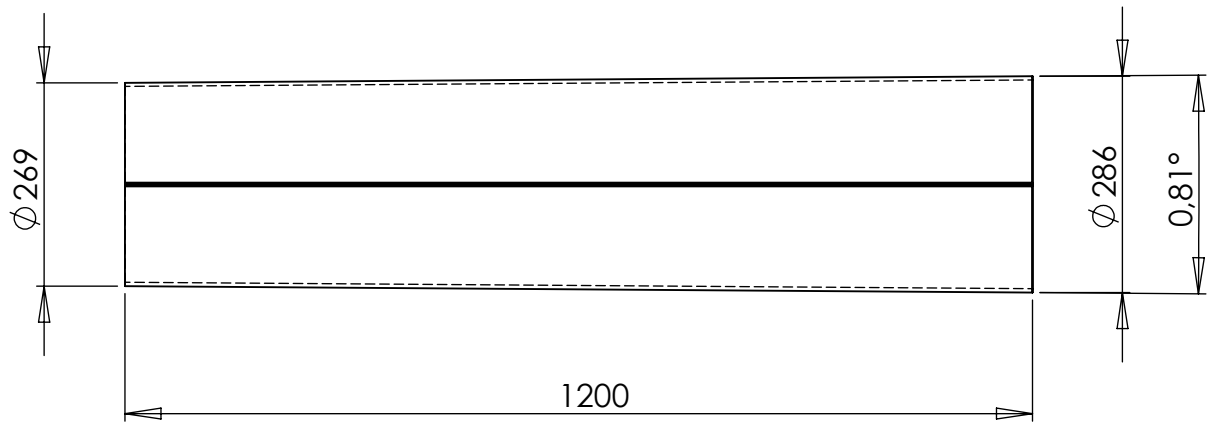
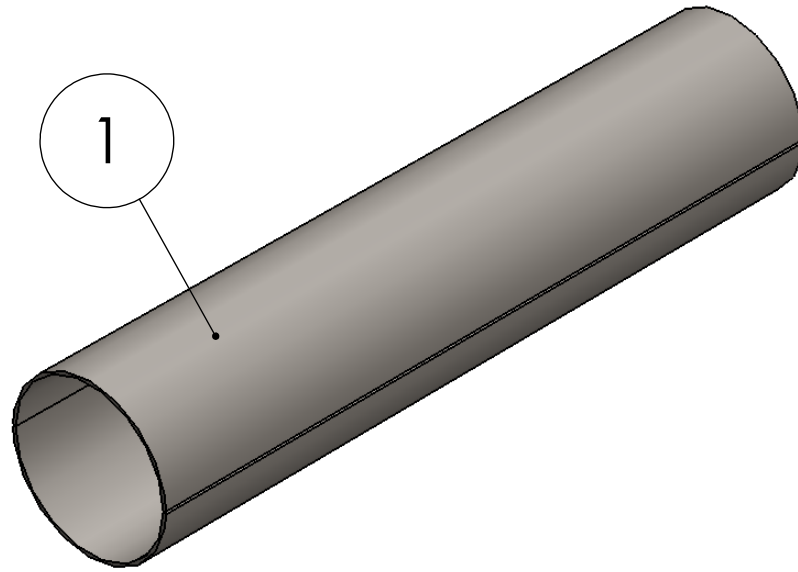
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1		 ESCALA: 1:10		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO: Ensamblaje: Tramo 1 del Mandril	
OBSERVACIONES: Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto.			MATERIAL: ASTM A36 ACERO		Código: 1/1.1/0	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 45236.52	ESCALA: 1:10		A4	
						HOJA 12 DE 25

N.º DE ELEMENTO	DE PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Sección 2	1/1.2/2	2



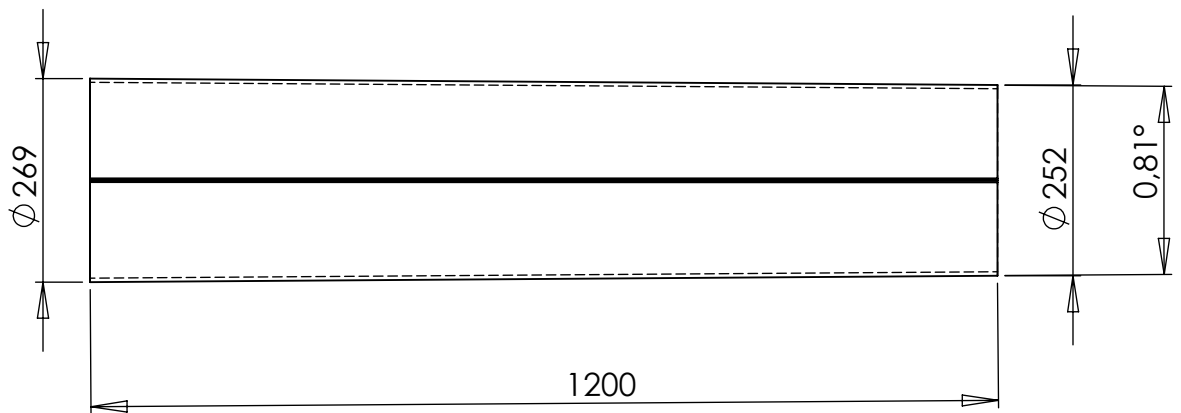
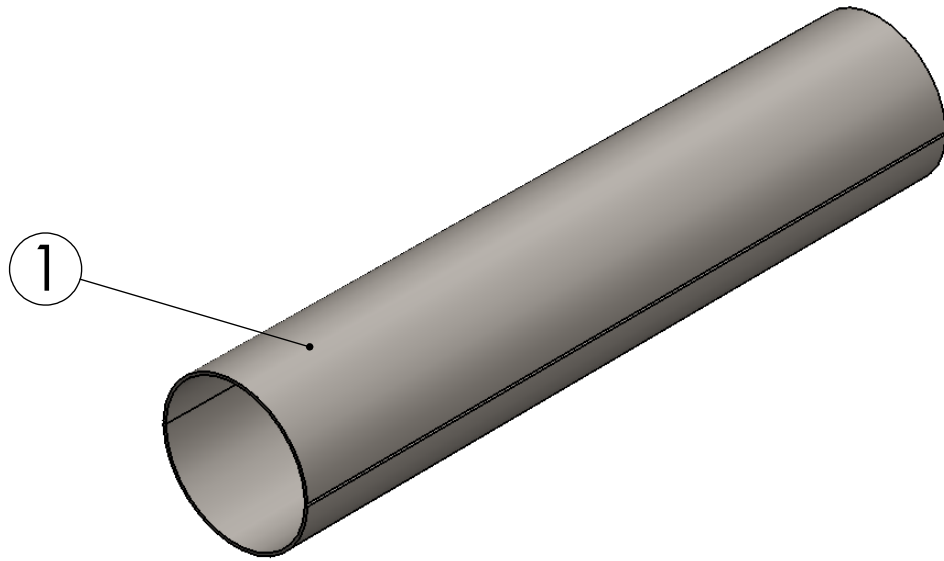
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO: Ensamblaje: Tramo 2 del Mandril	
OBSERVACIONES: Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto.			MATERIAL: ASTM A36 ACERO		Código: 1/1.2/0	A4
UNIDADES: Sistema Internacional	PESO (g): 42721.02	ESCALA: 1:10		HOJA 13 DE 25		

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Sección 3	1/1.3/3	2



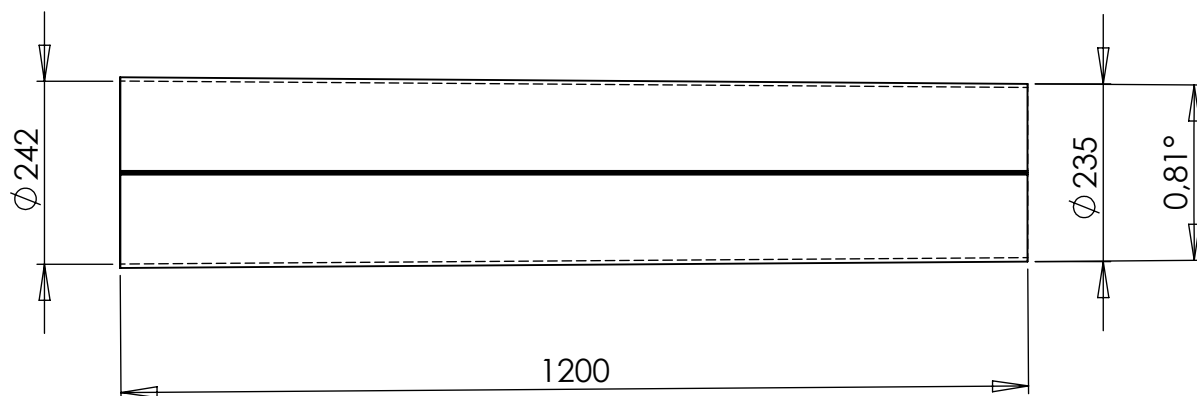
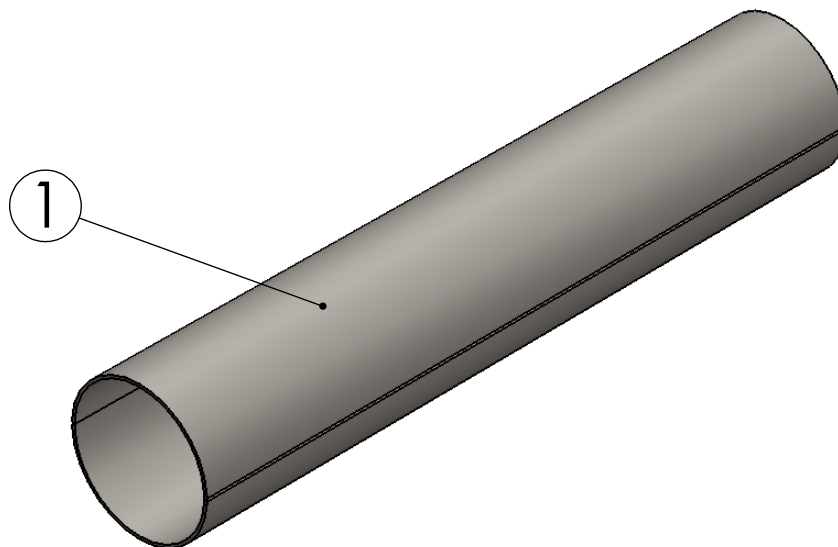
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO: Ensamblaje: Tramo 3 del Mandril	
OBSERVACIONES: Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto.			MATERIAL: ASTM A36 ACERO		Código: 1/1.3/0	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 40205.52	ESCALA: 1:10		A4	
						HOJA 14 DE 25

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Sección 4	1/1.4/4	2



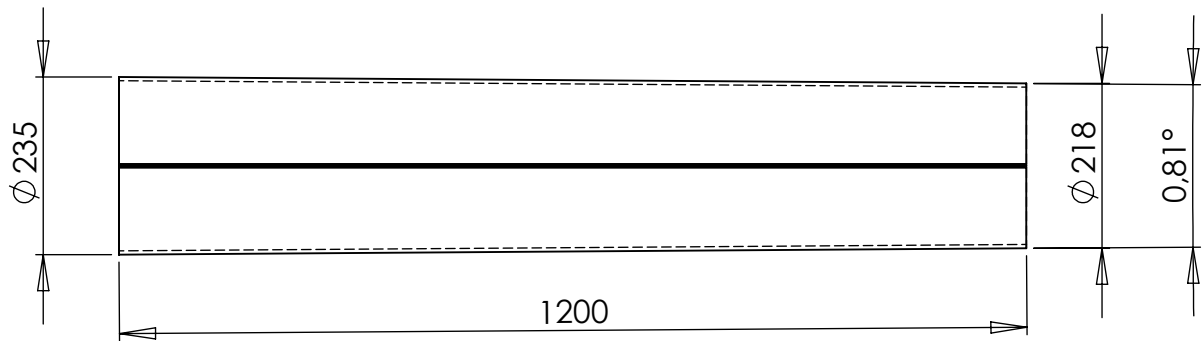
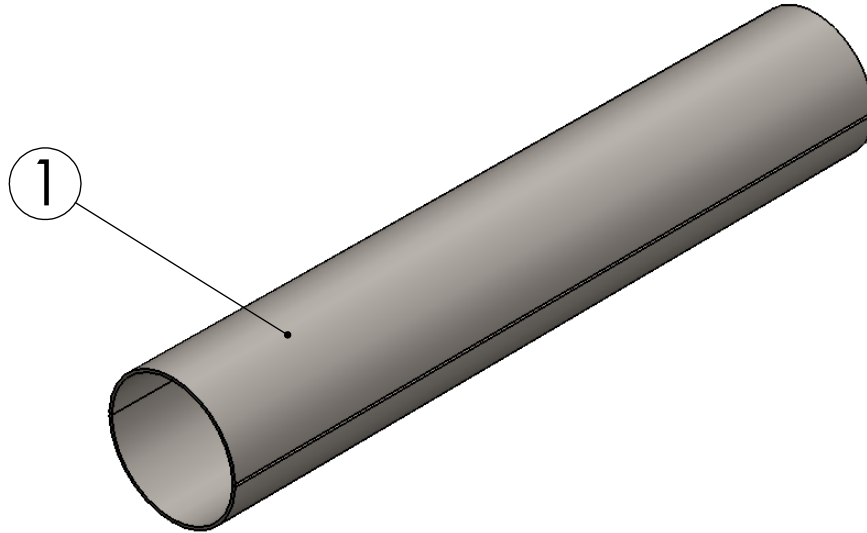
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO:	
					Ensamblaje: Tramo 4 del Mandril	
OBSERVACIONES:			MATERIAL:		Código:	
Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto.			ASTM A36 ACERO		1/1.4/0	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 37690.02	ESCALA: 1:10		A4	
						HOJA 15 DE 25

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Sección 5	1/1.5/5	2



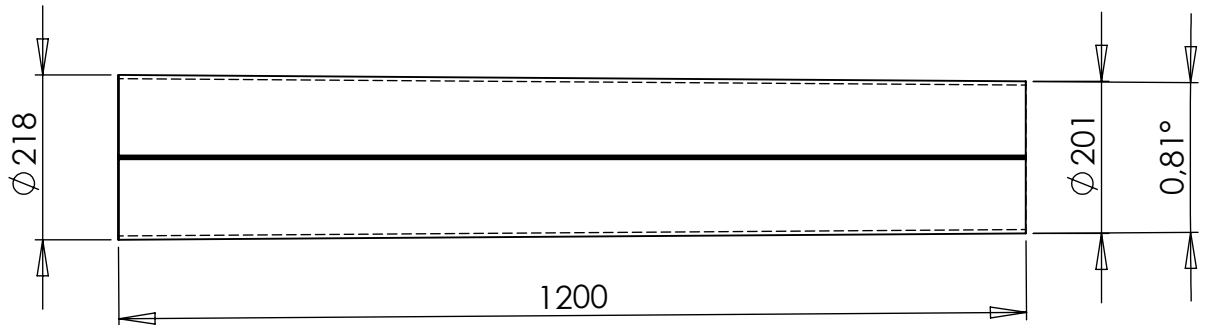
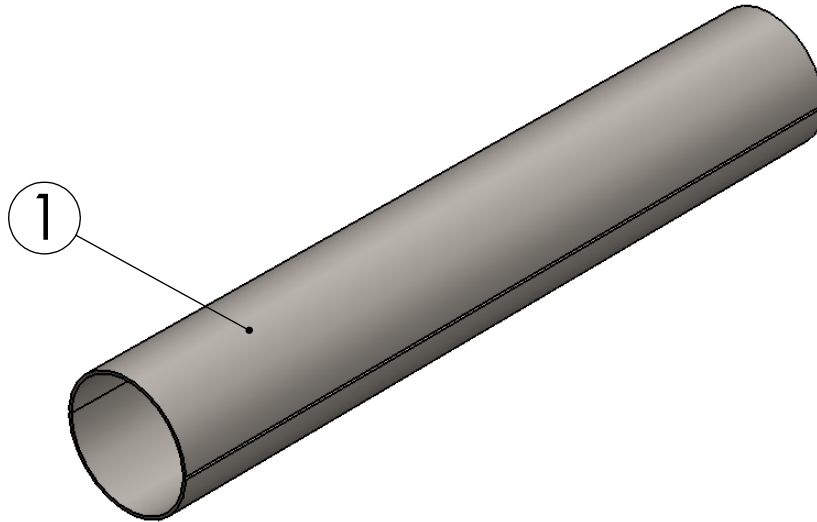
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO:	
					Ensamblaje: Tramo 5 del Mandril	
OBSERVACIONES:			MATERIAL:		Código:	
Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto.			ASTM A36 ACERO		1/1.5/0	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 35174.33	ESCALA: 1:10		A4	
						HOJA 16 DE 25

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Sección 6	1/1.6/6	2



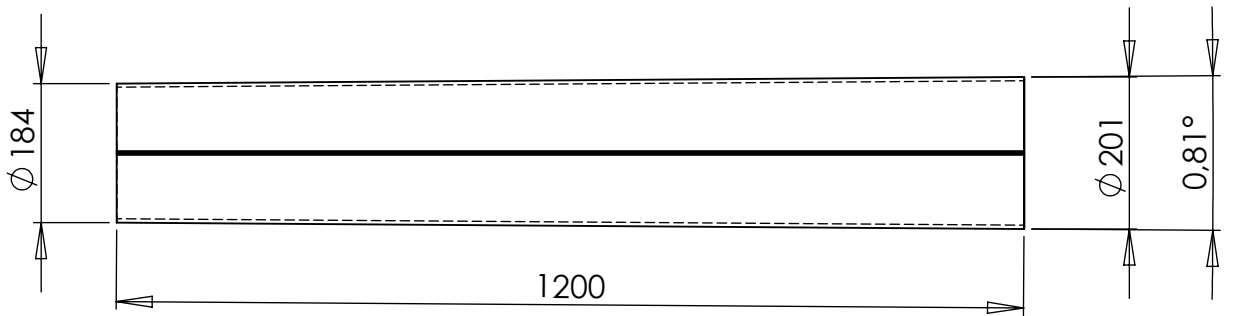
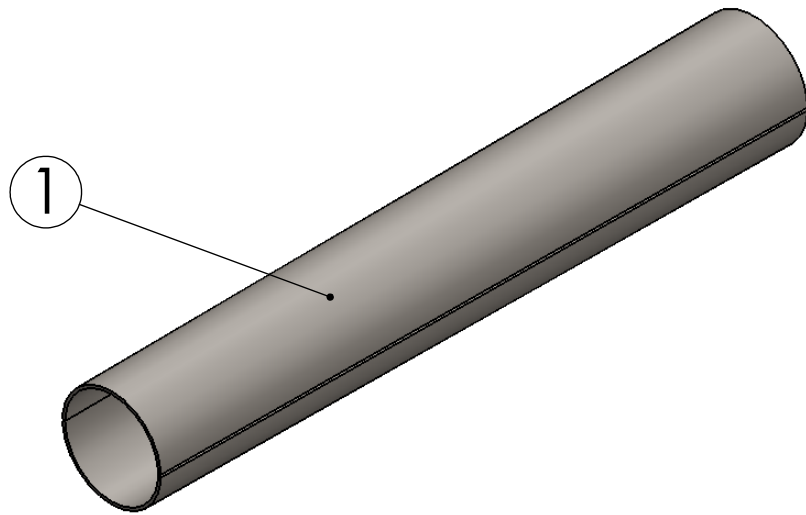
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO:	
					Ensamblaje: Tramo 6 del Mandril	
OBSERVACIONES:			MATERIAL:		Código:	
Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto.			ASTM A36 ACERO		1/1.6/0	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 32659.05	ESCALA: 1:10		A4	
						HOJA 17 DE 25

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Sección 7	1/1.7/7	2



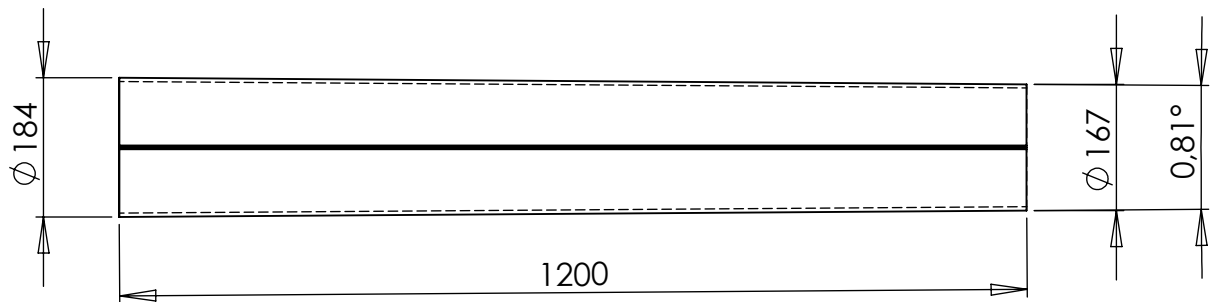
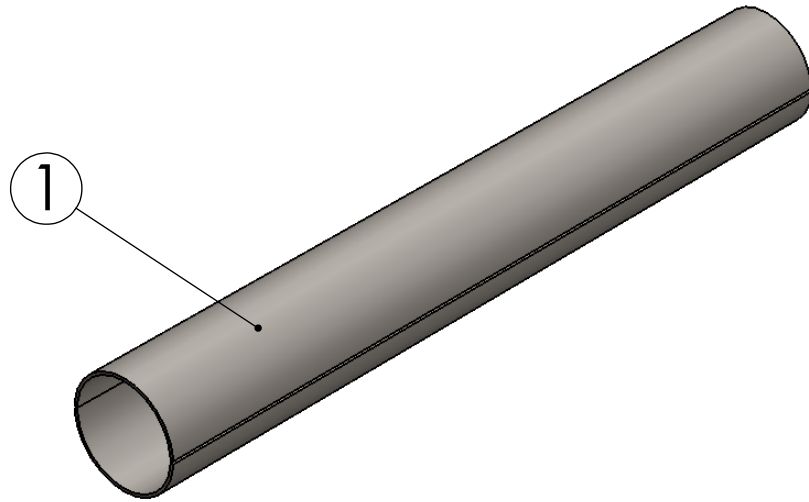
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO: Ensamblaje: Tramo 7 del Mandril	
OBSERVACIONES: Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto.			MATERIAL: ASTM A36 ACERO		Código: 1/1.7/0	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 30143.58	ESCALA: 1:10		A4	
						HOJA 18 DE 25

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Sección 8	1/1.8/8	2



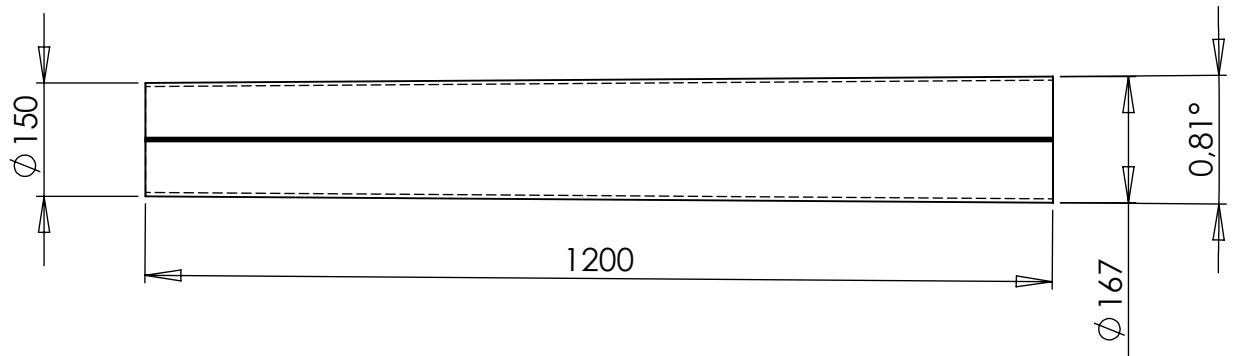
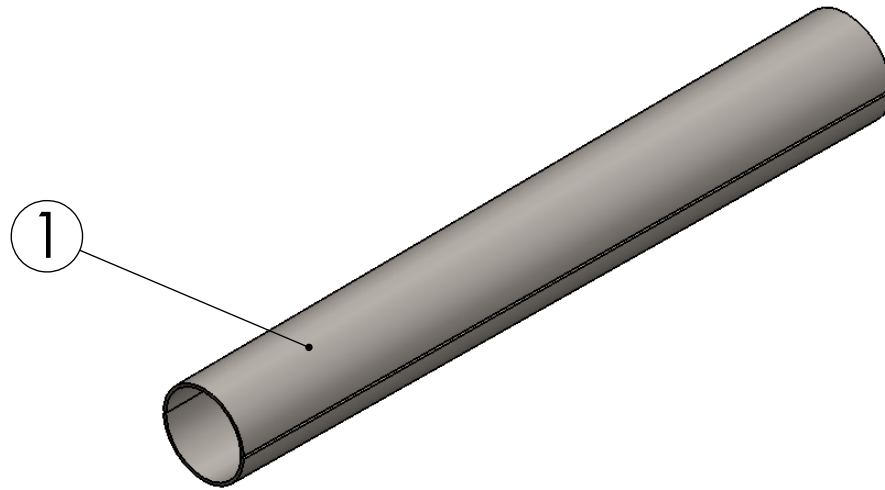
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO: Ensamblaje: Tramo 8 del Mandril	
OBSERVACIONES: Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto.			MATERIAL: ASTM A36 ACERO		Código: 1/1.8/0	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 27628.12	ESCALA: 1:10		A4	
						HOJA 19 DE 25

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Sección 9	1/1.8/8	2

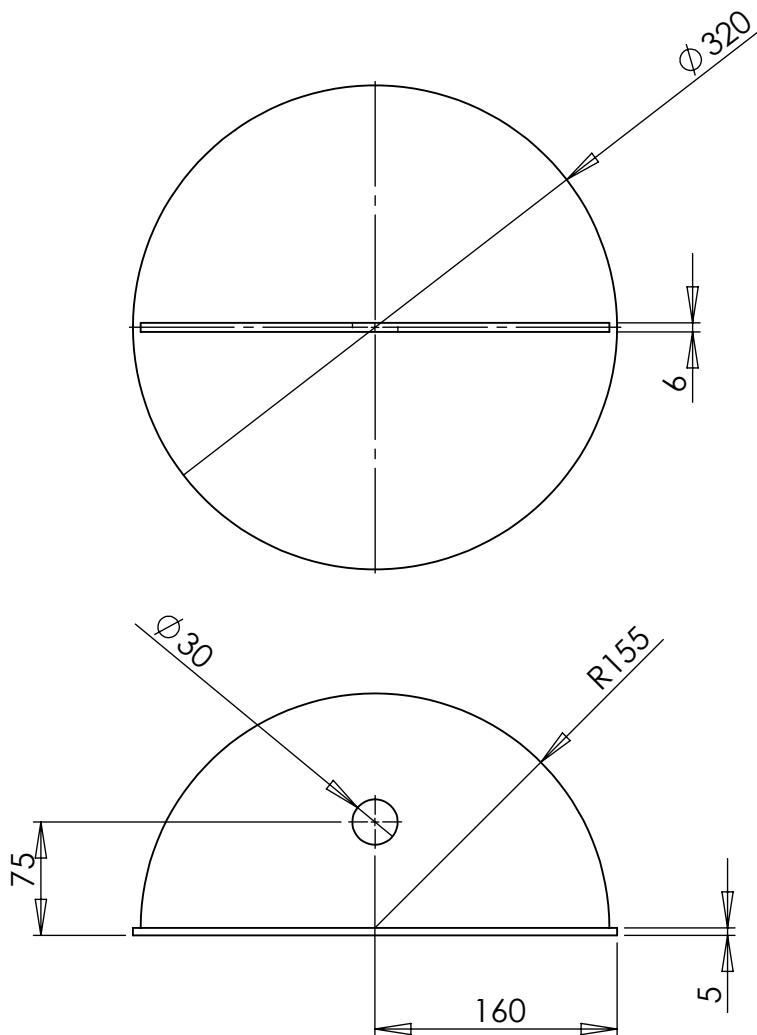
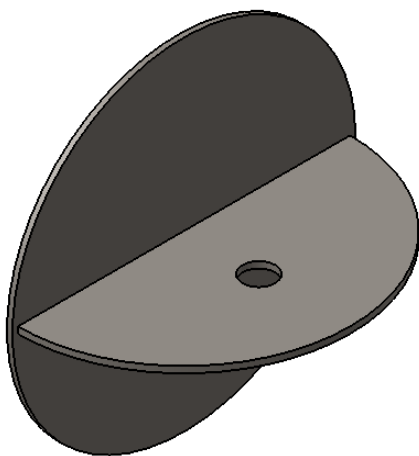
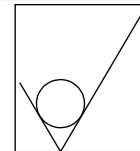


TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO:	
					Ensamblaje: Tramo 9 del Mandril	
OBSERVACIONES:			MATERIAL:		Código:	
Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto.			ASTM A36 ACERO		1/1.9/0	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 25112.67	ESCALA: 1:10		HOJA 20 DE 25	

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Sección 10	1/1.10/10	2



TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO:	
					Ensamblaje: Tramo 10 del Mandril	
OBSERVACIONES:			MATERIAL:		Código:	
Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto.			ASTM A36 ACERO		1/1.10/0	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 22597.28	ESCALA: 1:10		HOJA 21 DE 25	
					A4	



TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1



REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Planos Secciones Mandril 1.2

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO
DIBUJ.	Daniel Salinas		09/04/2013	
VERIF.	Lorena Bejarano		09/04/2013	
APROB.	Lorena Bejarano		09/04/2013	
FABR.	Daniel Salinas		09/04/2013	

TÍTULO:

Acople del Mandril a la Base No Motorizada

OBSERVACIONES:

Las Juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto, el corte de las piezas de realizarse con plasma CNC o Pantógrafo, para tener precisión en el ensamblaje; según el código G de corte que se encuentra adjunto.

MATERIAL:

ASTM A36 Acero

Código:

1/1/11

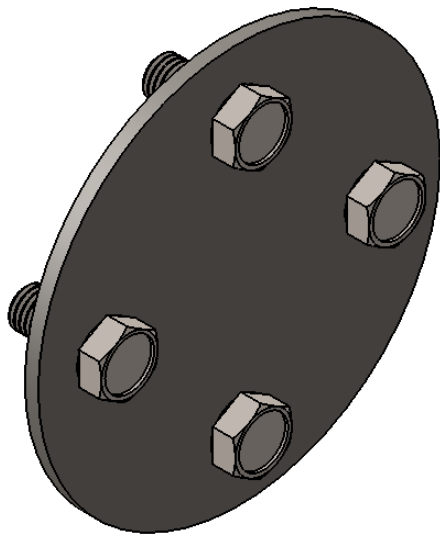
A4

UNIDADES: Sistema Internacional

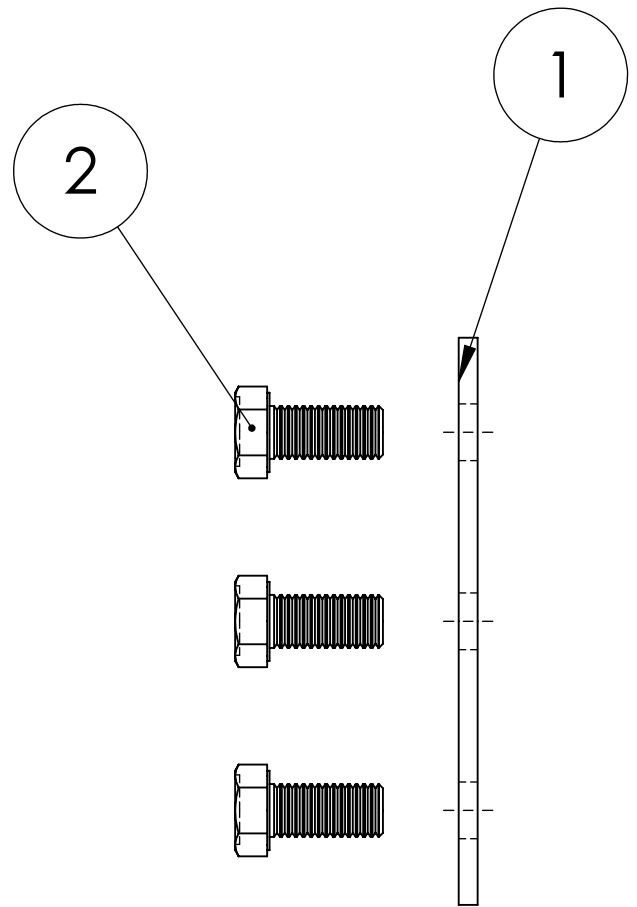
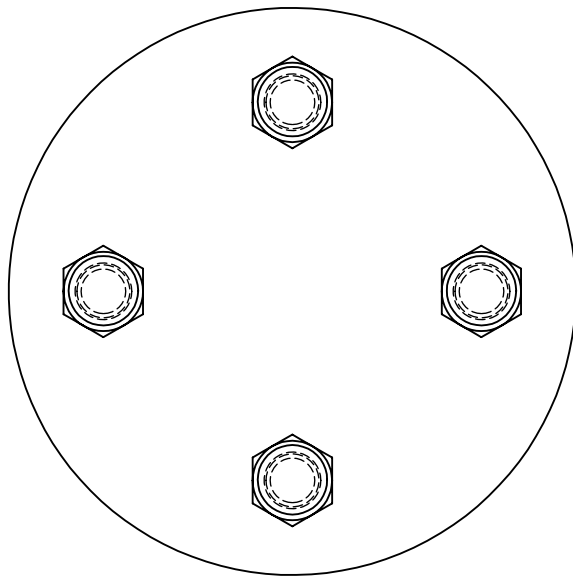
PESO (g): 4900.86

ESCALA: 1:5

HOJA 22 DE 25

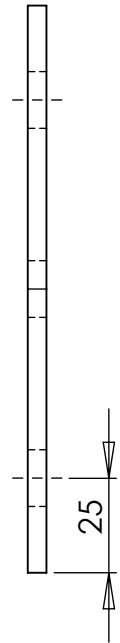
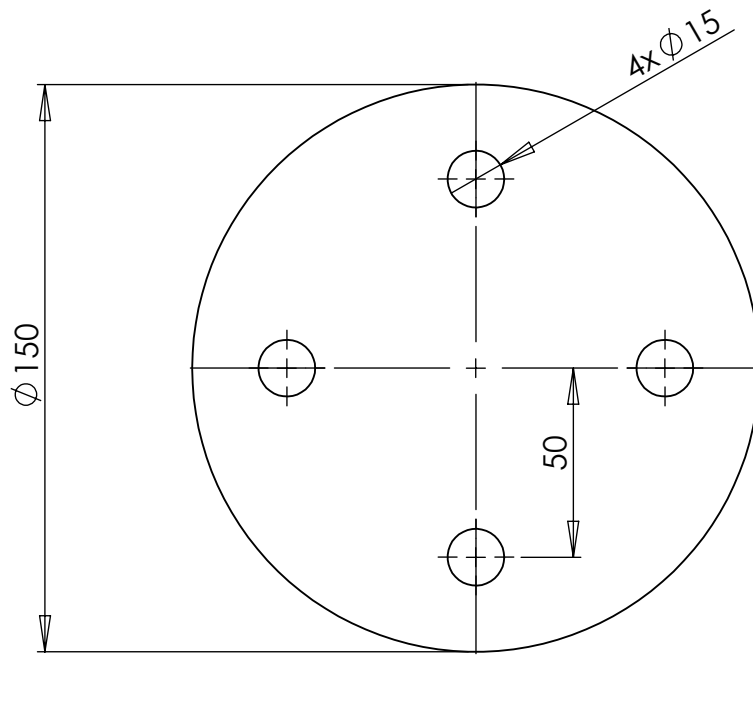
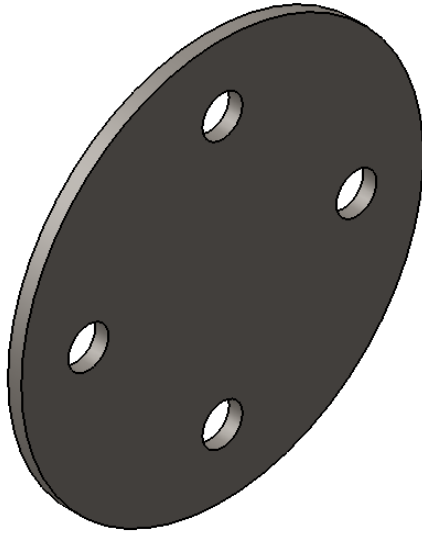
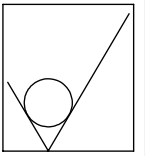


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Tapa Superior Base 1.1	1/1/12	1
2	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M14 x 2.0 x 30 -- 30WS	P/M14X30	4

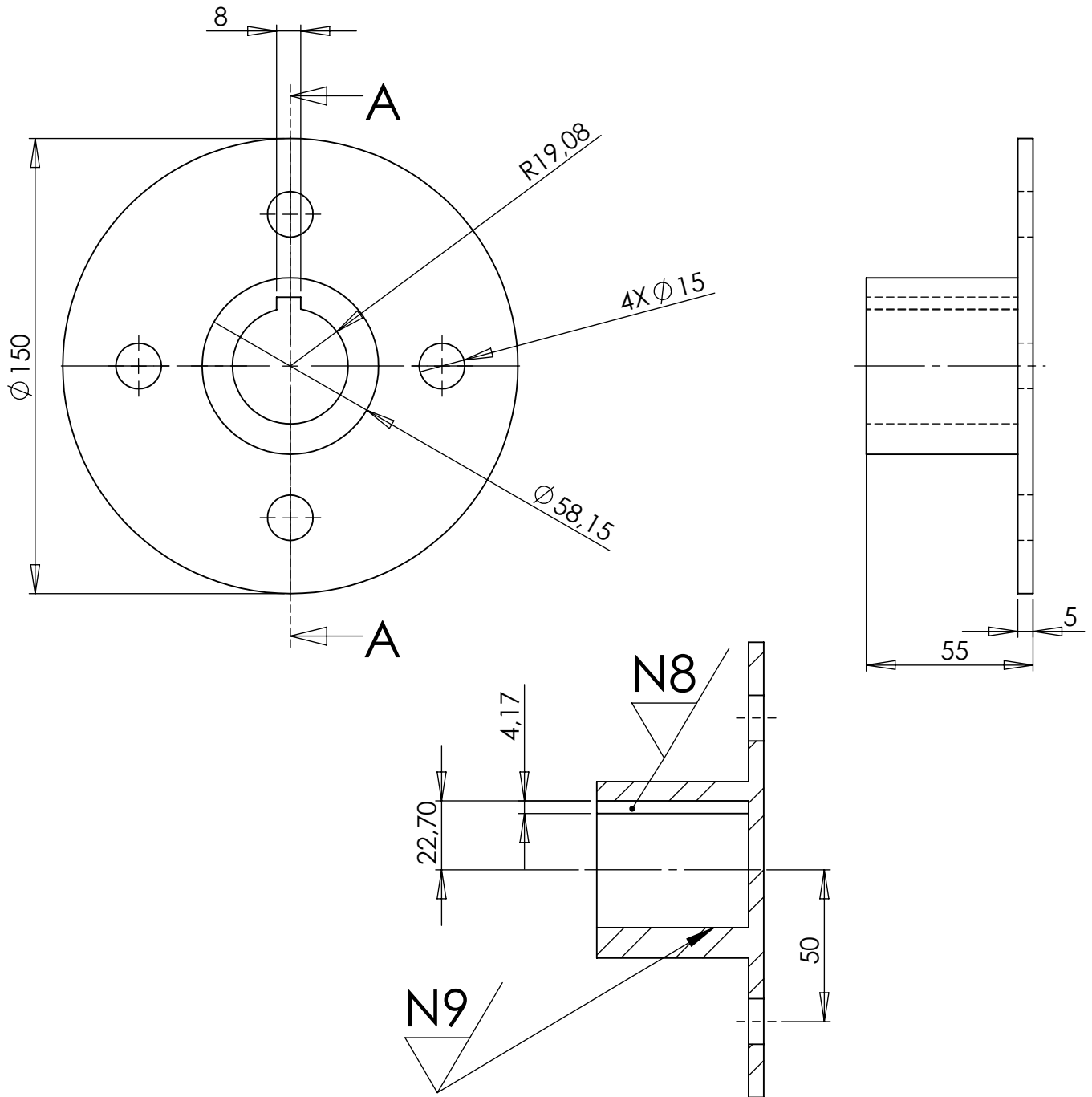
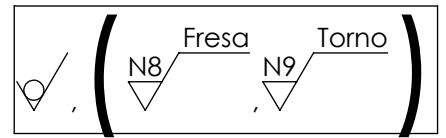
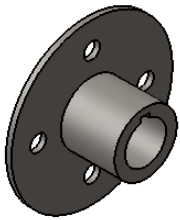


Vista Explosionada

TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO:	
					Ensamble de Tapa con Pernos Soldados	
OBSERVACIONES: Los pernos van soldados a la brida, de acuerdo al WPS adjunto				MATERIAL:		Código:
						1/1.14/0
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g):		ESCALA: 1:2		A4
						HOJA 23 DE 25



TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Planos Secciones Mandril 1.2	
					TÍTULO: Tapa Superior Perforada, Previo Acople a la Base Motorizada	
OBSERVACIONES: El corte de la brida y las perforaciones deben maquinarse según el código G adjunto para corte de Plasma CNC; sin embargo las perforaciones deben taladrarse en caso de rebabas o un corte irregular.			MATERIAL: ASTM A36 Acero		Código: 1/1/12	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 665.86		ESCALA: 1:2		A4
						HOJA 24 DE 25



SECCIÓN A-A

Agujero Eje 8h9	Chaveta 8h9
--------------------	----------------

TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1



REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Planos Secciones Mandril 1.2

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO
DIBUJ.	Daniel Salinas		09/04/2013	
VERIF.	Lorena Bejarano		09/04/2013	
APROB.	Lorena Bejarano		09/04/2013	
FABR.	Daniel Salinas		09/04/2013	

TÍTULO:
Acople a Mandril Motorizado

OBSERVACIONES:
El corte y Perforaciones de la brida se deben realizar por plasma CNC, de acuerdo al código G adjunto. El chavetero debe ser maquinado por fresa manual o automática; las soldaduras son de acuerdo al WPS adjunto; el agujero del eje debe ser torneado con torno manual o CNC.

MATERIAL:
ASTM A36 Acero

Código:
1/1/13

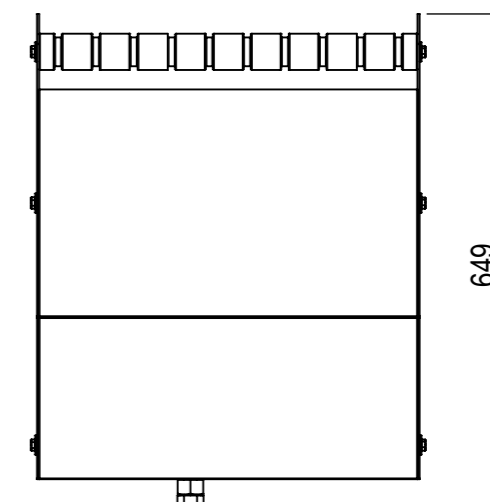
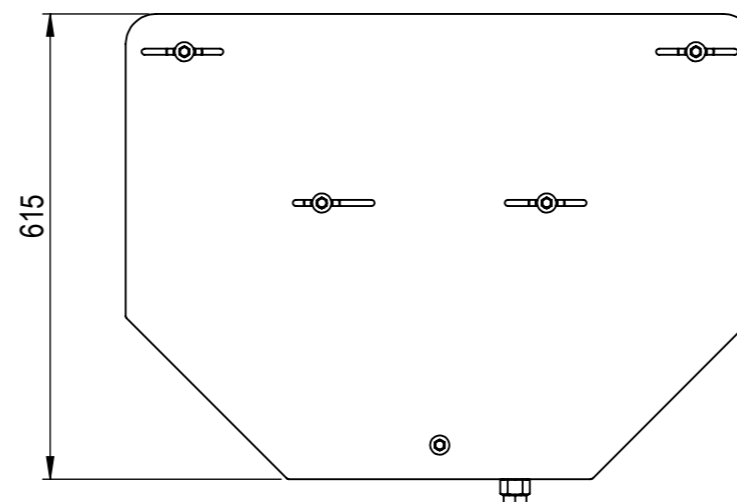
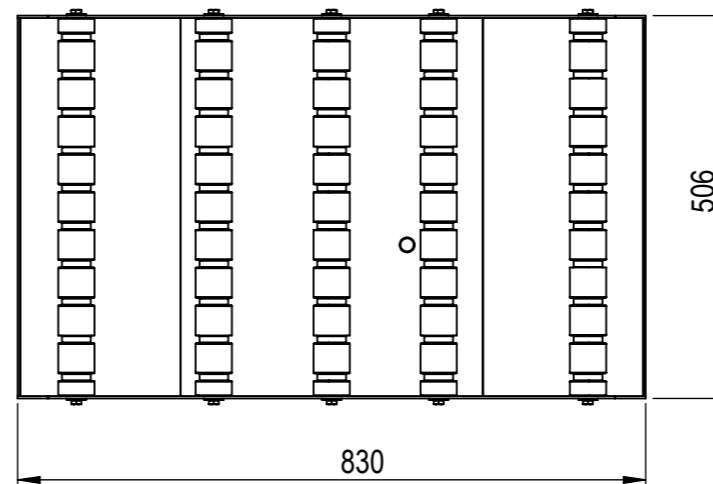
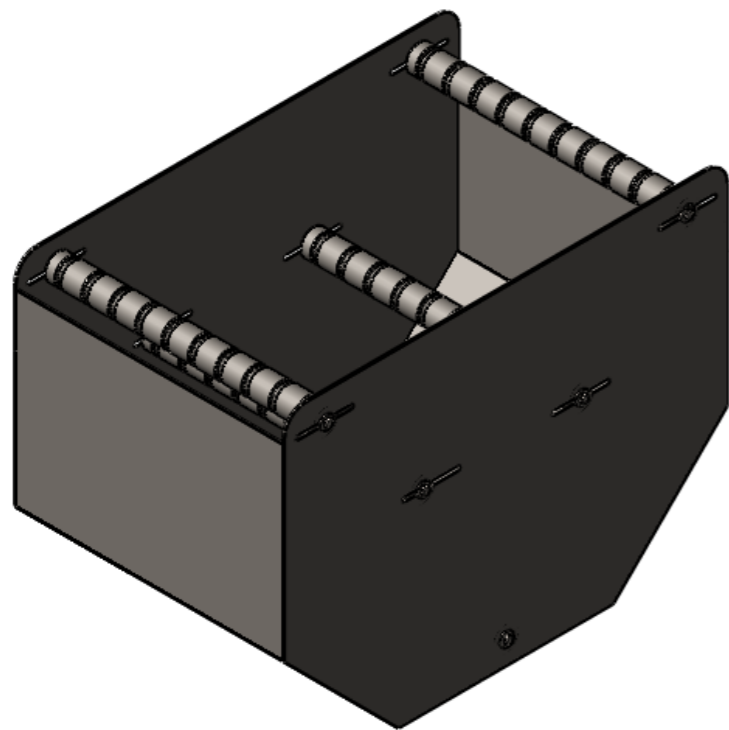
A4


UNIDADES: Sistema Internacional

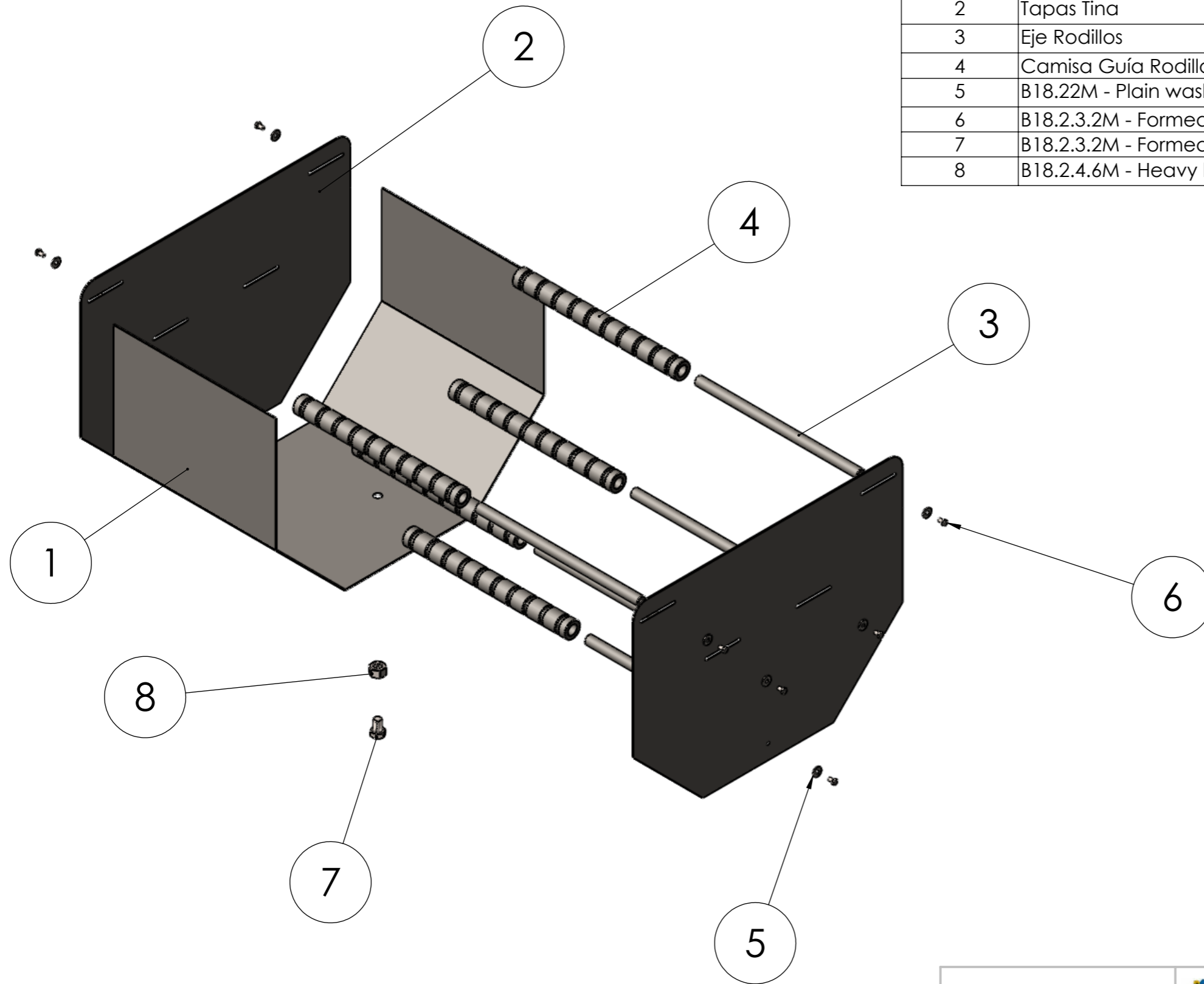
PESO (g): 1247.74

ESCALA: 1:2


HOJA 25 DE 25

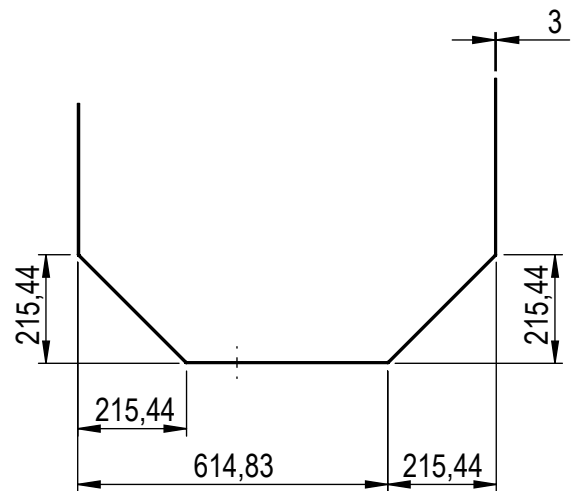
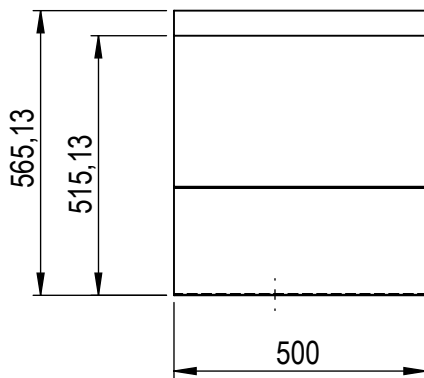
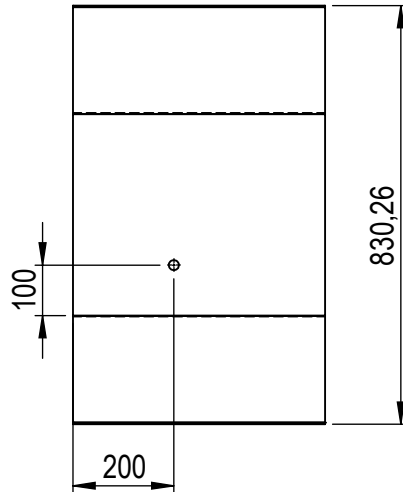
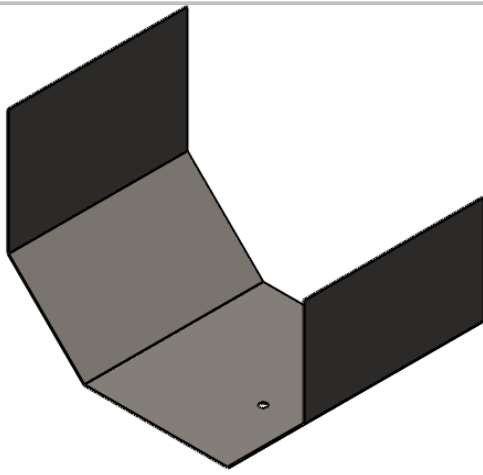


TOLERANCIA GENERAL: ± 0.5				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Tina de Resina 1.1	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO	TÍTULO:	
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013		ENSAMBLE Y COMPONENTES DE LA TINA DE BAÑO DE RESINA	
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013			
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013			
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013			
OBSERVACIONES: Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto; los cordones de soldadura deben ser esmerilados para dejar una superficie lisa.				MATERIAL: De acuerdo a las Piezas del Ensamble	Código:	A3
UNIDADES: SISTEMA INTERNACIONAL				PESO (g): 71893.39	ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 7
					1/4/0	



N.º DE ELEMENTO	DETALLE	CÓDIGO	CANTIDAD
1	Lateral Tina 1	1/4/1	1
2	Tapas Tina	1/4/2	2
3	Eje Rodillos	1/4/3	5
4	Camisa Guía Rodillos	1/4/4	5
5	B18.22M - Plain washer, 8 mm, regular	A/M8	10
6	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M8 x 1.25 x 14 --14WN	P/M8X14	10
7	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M20 x 2.5 x 30 --30WS	P/M20X30	1
8	B18.2.4.6M - Heavy hex nut, M20 x 2.5 --W-S	T/M20	1

TOLERANCIA GENERAL: ±0.5		 Universidad San Francisco de Quito		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN	
Tina de Resina 1.1							
DIBUJ.	Daniel Salinas	FIRMA		FECHA	13/11/2013	TÍTULO: ENSAMBLE Y COMPONENTES DE LA TINA DE BAÑO DE RESINA	
VERIF.	Lorena Bejarano			FECHA	13/11/2013		
APROB.	Lorena Bejarano			FECHA	13/11/2013		
FABR.	Daniel Salinas			FECHA	13/11/2013		
OBSERVACIONES: Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto; los cordones de soldadura deben ser esmerilados para dejar una superficie lisa.				MATERIAL: De acuerdo a las Piezas del Ensamble		Código: 1/4/0	A3
UNIDADES: SISTEMA INTERNACIONAL				PESO (g): 71893.39		ESCALA: 1:10	HOJA 2 DE 7



TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1



Universidad
San Francisco
de Quito

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Tina de Resina 1.1

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013	
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013	

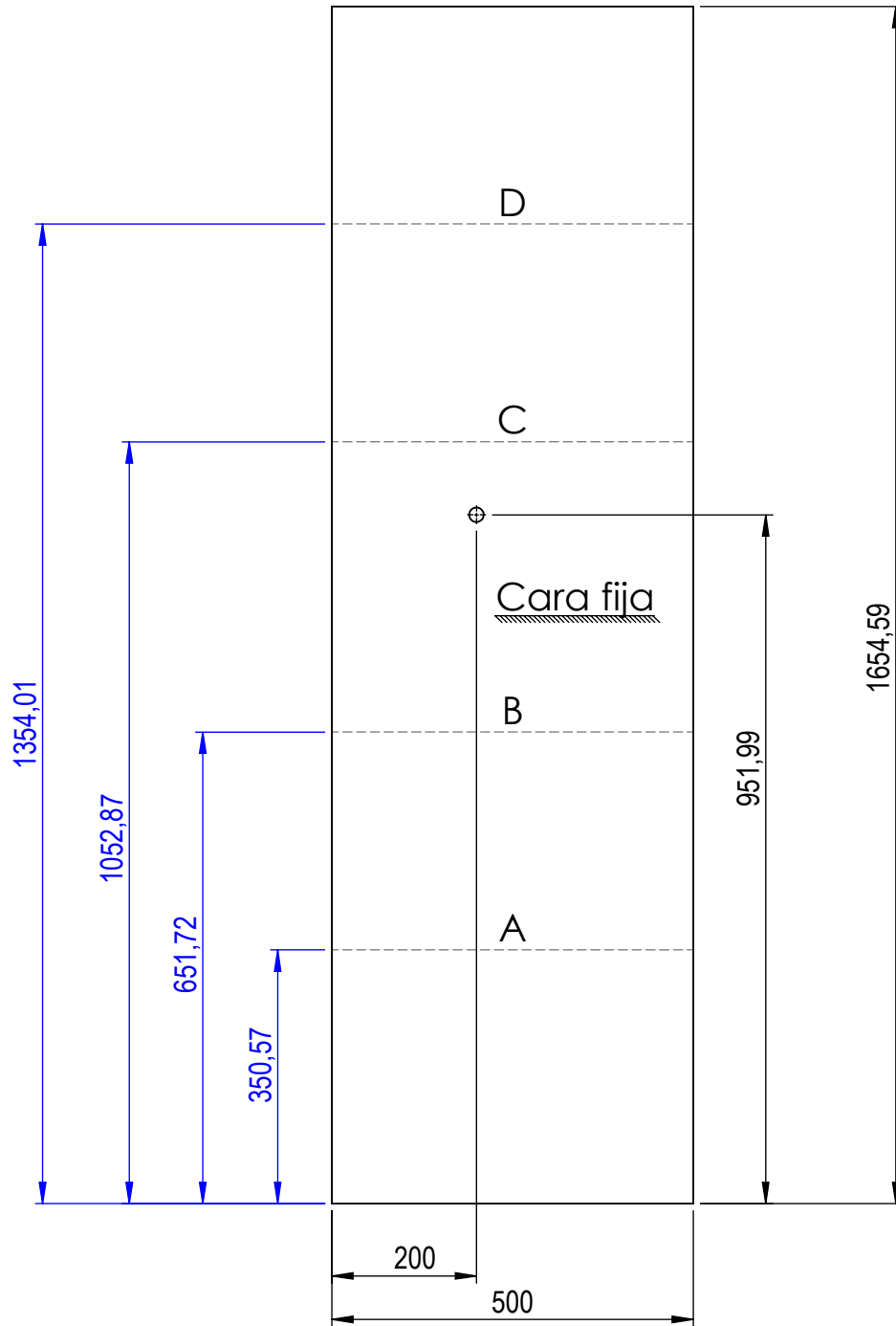
TÍTULO:
Dimensiones del Lateral Tina 1

OBSERVACIONES:
El plegue de la pieza puede ser realizado por plegadora manual o CNC. La perforación de la base para drenaje puede ser perforada con taladro, sacabocados, o plasma.

MATERIAL:
ASTM A36 Acero

Código:
1/4/1

A4



Leyenda
Pliegue
General

Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	45°	0.74
B	HACIA ABAJO	45°	0.74
C	HACIA ABAJO	45°	0.74
D	HACIA ABAJO	45°	0.74

TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1



REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Tina de Resina 1.1

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013	
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013	

TÍTULO:

Dimensiones de Corte y Pliegue del Lateral Tina 1

OBSERVACIONES:
El corte de la pieza debe ser realizado por cizalla eléctrica, la perforación puede realizarse con taladro, saca bocados o plasma.

MATERIAL:
ASTM A36 Acero

UNIDADES: Sistema Internacional

PESO (g): 19475.35

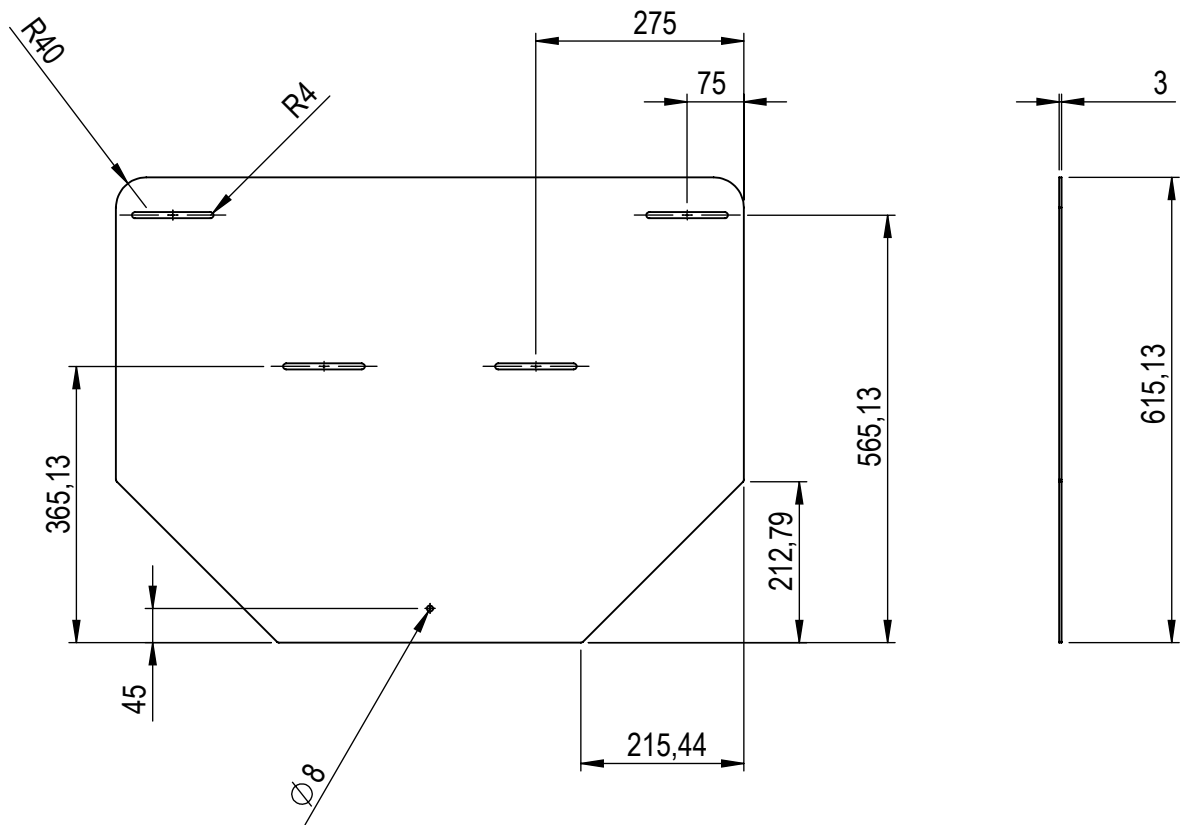
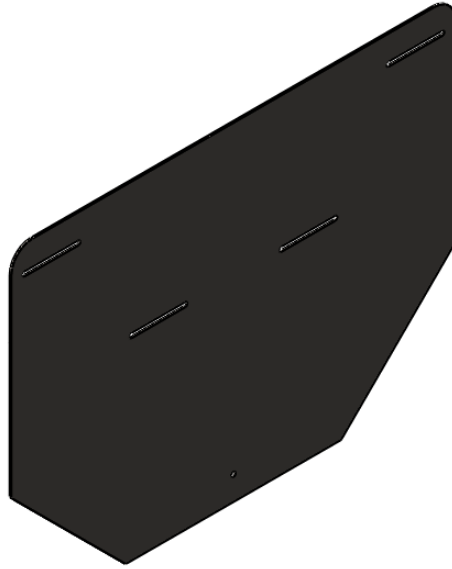
ESCALA: 1:10

Código:

1/4/1

A4

HOJA 4 DE 7



TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1



Universidad
San Francisco
de Quito

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Tina de Resina 1.1

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013	
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013	

TÍTULO:

Dimensiones y Corte de Tapas Tina

OBSERVACIONES:

El corte de la pieza debe ser realizado por plasma CNC, se adjunta el código G.

MATERIAL:

ASTM A36 Acero

Código:

1/4/2

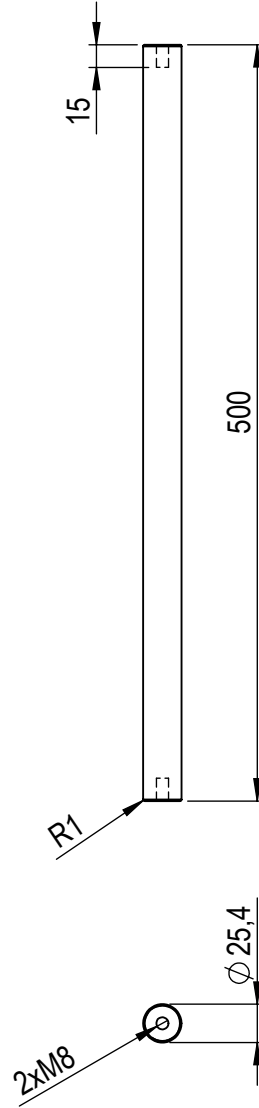
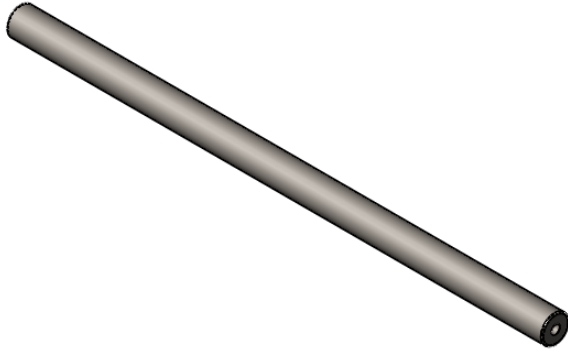
A4

UNIDADES: Sistema Internacional

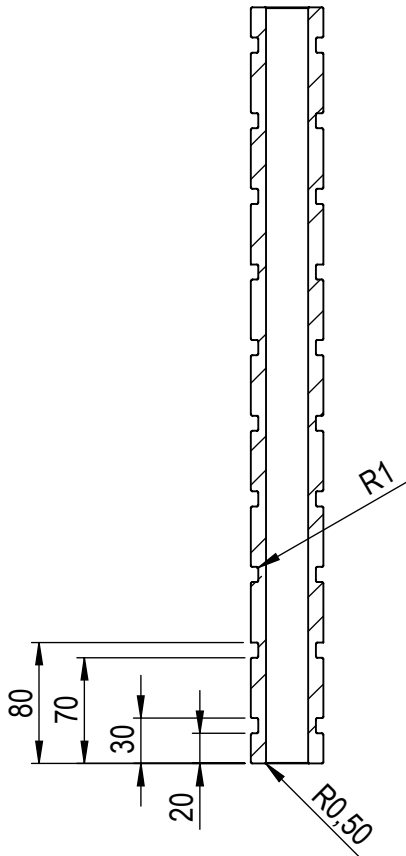
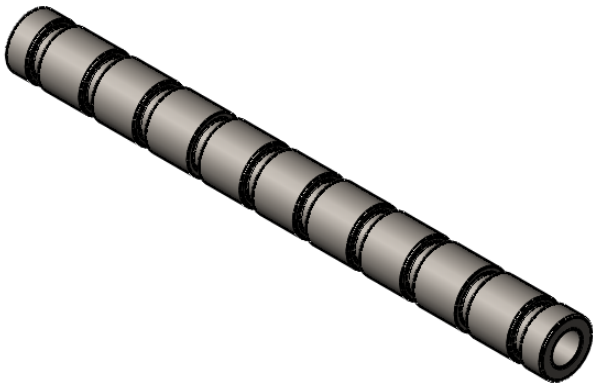
PESO (g): 10852.64

ESCALA: 1:10

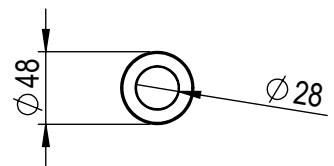
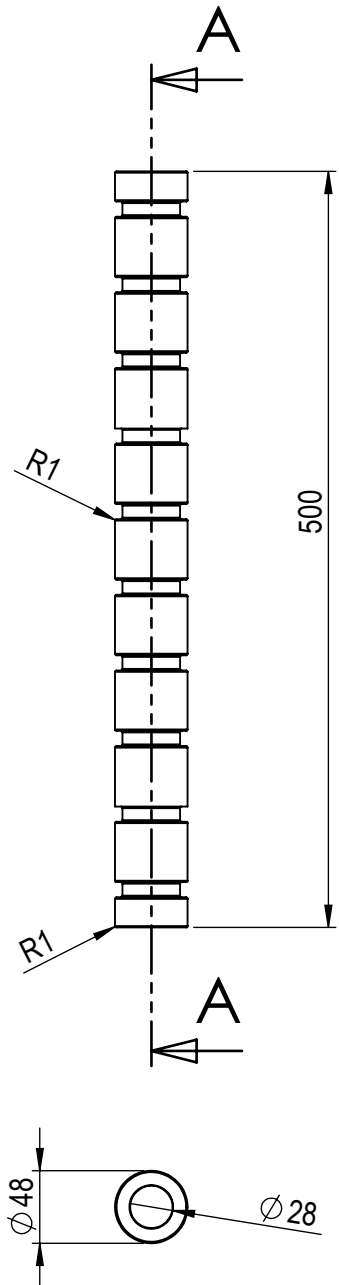
HOJA 5 DE 7



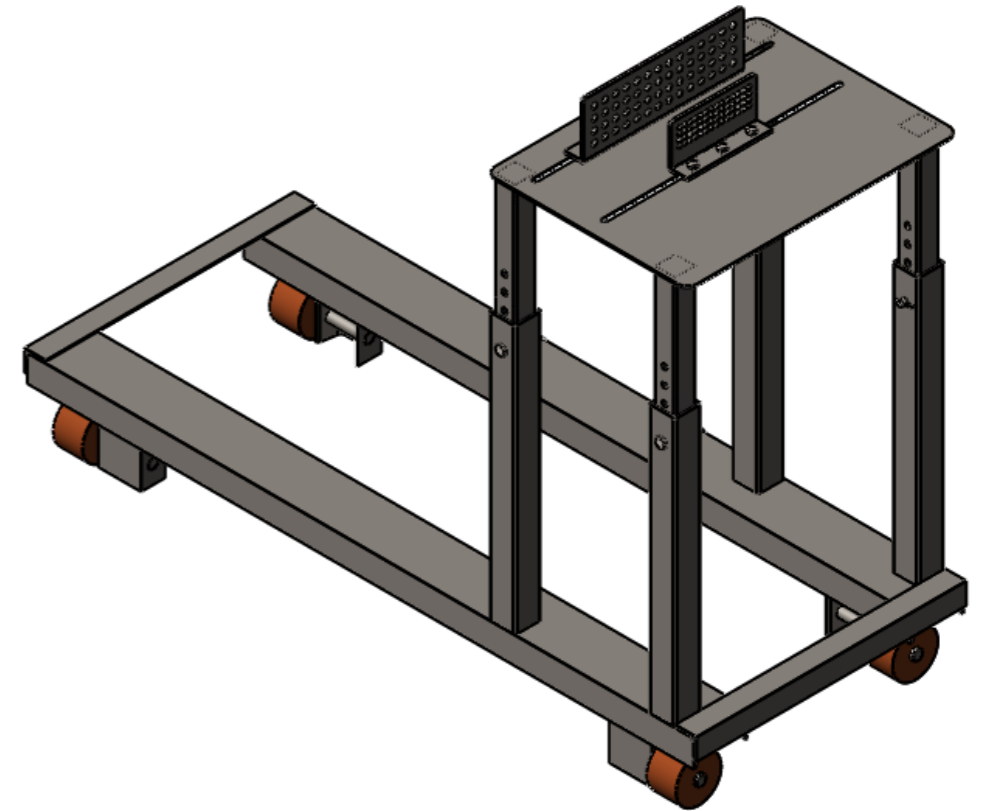
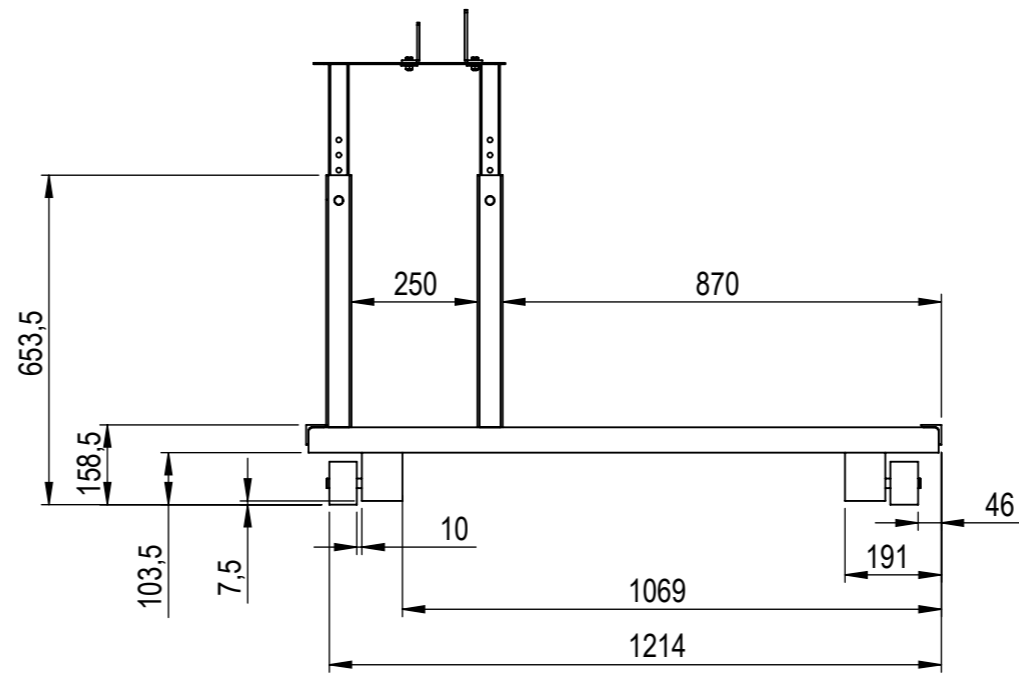
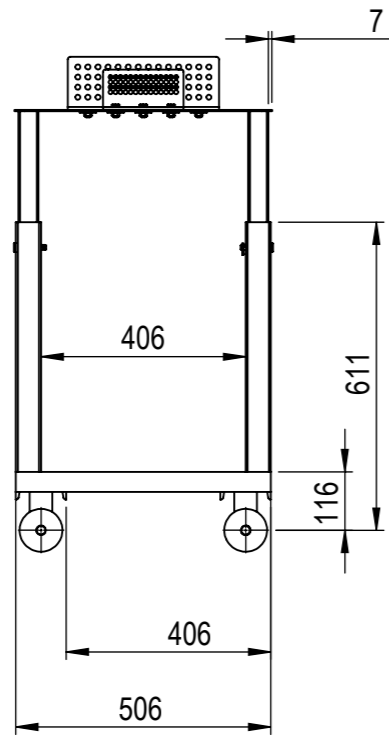
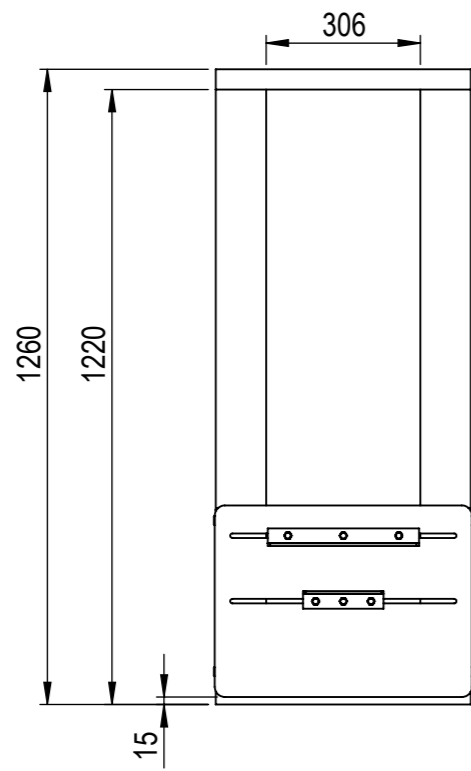
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Tina de Resina 1.1	
					Dimensiones Eje Rodillo	
NOMBRE		FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO	TÍTULO:	
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013			
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013			
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013			
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013			
OBSERVACIONES: El eje debe ser torneado para tener la dimensión y acabado superficial requerido, las perforaciones deben ser torneadas o machueladas.			MATERIAL: ASTM A36 Acero		Código: 1/4/3	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 1976.73	ESCALA: 1:5		HOJA 6 DE 7	




SECCIÓN A-A

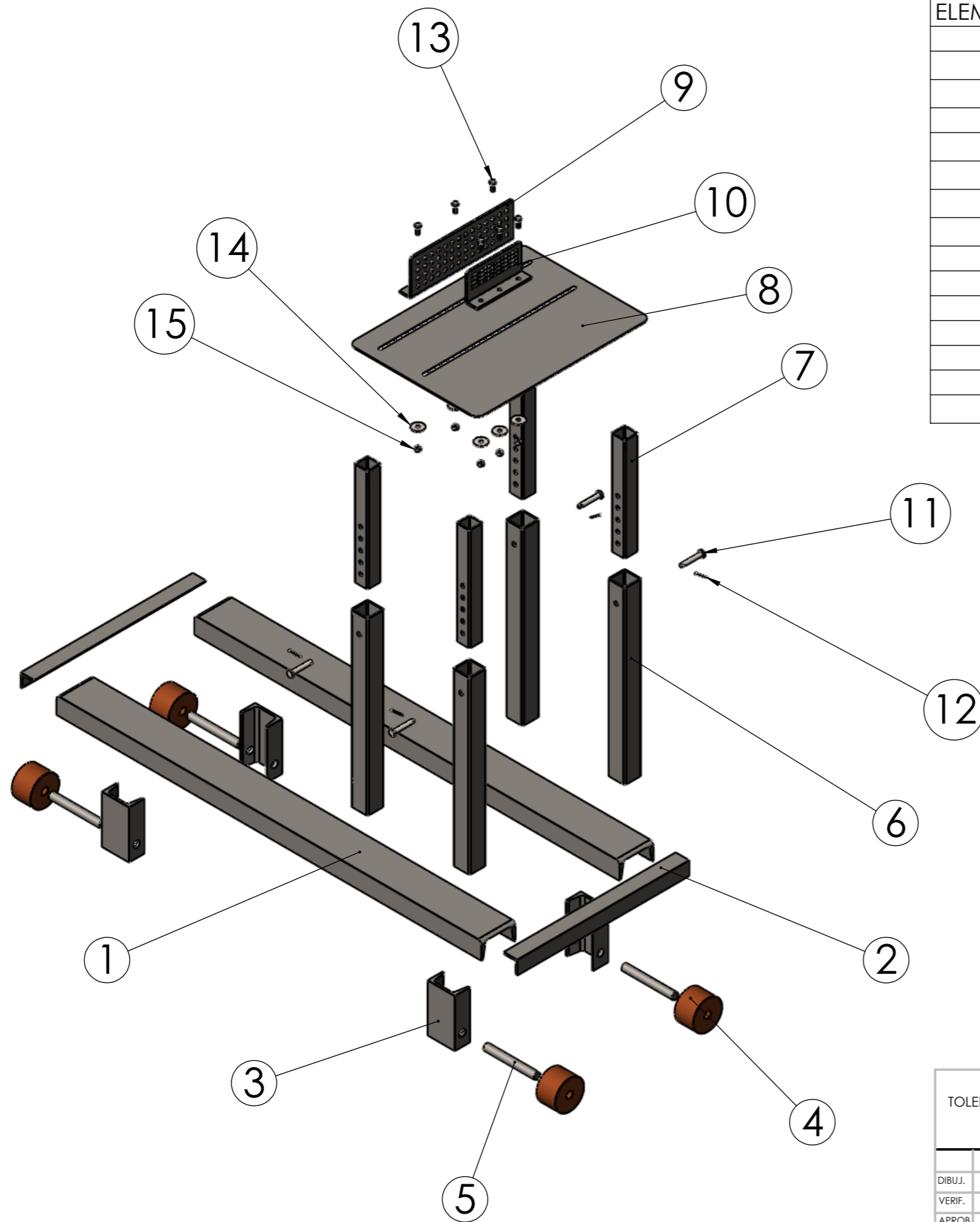


TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1		 Universidad San Francisco de Quito		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Tina de Resina 1.1	
					Dimensiones Camisa Guía	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO	TÍTULO:	
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013			
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013			
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013			
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013			
OBSERVACIONES: Todo el eje debe ser torneado para tener la dimensión y acabado superficial requerido.			MATERIAL: ASTM A36 Acero		Código: 1/4/4	A4
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 4154.42	ESCALA: 1:5		HOJA 7 DE 7	




TOLERANCIA GENERAL: ± 0.5				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN	
					Distribuidor Móvil de Fibras		
DIBUJ.	Daniel Salinas	FIRMA		FECHA	13/11/2013	TÍTULO: DIMENSIONES GENERALES DE LA TINA DE BAÑO DE RESINA	
VERIF.	Lorena Bejarano			13/11/2013			
APROB.	Lorena Bejarano			13/11/2013			
FABR.	Daniel Salinas			13/11/2013			
OBSERVACIONES: Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto; los cordones de soldadura deben ser esmerilados para dejar una superficie lisa.				MATERIAL: De acuerdo a las Piezas del Ensamble		Código: 1/5/0	
UNIDADES: SISTEMA INTERNACIONAL				PESO (g): 56175.49		ESCALA: 1:15	HOJA 1 DE 11

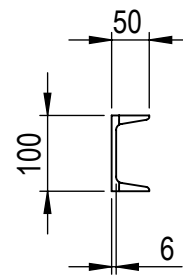
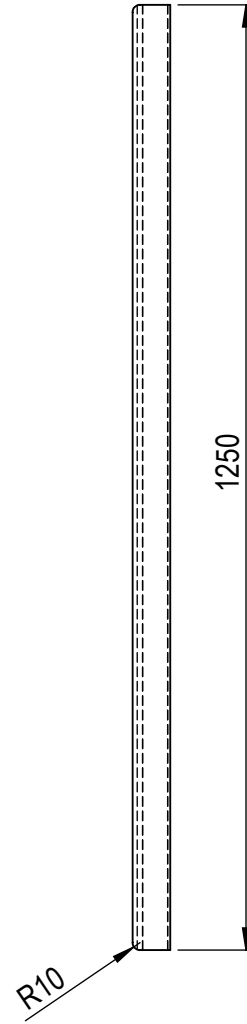
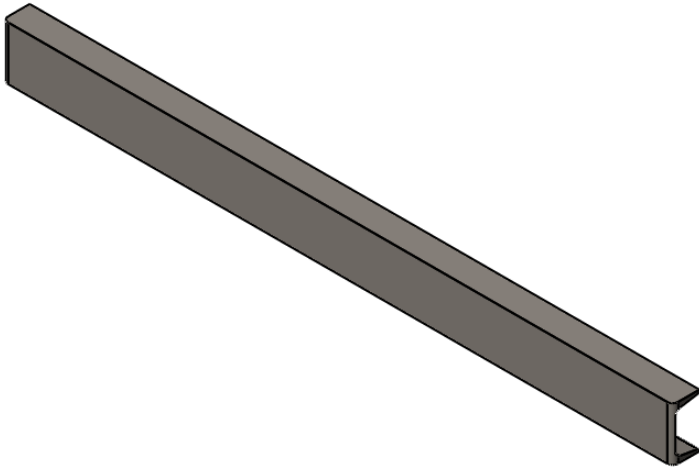
A3



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CÓDIGO	CANTIDAD
1	UPN 100 Estructura Base	1/5/1	2
2	Ángulo 40x40x5 Estructura Base	1/5/2	2
3	UPN 80 Soporte Ruedas	1/5/3	4
4	Rueda	R/5	4
5	Eje 19mm Rueda	1/5/4	4
6	Tubo Cuadrado Base Homogenizador	1/5/5	4
7	Tubo Cuadrado 40x40x2 Base Homogenizador	1/5/6	4
8	Mesa Homogenizador	1/5/7	1
9	Guía 1 Perforaciones 10mm	1/5/8	1
10	Guía 1 Perforaciones 8mm	1/5/9	1
11	Clevis Pin ISO 2341 - B - 10 x 60 x 3.2 - St	PIN/10X60	4
12	ISO 1234-3.2x28-C	PAS/3.2X28	4
13	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M8 x 1.25 x 20 --20WS	P/M8X20	6
14	B18.22M - Plain washer, 8 mm, wide	A/M8	6
15	Hexagon Nut ISO - 4032 - M8 - W - N	T/M8	6

TOLERANCIA GENERAL: ±0.5				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN	
						Distribuidor Móvil de Fibras	
DIBUJ. Daniel Salinas				FIRMA		FECHA 13/11/2013	
VERIF. Lorena Bejarano				FIRMA		FECHA 13/11/2013	
APROB. Lorena Bejarano				FIRMA		FECHA 13/11/2013	
FABR. Daniel Salinas				FIRMA		FECHA 13/11/2013	
OBSERVACIONES: Todas las juntas deben ser soldadas según el WPS adjunto; los cordones de soldadura deben ser esmerilados para dejar una superficie lisa.				MATERIAL: De acuerdo a las Piezas del Ensamble		Código: 1/5/0	
UNIDADES: SISTEMA INTERNACIONAL				PESO (g): 56175.49		ESCALA:1:10	
						HOJA 2 DE 11	

A3



TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1



REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Distribuidor Móvil de Fibras

TÍTULO:

ISO UPN 100 ESTRUCTURA BASE

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013	
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013	

OBSERVACIONES:
El corte de la UPN puede realizarse por trozadora, plasma, amoladora o cierra; el radio o filete se realizará con amoladora o esmeril.

MATERIAL:

ASTM A36 Acero

Código:

1/5/1

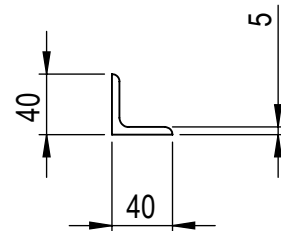
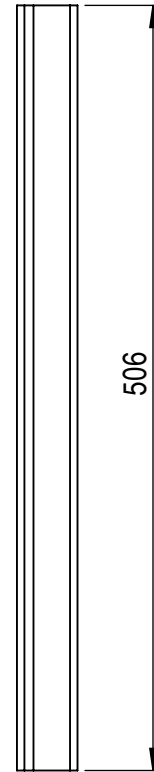
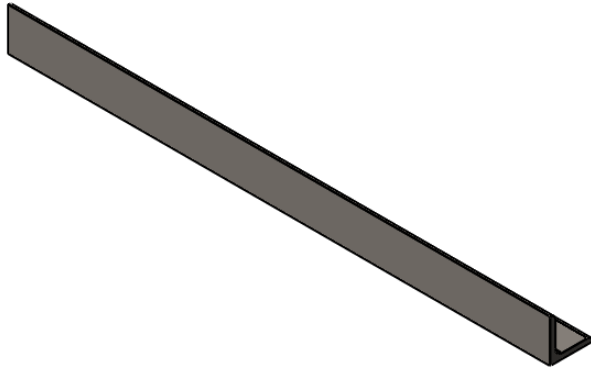
A4

UNIDADES: Sistema Internacional

PESO (g): 13341.97

ESCALA: 1:10

HOJA 3 DE 11



TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1



REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Distribuidor Móvil de Fibras

TÍTULO:

ÁNGULO ISO 40X40X5

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013	
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013	

OBSERVACIONES:
El corte del ángulo puede realizarse con trozadora o cierra.

MATERIAL:

ASTM A36 Acero

Código:

1/5/2

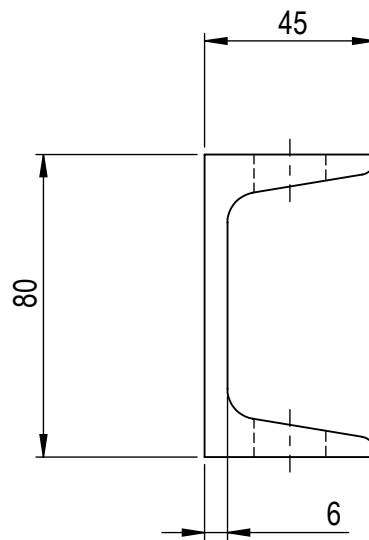
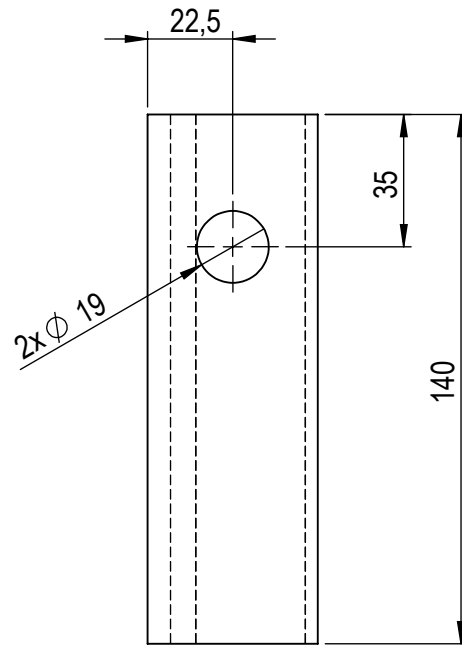
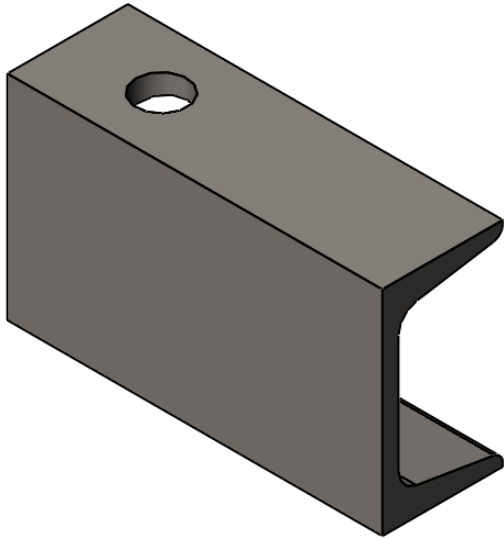
A4

UNIDADES: Sistema Internacional

PESO (g): 1477.60

ESCALA: 1:5

HOJA 4 DE 11



TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1



REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Distribuidor Móvil de Fibras

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013	
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013	

TÍTULO:

ISO UPN 80 Soporte Ruedas

OBSERVACIONES:

El corte del UPN puede realizarse con plasma, amoladora, trozadora, cierra manual o eléctrica.

MATERIAL:

ASTM A36 Acero

Código:

1/5/3

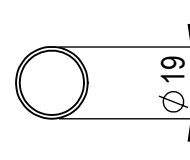
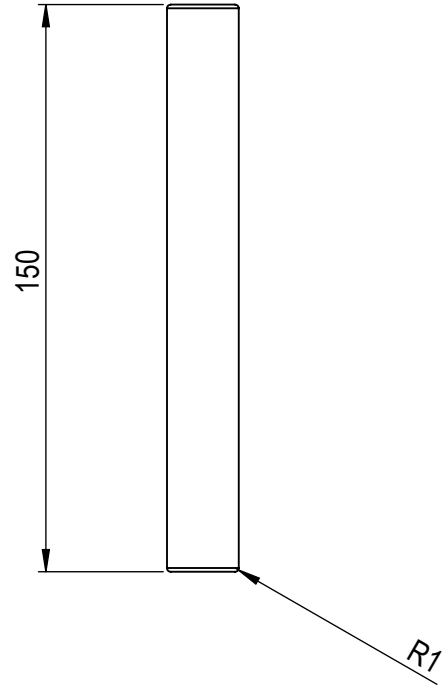
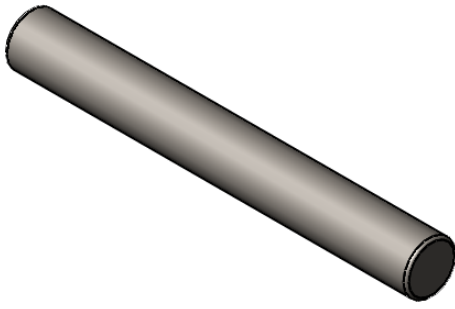
A4

UNIDADES: Sistema Internacional

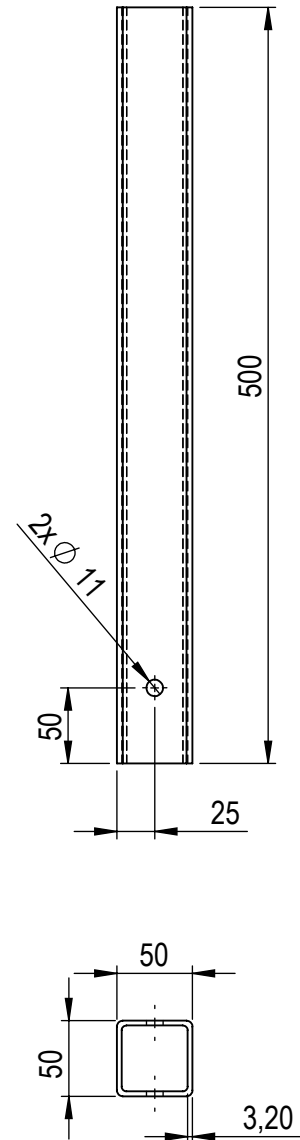
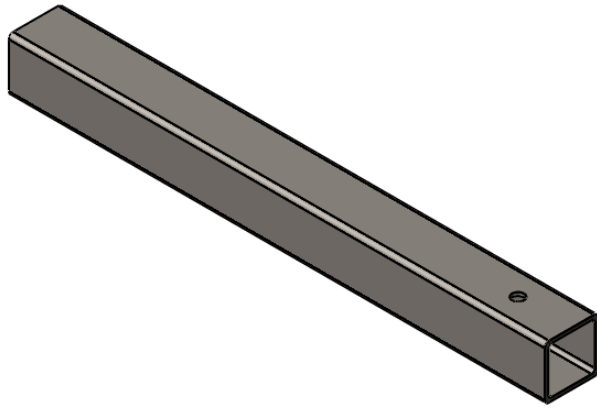
PESO (g): 1190.67

ESCALA: 1:2

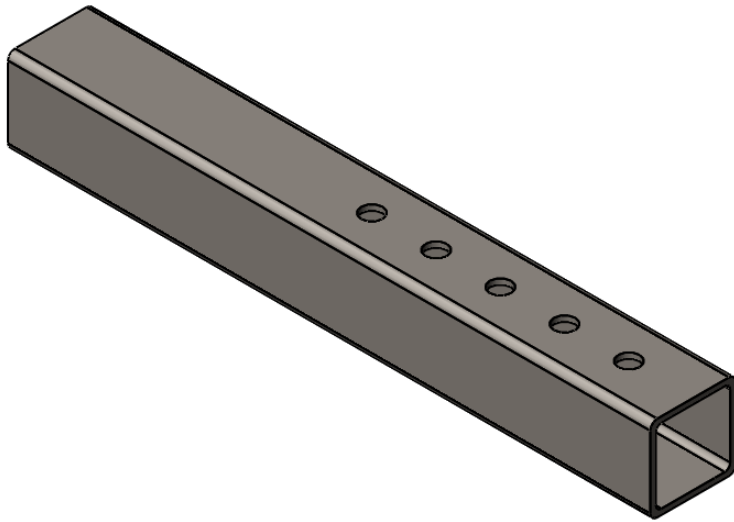
HOJA 5 DE 11



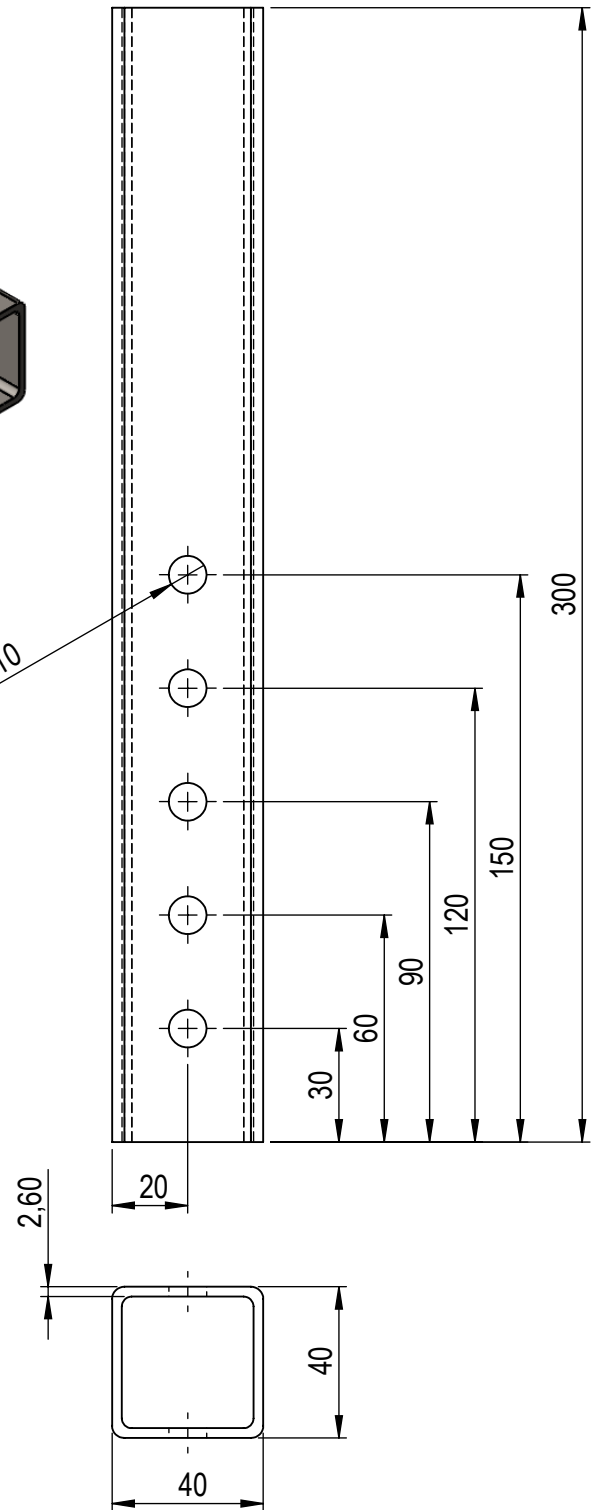
TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Distribuidor Móvil de Fibras	
					TÍTULO: ISO UPN 80 Soporte Ruedas	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO	Código:	
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013		1/5/4	
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013			
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013			
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013			
OBSERVACIONES: El corte del eje puede realizarse con cierra manual o eléctrica; la superficie debe ser torneada para tener un acabado liso y permitir el deslizamiento de la rueda.			MATERIAL: ASTM A36 Acero		A4	
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 333.66	ESCALA: 1:2		HOJA 6 DE 11	



TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Distribuidor Móvil de Fibras	
					TÍTULO:	
					Tubo Cuadrado ISO 50X50X3.2 Base Homegenizador	
					Código:	
					1/5/5	
					A4	
OBSERVACIONES: El corte del tubo puede realizarse por amoladora, amoladora, cierra manual o eléctrica. La perforación debe realizarse con taladro.			MATERIAL: ASTM A36 Steel			
UNIDADES: Sistema Internacional		PESO (g): 2327.05	ESCALA: 1:5		HOJA 7 DE 11	



10x Ø 10



TOLERANCIA GENERAL: ±0.1



Universidad San Francisco de Quito

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Distribuidor Móvil de Fibras

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013	
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013	

TÍTULO:

tubo Cuadrado ISO 40x40x2.60 Base Homegenizador

OBSERVACIONES:
El corte del tubo puede realizarse por amoladora, amoladora, cierra manual o eléctrica. La perforación debe realizarse con taladro.

MATERIAL:
ASTM A36 Acero

Código:

1/5/6

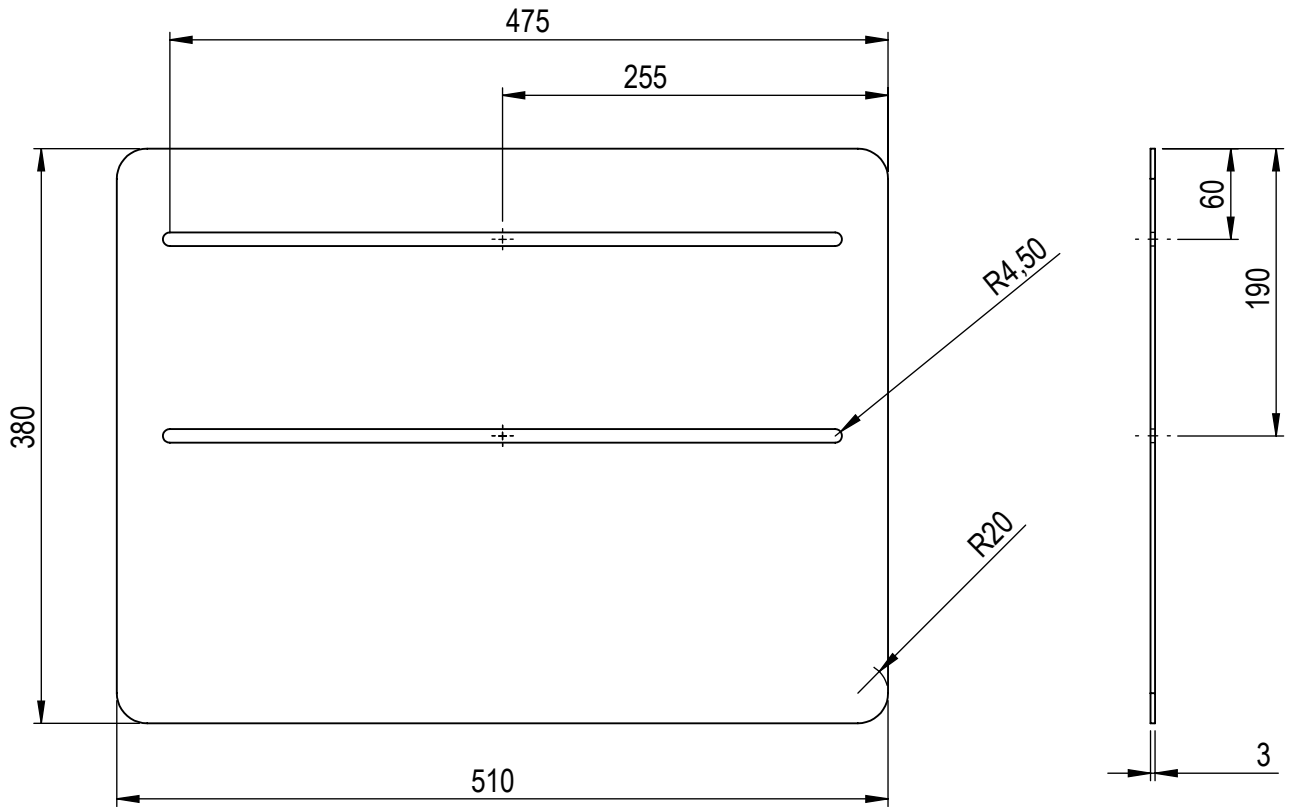
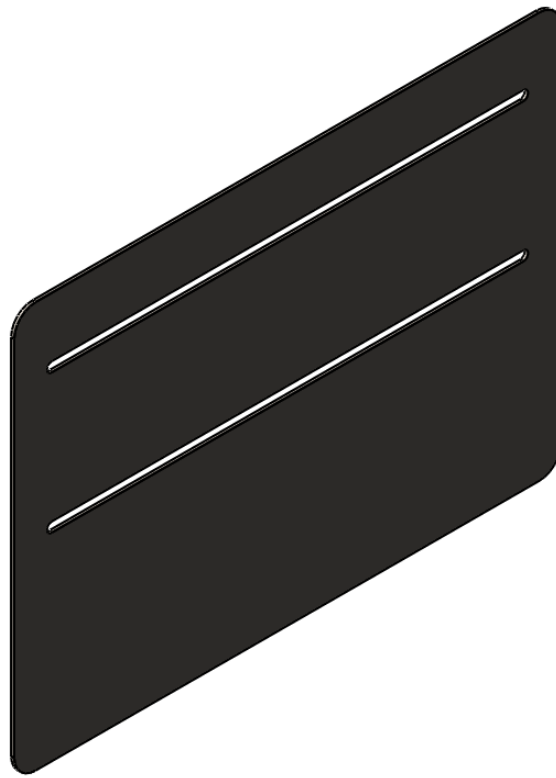
A4

UNIDADES: Sistema Internacional

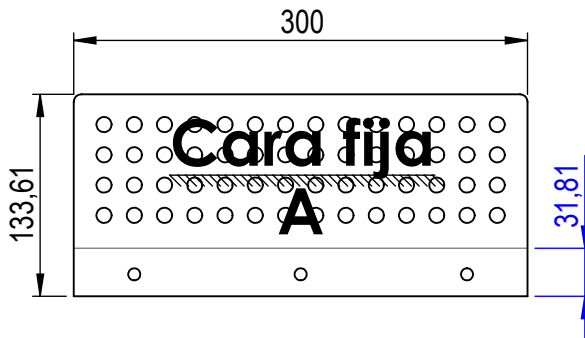
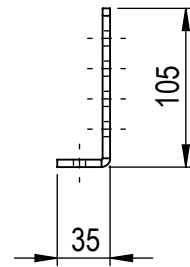
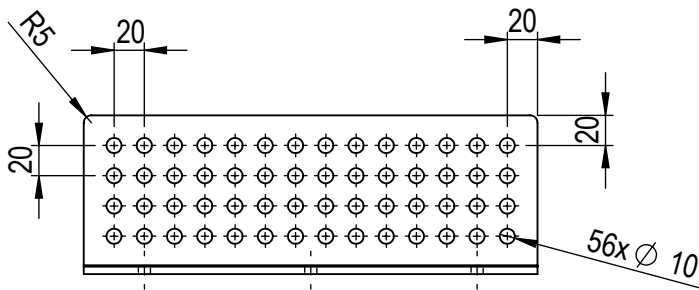
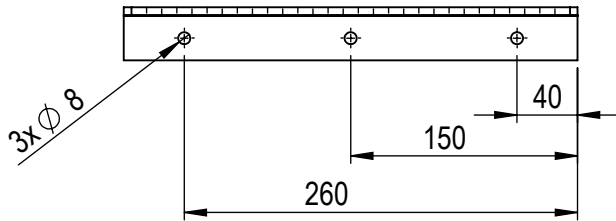
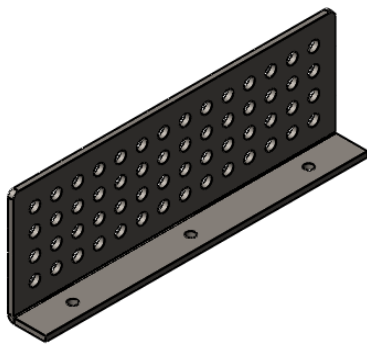
PESO (g): 892.28

ESCALA: 1:2

HOJA 8 DE 11



TOLERANCIA GENERAL: ± 0.1				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					Distribuidor Móvil de Fibras	
					TÍTULO: Mesa Homogenizador	
OBSERVACIONES: El corte de la chapa metálica y las perforaciones deben ser realizadas por plasma CNC de acuerdo al código G adjunto.		MATERIAL: ASTM A36 Acero		Código: 1/5/7		A4
UNIDADES: Sistema Internacional	PESO (g): 4366.39	ESCALA: 1:5		HOJA 9 DE 11		



Leyenda
General
Pliegue

Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	0.74

TOLERANCIA GENERAL: ±0.1



Universidad
San Francisco
de Quito

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Distribuidor Móvil de Fibras

TÍTULO:

Corte y Plegado de Guía de Fibras 1
con Perforaciones 10mm

Código:

1/5/8

A4

OBSERVACIONES:

El corte de la chapa metálica y las perforaciones deben ser realizadas por plasma CNC de acuerdo al código G adjunto; el doblado de la pieza puede ser realizado por plegadora manual o eléctrica.

MATERIAL:

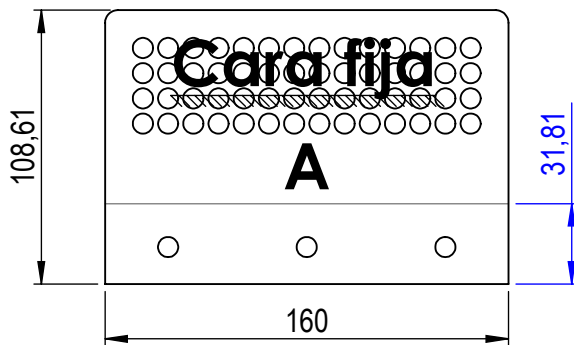
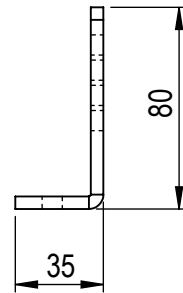
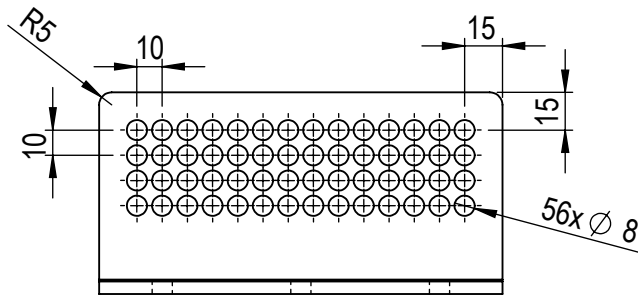
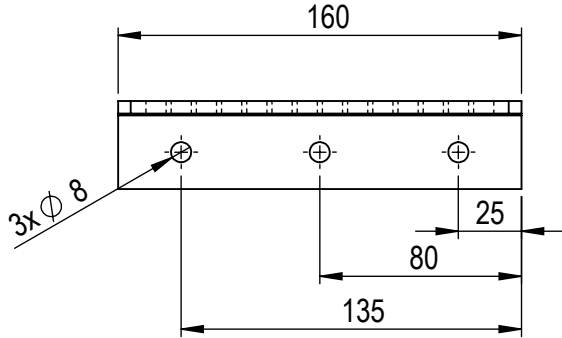
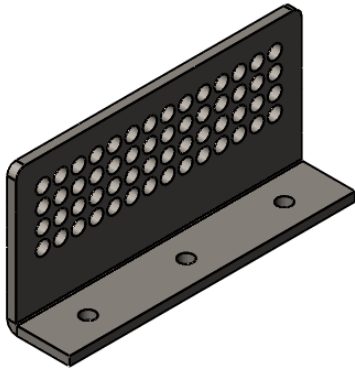
ASTM A36 Acero

UNIDADES: Sistema Internacional

PESO (g): 1394.30

ESCALA: 1:5

HOJA 10 DE 11



Leyenda
General
Pliegue

Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	0.74

TOLERANCIA GENERAL: ±0.1



REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Distribuidor Móvil de Fibras

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	NORMAS/ESTÁNDARES EN EL DIBUJO
DIBUJ.	Daniel Salinas		13/11/2013	
VERIF.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
APROB.	Lorena Bejarano		13/11/2013	
FABR.	Daniel Salinas		13/11/2013	

TÍTULO:
Corte y Plegado de Guía de Fibras 1 con Perforaciones 8mm

OBSERVACIONES:
El corte de la chapa metálica y las perforaciones deben ser realizadas por plasma CNC de acuerdo al código G adjunto; el doblado de la pieza puede ser realizado por plegadora manual o eléctrica.

MATERIAL:
ASTM A36 Acero

Código:
1/5/9

A4