



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BAROLADORA HIDRÁULICA SEMIAUTOMÁTICA PARA TUBOS Y PERFILES CON CAPACIDAD DE ROLADO DE 3 PULGADAS EN DIÁMETRO Y TRES MILÍMETROS EN ESPESOR PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA METAL PLAST.

Trabajo de Titulación bajo la modalidad Propuesta Metodológica, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial.

Autor(a)

López Carrillo Jéfferson Richard

Tutor(a)

Ing. Cruz Villacís Juan Serafín.Mg.

AMBATO – ECUADOR

2019

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo, López Carrillo Jéfferson Richard, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BAROLADORA HIDRÁULICA SEMIAUTOMÁTICA PARA TUBOS Y PERFILES CON CAPACIDAD DE ROLADO DE 3 PULGADAS EN DIÁMETRO Y TRES MILÍMETROS EN ESPESOR PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA METAL PLAST”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato a los 29 días del mes de abril del 2019, firmo conforme:

Autor: López Carrillo Jéfferson Richard

Firma:

Número de Cédula: 0503268146

Dirección: Cotopaxi, Latacunga.

Correo Electrónico: jeffersonlopez966@gmail.com

Teléfono: 032(719-837)

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BAROLADORA HIDRÁULICA SEMIAUTOMÁTICA PARA TUBOS Y PERFILES CON CAPACIDAD DE ROLADO DE 3 PULGADAS EN DIÁMETRO Y TRES MILÍMETROS EN ESPESOR PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA METAL PLAST”, presentado por López Carrillo Jéfferson Richard, para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, 23 de enero del 2019

.....
Ing. Cruz Villacís Juan Serafín; Mg.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 29 de abril del 2019

.....
López Carrillo Jefferson Richard
0503268146

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BAROLADORA HIDRÁULICA SEMIAUTOMÁTICA PARA TUBOS Y PERFILES CON CAPACIDAD DE ROLADO DE 3 PULGADAS EN DIÁMETRO Y TRES MILÍMETROS EN ESPESOR PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA METAL PLAST, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial , reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, 29 de abril del 2019

.....

Ing. Segundo Pedro Muzo Villasis.Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

Ing.Cumbajin Alférez Myrian Emperatriz.Mg
VOCAL

.....

Ing. José Luis Varela Aldas. Mg.
VOCAL

DEDICATORIA

Primero agradezco a Dios por tener salud y vida (Dios) por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por darme la fortaleza y valor en cada decisión acertada o equivocada que mi corazón ha tomado, siempre guiando mi camino para poder alcanzar mis metas a mis padres y mi esposa junto con mi hijo por ser ese motor diario que me impulsa a alcanzar mis objetivos, y aquellas personas que de una o otra manera siempre han estado a hi para transitar conmigo este camino lleno de retos, vivencias, historias durante y después de cada paso, para poder ver cumplido este objetivo y gracias a la vida que me ha dado tanto y tanto...

Richard

AGRADECIMIENTO

A la empresa METAL PLAST por su colaboración en la apertura de sus instalaciones para poder aplicar mis Conocimientos, a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica y a su personal docente por compartir su Conocimientos y valores a diario y aquellas personas que contribuyeron en la presente investigación

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL TUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESÚMEN EJECUTIVO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	6
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	9
ÁREA DE ESTUDIO.....	14
MODELO OPERATIVO.....	14

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL MODELO OPERATIVO.....	19
--------------------------------------	----

PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	23
RESULTADOS ESPERADOS.....	61
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	65
COSTOS DEL PROYECTO.	677

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES.	71
RECOMENDACIONES.....	73
BIBLIOGRFÍA.....	74
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla #1: Descripción de la situación actual versus la propuesta	11
Tabla #2: Costo VS. cantidad.....	12
Tabla #3: Cronograma de actividades.....	21
Tabla #4: Peso y necesidades del cliente.....	24
Tabla #5: Requerimientos técnicos del cliente.....	25
Tabla # 6: Peso relativo final.....	28
Tabla #7: Factor de seguridad del pistón.....	31
Tabla # 8: Mantenimiento de la maquina.....	62
Tabla #9: Resultados obtenidos.....	63
Tabla #10: Gastos de producción.....	64
Tabla #11: Cronograma de actividades.....	65
Tabla #12: Cronograma de construcción del proyecto.....	66
Tabla #13: Costo de la máquina baroladora hidráulica semiautomática.....	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico #1: Producción de cerchas baroladas.	13
Gráfico #2: Costo VS. cerchas.	13
Gráfico #3: Diagrama de comparación de máquina.....	26
Gráfico #4: Escala de valoración.	26
Gráfico #5: Escala de valoración.	27
Gráfico #6: Producción.	64

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen #1: Dos operarios colocan la tubería de 7200 mm a la entrada de la máquina para su posterior ingreso a la maquina	9
Imagen #2: Rodillos o matrices en forma vertical las cuales son impulsados por los operarios para producir el barolado.....	10
Imagen #3: Dos operarios ubicados en forma vertical a la salida de la maquina orientan la tubería para evitar deformaciones en el producto terminado.....	10
Imagen #4: Curvado abierto y cerrado.....	15
Imagen #5: Curvado mediante máquinas baroladoras.	15
Imagen #6: Curvado por martillos.	15
Imagen #7: Tres rodillos en pirámide.	16
Imagen #8: Curvado en máquinas horizontales.	17
Imagen #9: Modelo operativo.	18
Imagen #10: Diseño de la máquina baroladora hidráulica.	24
Imagen #11: Matriz principal circular.....	30
Imagen #12: Análisis de Von Mises de la matriz principal circular.....	30
Imagen #13: Análisis de desplazamiento de la matriz principal circular.....	31
Imagen #14: Análisis del fds de la matriz principal circular.	32
Imagen #15: Matriz secundaria circular.....	33
Imagen #16: Análisis de Von Mises de la matriz secundaria circular.	33
Imagen #27: Análisis de desplazamiento de la matriz secundaria circular.....	34
Imagen #18: Análisis del fds de la matriz secundaria circular.....	35
Imagen #19: Base principal.....	36
Imagen #20: Análisis de Von Mises de la base principal.	36
Imagen #21: Análisis de desplazamiento de la base principal.	37
Imagen #22: Análisis del fds de la base principal.....	37
Imagen #23: Eje principal.	38
Imagen #24: Análisis de Von Mises del eje principal.....	39
Imagen #25: Análisis de desplazamiento del eje principal.	39
Imagen #26: Análisis del fds del eje principal.	40
Imagen #27: Eje secundario.	41

Imagen #28: Análisis de Von Mises del eje secundario.	42
Imagen #29: Análisis de desplazamiento del eje secundario.	42
Imagen #30: Análisis del fds del eje secundario.	43
Imagen #31: Mesa.	44
Imagen #32: Análisis de Von Mises de la mesa.	44
Imagen #33: Análisis de desplazamiento de la mesa.	45
Imagen #34: Análisis del fds de la mesa.	45
Imagen #35: Acho tipos de cilindros hidráulicos.	46
Imagen #36: Fuerza ejercida por el eje c.	47
Imagen #38: Diagrama de cuerpo libre.	47
Imagen #39: Diagrama de cuerpo libre.	48
Imagen #40: Perfil cuadrado.	49
Imagen #41: Perfil rectangular.	50
Imagen #42: Tubo redondo.	51
Imagen #43: Unidad de potencia hidráulica.	54
Imagen #44: Unidad de potencia hidráulica.	55
Imagen #45: Breaker.	56
Imagen #46: Contactor.	57
Imagen #47: Guardamotor.	57
Imagen #48: Selector.	58
Imagen #49: Pulsador.	58
Imagen #50: Paro de emergencia.	59
Imagen #51: Diagrama de bloques sistema eléctrico.	59
Imagen #52: Chumacera y rodamiento.	60
Imagen #53: Máquina baroladora hidráulica semiautomática.	61
Imagen #54: Máquina construida.	68
Imagen #55: Máquina construida.	68
Imagen #56: Máquina construida.	69
Imagen #57: Máquina construida.	69
Imagen #58: Máquina construida.	70
Imagen #59: Curvadoras de tubos y perfiles mc650.	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: certificado de aprobación de la empresa	77
Anexo 2: Propiedades de los aceros estructurales.	78
Anexo 3: Electrodo de acuerdo el material y sus propiedades.	79
Anexo 4: Inercia perfil cuadrado.	80
Anexo 5: Inercia perfil rectangular.	82
Anexo 6: Inercia tubo circular.	85
Anexo 7: Cilindros estándares.	89
Anexo 8: Coeficiente de fricción de superficies en contacto.	90
Anexo 9: Motorreductor.....	91
Anexo 10: Corriente nominal según la potencia	93
Anexo 11: QFD.....	94
Anexo 12: Planos.	95

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BAROLADORA HIDRÁULICA SEMIAUTOMÁTICA PARA TUBOS Y PERFILES CON CAPACIDAD DE ROLADO DE 3 PULGADAS EN DIÁMETRO Y TRES MILÍMETROS EN ESPESOR PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA METAL PLAST”

AUTOR: López Carrillo Jéfferson Richard

TUTOR: Ing. Cruz Villacís Juan Serafín; Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo principal del presente proyecto es construir una máquina baroladora de perfiles de tres pulgadas en diámetro y tres milímetros de espesor con componentes hidráulicos y semiautomática. El problema principal se da por el costo extra que tiene el barolado con algún proveedor externo lo que produce un incremento de costo y tiempo en la producción de serchas metálicas elaborado por la empresa. La metodología utilizada para el desarrollo del presente proyecto es bibliográfica e investigativo debido a que se realizó investigaciones en ensayos, tesis, artículos científicos, libros, entre otros, y de campo, ya que la investigación realizada se plasmó en la construcción de la máquina. El resultado del proyecto se ve reflejado en la reducción de operarios 50%, de costo de producción a un 60%, tiempo de producción de 60%, e incremento de la demanda en un 35% en la empresa METAL PLAST. Concluimos que con la implementación de la máquina baroladora, la empresa METAL PLAST logra obtener perfiles y tubos barolados automáticamente y de alta calidad. Se recomienda no barolar perfiles que sobrepasen en diámetro tres pulgadas y en espesor tres milímetros, ya que ocasionaría una deformación en los rodillos, así como una sobrecarga en el sistema eléctrico.

DESCRIPTORES: Diseño, Construcción, Baroladora, Eléctrica, Hidráulica, Mecánica,

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

THEME: “A SEMIAUTOMATIC BENDING ROLLER MACHINE BUILDINE FOR PIPES AND METAL PROFILES WITH A BENDING CAPACITY OF THREE INCHES IN DIAMETER AND THREE MILLIMETERS IN THICKNESS TO INCREASE THE PRODUCTIVITY AT THE ‘METAL PLAS’ FACTORY.”

AUTHOR: López Carrillo Jéfferso Richard

TUTOR: Ing. Cruz Villacís Juan Serafín; Mg.

ABSTRACT

The main objective of this research project is to beild a hydraulics machine that bends metal profiles of three inches of diameter and three millimeters of thickness hydraulic and semiautomatic The principal problem arises because of the extra expenses that the bending process produces when obtaining it from an external supplier, which produces an increase in cost and time in the metal structures prepared by the factory. The methodology used to develop this research project is bibliographic and investigative since some researches in papers, researd, scientific articles, and books were carried out. It was also field research since the investigations were applied in the machine construction. The project´s results can be reflected in the reduction of employees in a 50%, productions cost in a 60%, time production in a 60%, and an increase in demand in a 35% in the “METAL PLAST” factory. By implementing the machinery, the METAL PLAST Factory. manages to obtain high-quality the workers reduce expenses and waitins periods Its recomended no to bent metal profiles and pipes which exceed three inches in diameter and three millimeters in thickness, since it will produce a deformation in the rolls as well as an overload in the electric system.

KEYWORDS: bending roller machine, design, electrical, hydraulics, mechanics

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial, la construcción de mega estructuras está en auge con el objetivo de brindar un mejor estilo de vida a los habitantes, es por ello que los perfiles, tubos, chapas utilizadas en este tipo de infraestructuras ya no solo son rectos, ahora también son curvos, cónicos, oblicuos, brindando una mejor seguridad y estética; es por ello que la implementación de las baloradoras se han convertido en máquinas indispensables para la fabricación de este tipo de perfiles, tubos, chapas, acortando el tiempo de construcción. (López, 2018)

En el Ecuador, hay sectores industriales y manufactureros que se dedican a la construcción y fabricación de galpones, invernaderos, estructuras metálicas en donde todavía utilizan maquinaria manual que provoca que los procesos de producción sean más lentos y menos eficientes, debido a que no cumplen con normas de calidad, tiene un alto margen de error al realizar el trabajo, se requiere operarios para el manejo de las mismas, no tienen precisión ni exactitud del producto, lo que lleva a un desperdicio de tiempo y material y por ende de dinero, por lo que las empresas han visto la necesidad de adquirir máquinas baloradoras más sofisticada que permita resolver estos problemas . (López, 2018)

La provincia de Cotopaxi es la principal exportadora de flores a nivel nacional, para mantener su producción abundante y de calidad requiere de la construcción de invernaderos, los cuales están fabricados de serchas de tubo y una cubierta de plástico sellado herméticamente, la empresa METAL PLAST presta el servicio de construcción y mantenimiento de los mismos, obligando a la empresa a adquirir gran cantidad de tubos rolados a empresas proveedoras del producto a precios muy elevados o contratando proveedores que ofrezcan el servicio de barolado,

por lo que la empresa busca implementar una máquina baloradora semiautomática de tubos, que ayuda a disminuir costos de producción, pérdidas de tiempo, desgaste físico de los operarios, cubriendo toda la demanda de construcción de invernaderos alineándose a normas nacionales e internacionales. (López, 2018)

ANTECEDENTES.

Duque, A. y Mena, A., (2009), realizan el proyecto denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA HIDRÁULICA DOBLADORA DE TUBERÍA REDONDA”, cuyas características son las que puede realizar doblez entre 0° y 180° en un mismo tubo en distintas direcciones, disminuyendo las cantidades de empates en una misma estructura. Los materiales mecánicos, hidráulicos y eléctricos utilizados en la máquina son fácilmente encontrados en el mercado, teniendo facilidad en su construcción. La fuerza producida por el sistema hidráulico, con un motor eléctrico de 1HP y con las dimensiones de los cilindros utilizados, genera la fuerza suficiente para el doblado de la tubería seleccionado. Además, en las pruebas realizadas se observa que el sistema fue exigido en un tan sólo en 25% de su capacidad máxima; lo que permite que, en una posible adaptación, el sistema hidráulico genere la potencia requerida (ARIAS, DUQUE, 2009). Además concluye lo siguiente:

- Con el diseño realizado para la máquina dobladora de tubería redonda, las curvas fabricadas cumplen con las expectativas iniciales, dado que con este mecanismo se pueden realizar varias curvas, de 0° a 180° , en un mismo tubo en diferentes direcciones, disminuyendo la cantidad de empates en la fabricación de una estructura deseada
- El sistema eléctrico, el sistema hidráulico y la tornillería de la máquina dobladora están compuestos totalmente por partes comerciales, permitiendo que en posibles fallas o mantenimientos de la máquina se puedan realizar cambios de repuestos de una manera ágil, aumentando la mantenibilidad de la misma.
- Los pasadores y ejes de la máquina fueron diseñados y mecanizados en materiales y dimensiones de fácil consecución en el mercado, por si se

necesitara el reemplazo de alguno de éstos durante la vida útil de la dobladora.

- Las curvas fabricadas en la máquina dobladora de tubería tienen una buena calidad, no presentan arrugas, grietas ni achataduras significativas; por lo cual satisfacen las necesidades para sus principales usos como estructuras de techo, escaleras, pasamanos, muebles entre otras aplicaciones.

Taranuel, J., (2011), autor del tema “MÁQUINA DOBLADORA DE TUBO REDONDO DE ACERO CON COSTURA DE HASTA 19 mm DE DIÁMETRO Y 1.5 mm DE GROSOR CONTROLADA POR UN MICROCONTROLADOR”, propone un diseño de una máquina automática dobladora para tubo redondo controlada mediante un microcontrolador, cuyas características mecánicas soportan la carga máxima reduciendo el esfuerzo y la fatiga, con un factor de seguridad de 2. La dobladora está diseñada para doblar tubos de 19mm de diámetro y 1.5mm de grosor, de una manera automática se registra el número de dobleces y se controla el ángulo de doblez con un máximo de 180° (TARAMUEL TATÉS, 2011). Además concluye lo siguiente:

- En el diseño de la dobladora de tubo, tiene un factor de seguridad de dos, de esta forma las partes de la dobladora son sometidas a un esfuerzo equivalente a la mitad del que están diseñadas, con esta característica se reduce el desgaste por fatiga de materia.
- El motor y los componentes está diseñado de tal forma que a futuro puedan utilizarse para doblar tubos de mayor diámetro, pueden doblar tubos de hasta 3,81cm de diámetro y 1,5 mm de espesor. Además se puede considerar para doblar tubos de aleaciones especiales, o a su vez tubos sin costura.
- La máquina dobladora soporta cargas axiales y radiales a la vez por este motivo en el diseño se usa un rodamiento de dos hileras de bolas con contacto angular para el engrane; debido a que no se realizan giros a altas velocidades este tipo de rodamientos tienen tiempos de vida bastante extensos, en este caso es de un promedio de diez años.

- En el circuito de control se utilizó para la activación del circuito de potencia relés de estado sólido, de esta manera si existe una sobre carga en el circuito de potencia no afecta al circuito de control porque los relés de estado sólido usan para este caso opto triacs independizando los dos circuitos.

Laura, M. y Yunganina, D., (2013), ejecutan el proyecto “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ASISTIDO POR PLC PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA DOBLADORA DE TUBOS Y SUPERVISADO POR UN SISTEMA SCADA”, en donde desarrollan el diseño de una dobladora de tubos automatizada, la misma que está diseñada mecánicamente de tal forma que soporta mayores cargas que las especificadas, de esta manera se logra reducir el esfuerzo y bajar considerablemente la fatiga. El circuito de control permite realizar los trabajos de forma automática, usando en este caso un LOGO PLC SIEMENS 230RC, controla los sensores y actuadores de forma automática mediante la programación escalera. El diseño usa compensaciones mecánicas para el aumento del torque usando un sistema de poleas y engranajes, usando partes electrónicas existentes en el mercado, es notable que su costo es menor al que existe comercialmente. La máquina es capaz de doblar tubos de hasta 19 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, con opción a aumentar su capacidad con tubos de mayor diámetro (LAURA, MAMANI, 2013). Donde concluye lo siguiente:

- Realizado la investigación se puede determinar que se cumplió con el objetivo principal de esta tesis, esto es el diseño e implementación un sistema asistido por PLC para la automatización de una dobladora de tubos y supervisado por un sistema SCADA.
- Se automatizó el proceso de curvado de tubería, rediseñando varios sistemas de máquina con la ayuda del software SolidWorks 2013, certificando que la misma cumple en forma segura con las exigencias que demanda del mercado.
- Se logró controlar la seguridad operativa de la máquina mediante sensores que minimizan el riesgo de un posible incidente durante la operación de curvado.

Levi, B. y Rojas F., (2014), con su tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOBLADORA SEMIAUTOMÁTICA DE TUBOS CUADRADOS DE 50X50X2MM UTILIZADOS COMO CERCHAS DE LAS ESTRUCTURAS DE CARROCERÍAS DE BUSES”, elaboran dicha máquina para la empresa Carrocerías Altamirano de Ambato, obteniendo como producto una dobladora con un sistema hidráulico bajo parámetros de diseño mecánico y eléctrico; utilizan una metodología de PahlBeitz para dimensionar, obtener el modelo matemático y elementos finitos para determinar los componentes. Con esto se mejora la producción en la empresa optimizando los recursos y el tiempo (BONILLA, PANIMBOZA, 2014). Adicionalmente concluye lo siguiente:

- Se estudiaron las técnicas de doblado, los tipos de dobladoras y determinamos que la mejor opción es la construcción de una dobladora por compresión y la fuerza de doblez utilizada es la hidráulica.
- Se describieron las funciones de los elementos que componen la dobladora para conocer sus bondades.
- Se elaboró el manual de operaciones y mantenimiento preventivo con el afán de llegar a cumplir con la vida útil estimada de la dobladora.

Pallo, J., (2017), hace un diseño con el tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BAROLADORA DE PERFILES TIPO OMEGA DE 4’’ DE ESPALDA, 2’’ DE ALTO Y ¼’’ DE ESPESOR PARA LA FABRICACIÓN DE TANQUES DE ACERO INOXIDABLE EN LA EMPRESA INOX - TEC”, para iniciar el diseño mecánico primero se realiza una búsqueda detallada y exhaustiva de información acerca del proceso de barolado de perfiles, como también de los diferentes tipos de máquinas utilizadas para este fin. Con la información encontrada logra determinar los parámetros básicos iniciales con los que empieza los claculos. Para seleccionar la máquina baroladora adecuada realiza un árbol de ponderaciones tomando en cuenta características como: precio, disponibilidad de materiales en el mercado local, consumo energético, transmisión de potencia. Finalmente elige la opción con mayor puntaje de acuerdo con los parámetros de selección y que mejor se adapte a las necesidades, posteriormente inicia con los

cálculos necesarios para el diseño del equipo, así como también la selección de los elementos que conforman al mismo. Para el dimensionamiento general de la máquina parte del cálculo de la distancia de los rodillos deformadores y de la fuerza necesaria para deformar plásticamente el perfil omega, con esta fuerza dimensiona el circuito hidráulico y determina la potencia del motorreductor para el sistema mecánico de la máquina (PALLO, SILVA, 2017). Adicionalmente concluye:

- Se calculó por medio de la Ecuación 3.4 que la fuerza necesaria para deformar plásticamente el perfil omega de acero inoxidable AISI 304 de 4 in de espada, 2 in de alto y ¼ in de espesor es de 58060 N, la misma que está directamente relacionada con la resistencia a la fluencia del material (S_y) debido a que para un perfil de las mismas características dimensionales de acero ASTM A- 529 la fuerza necesaria para deformar el perfil es de 72576 N como se muestra en el literal 3.2.2.
- Para trabajar con actuadores hidráulicos de menores diámetros, con el objetivo que la máquina no sea demasiado grande se trabaja con una presión de la bomba de 20 MPa debido a que para generar una fuerza de 75000N a esta presión se necesita de un actuador que tenga un diámetro del embolo de 72 mm mientras que si se trabajaría a una presión de 10 MPa para generar la misma fuerza se necesitaría un actuador con un diámetro de embolo de 103 mm calculado en el literal 3.2.3.1.
- Para poder calcular la potencia necesaria para deformar el perfil omega se utilizó un coeficiente de rozamiento de acero con acero igual a 0.2 como se indica en el literal 3.2.5 dándonos como resultado una potencia de 5 HP.

JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad la fabricación de invernaderos, galpones, en sí todo tipo de estructuras metálicas son rectas, curvas, cónicas, oblicuas, por lo que se requiere de maquinaria que permita realizar estos procesos, con menor costo de producción y mayor precisión y exactitud, de aquí nace la **importancia** de construir una baloradora hidráulica semi automática de tubos y perfiles.

La construcción de la baloradora hidráulica semi automática pretende generar un alto **impacto** en la calidad, tiempo y disminución de costos de producción dentro de la empresa METAL PLAST, evitando la contratación de servicios de boloradoras externas.

El presente proyecto propone una máquina de mucha **utilidad** para la empresa en el aspecto económico, ya que, al ser semiautomática reduce la mano de obra, el proceso es más rápido aumentando la producción y por ende las ganancias.

Los **beneficiarios** con esta propuesta metodológica es la empresa METAL PLAST y los clientes de la empresa, ya que los invernaderos tendrán una mejor calidad de producción y menor tiempo de entrega; en el campo educativo los beneficiarios son los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial, así como la Universidad Tecnológica Indoamérica.

Finalmente, se considera **factible** realizar el presente proyecto debido a que se brinda una solución a la problemática del objetivo de estudio y se optimiza los tiempos de producción, la calidad y disminución de costos en la empresa.

OBJETIVO GENERAL.

- Construir una máquina baroladora hidráulica semiautomática para tubos y perfiles con capacidad de rolado de tres pulgadas en diámetro y tres milímetros en espesor para incrementar la productividad la empresa METAL PLAST

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar la productividad actual en el proceso de barolado en la empresa METAL PLAST.

- Simular mecanismos y piezas mecánicas de las partes más críticas de la máquina y su estructura para soportar las cargas de barolado de tres pulgadas en diámetro y tres milímetros en espesor.
- Seleccionar los dispositivos hidráulicos y eléctricos para el control semiautomático de la baroladora.
- Desarrollar la máquina baroladora hidráulica semiautomática implementando los sistemas.
- Evaluar la productividad con el diseño propuesto, para demostrar el crecimiento de la producción y de la empresa.

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.

La empresa METAL PLAST en el área de producción de cerchas y estructuras curvas para invernaderos y cable vía funicular, determina que la producción es muy defectuosa y con bajo rendimiento, con costos muy elevados por la contratación de proveedores del servicio de barolado, por esta razón se ha planteado solucionar el problema para incrementar la producción de la empresa con la construcción de la máquina baroladora hidráulica semiautomática. (López, 2018)

En la actualidad el proceso se realiza de la siguiente manera:

Dos operarios colocan la tubería de longitud de 7200 mm en el soporte de la mesa de la dobladora, para su posterior ingreso a la máquina (Ver Imagen #1).



Imagen #1: Dos operarios colocan la tubería de 7200 mm a la entrada de la máquina para su posterior ingreso a la maquina

Autor: López, 2019.

La tubería es obligada a pasar por los rodillos o matrices baroladoras, las cuales se encienden en posición vertical, estos rodillos son impulsados por los operarios para producir el barolado (Ver Imagen #2).



Imagen #2: Rodillos o matrices en forma vertical las cuales son impulsados por los operarios para producir el barolado

Autor: López, 2019.

El peso que genera la tubería al salir de la máquina baroladora, implica que un operario tiene que sostener la tubería para evitar deformidades a medida que la tubería sale del contacto con los rodillos (Ver Imagen #3).



Imagen #3: Dos operarios ubicados en forma vertical a la salida de la máquina orientan la tubería para evitar deformaciones en el producto terminado

Autor: López, 2019.

Con la información obtenida del proceso de barolado surge la necesidad de construir la máquina baroladora hidráulica semiautomática, con diferentes capacidades de barolado tanto en diámetro como en longitud, para optimizar la productividad de la empresa, la calidad del producto final y cuidar la salud de los operarios en el momento de impulsar la máquina para su respectiva tarea.

En la Tabla #1, se compara la situación actual del barolado manual, al barolado automático, cuyos beneficios son de gran importancia y utilidad.

Tabla #1: Descripción de la situación actual versus la propuesta

ÍTEM	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA
1	Tubería barolado manualmente.	Tubería barolado automáticamente.
2	Uso de tres operarios para el proceso.	Uso de dos operarios para el proceso.
3	Operarios con problemas ergonómicos.	Operarios sin complicaciones ergonómicas.
4	Barolado sin necesidad de contratar proveedores externos.	Barolado en la planta de la empresa.
5	Baja la calidad del producto terminado con gran cantidad de reproceso.	Alta calidad de barolado en producto terminado con bajas cantidades de reproceso.

Autor: López, 2019.

Estudio de producción.

La empresa METAL PLAST, realiza un promedio máximo de 10.000 m^2 de invernadero mensualmente, en donde se ocupa 380 cerchas a las cuales cada una de ellas se realiza la acción de barolar, cuyo costo es de \$1,50 por cada una. En la Tabla #2, se indica el costo total del año 2018 del servicio de barolado.

Tabla #2: Costo VS. Cantidad.

METAL PLAST				
COSTOS DEL AÑO 2018				
ÍTEM	MES	SERVICIO DE CERCHAS BAROLADAS	VALOR UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Enero	380	\$ 1,50	\$ 570,00
2	Febrero	380	\$ 1,50	\$ 570,00
3	Marzo	380	\$ 1,50	\$ 570,00
4	Abril	342	\$ 1,50	\$ 513,00
5	Mayo	380	\$ 1,50	\$ 570,00
6	Junio	304	\$ 1,50	\$ 456,00
7	Julio	228	\$ 1,50	\$ 342,00
8	Agosto	266	\$ 1,50	\$ 399,00
9	Septiembre	228	\$ 1,50	\$ 342,00
10	Octubre	228	\$ 1,50	\$ 342,00
11	Noviembre	380	\$ 1,50	\$ 570,00
12	Diciembre	380	\$ 1,50	\$ 570,00
			TOTAL ANUAL	\$ 5.814,00

Autor: López, 2019.

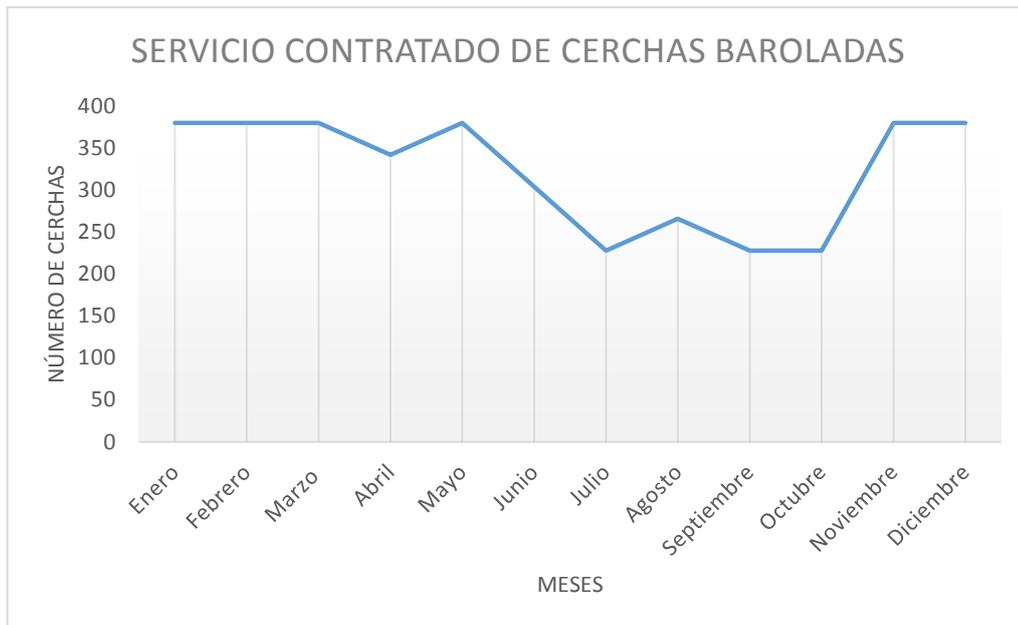


Gráfico #1: Producción de cerchas baroladas.

Autor: López, 2019.

En la Gráfico #1, se analiza la producción de cerchas baroladas mensualmente durante el año 2018, en donde se observa que la producción máxima es durante 6 meses.

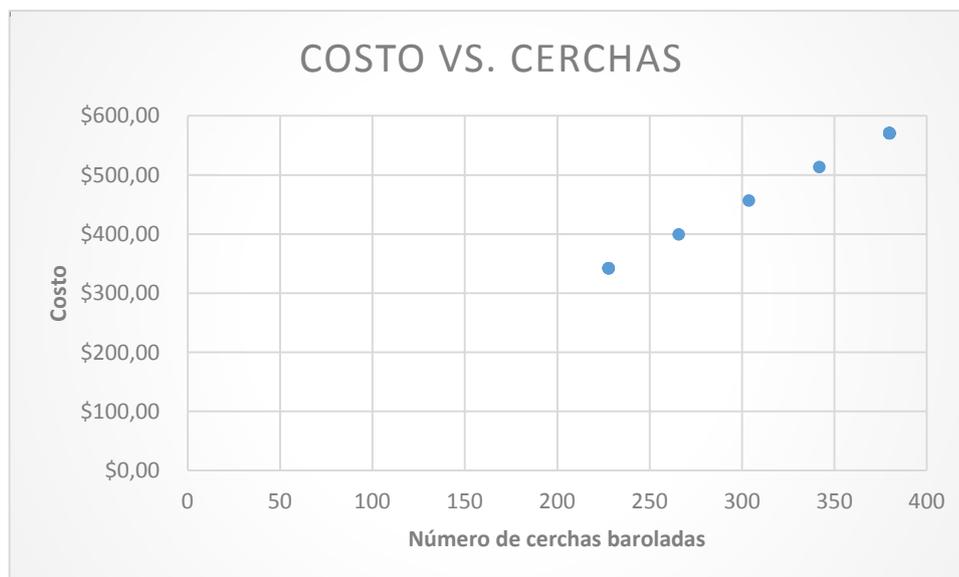


Gráfico #2: Costo VS. Cerchas.

Autor: López, 2019.

En la Gráfico #2, se observa un aumento lineal del costo de la empresa METAL PLAST, al contratar los servicios de barolado para cada cercha durante el año 2018.

En cuanto a tiempos la empresa METAL PLAST, debe esperar 4 semanas para una producción de 380 cerchas baroladas las cuales ayudan a producir 10.000 m^2 de invernadero; esto complica la producción de invernaderos, generando un retraso en el trabajo y generando pérdidas para la empresa.

ÁREA DE ESTUDIO.

Delimitación del Objeto de Estudio.

Dominio: Tecnología y sociedad.

Línea: Empresarial y productividad.

Campo: Ingeniería Industrial.

Área: Baroladora semiautomática – Proceso productivo.

Aspecto: Producción – Automatización.

Periodo de análisis: Septiembre – Diciembre 2018

El Barolado.

Curvar una chapa es darle, parcial o totalmente, una forma cilíndrica o cónica. El curvado puede ser abierto o cerrado (ver Imagen #4); el curvado de las chapas se consigue mediante una fuerza de flexión provocada ya sea por presión, a mano o a máquina (curvadoras, prensas) (ver Imagen #5) o por choques (martillos, mazos destajadores) (ver Imagen #6) (LOBJOIS, 1993).

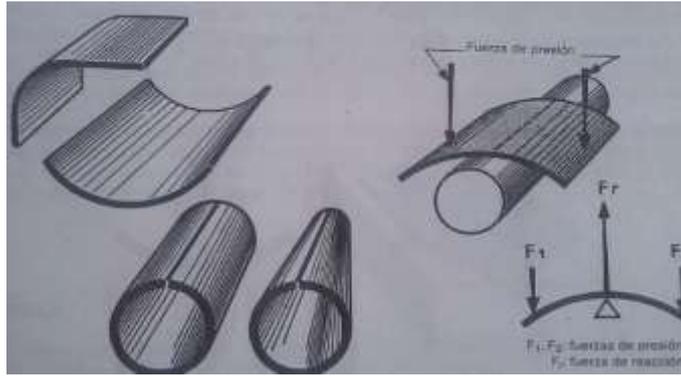


Imagen #4: Curvado abierto y cerrado.

Fuente: Lobjois, 1993.

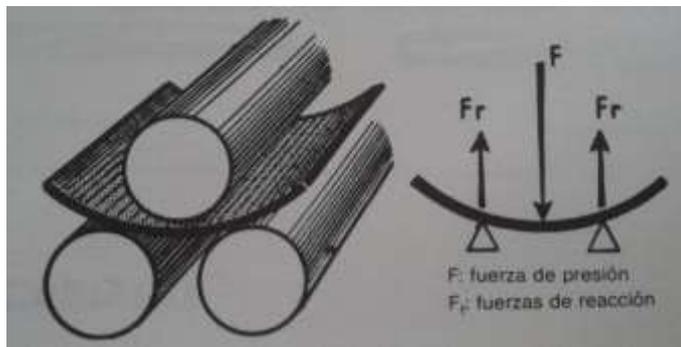


Imagen #5: Curvado mediante máquinas baroladoras.

Fuente: Lobjois, 1993.

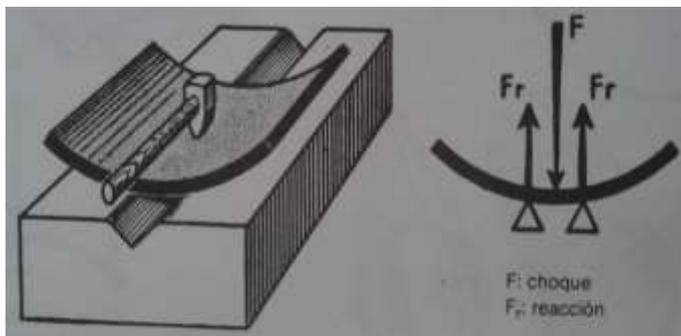


Imagen #6: Curvado por martillos.

Fuente: Lobjois, 1993.

Tipos de máquinas baroladoras.

La clasificación de estas máquinas es según la disposición de sus rodillos, de las cuales son cuatro que se explica a continuación (LOBJOIS, 1993).

Máquinas curvadoras de chapa, de tres rodillos en pirámide.

Estas máquinas de tres rodillos se clasifican en dos tipos (LOBJOIS, 1993).

- Máquinas de rodillos horizontales.
- Máquinas de rodillos verticales.

Máquinas de rodillos horizontales.

Los dos rodillos de arrastre, fijos están situados en un mismo plano horizontal.

Se les imprime un movimiento de rotación en el mismo sentido.

El rodillo curvador giraloco en sus cojinetes, en sentido inverso al de los precedentes, por la fricción con la chapa. Es móvil en traslación vertical (ver Imagen #7). Los dos rodillos de arrastre son siempre del mismo diámetro. El diámetro del rodillo curvador es generalmente superior al de los precedentes (LOBJOIS, 1993).

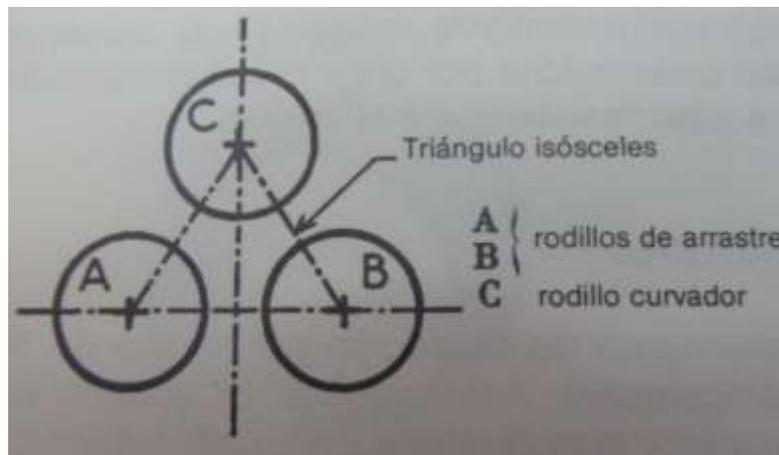


Imagen #7: Tres rodillos en pirámide.

Fuente: Lobjois, 1993.

Máquinas de rodillos verticales.

Son muy robustas y solo se utilizan para el curvado de chapas gruesas. El rodillo curvador se desplaza en un plano horizontal (LOBJOIS, 1993).

Ventajas:

- La construcción de la máquina de tres rodillos en pirámide es más eficiente y menos costosa del mercado con comparación a máquinas de otra posición de rodillos.
- Realización de cilindros siguiendo generatrices perpendiculares al filo de la chapa, que descansa sobre el larguero horizontal de la máquina.
- Eliminación del inconveniente que supone un curvado irregular, provocado por el peso de la chapa que tiende a abrirla durante el curvado, en máquinas horizontales (ver Imagen #8) (LOBJOIS, 1993).

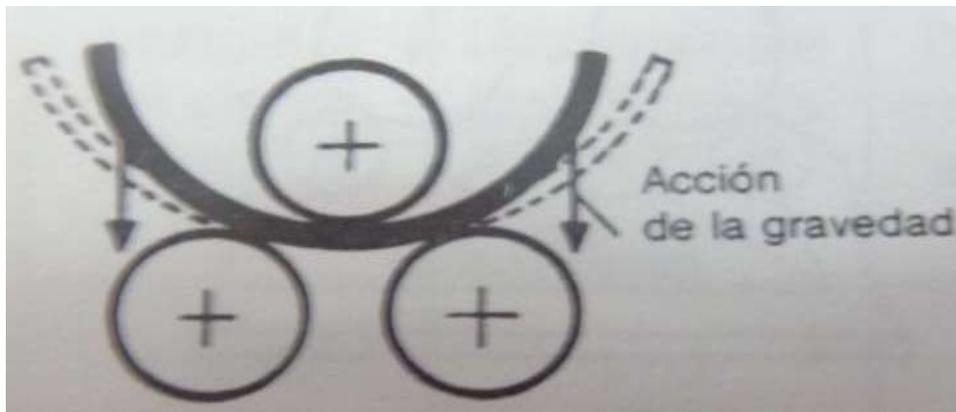


Imagen #8: Curvado en máquinas horizontales.

Fuente: Lobjois, 1993.

MODELO OPERATIVO.

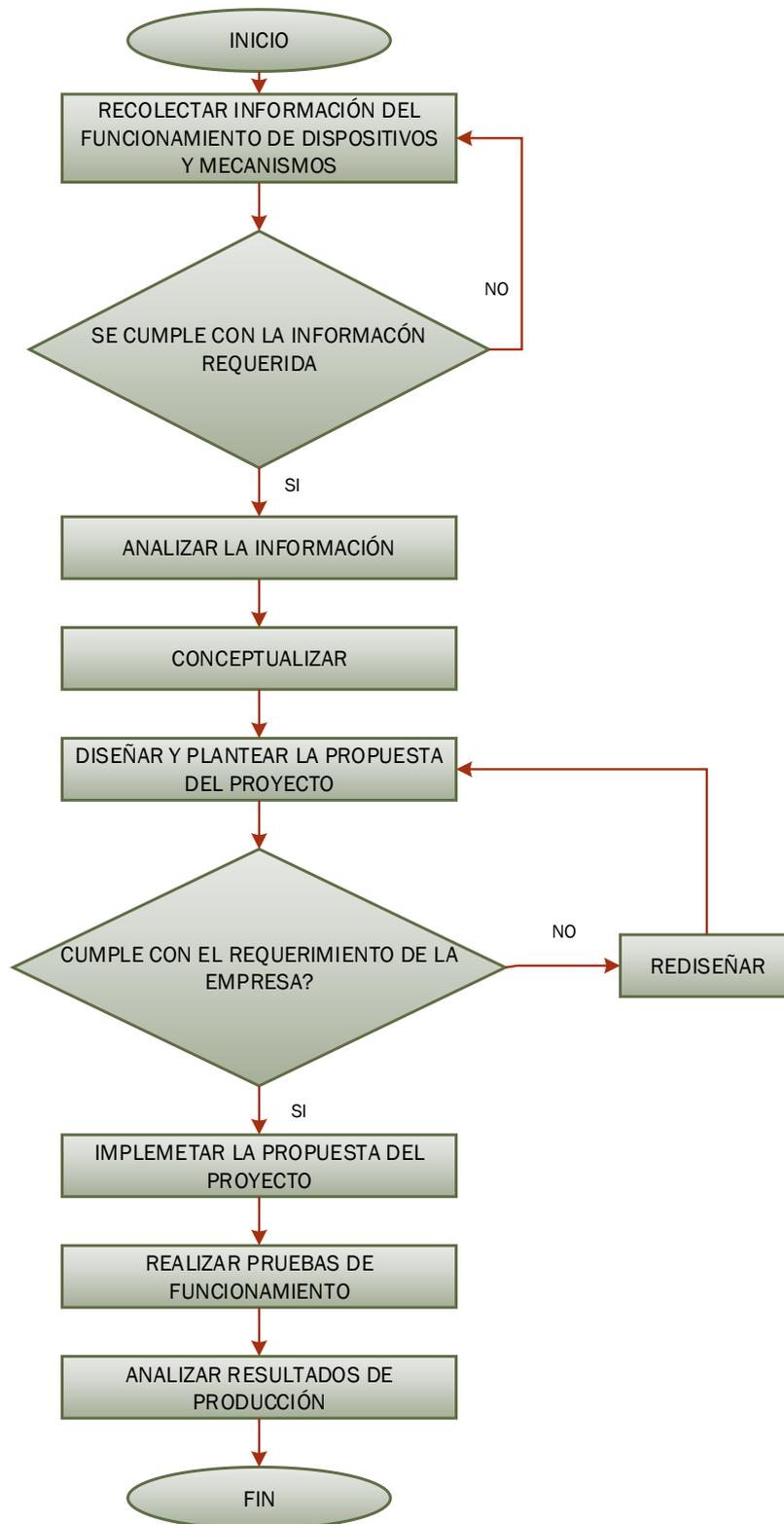


Imagen #9: Modelo operativo.

Autor: López, 2019.

DESARROLLO DEL MODELO OPERATIVO.

En la Imagen #9, se indica el diagrama de flujo que representa el proceso que va a seguir la implementación del estudio. A continuación, se describe cada una de las etapas del proceso.

Recolectar información del funcionamiento de dispositivos y mecanismos.

Consiste en dos estudios, el primero consta en recabar la información necesaria para el diseño y construcción de la baroladora semiautomática, la cual se encuentra en diferentes tesis de otras universidades como se plasmó en los antecedentes del Capítulo I, así como en artículos científicos, revistas, libros. El segundo punto es la información en cuanto a la producción, gastos y tiempo que realiza la empresa para obtener las cerchas baroladas.

Análisis de la información.

La finalidad del análisis de información es obtener desde un punto de vista económico, científico y tecnológico ideas relevantes desde las distintas fuentes de información, en donde se comprueba que la problemática de estudio sea procedente para la construcción de la máquina de barolado.

Dentro de los antecedentes se encuentra un número limitado de información, sobre el diseño y construcción de máquinas dobladoras y baroladoras de tubo redondo y de perfiles, esto ayuda a generar facilidad en el trabajo ya que se utiliza como guía teórico – práctica en el diseño y la implementación de la máquina semiautomática.

Según la información entregada por la empresa METAL PLAST, existe un egreso de \$5.814 (ver Tabla #2), que se utilizan en las cerchas baroladas, esto genera un gasto representativo dentro de la producción; de la misma manera al enviar a otro lugar a realizar el barolado genera pérdida de tiempo, ya que 380 cerchas

baroladas se demoran 2 semanas. Con la implementación de la máquina semiautomática se pretende generar menos gastos y acortar el tiempo de producción de las cerchas baroladas.

Conceptualización de la información.

Mediante este lineamiento, se organiza la información obtenida para tener un mejor orden de trabajo, tomando en cuenta las necesidades y requerimientos de la empresa, para según eso diseñar la máquina bajo criterios técnicos tanto mecánicos y eléctricos, para finalmente construir la misma y así poder hacer un estudio del proceso.

Diseño y planteamiento de la propuesta del proyecto.

Se realiza el diseño en un software CAD, considerando las necesidades de la empresa, esto conlleva el tipo de material para la máquina, el material que se desea barolar, la cantidad de cerchas a barolar, el tamaño de las cerchas, la facilidad de dar mantenimiento a la máquina, los elementos que sean asequibles dentro de la región; en cuanto a la parte eléctrica y electrónica se diseña el control hidráulico, el mismo que debe ser semiautomático teniendo en cuenta las protecciones necesarias para esta parte. Las ventajas del diseño en software permiten que el proceso sea flexible a cambios inmediatos antes de la implementación, ya que al hacer simulaciones dentro del software se analiza el comportamiento de la máquina dentro del proceso.

Implementación de la propuesta del proyecto.

En la Tabla #3, se indica el cronograma de actividades que ayuda a la implementación de la propuesta, esto ayuda a tener un orden claro y conciso de cómo se va a desarrollar la máquina baroladora semiautomática dentro de un periodo de 6 meses.

Tabla #3: Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	MESES					
	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Recolectar la información necesaria para el diseño de la máquina.	■					
Analizar los distintos antecedentes en cuanto a las máquinas dobladoras y baroladoras.		■				
Estudiar los diferentes sistemas y dispositivos existentes para el control de las máquinas.		■				
Diseñar la máquina baroladora semiautomática, mediante un software CAD.			■			
Simular el comportamiento de la máquina.			■			
Seleccionar los dispositivos adecuados dentro del diseño.			■	■		
Construir la máquina baroladora semiautomática, según el diseño aprobado.				■	■	
Realizar ensayos de funcionamiento de la máquina.					■	■
Estudiar los datos obtenidos, para comparar la producción.					■	■

Autor: López, 2019.

Pruebas de Funcionamiento.

Una vez realizada la implementación del proyecto y la simulación en el software CAD, se empiezan a desarrollar las pruebas de funcionamiento, tanto en el software como en la máquina, con la finalidad de realizar las comparaciones de margen de error, y poder alcanzar los objetivos planteados en esta propuesta metodológica.

Análisis de Resultados de Producción.

Considerando la situación actual de la empresa METAL PLAST descrita en el Capítulo 2 en cuanto a costo y tiempo de producción de invernaderos con la contratación del servicio de barolado para las cerchas (ver Tabla #2), se realiza un análisis de resultados con la implementación de la máquina baroladora hidráulica semi automática, en donde se observa el mejoramiento de la producción en costos, tiempo y calidad, teniendo un incremento de demanda y por ende de ganancias económicas, como se detalla a continuación: reducción de operarios 50%, de costo de producción a un 60%, tiempo de producción de 20%, e incremento de la demanda en un 35%.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA.

Se propone la construcción de una máquina baroladora hidráulica semiautomática para tubos y perfiles con capacidad de rolado de 3 pulgadas en diámetro y 3 milímetros en espesor para incrementar la productividad de la empresa METALPLAST en Lasso en la Provincia de Cotopaxi, la cual realiza doblados de alta calidad de tubos, perfiles de 3 pulgadas y 3 milímetros de espesor indispensables para la realización de estructuras de invernaderos.

El proceso propuesto evita, tiempos muertos, ya que mientras la máquina realiza el barolado, el operador es aprovechado en otra actividad, mejorando los recursos en la empresa. La máquina es una baroladora horizontal con tres rodillos ubicados en forma de triángulo, donde dos de ellos son fijos y el otro es móvil, el rodillo móvil es el que regula el ángulo de barolado del perfil o tubo a través de un cilindro hidráulico, los rodillos fijos se mueven en su propio eje mediante dos motores de 2 HP cada uno con reductores, todo esto nos lleva a reducir costos de producción, tiempos, y a incrementar la demanda de la misma. En la Imagen #10, se muestra el diseño de la máquina baroladora hidráulica. El material usado para la construcción de la estructura de la máquina es el acero AISI 1020, debido a sus características y propiedades que van de acuerdo a la necesidad de la máquina, como se puede observar en el Anexo 1.

La construcción de la estructura de la máquina y el ensamble de las diferentes piezas mecánicas están hechos mediante soldadura y pernos de sujeción. La soldadura para el acero AISI 1020 se realizó con el electrodo E 7018, ya que es un electrodo que me permite soldar a profundidad, con un buen acabado y sobre todo resistente, en el Anexo 2 se muestra el electrodo a utilizar para cada material y las

propiedades del Electrodo. Los pernos de sujeción se seleccionaron de acuerdo a los análisis y requerimientos de la máquina mediante el software de diseño SOLIDWORKS.

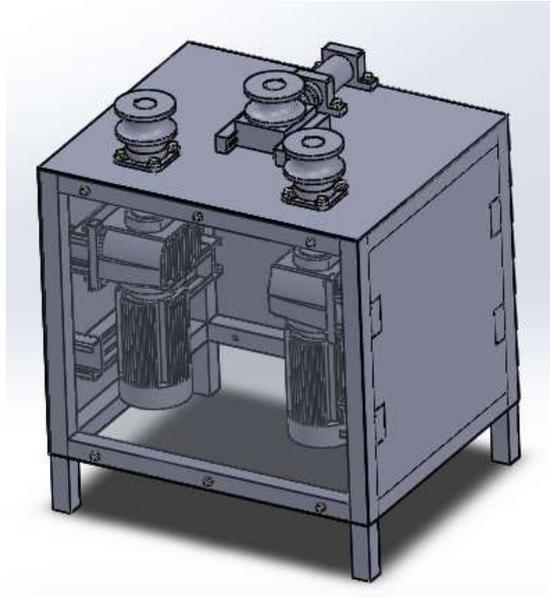


Imagen #10: Diseño de la máquina baroladora hidráulica.

Autor: López, 2019.

CASA DE LA CALIDAD

Peso y necesidades del cliente:

Tabla #4: Peso y necesidades del cliente

N°	Peso	Requerimientos del cliente
1	8,0	Fácil de operar
2	10,0	Bajo costo
3	9,0	Flexibilidad de barloar para diferentes dimensiones de tubo
4	7,0	Que sea seguro de maniobrar
5	10,0	Repuestos en el mercado
6	6,0	Robusta
7	5,0	Buena apariencia
8	10,0	Precisión en el curvado
9	9,0	La regulación semiautomática

Autor: López, 2019.

El peso es asignado en base a una encuesta realizada al dueño de la empresa donde indica la importancia de cada ítem mediante números siendo 10 la de mayor importancia y 1 sin importancia

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

Para cumplir los requerimientos del cliente se propone en la Tabla #5 los siguientes Ítems.

Tabla #5: Requerimientos técnicos del cliente

N°	Requerimientos técnicos
1	Electroválvulas
2	Bomba Hidráulica
3	Rulinas de acero
4	Sistemas de protección eléctrica
5	Moto reductores
6	Bastidor de la máquina
7	Pintura sintética
8	Pistón Hidráulico
9	Tablero de control eléctrico

Autor: López, 2019.

Comparación con otras empresas:

En el Gráfico #3, se muestra un diagrama comparativo de nuestra maquina con respecto a dos marcas diferentes, los resultados son satisfactorios pues cumple más requerimientos que la competencia. Siendo 5 el valor que cumple y 2 parcialmente, 0 no cumple.

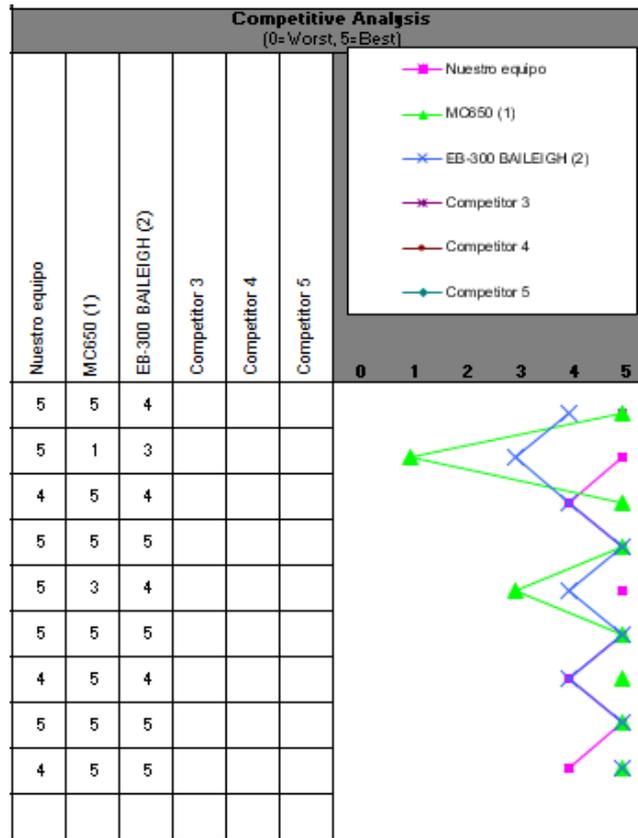


Gráfico #3: Diagrama de comparación de máquina.

Autor: López, 2019.

Desarrollo del QFD

A continuación, se procede a realizar la valoración de relación de las necesidades del cliente con los requerimientos técnico, se valora relación fuerte, mediana relación y poca relación.

Después se procede a realizar la correlación de los requerimientos técnicos con cada uno de sus ítems (Anexo 10), la escala de valoración es la siguiente: fuerte correlación positiva, correlación positiva, correlación negativa, fuerte correlación negativa como se muestra en el Gráfico #4 y Gráfico #5.

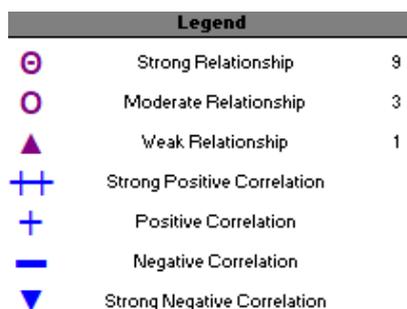


Gráfico #4: Escala de valoración.

Tabla # 6: Peso relativo final

N°	Requerimientos técnicos	Ponderación
1	Electroválvulas	14.5
2	Bomba Hidráulica	10.3
3	Rulinas de acero	11
4	Sistemas de protección eléctrica	5.8
5	Moto reductores	15.1
6	Bastidor de la máquina	7.1
7	Pintura sintética	3.9
8	Pistón Hidráulico	19
9	Tablero de control eléctrico	13.4

Autor: López, 2019.

Como se puede observar en la Tabla #6 los ítems con mayor peso ponderado son: Pistón Hidráulico, Moto reductores, Electroválvulas, Tablero de control eléctrico y Rulinas de acero. Estos 4 ítems se deben tomar en cuenta para el momento del diseño del equipo, las cuales deben ser resistentes y precisas, de esta manera satisfacer las necesidades demandadas por el cliente.

Para el presente diseño debido a las condiciones de la empresa, se diseña la máquina de rodillos horizontales. En el apartado de la selección del pistón hidráulico que se describe en las páginas siguientes, se realiza el cálculo de la fuerza ejercida por el rodillo, así como los perfiles.

Simulación de los componentes para la estructura de la maquina

Los componentes mecánicos usados para estructuras o soportes de algún tipo de carga como vigas, barras simples, etc., se pueden analizar con facilidad por medio

de métodos básicos de la mecánica que proporcionan soluciones aproximadas. Sin embargo, los componentes reales como rodillos, rodamientos, chumaceras, rara vez son sencillos, y el diseñador se ve forzado a realizar aproximaciones menos eficaces mediante soluciones cercanas, experimentación o métodos numéricos. Existe un gran número de técnicas de análisis estructuras y mecanismos que se emplea en aplicaciones de ingeniería para las cuales la tecnología juega un papel fundamental, ya que existe un sin número de softwares de CAD que nos facilitan realizarlo, tales como SOLIDWORKS, INVENTOR, ANSYS, entre otros.

Existe una gran cantidad de aplicaciones del FEA tales como análisis estático y dinámico, lineal y no lineal, de esfuerzo y de deflexión; vibraciones libres y forzadas; transferencia de calor (que se puede combinar con el análisis de esfuerzo y de deflexión para proporcionar esfuerzos y deflexiones térmicamente inducidos); inestabilidad elástica (pandeo) (BUDYNAS, et al., 2012).

Para el presente estudio se utiliza el software SOLIDWORKS 2018, para la simulación de esfuerzos y pandeo.

Simulación de la matriz principal circular.

La Imagen #11, representa la matriz principal circular que es la que le da el redondeo a los perfiles o tubos que ingresen en la baroladora, esta matriz tiene un movimiento lineal que es activado por un pistón hidráulico, el material con el que se realiza la matriz es un acero AISI 1020 (ver Anexo 1), el cual se realiza el estudio y cumple con las características para la máquina. En el Anexo 15 se observa los planos de este elemento.

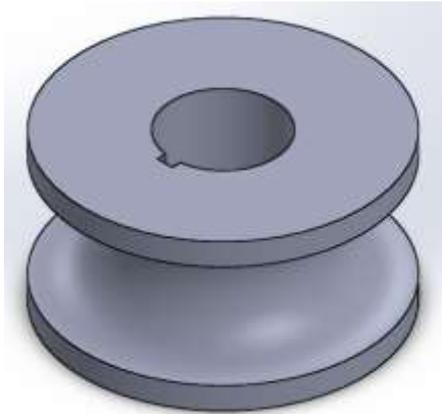


Imagen #11: Matriz principal circular.

Autor: López, 2019.

Para el diseño del elemento de la matriz principal circular, se utiliza el software SOLIDWORKS 2018, para lo cual se emplea una presión de 1000 psi y se realiza varios análisis entre ellos el de Von Mises el cual ayuda a verificar los fallos elásticos en el elemento. La Imagen #12, indica el análisis mencionado, dando como resultado que la matriz va a sufrir una deformación elástica máxima de 8379.008 psi, evidenciando que el diseño es óptimo ya que el límite elástico superior es de 36259.454 psi.

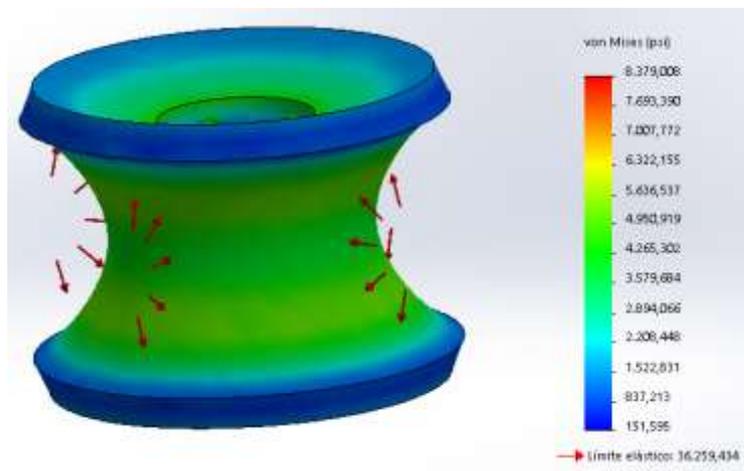


Imagen #12: Análisis de Von Mises de la matriz principal circular.

Autor: López, 2019.

Otro aspecto que se analiza en el diseño es el desplazamiento en el elemento, producido por la presión que se emplea en la matriz, en la Imagen #13 se observa que existe un desplazamiento máximo de 0.01 mm, que se encuentra en las partes

externas de la matriz, esto demuestra que el diseño es óptimo ya que el desplazamiento es mínimo para la aplicación.

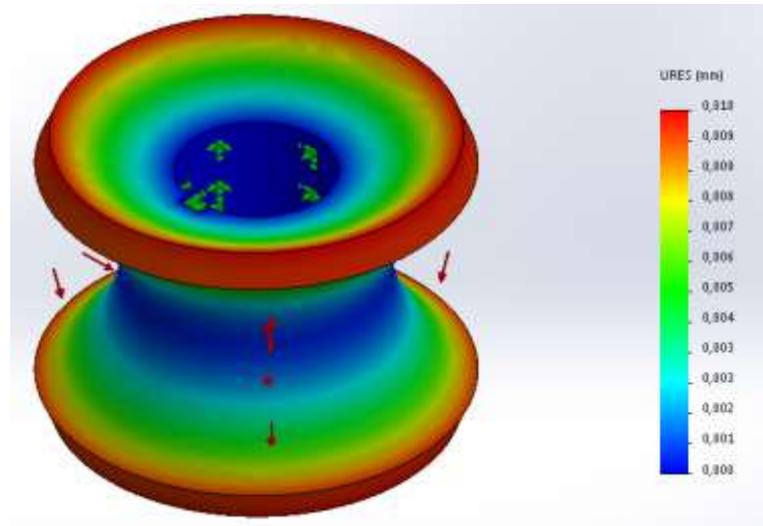


Imagen #13: Análisis de desplazamiento de la matriz principal circular.

Autor: López, 2019.

En la Imagen #14, se analiza el FDS (factor de seguridad), dando como resultado un FDS = 6, el cual es aceptable dentro de los límites de diseño para elementos de este tipo expuesto en la Tabla #7.

Tabla #7: Factor de seguridad.

FACTOR DE SEGURIDAD	CIRCUNSTANCIAS
5	Concentración de esfuerzos pequeños o inexistentes, no se pone en peligro la vida humana, las reparaciones molestosas, pero no son costosas
4	Concentración de pequeños esfuerzos, la vida humana no está puesta en peligro, pero las reparaciones son costosas.
1.5 - 3	La vida humana puede ser puesta en peligro y las reparaciones son costosas.

Fuente: Orthwein, 1996.

Autor: López, 2019.

Se aclara que los análisis realizados están hechos para una presión de 1000 psi.

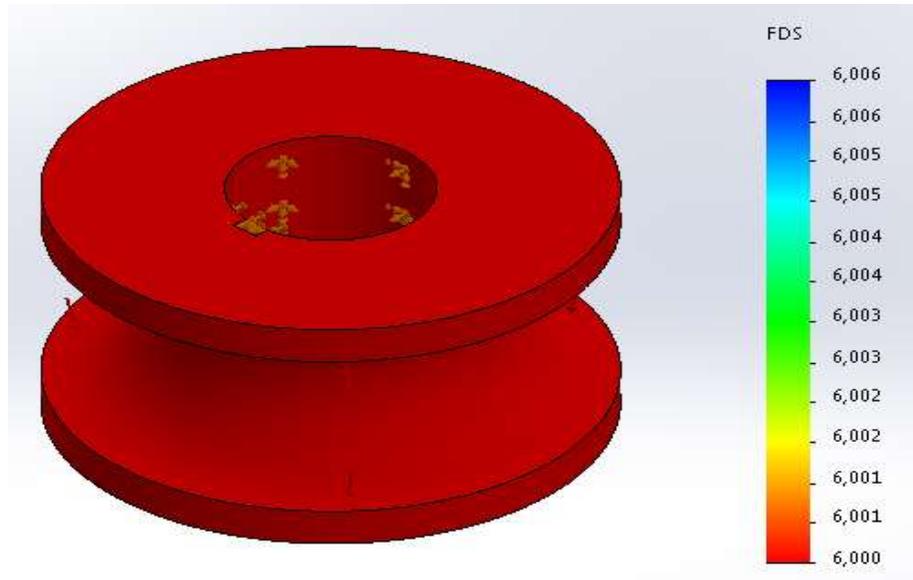


Imagen #14: Análisis del FDS de la matriz principal circular.

Autor: López, 2019.

Simulación de la matriz secundaria circular.

La Imagen #15, representa la matriz secundaria circular que es la que guía a los perfiles o tubos que ingresen en la baroladora, esta matriz tiene un movimiento circular que es activado por un motor bifásico y con un reductor, el material con el que se realiza la matriz es un acero AISI 1020, el cual se realiza el estudio y cumple con las características para la máquina. En el Anexo 16 se observa los planos de este elemento.

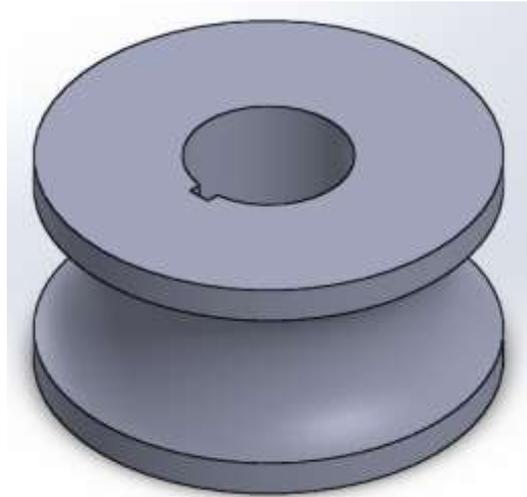


Imagen #15: Matriz secundaria circular.

Autor: López, 2019.

Para el diseño del elemento de la matriz secundaria circular, se aplica una presión de 1000 psi los cuales vienen dados por los perfiles; se realiza el análisis de Von Mises el cual ayuda a verificar los fallos elásticos en el elemento. La Imagen #16, indica el análisis mencionado, dando como resultado que la matriz va a sufrir una deformación elástica máxima de 3929.403 psi, evidenciando que el diseño es óptimo ya que el límite elástico superior es de 36259.434 psi. Estos valores varían de la matriz principal circular ya que las medidas cambian.

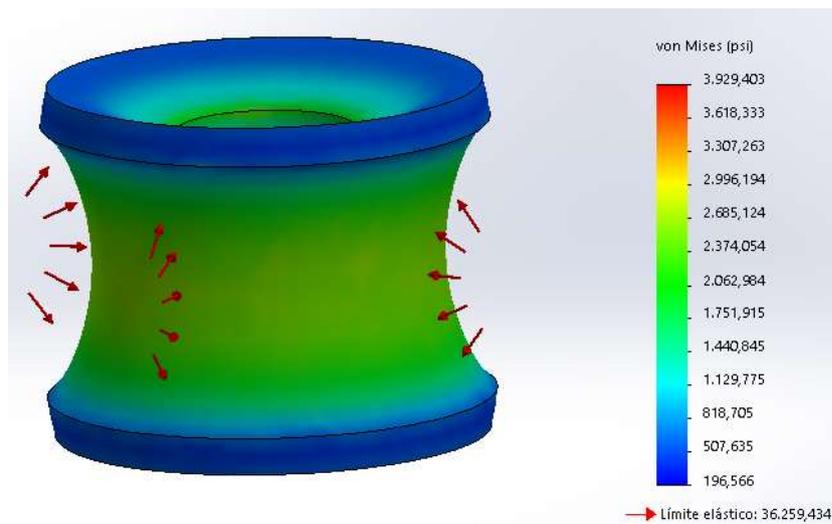


Imagen #16: Análisis de Von Mises de la matriz secundaria circular.

Autor: López, 2019.

Otro aspecto que se analiza es el desplazamiento en el elemento, producido por la presión que se emplea en la matriz, en la Imagen #17, se observa que existe un desplazamiento máximo de 0.003 mm, que se encuentra en las partes externas de la matriz, esto demuestra que el diseño es óptimo ya que el desplazamiento es mínimo para la aplicación.

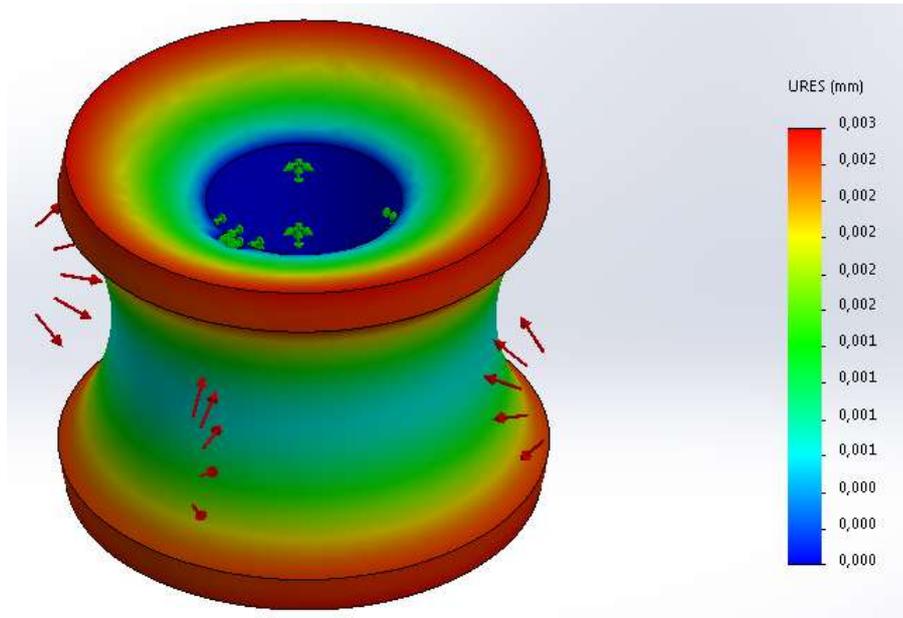


Imagen #27: Análisis de desplazamiento de la matriz secundaria circular.

Autor: López, 2019.

En la Imagen #28, se analiza el FDS dando como resultado un $FDS = 19$, este resultado es superior al esperado ya que puede que esté sobredimensionado el elemento, pero es lo que se busca ya que esta matriz se desgasta por la función que está realizando.

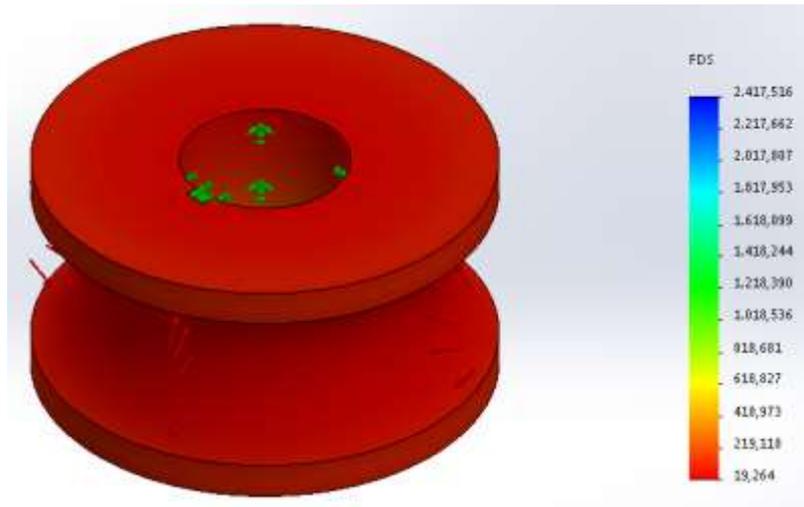


Imagen #18: Análisis del FDS de la matriz secundaria circular.

Autor: López, 2019.

Simulación de la base principal.

La Imagen #19, indica la base principal que es accionada por el pistón hidráulico con un movimiento lineal, es la encargada de desplazar la matriz principal circular para poder dar el doblado a los perfiles. Dicho elemento está realizado en acero ASTM A36 el cual es suficiente para la baroladora, esto se sustenta con los análisis.

La matriz está acoplada al pistón mediante un matrimonio y consta de dos guías las cuales permiten el movimiento lineal, los planos se indican en el Anexo 17.

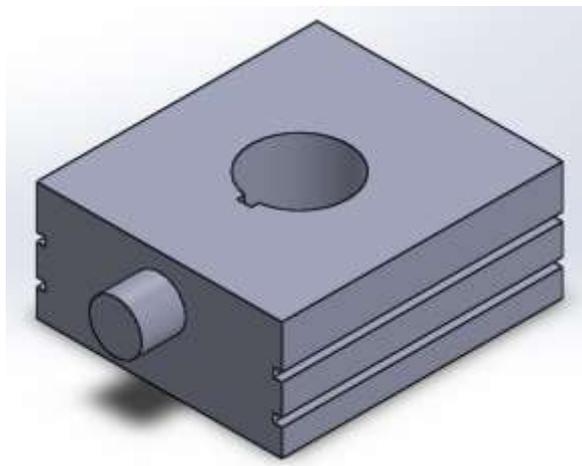


Imagen #19: Base principal.

Autor: López, 2019.

La Imagen #20, muestra el análisis de Von Mises realizado en la base principal, para lo cual se aplica una presión de 1000 psi, teniendo como resultado una deformación elástica máxima de 6189.166 psi, se puede evidenciar que dicho valor es mínimo en el elemento llegando al punto de que no se evidencia. La deformación elástica que es más evidente es la de color amarillo con un valor de 36259.434 psi, ya que en ese punto es donde se encuentra el matrimonio que sujeta al pistón.

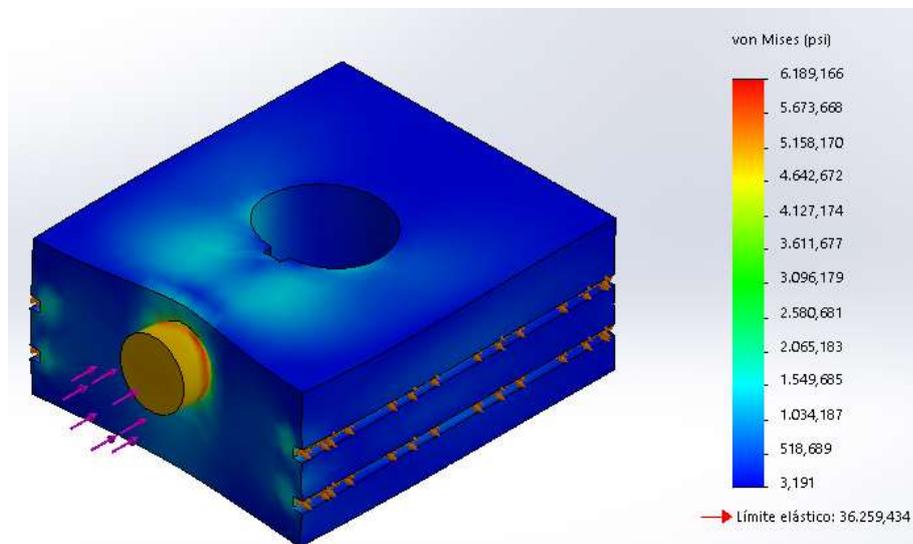


Imagen #20: Análisis de Von Mises de la base principal.

Autor: López, 2019.

En la Imagen #21, se evidencia el desplazamiento que va a sufrir la base principal que es de 0.01 mm, que es causado por la fuerza del empuje del pistón. Es un desplazamiento mínimo que no afecta al funcionamiento de la baroladora.

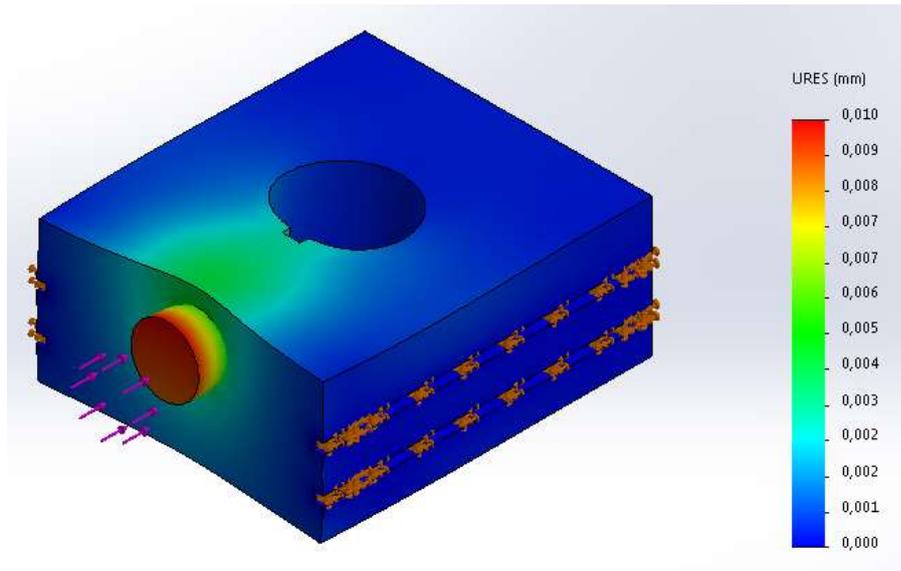


Imagen #21: Análisis de desplazamiento de la base principal.

Autor: López, 2019.

La Imagen #22, indica el análisis del FDS dando como resultado un $FDS = 8$, cuyo resultado muestra un diseño del base principal adecuado para la acción que realiza.

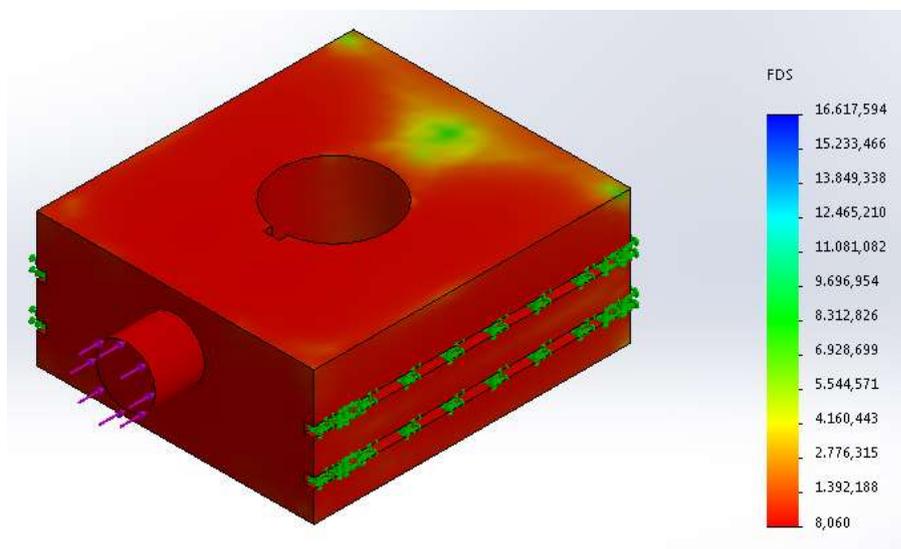


Imagen #22: Análisis del FDS de la base principal.

Autor: López, 2019.

Simulación del eje principal.

Para sujetar la base principal con la matriz principal circular, se diseña un eje con acero AISI 1020 (ver Imagen #23), este eje debe soportar la presión ejercida por los perfiles, por ello se hace el análisis con una presión de 1000 psi. Los planos se indican en el Anexo 18.



Imagen #23: Eje principal.

Autor: López, 2019.

Para realizar el análisis de Von Mises en el eje principal (ver Imagen #24), se divide en dos partes al eje, las flechas de color tomate representan la sujeción del eje ya que esta parte va ubicada en la base principal (ver Imagen #21); mientras que las flechas de color rojo es la presión ejercida por los perfiles, lo cual indica que va en la matriz principal circular (ver Imagen #11). Se evidencia una deformación elástica máxima de 6342.606 psi, estando dentro del límite permitido.

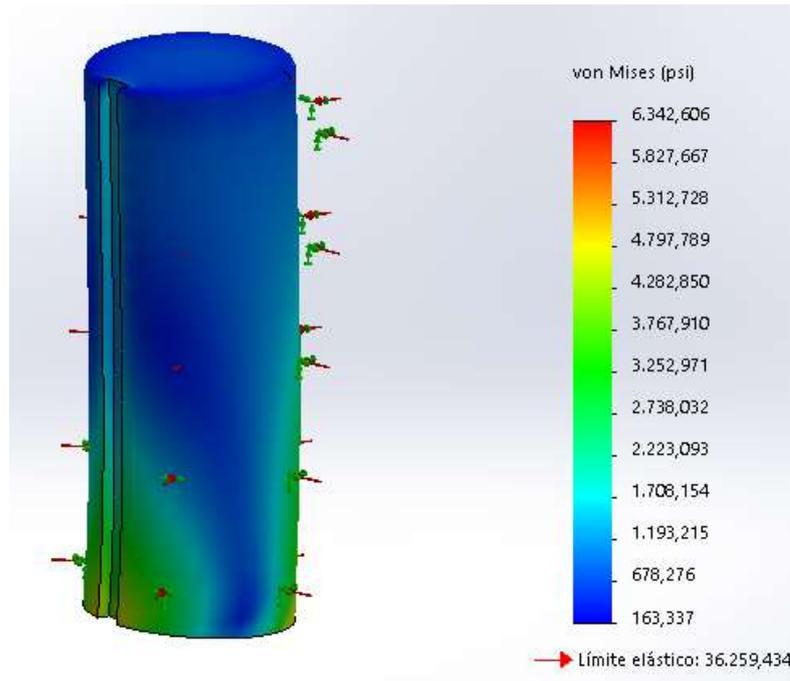


Imagen #24: Análisis de Von Mises del eje principal.

Autor: López, 2019.

El desplazamiento del eje principal al aplicar una presión de 1000 psi es de 0.006 mm (ver Imagen #25), cuyo valor no afecta al eje principal ya que es un desplazamiento mínimo.

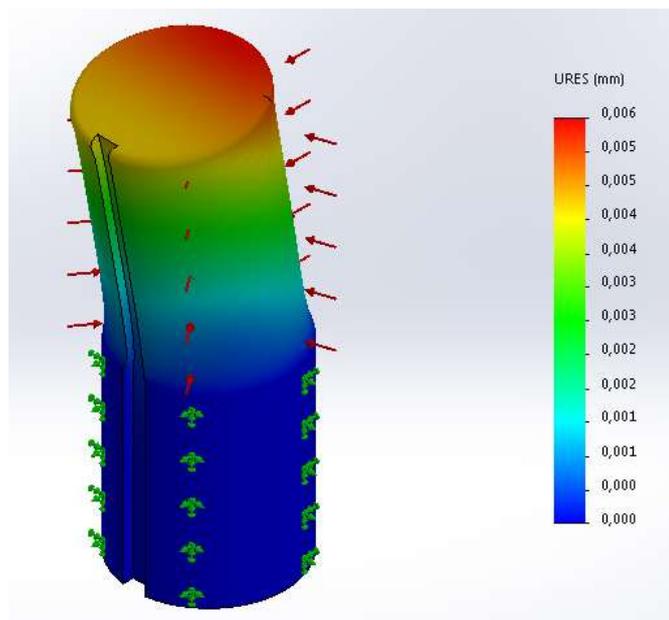


Imagen #25: Análisis de desplazamiento del eje principal.

Autor: López, 2019.

En la Imagen #26, se evidencia el análisis del FDS del eje principal, dando como resultado un FDS = 14, esto indica que el eje está diseñado correctamente para la presión que va a soportar.

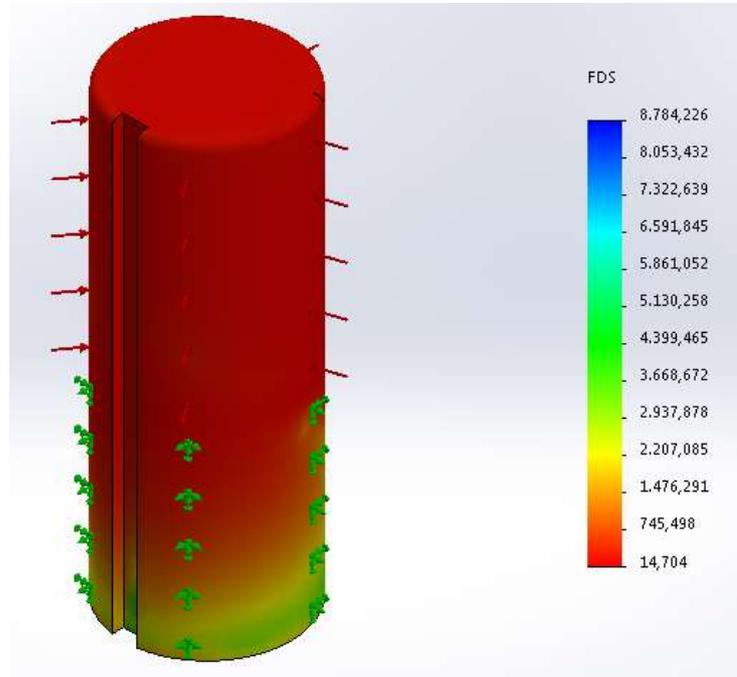


Imagen #26: Análisis del FDS del eje principal.

Autor: López, 2019.

Simulación del eje secundario.

Para sujetar la matriz secundaria circular con los rodamientos que están en las chumaceras, se diseña un eje con acero AISI 1020 (ver Imagen #27), este eje debe soportar la presión ejercida por los perfiles, por ello se hace el análisis con una presión de 1000 psi. Este eje tiene un movimiento circular el cual es Autor el motor bifásico, cabe recalcar que existen dos ejes secundarios cada uno con un motor independiente. Los planos se indican en el Anexo 19.

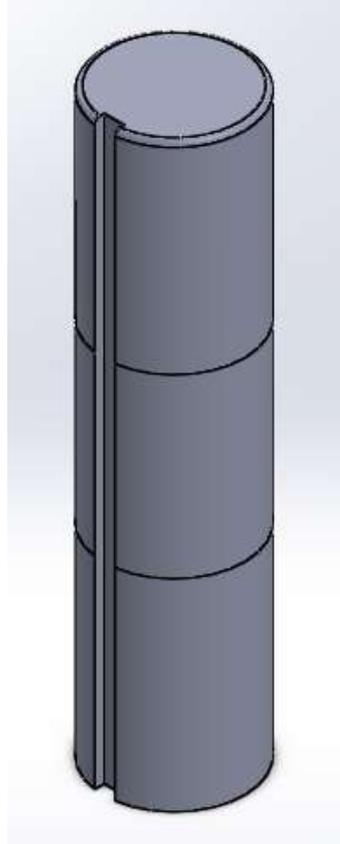


Imagen #27: Eje secundario.

Autor: López, 2019.

Para realizar el análisis de Von Mises en el eje secundario (ver Imagen #28), se divide en tres partes al eje, las flechas de color verde representan la sujeción del eje ya que esta parte va ubicada en los rodamientos de la chumacera y del bocín (ver Imagen #47); mientras que las flechas de color rojo es la presión ejercida por los perfiles, lo cual indica que va en la matriz secundaria circular (ver Imagen #15). Se evidencia una deformación elástica máxima de 13723,648 psi, estando dentro del límite permitido.

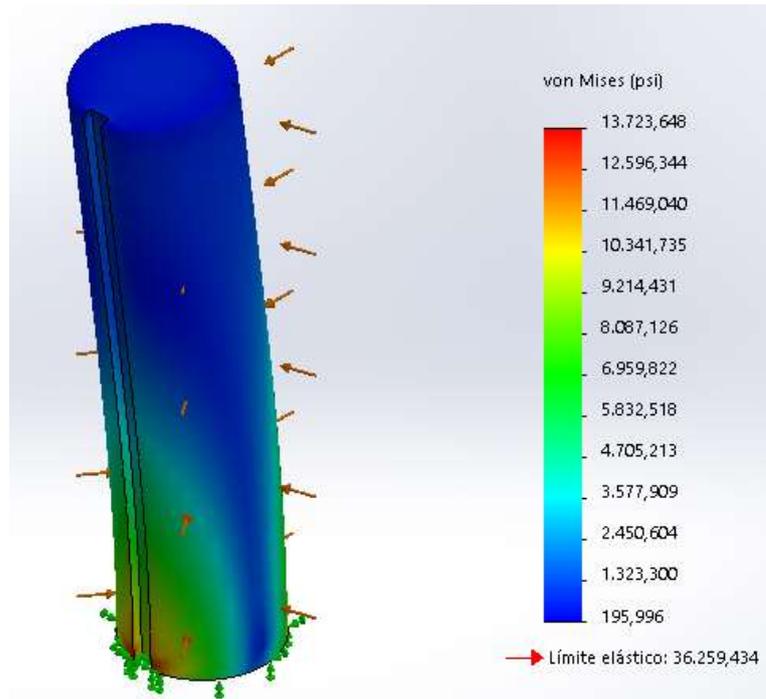


Imagen #28: Análisis de Von Mises del eje secundario.

Autor: López, 2019.

El desplazamiento del eje secundario al aplicar una presión de 1000 psi es de 0.006 mm (ver Imagen #29), cuyo valor no afecta al eje secundario ya que es un desplazamiento mínimo.

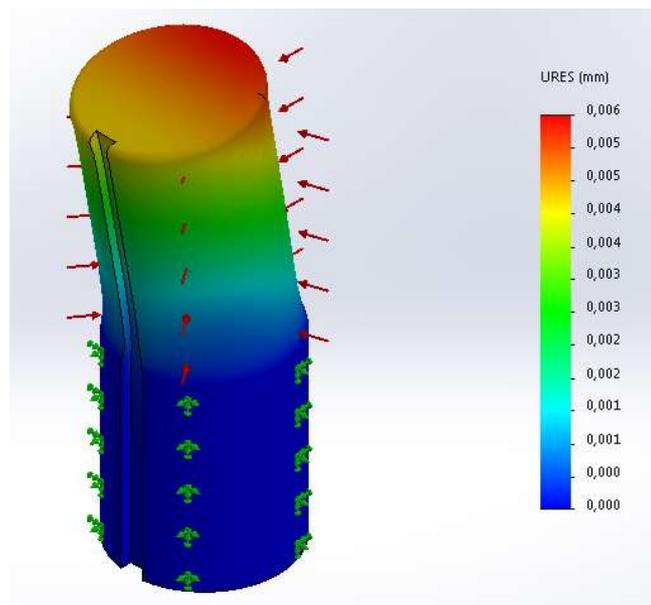


Imagen #29: Análisis de desplazamiento del eje secundario.

Autor: López, 2019.

En la Imagen #30, se evidencia el análisis del FDS del eje principal, dando como resultado un FDS = 15, esto indica que el eje está diseñado correctamente para la presión que va a soportar.

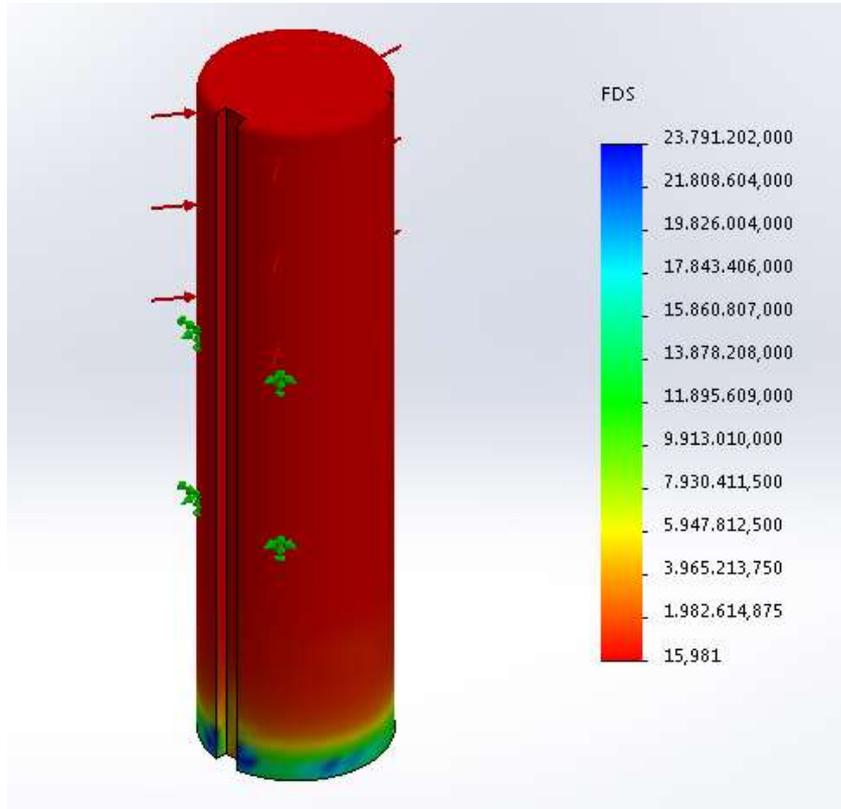


Imagen #30: Análisis del FDS del eje secundario.

Autor: López, 2019.

Simulación de la mesa de la baroladora.

Para el diseño de la mesa (ver Imagen #31) que es el cuerpo de la baroladora, se realiza con aplanchas de acero y perfiles AISI 1020 que van a sostener los motores bifásicos con sus respectivos reductores de velocidad. Para la mesa no se realiza un diseño estático ya que no existe una gran cantidad de fuerza o presión que vaya a soportar. Se diseña de una manera donde estén distribuidos los elementos que permiten el doblar de los perfiles. Los planos de la mesa se indican en el Anexo 20.

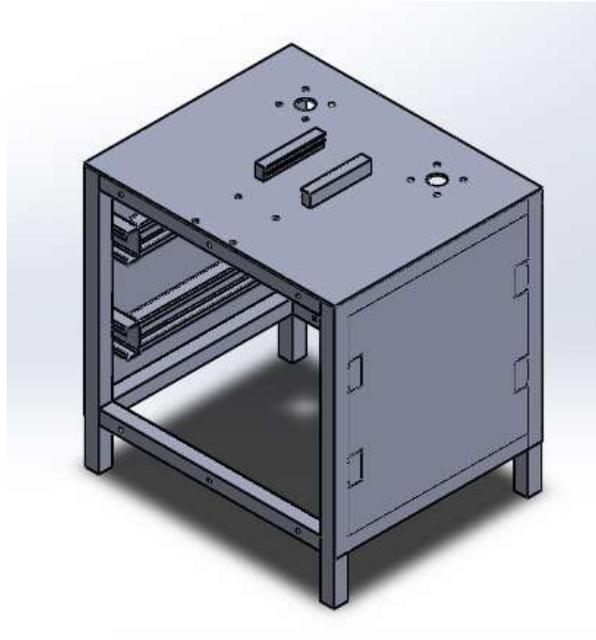


Imagen #31: Mesa.

Autor: López, 2019.

Para realizar el análisis de Von Mises en la mesa (ver Imagen #32), se aplica una fuerza de 24.304,52 N y se divide en tres partes a la mesa, las flechas de color verde representan la sujeción de la mesa ya que esta parte va ubicada en el suelo (ver Imagen #32); mientras que las flechas de color rojo es la presión ejercida por todo el mecanismo, lo cual indica que va. Se evidencia una deformación elástica máxima de 1493.527 psi, estando dentro del límite permitido.

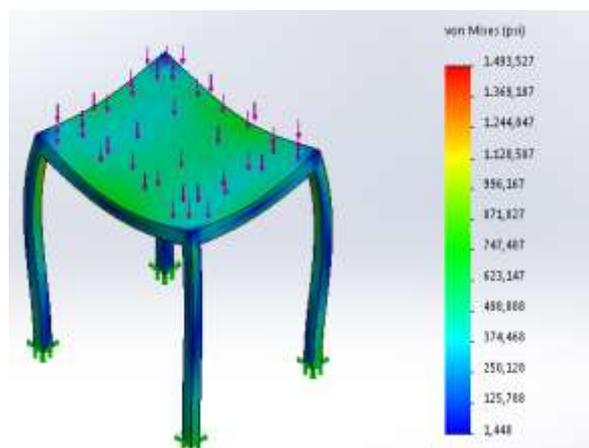


Imagen #32: Análisis de Von Mises de la Mesa.

Autor: López, 2019

El desplazamiento de la mesa al aplicar una presión de 2000 psi y una fuerza de 24.304,52 N, es de 0.083 mm (ver Imagen #33), cuyo valor no afecta a la mesa, ya que es un desplazamiento mínimo

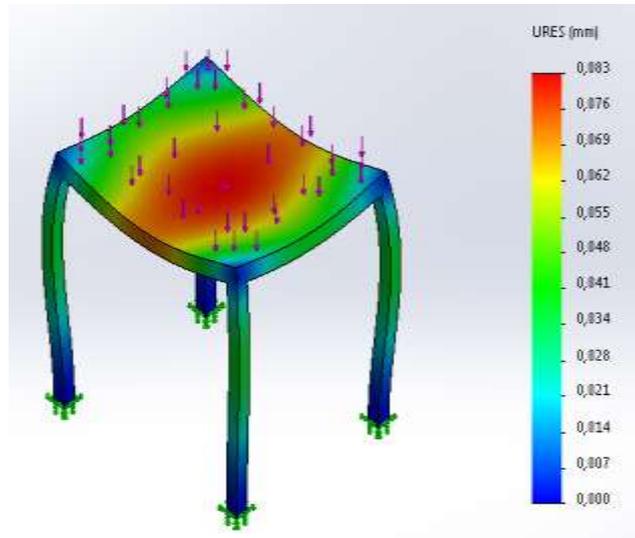


Imagen #33: Análisis de desplazamiento de la Mesa.

Autor: López, 2019

En la Imagen #34, se evidencia el análisis del FDS de la mesa, dando como resultado un FDS = 10, esto indica que la mesa está diseñado correctamente para la presión que va a soportar

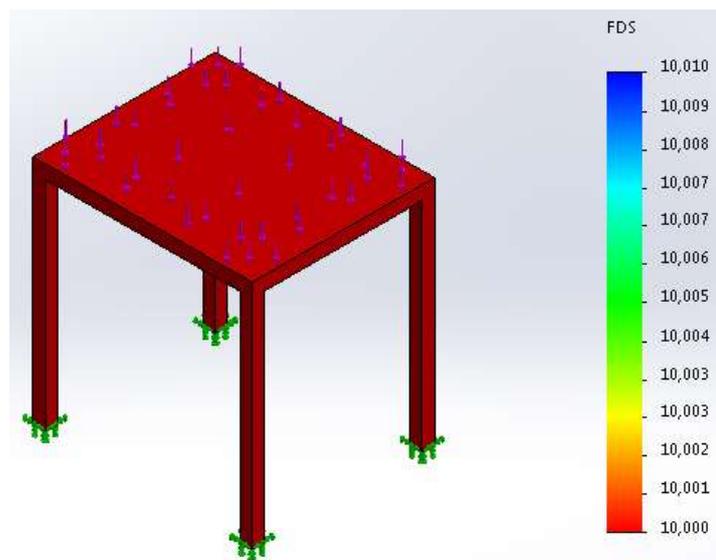


Imagen #34: Análisis del FDS de la Mesa.

Autor: López, 2019

Diseño del pistón hidráulico.

Pistón.

Algunos de los tipos más comunes de cilindros hidráulicos se indican en la Imagen #36. Los estilos a y b son los más populares, ambos muestran dos puertos, uno en el extremo de la cabeza y otro en el extremo de la tapa, la distancia entre cilindros de acción sencilla y de acción doble se refiere a si la presión del fluido es liberada bajo control extremo en ambos extremos o solamente en uno. El pistón y la barra o vástago en el cilindro de acción sencilla se pueden extender forzando el fluido dentro del puerto en el extremo de la tapa. Se permite que se drene desde ese puerto medida que la barra es retraída por una fuerza externa. El puerto en el extremo de la cabeza se puede utilizar para admitir aire o fluido cuando la barra se retrae. Como es sabido, los cilindros de acción sencilla también pueden ser retraídos en forma hidráulica y extendida mecánicamente (ORTHWEIN, 1997). Los cilindros de doble acción, como se representan en la Imagen #36 (a), tienen puertos en cada extremo del cilindro, de modo que el pistón y la barra se pueden mover hidráulicamente en cualquier dirección (ORTHWEIN, 1997; SHIGLEY, et al., 2004).

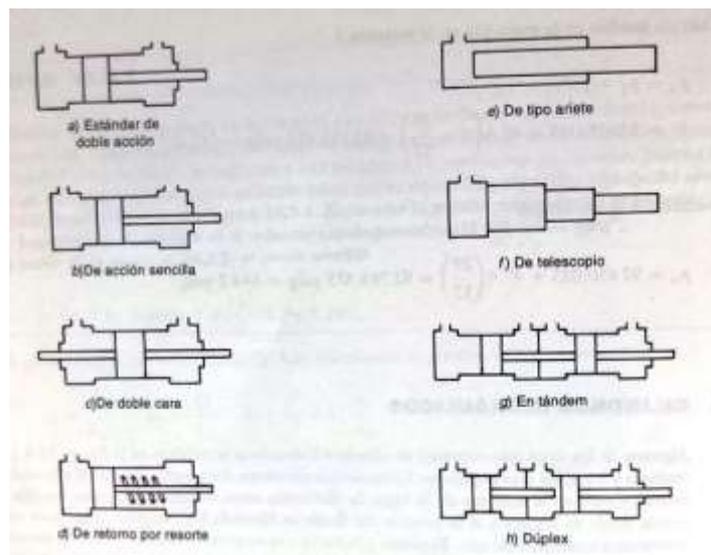


Imagen #35: Ocho tipos de cilindros hidráulicos.

Fuente: Orthwein, 1997.

Para el diseño se utiliza un cilindro hidráulico de simple efecto, se obtiene la fuerza que debe ejercer el eje C para que el tubo de mayor espesor y diámetro se desplace hacia abajo y el de diámetro deseado, como se observa en la Imagen #36.

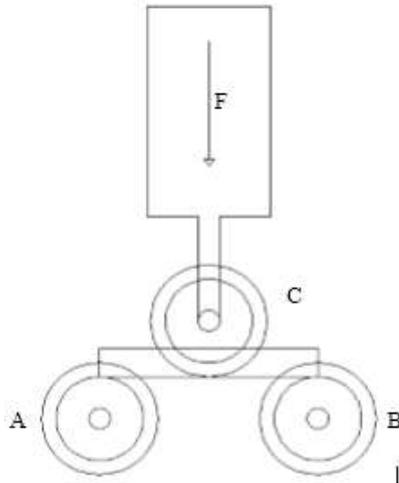


Imagen #36: Fuerza ejercida por el eje C.

Autor: López, 2019.

Se realiza el diagrama de cuerpo libre (ver Imagen #37).

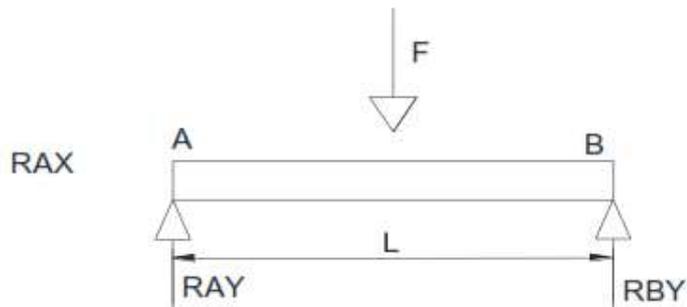


Imagen #38: Diagrama de cuerpo libre.

Autor: López, 2018.

Cálculo de las fuerzas de curvado:

$$\sum F_y = 0 \quad R_{Ay} - F + R_{By} = 0 \quad \text{Ec.1}$$

$$\sum M_A = 0 \quad -F * \frac{L}{2} + R_{By} * L = 0 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

$F = \text{Fuerza de curvado [N]}$

$M = \text{Momento [N*m]}$

$L = \text{Distancia entre apoyos [m]}$

$R_{Ay} = \text{Reacciones de apoyo [N]}$

Despejando y reemplazando obtenemos lo siguiente:

$$R_{Ay} = \frac{F}{2} \quad \text{Ec. 3}$$

Con esta reacción de apoyo se puede obtener el momento máximo en el punto central de la viga, en donde se aplica la fuerza máxima de curvado (ver Imagen #39).

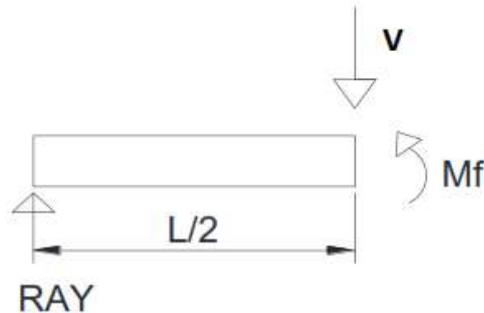


Imagen #39: Diagrama de cuerpo libre.

Autor: López, 2019.

Donde:

$V = \text{Fuerza cortante [N]}$

$Mf = \text{Momento flector [Nm]}$

$$Mf = R_{Ay} * \frac{L}{2} = \frac{F}{2} * \frac{L}{2} = \frac{FL}{4} \quad \text{Ec. 4}$$

$$Mf = \frac{\vartheta_{max} l}{c} \quad \text{Ec. 5}$$

Con la ecuación del esfuerzo normal por flexión (Ec. 3) y la ecuación del momento flector (Ec. 4) se obtiene la fuerza real del curvado.

$$F = \frac{\sigma_{max} I^4}{c * L} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

$F = \text{Fuerza de Curvatura [N]}$

$\sigma_{max} = \text{Esfuerzo normal de flexión [Pa]}$

$L = \text{Distancia entre apoyos [m]}$

$I = \text{Inercia [m}^4\text{]}$

$C = \text{Centroide [m]}$

Para obtener el esfuerzo normal de flexión se debe conocer el tipo de material que se va a barolar determinada en la Tabla #del Anexo 1 que se presenta a continuación:

Se toma el valor del acero estructural A500, ya que este es el material de los perfiles que se va a barolar, así también se seleccionará el valor de “otra forma grado B” debidos a las diferentes formas que se va a realizar, el que existe en el mercado es de 317 MPa.

Con este análisis realizado y con la Ec. 5, se calcula el valor de las fuerzas de curvatura de los siguientes perfiles, la inercia se tomará del ANEXO 3, 4, 5:

- **Perfil Cuadrado.**

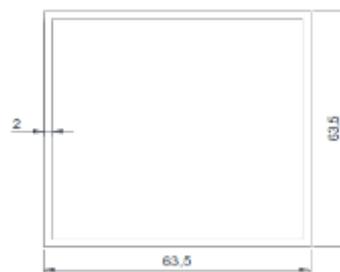


Imagen #40: Perfil cuadrado.

Autor: López, 2019.

$$F = \frac{\vartheta_{max} I * 4}{c * L} \quad Ec. 7$$

Datos:

$$O_{max} = 317 \text{ MPa}$$

$$L = 0,35 \text{ m}$$

$$C = h/2 = 0,0635/2 = 0,03175 \text{ m}$$

$$I = 2.126 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Reemplazando en la formula los datos obtenemos lo siguiente:

$$F = \frac{317 \times 10^6 * 2.126 \times 10^{-7} * 4}{0.03175 * 0.35}$$

$$F = 24304.52 \text{ N}$$

- **Perfil Rectangular.**



Imagen #41: Perfil rectangular.

Autor: López, 2019.

$$F = \frac{\vartheta_{max} I * 4}{c * L} \quad Ec. 8$$

Datos:

$$\sigma_{max} = 317 \text{ MPa}$$

$$L = 0,35 \text{ m}$$

$$C = h/2 = 0,07/2 = 0,035 \text{ m}$$

$$I = 2.2 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Reemplazando en la formula los datos obtenemos lo siguiente:

$$F = \frac{317 \times 10^6 * 2.2 \times 10^{-7} * 4}{0.035 * 0.35}$$

$$F = 22047.6 \text{ N}$$

- **Tubo Redondo.**

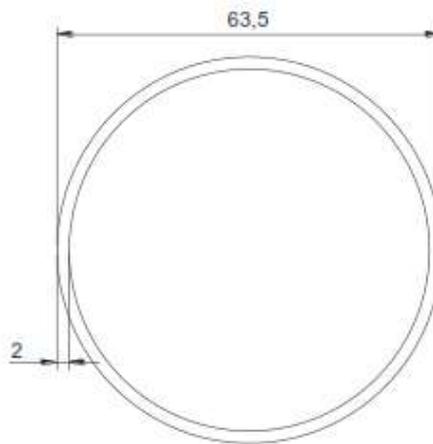


Imagen #42: Tubo redondo.

Autor: López, 2019.

$$F = \frac{\sigma_{max} I * 4}{c * L} \text{ Ec. 9}$$

Datos:

$$\sigma_{max} = 317 \text{ MPa}$$

$$L = 0,35 \text{ m}$$

$$C = De/2 = 0,0635/2 = 0,03175 \text{ m}$$

$$I = 1.82 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Reemplazando en la formula los datos obtenemos lo siguiente:

$$F = \frac{317 \times 10^6 * 1.82 \times 10^{-7} * 4}{0.03175 * 0.35}$$

$$F = 20767.2 N$$

Por lo tanto, la fuerza mayor que se obtiene es la del perfil cuadrado 24.304,52 N, es decir la fuerza con la cual se trabaja es 25.000 N, convertida en toneladas se tiene 2,47 T, sabiendo esta fuerza se selecciona el factor de seguridad del pistón con criterio de la Tabla #4, que se encuentra en la parte arriba, el factor de seguridad que se elegirá es de 2, esto multiplicado por la fuerza de 2,47 T, se tiene un valor de 4,9 T, es decir aproximadamente 5 T, transformado a libras será 11.023,1 lb. Con el valor de la fuerza en libras y la presión la cual va a ser de 2.000 psi, se calcula el diámetro del pistón.

$$A = \frac{F}{P} \quad Ec. 10$$

$$\pi * r^2 = \frac{F}{P} \quad Ec. 11$$

$$r = \sqrt{\frac{11023.1}{2000 * \pi}} = 1.32 \text{ in}$$

$$D = r * 2 = 1.32 * 2 = 2.64 \text{ in} = 67.2 \text{ mm}$$

En el Anexo 6, se selecciona un pistón de diámetro de 67 mm, pero como no hay, se selecciona el que más se aproxime que en este caso será de 80 mm.

Con el diámetro de 80 mm seleccionado se calcula el radio en pulgadas, para luego calcular el volumen y así calcular el caudal, ya que el pistón necesita salir lentamente, debido a que el avance debe ser lento. Para el funcionamiento de la

máquina el pistón debe bajar 1mm en un segundo, esto permitirá controlar el diámetro del tubo que se va a barolar.

$$80 \text{ mm} = 3.14 \text{ in}$$

$$r = \frac{3.14}{2} = 1.57 \text{ in}$$

$$A = \pi * r^2 = \pi * 1.57 = 7.74 \text{ in}^2 = 49.93 \text{ cm}^2 \text{ Ec. 12}$$

$$V_o = A * recorrido = 49.93 * 40 = 1997.2 \text{ cm}^3 \text{ Ec. 13}$$

$$Q = velocidad * A = \frac{39.39 \text{ in}}{1000 \text{ s}} * 7.74 \text{ in}^2 \text{ Ec. 14}$$

$$Q = 0.079 \text{ gpm}$$

El cilindro necesita una bomba de 0,1gpm, en el mercado no existen bombas de caudal tan pequeño. Pero se puede seleccionar una cisterna a la cual está acoplada una bomba con un caudal mínimo de 1gpm, que además posee una presión de 2.000psi, con estos datos se procede a realizar los cálculos correspondientes.

Debido a que el caudal es mayor se selecciona el pistón estándar de 100mm de diámetro, con lo cual se obtiene la fuerza real del pistón.

Finalmente, recalculando todo con las ecuaciones anteriores, se obtiene que la fuerza real del pistón es de **11 T** (ver Imagen #43).

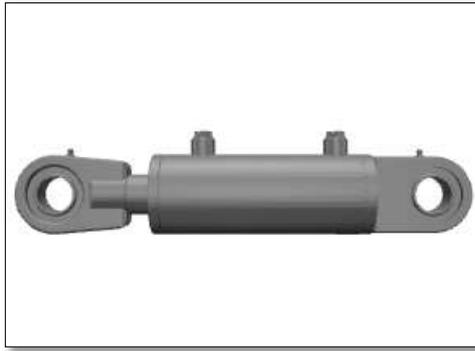


Imagen #43: Unidad de Potencia Hidráulica.

Fuente: CICROSA, 2015.

Unidad de potencia hidráulica.

La unidad de potencia hidráulica permite controlar al pistón por medio de una electroválvula, que actúa por medio de pulsos eléctricos, la cual permite que el aceite pase de la bomba hacia el pistón, esto hará que el pistón ejerza la fuerza de 11 toneladas calculadas anteriormente, con esta fuerza se puede barolar a cualquier tubo o perfil, la unidad hidráulica que se ha adquirido tiene las siguientes características (ver Imagen #44):

- Motor de 2hp a 220V.
- Bomba de pistones.
- 1 gpm con 2000 psi.
- Electroválvula doble efecto a 220V.
- Depósito de aceite de 2 galones.
- Regulador de presión.

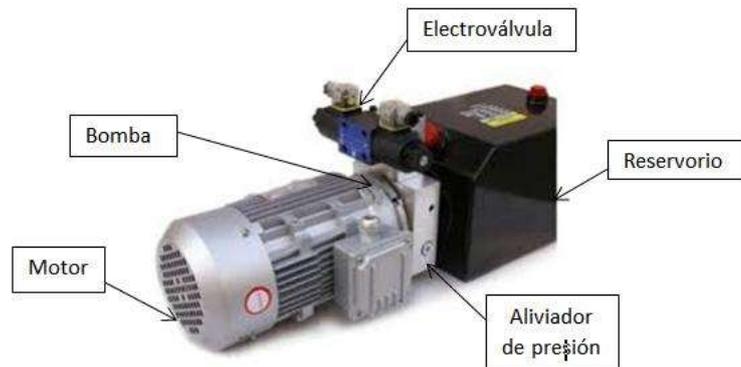


Imagen #44: Unidad de potencia hidráulica.

Autor: López, 2019.

Diseño eléctrico.

Motorreductor.

El motor que se va a utilizar para cada rodillo fijo es un motorreductor de 2HP, a una velocidad de 35 rpm, esto es debido a las necesidades del barolado. El torque se calcula a continuación con la fuerza determinada anteriormente de 11 T, equivalente a 12.125 N y el coeficiente de fricción de 0,18 ya que las superficies es acero sobre acero, seleccionado del Anexo 7.

$$Fr = F * \mu_k = 12125 * 0.18 = 2182.5 \text{ N} \quad \text{Ec. 15}$$

Con esta fuerza de rozamiento se calcula el torque del motorreductor.

$$T = F * r \quad \text{Ec. 16}$$

$$T = 2182.5 \text{ N} * \frac{0.23 \text{ m}}{2} = 250.98 \text{ N} \approx \mathbf{251 \text{ N}}$$

En el Anexo 8 se puede observar algunos tipos de motorreductor.

Dispositivos Eléctricos.

Los dispositivos eléctricos que se usan para el accionamiento de la máquina son los siguientes:

Breaker o disyuntor.

Para seleccionar el breaker se selecciona del Anexo 9, la corriente nominal del motor de 2 hp.

Por lo tanto, se selecciona un breaker de 25 A (ver Imagen #452).



Imagen #45: Breaker.

Fuente: SIEMENS, 2018.

Contactores.

Para seleccionar un contactor (ver Imagen #46), se debe utilizar la corriente nominal que se va a multiplicar por la constante C que para motores de 2 hp da un valor de 2.5, realizando este análisis se determina que se utiliza un contactor de 18 A.



Imagen #46: Contactor.

Fuente: SIEMENS, 2018.

Guardamotores.

Para seleccionar un guarda motor (ver Imagen #47), se debe adquirir con las mismas características de la corriente del motor, en este caso será de 6.8 A, pero este vendrá con amperios (A) de mayor rango lo cual nos permite calibrarlo y hacerlo más sensible para que el motor esté protegido contra sobre cargas.



Imagen #47: Guardamotor.

Fuente: SIEMENS, 2018.

Selector.

El selector (ver Imagen #48), es un conmutador con dos o más posiciones estables, en las que permanece tras su accionamiento. Los selectores son similares a los interruptores y conmutadores en cuanto a funcionamiento, aunque para su

actuación suelen llevar un botón, palanca o llave giratoria. Este selector se utiliza para la inversión de giro de los motores.



Imagen #48: Selector.

Fuente: CAMSCO, 2018.

Pulsador.

Un pulsador (ver Imagen #49), es un elemento de conmutación (conecta y desconecta) manual por presión, cuyo contacto solamente tiene una posición estable. Al pulsarlo, cambia de posición, y al dejar de pulsarlo, retorna a su posición primitiva mediante un muelle o un resorte interno.



Imagen #49: Pulsador.

Fuente: SASSIM, 2018.

Paro de emergencia.

Un tipo de pulsador muy utilizado en la industria es el llamado pulsador de paro de emergencia (ver Imagen #50), denominado comúnmente seta, debido a su aspecto externo. La cabeza de estos pulsadores es bastante más ancha que en los normales y de color rojo, sobre fondo amarillo. Estas dos características los hacen

más destacables y facilitan su activado. Permite la parada inmediata de la instalación eléctrica cuando ocurre un accidente.



Imagen #50: Paro de emergencia.

Fuente: CAMSCO, 2018.

Esquema eléctrico para el arranque y la inversión de giro.

En la Imagen 51 Se muestra un esquema didáctico de la secuencia de conexión y funcionamiento de los dispositivos eléctricos que interviene en el proyecto. El guardamotor es alimentado por la red energética, luego se conecta dos contactores que permiten el arranque del motor en sentido horario y en sentido antihorario a través de dos pulsadores, los contactores se conectan a un relé térmico y a este se conecta el motor, adicionalmente los pulsadores activan paralelamente a las luces pilotos, que sirven como indicadores.

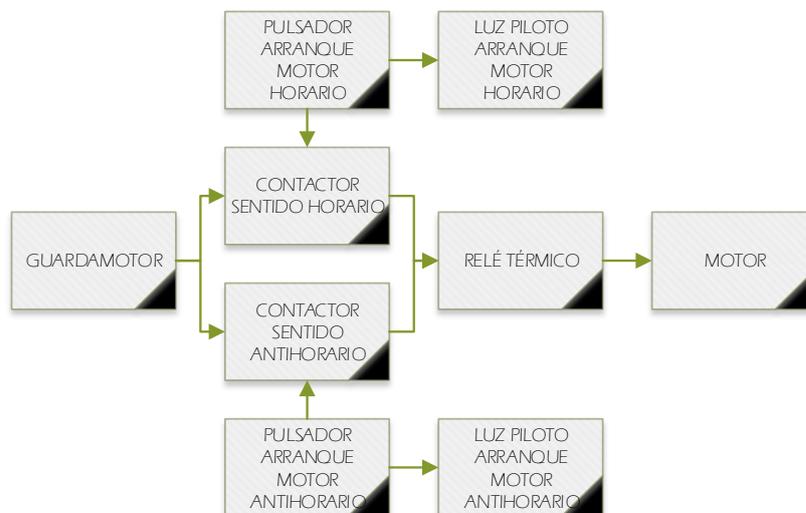


Imagen #51: Diagrama de bloques sistema eléctrico.

Autor: López, 2019.

Para la realización del esquema eléctrico del arranque y la inversión de giro se realiza con ayuda del software CAdESIMU (ver Anexo 11).

Esquema electrohidráulico.

El diseño del circuito electrohidráulico se realiza en el software FluidSIM, y así poder comprobar el funcionamiento correcto del pistón mediante el control eléctrico (ver Anexo 12).

Montaje de los elementos.

Para sujetar los ejes secundarios con la mesa y puedan girar se selecciona una chumacera cuadrada con sus respectivos rodamientos los cuales son dos KS B 2024 S70 - 7011A-SS (ver Imagen #52).

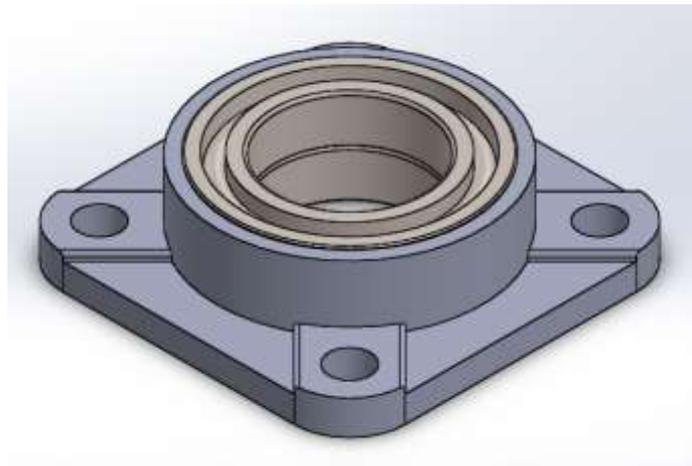


Imagen #52: Chumacera y rodamiento.

Autor: López, 2018.

Una vez concluido el diseño mecánico con sus respectivos análisis mecánicos, conocido los elementos de control eléctrico y los actuadores, se procede con el montaje de la máquina baroladora semiautomática, quedando la máquina como en la Imagen #53, y en el Anexo 13 se evidencia la máquina ensamblada, y en el Anexo 14 se observa el despiece de la máquina.

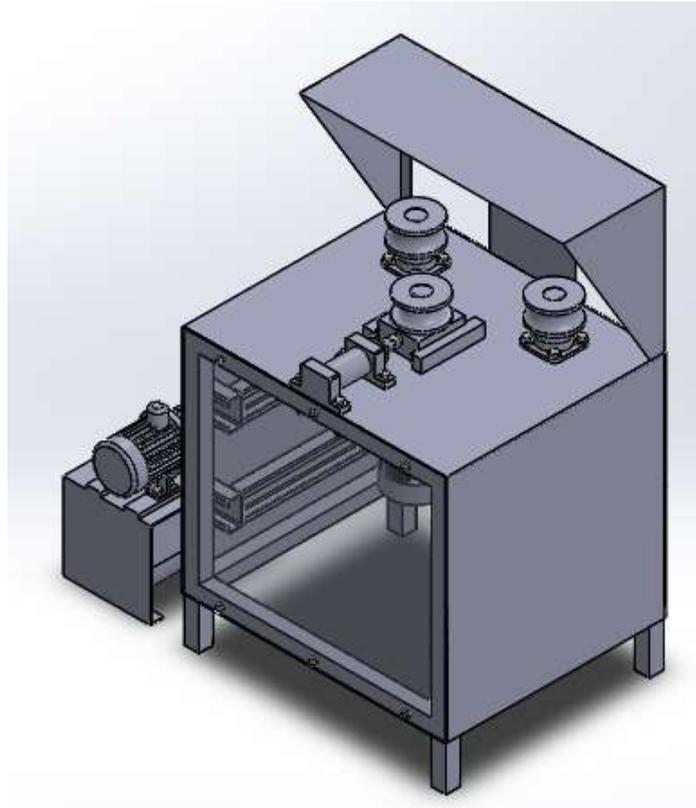


Imagen #53: Máquina baroladora hidráulica semiautomática.

Autor: López, 2019.

MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA

Para mejor la vida útil de la máquina y sus componentes eléctricos, hidráulicos y mecánicos debemos tomar en cuenta ciertas recomendaciones que se detallaran a continuación

Tabla # 8: Mantenimiento de la maquina

BAROLADORA DE TUBOS Y PERFILES	
	
1.	Revisión periódica(6 meses) de las partes del sistema hidráulico tales como mangueras con fisuras acoples y tapones de cañerías
2.	Revisión periódica de (6 meses) de componentes eléctricos como contactares , guarda motores , breaker y estado de los cables para evitar futuras averías
3.	En caso de encontrar partes o mecanismos en mal estado o con señales de desgaste excesivo proceder a su remplazo o rectificado antes de comenzar la tarea de barolar
4.	Lubricar periódicamente las chumaceras que conducen el mecanismo de los ejes mediante graseros.
5.	Realizar el vaciado del aceite del depósito de la unidad hidráulica y su posterior remplazo cada año utilizando aceite sintético de numeración LIQUI MOLY 2300

Autor: López, 2019

RESULTADOS ESPERADOS

Para tener una visión clara de la mejora de la producción en la empresa METAL PLAST con la implementación del sistema hidráulico semiautomático de barolado, se realiza un estudio de tiempos y movimientos para perfiles cuadrados, rectangulares y tubos circulares de 3 pulgadas de diámetro y 3 milímetros de espesor, obteniendo como resultado mejoras importantes que se presentan en la Tabla #9.

Tabla #9: Resultados obtenidos.

ÍTEM	RESULTADO OBTENIDO
1	Tubería barolado automáticamente.
2	Uso de dos operarios para el proceso.
3	Operarios sin complicaciones ergonómicas.
4	Barolado en la planta de la empresa.
5	Alta calidad de barolado en producto terminado con bajas cantidades de reproceso.

Autor: López, 2019.

Al igual que la Tabla #10, se muestra que al tener la máquina semiautomática, ya no hay necesidad de contratar el servicio de barolado a algún proveedor bajando el costo de producción en 60%, es decir si antes el gasto de producción al año era USD 5.814,00 aproximadamente, ahora el gasto será de USD 1.337,20 el tiempo también baja, de lo que antes se demoraba 4 semanas ahora se lo realiza en 2 semanas, obteniendo un crecimiento de producción del 30%. El valor de USD 0,50 del barolado se obtiene en base a pruebas realizadas con la máquina en tiempo y calidad de producción.

Tabla #10: Gastos de producción.

METAL PLAST				
GASTOS				
ÍTEM	MES	SERVICIO DE CERCHAS BAROLADAS	VALOR UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Enero	380	\$0.50	\$ 190,00
2	Febrero	380	\$0.50	\$ 190,00
3	Marzo	380	\$0.50	\$ 190,00
4	Abril	342	\$0.50	\$ 171,00
5	Mayo	380	\$0.50	\$ 190,00
6	Junio	304	\$0.50	\$ 151,00
7	Julio	228	\$0.50	\$ 114,00
8	Agosto	266	\$0.50	\$ 133,00
9	Septiembre	228	\$0.50	\$ 114,00
10	Octubre	228	\$0.50	\$ 114,00
11	Noviembre	380	\$0.50	\$ 190,00
12	Diciembre	380	\$0.50	\$ 190,00
			TOTAL ANUAL	\$ 1.337,20

Autor: López, 2019.

En el Gráfico #6, se muestra una estadística de la producción al año con la implementación de la máquina baroladora.

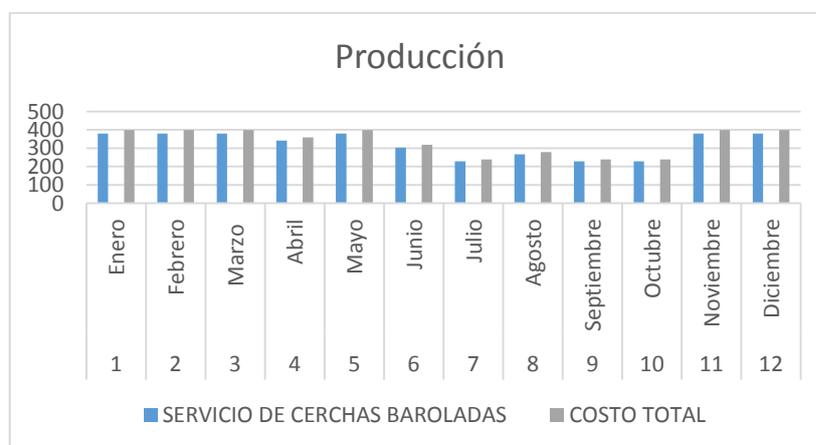


Gráfico #6: Producción.

Autor: López, 2019.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

En la Tabla #11, se indica el cronograma de actividades que se desarrollan en el proyecto, para lograr cumplir con los objetivos específicos que se proponen en el Capítulo I, cada recuadro indica los días que se han tomado para desarrollar el diseño y la construcción de la máquina baroladora hidráulica semiautomática.

Tabla #11: Cronograma de actividades.

ÍTEM	ACTIVIDAD	DESDE	HASTA
1	Selección del tema a proponer en la UTI.	04/06/2018	27/06/2018
CAPÍTULO I			
3	Desarrollo de la introducción.	07/07/2018	07/07/2018
4	Antecedentes.	07/07/2018	07/07/2018
5	Justificación.	07/07/2018	07/07/2018
6	Objetivos.	09/07/2018	09/07/2018
CAPÍTULO II			
8	Diagnóstico de la situación actual de la empresa.	10/07/2018	13/07/2018
9	Área de estudio.	13/07/2018	13/07/2018
10	Modelo operativo.	17/07/2018	17/07/2018
11	Desarrollo del modelo operativo.	17/07/2018	17/07/2018
CAPÍTULO III			
13	Presentación de la propuesta.	21/07/2018	27/08/2018
14	Resultados esperados.	27/08/2018	08/09/2018
15	Cronograma de actividades.	15/09/2018	15/09/2018
16	Costos del proyecto.	15/09/2018	15/09/2018
CAPÍTULO IV			
17	Conclusiones y recomendaciones.	21/07/2018	15/09/2018
18	Bibliografía.	07/07/2018	15/09/2018
19	Anexos.	21/07/2018	15/09/2018

Autor: López, 2019.

Tabla #12: Cronograma de construcción del proyecto.

ÍTEM	ACTIVIDAD	DESDE	HASTA
1	Diseño de las piezas mecánicas y estructura.	21/07/2018	05/08/2018
2	Diseño y selección dispositivos hidráulicos.	06/08/2018	19/08/2018
3	Selección dispositivos eléctricos.	20/08/2018	27/08/2018
4	Construcción estructura mecánica	28/08/2018	30/09/2018
5	Montaje mecanismos y piezas mecánicas.	01/10/2018	04/11/2018
6	Montaje dispositivos hidráulicos.	05/11/2018	02/12/2018
7	Montaje dispositivos eléctricos.	03/12/2018	06/01/2019
8	Pruebas de funcionamiento.	07/01/2019	20/01/2019
9	Finalización de la máquina.	21/01/2019	03/02/2019

Autor: López, 2019.

COSTOS DEL PROYECTO.

En la Tabla #13, se presenta los costos de la máquina baroladora hidráulica semiautomática, donde se detalla las partes mecánicas, eléctricas e hidráulicas.

Tabla #13: Costo de la máquina baroladora hidráulica semiautomática.

COSTO DE LA MÁQUINA BAROLADORA HIDRÁULICA SEMIAUTOMÁTICA					
ÍTEM	CONJUNTO	CANTIDAD	MATERIAL	P.U.	TOTAL
1	Mesa	1	Plancha de acero AISI 1020	\$ 250,00	\$ 250,00
2		1	Tubos cuadrados	\$ 80,00	\$ 80,00
3		2	Perfiles	\$ 50,00	\$ 100,00
4	Ejes	1	Barra redonda de acero	\$ 60,00	\$ 60,00
5	Accionamientos mecánicos	2	Chumaceras cuadradas	\$ 7,50	\$ 15,00
6		4	Rodamientos	\$ 30,00	\$ 120,00
7		1	Bloque de acero	\$ 250,00	\$ 250,00
8		3	Matrimonios	\$ 24,00	\$ 72,00
9		2	Bocín	\$ 8,50	\$ 17,00
10	Parte hidráulica	1	Bomba hidráulica	\$ 680,00	\$ 1300,00
11		1	Pistón	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
12		1	Mangueras	\$ 200,00	\$ 200,00
13		5	Acoples	\$ 60	\$ 300,00
14	Parte eléctrica	2	Motores bifásicos	\$ 1100,00	\$ 2200,00
15		2	Motor reductores	\$ 700,00	\$ 1400,00
16		1	Paro de emergencia	\$ 2,00	\$ 2,00
17		1	Selector	\$ 2,50	\$ 2,50
18		4	Luces piloto	\$ 3,00	\$ 12,00
19		1	Cables	\$ 10,00	\$ 10,00
				TOTAL:	\$7.890 ,50

Autor: López, 2019.

El costo de la baroladora (ver Imagen # 54.55.56.57) es de \$ 7.890,50 permitiendo un ahorro a la empresa METAL PLAST de \$17.109,50 ya que una baroladora (ver Imagen #54) en el mercado oscila los \$25.000.



Imagen #54: Máquina construida.

Autor: López, 2019.



Imagen #55: Máquina construida.

Autor: López, 2019.



Imagen #56: Máquina construida.

Autor: López, 2019.



Imagen #57: Máquina construida.

Autor: López, 2019.



Imagen #58: Máquina construida.

Autor: López, 2019.



Imagen #59: Curvadoras de tubos y perfiles MC650.

Fuente: NARGESA, 2012.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES.

- La empresa METAL PLAST actualmente el trabajo de barolado lo hace manualmente con perfiles menos de tres pulgadas de diámetro y tres milímetros de espesor necesitando más operadores, así también al tener perfiles que pasen los parámetros mencionados la empresa debe contratar un servicio de barolado lo que ocasiona más gasto, más tiempo de producción y menos productividad.
- Se analizó los diferentes tipos de máquinas baroladoras de acuerdo a la posición, forma y función de cada rodillo conjuntamente con las condiciones de la empresa METAL PLAST, por lo que se realizó el diseño una máquina baroladora horizontal de tres rodillos en forma de pirámide, en donde dos rodillos son fijos y el otro es móvil proporcionando el ángulo del barolado, el material de la estructura es acero AISI 1020 debido a su resistencia, ya que la estructura va a estar sometida a grandes esfuerzos.
- Una vez realizado los cálculos respectivos del pistón hidráulico y el motorreductor, se selecciona un pistón para una fuerza de 11 toneladas, este pistón manipula al rodillo móvil el mismo que va a proporcionar el ángulo del barolado controlado por una unidad de potencia que contiene una bomba con un motor de 2HP, un caudal de 1 gpm y una presión de 2000 psi; de la misma forma se seleccionada el motorreductor con sus respectivas protecciones considerando la fuerza real ya mencionada y el coeficiente de rozamiento de 0.18 para una superficie de contacto acero sobre acero, con un torque de 251 N y una velocidad de 35rpm, los motorreductores manipulan a los rodillos fijos.
- Para la construcción de la máquina baroladora se usaron sistemas mecánicos diseñados previamente en el software SOLIDWORKS,

sistemas hidráulicos controlados por electroválvulas, bomba, para lo cual se realizó el esquema de control y potencia del mismo, en el simulador FluidSIM, sistemas eléctricos comandados por contactores, pulsadores, selectores, protegidos por breakers, guardamotors y visualización de su funcionamiento por luces pilotos, el esquema eléctricos se realizó en el simulador CADESIMU.

- Con la implementación de la máquina baroladora, la empresa METAL PLAST logra obtener perfiles y tubos barolados automáticamente y de alta calidad, los operarios se reduce a uno solo con un ahorro de un 50% en pago de salario, el barolado se lo realiza en la misma empresa omitiendo el pago extra del mismo a proveedores de este servicio bajando los costos de producción en un 60%, el tiempo de producción reduce en un 20% por ende la producción incrementa en un 35%, por lo que se tiene más demanda de clientes

RECOMENDACIONES.

- Desarrollar una máquina que permita reducir los tiempos muertos, la mano de obra y aumentar la producción.
- Determinar adecuadamente el tipo de máquina baroladora que se va a diseñar, considerando los parámetros requeridos por la empresa, así como los parámetros de resistencia, fuerza a la cual va a estar sometida la estructura para elegir el material adecuado.
- Seleccionar el pistón correcto basándose en los cálculos del radio, diámetro, área, volumen y caudal del mismo, ya que si se selecciona al azar puede ocasionar daños en el dispositivo o en la misma máquina; así mismo para la selección del motorreductor considerar la fuerza real a utilizar, el torque y las revoluciones a las que requiere funcionar.
- Para tener un mejor enfoque y proyección de lo que se va a diseñar y construir, se sugiere que se realice los diseños mecánicos y estructurales en softwares de CAD, SOLIDWORKS, ANSI, entre otros para evitar seleccionar material y dispositivos erróneos, también se sugiere realizar los planos eléctricos, hidráulicos y de control usando software de simulación, para comprobar su funcionamiento y tener un mantenimiento adecuado de la máquina.
- Mantener la calidad en la elaboración del barolado de los perfiles, dando el respectivo mantenimiento a la máquina, llevar un control adecuado de tiempos, calidad y producción, así como una contabilidad adecuada de los ingresos y egresos de la empresa

BIBLIOGRAFÍA.

ARIAS DUQUE, ANDRÉS y MENA MEJÍA, ANA MARÍA. 2009. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA HIDRÁULICA DOBLADORA DE TUBERÍA REDONDA. Medellín : s.n., 2009.

BONILLA PANIMBOZA, LEVI GIOVANNY y ROJAS PLACENTA, FREDDY LEONARDO. 2014. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOBLADORA SEMIAUTOMÁTICA DE TUBOS CUADRADOS DE 50X50X2MM UTILIZADOS COMO CERCHAS DE LAS ESTRUCTURAS DE CARROCERÍAS DE BUSES. Riobamba : s.n., 2014.

BUDYNAS, RICHARD y NISBETT, KEITH. 2012. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. New York : MCGRAW-HILL, 2012. 9.

GÓMEZ, SERGIO. 2007. *El Gran Libro de Soliworks*. s.l. : Reprint, 2007.

LAURA MAMANI, MARCO INCA y YUNGANINA ZEA, DAVID ULISES. 2013. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ASISTIDO POR PLC PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA DOBLADORA DE TUBOS Y SUPERVISADO POR UN SISTEMA SCADA. Puno : s.n., 2013.

LOBJOIS, CHARLES. 1993. *TECNOLOGÍA DE LA CALDERERÍA - Trazado, corte, curvado y plegado*. Barcelona : Ceac, 1993.

ORTHWEIN, WILLIAM. 1997. *Diseño de componentes de máquinas*. s.l. : COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL, 1997.

PALLO SILVA, JESÚS ALBERTO. 2017. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BAROLADORA DE PERFILES TIPO OMEGA DE 4'' DE ESPALDA, 2'' DE ALTO Y ¼'' DE ESPESOR PARA LA FABRICACIÓN DE

TANQUES DE ACERO INOXIDABLE EN LA EMPRESA INOX - TEC.
Ambato : s.n., 2017.

SERRANO, ANTONIO. 1999. *El diseño mecánico.* s.l. : Illustrated, 1999.

SHIGLEY, JOSEPH y MISCHKE, RICHARD. 2004. *Mechanical Engineering Design.* Michigan : McGraw-Hill, 2004. 6.

TARAMUEL TATÉS, JAIRO GUSTAVO. 2011. MÁQUINA DOBLADORA DE TUBO REDONDO DE ACERO CON COSTURA DE HASTA 19 mm DE DIÁMETRO Y 1.5 mm DE GROSOR CONTROLADA POR UN MICROCONTROLADOR. Ibarra : s.n., 2011.

ANEXOS

Anexo 1: Certificado de aprobación de la empresa.

METAL PLAST LÓPEZ
*Construcción, Mantenimiento de Invernaderos, cable vía funicular, Varios Servicios
Para la Floricultura y Venta de toda clase materiales para invernadero.*



CERTIFICADO

Yo **Katy Johana Pineda Acero** portador de la cedula de identidad N°0550072045 en calidad de representante de recursos humanos de la empresa **METAL PLAST** y encargada del trabajo de titulación del estudiante.

López Carrillo Jefferson Richard portador de la cedula de identidad N° 0503268146, con el tema "CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA BAROLADORA HIDRÁULICA SEMIAUTOMÁTICA PARA TUBOS Y PERFILES CON CAPACIDAD DE ROLADO DE 3 PULGADAS EN DIÁMETROS Y TRES MILÍMETROS EN ESPESOR PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA METAL PLAST."

Certifico que he podido hacer el acompañamiento y verificación de su proyecto bajo el mismo que ha culminado el **100%** con una duración de 170 horas.

Todo en cuanto puedo certificaren honor a la verdad, el interesado puede hacer uso del presente como más crea conveniente.



ATENTAMENTE

Tlg. Katy Johana Pineda Acero
Representante de RRHH

*Dirección: Vía Saquisilí Frente a la fábrica de Aglomerados Cotopaxí Tel: (032719-897)
Cel.: 0999844387 E-mail: metalplast@yahoo.com Latacunga - Ecuador*

Anexo 2: Propiedades de los aceros estructurales.

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

Nota: ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J4106, especificadas por la SAE.

TABLA C-9 Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbono
 Datos de varias fuentes * Valores aproximados. Consulte a los fabricantes de los materiales para información más precisa

Número SAE/AISI	Estado	Limite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in %	Dureza Brinell -HB
		kpsi	MPa	kpsi	MPa		
1010	laminado en caliente	26	179	47	324	28	95
	laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1020	laminado en caliente	30	207	55	379	25	111
	laminado en frío	57	393	68	469	15	131
1030	laminado en caliente	38	259	68	469	20	137
	normalizado @ 1 650°F	50	345	75	517	32	149
	laminado en caliente	64	441	76	524	12	149
	templado y revenido @ 1 000°F	75	517	97	669	28	255
	templado y revenido @ 800°F	84	579	106	731	23	302
	templado y revenido @ 400°F	94	648	123	848	17	495
1035	laminado en caliente	40	276	72	496	18	143
	laminado en frío	67	462	80	552	12	163
1040	laminado en caliente	42	290	76	524	18	149
	normalizado @ 1 650°F	54	372	86	593	28	170
	laminado en frío	71	490	85	586	12	170
	templado y revenido @ 1 200°F	63	434	92	634	29	192
	templado y revenido @ 800°F	80	552	110	758	21	241
	templado y revenido @ 400°F	86	593	113	779	19	262

Anexo 3: Electrodo de acuerdo el material y sus propiedades.

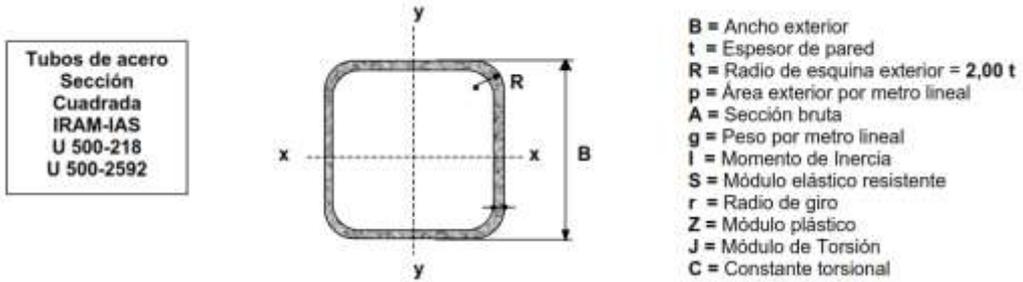
Electrodos de acuerdo al material

ESPECIFICACIÓN DE ACERO	R. DE CEDENCIA		R. A LA TENSIÓN		ELECTRODO SUGERIDO
	ksi	MPa	ksi	MPa	
ASTMA36	36	250	58-80	400-550	TODOS
ASTMA53 Grado B	35	240	60 min.	415 min.	1,2,3
ASTMA106 Grado B	35	240	60 min.	415 min.	8
ASTMA131 Gr A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-71	400-490	8
ASTMA139 Grado B	35	240	60 min.	415 min.	8
ASTMA381 Grado Y35	35	240	60 min.	415 min.	TODOS
ASTMA500 Grado A	33	228	45 min.	310 min.	TODOS
Grado B	42	290	58 min.	400 min.	8
ASTMA501	36	250	58 min.	400 min.	1,2,3,8
ASTMA516 Grado 55	30	205	55-75	380-515	8
Grado 60	32	220	60-80	415-550	8
ASTMA524 Grado I	35	240	60-85	415-586	1,2,3,4,5,6,8
Grado II	30	205	55-80	380-550	1,2,3,4,5,6,8
ASTMA529	42	290	60-85	415-550	1,2,3,4,5,6,8
ASTMA570 Grado 30	30	205	49 min.	340 min.	1,2,3,4,5,6
Grado 33	33	230	52 min.	360 min.	1,2,3,4,5,6
Grado 36	36	250	53 min.	365 min.	1,2,3,4,5,6
Grado 40	40	275	55 min.	380 min.	1,2,3,4,5,6
Grado 45	45	310	60 min.	415 min.	1,2,3,4,5,6
Grado 50	50	345	65 min.	450 min.	1,2,3,4,5,6,8
ASTMA709 Grado 36	36	250	58-80	400-550	TODOS
API5L Grado B	35	240	60	415	1,2,3,4,5,6
Grado X42	42	290	60	415	1,2,3,4,5,6

Propiedades de los electrodos

Última cifra	Tipo de corriente	Tipo de Revestimiento	Tipo de Arco	Penetración
E XX10	CCPI Polaridad inversa	Orgánico ⁽¹⁾	Fuerte	Profunda ⁽²⁾
E XX11	CA ó CCPI Polaridad inversa	Orgánico	Fuerte	Profunda
E XX12	CA ó CCPD Polaridad directa	Rutilo	Mediano	Mediana
E XX13	CA ó CC Ambas polaridades	Rutilo	Suave	Ligera
E XX14	CA ó CCPI Polaridad inversa	Rutilo	Suave	Ligera
E XX15	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
E XX16	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana
E XX17	CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Suave	Mediana
E XX18	CA ó CCPI Polaridad inversa	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana

Anexo 4: Inercia perfil cuadrado.



B	t	p	Ag	g	Ix=Iy	Sx=Sy	rx=ry	Zx=Zy	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
15	0.70	0.056	0.306	0.304	0.130	0.173	0.579	0.206	0.203	0.265
	0.90	0.057	0.467	0.362	0.156	0.210	0.569	0.254	0.246	0.355
	1.25	0.056	0.647	0.506	0.197	0.263	0.552	0.327	0.315	0.465
20	0.90	0.077	0.667	0.523	0.399	0.399	0.773	0.473	0.622	0.654
	1.25	0.076	0.897	0.704	0.513	0.513	0.756	0.621	0.610	0.871
	1.60	0.075	1.112	0.873	0.607	0.607	0.739	0.752	0.966	1.066
25	0.90	0.097	0.847	0.665	0.609	0.647	0.977	0.759	1.253	1.043
	1.25	0.096	1.147	0.901	1.056	0.847	0.960	1.010	1.657	1.403
	1.60	0.095	1.432	1.124	1.274	1.019	0.943	1.237	2.013	1.736
	2.00	0.093	1.737	1.364	1.463	1.166	0.924	1.466	2.363	2.065
30	0.90	0.117	1.027	0.806	1.433	0.956	1.161	1.113	2.210	1.521
	1.25	0.116	1.397	1.097	1.895	1.263	1.165	1.492	2.949	2.059
	1.60	0.115	1.752	1.375	2.307	1.536	1.146	1.842	3.620	2.565
	2.00	0.113	2.137	1.676	2.720	1.813	1.126	2.206	4.304	3.105

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 34 -

Tablas de Perfiles

B	t	p	Ag	g	Ix=Iy	Sx=Sy	rx=ry	Zx=Zy	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
40	1.25	0.156	1.897	1.489	4.694	2.347	1.573	2.737	7.244	3.746
	1.60	0.155	2.392	1.877	5.791	2.895	1.556	3.412	8.999	4.703
	2.00	0.153	2.937	2.306	6.935	3.468	1.537	4.136	10.857	5.745
	2.50	0.151	3.589	2.817	8.209	4.104	1.512	4.971	12.958	6.971
50	1.60	0.195	3.032	2.380	11.698	4.679	1.964	5.462	18.064	7.480
	2.00	0.193	3.737	2.934	14.137	5.655	1.945	6.664	21.970	9.185
	2.50	0.191	4.589	3.602	16.931	6.773	1.921	8.078	26.507	11.221
	3.20	0.189	5.727	4.495	20.387	8.155	1.887	9.895	32.211	13.891
60	1.60	0.23	3.67	2.88	20.67	6.89	2.37	7.99	31.78	10.90
	2.00	0.23	4.54	3.56	25.13	8.38	2.35	9.79	38.84	13.43
	2.50	0.23	5.59	4.39	30.32	10.11	2.33	11.93	47.18	16.47
	3.20	0.23	7.01	5.50	36.91	12.30	2.30	14.74	57.92	20.52
	4.00	0.23	8.55	6.71	43.52	14.51	2.26	17.66	68.87	24.84
80	2.00	0.31	6.14	4.82	61.67	15.42	3.17	17.85	94.67	24.31
	2.50	0.31	7.59	5.96	75.10	18.78	3.15	21.90	115.90	29.97
	3.20	0.31	9.57	7.51	92.65	23.16	3.11	27.30	143.98	37.62
	4.00	0.31	11.75	9.22	110.96	27.74	3.07	33.09	173.72	45.96
	4.76	0.30	13.74	10.79	126.70	31.67	3.04	38.22	199.62	53.48
90	2.50	0.35	8.59	6.74	108.50	24.11	3.55	28.01	166.95	38.22
	3.20	0.35	10.85	8.51	134.42	29.87	3.52	35.02	208.17	48.09
	4.00	0.35	13.35	10.48	161.80	35.96	3.48	42.60	252.30	58.92
	4.76	0.34	15.65	12.28	185.67	41.26	3.44	49.39	291.27	68.75
	6.35	0.34	20.21	15.86	229.17	50.93	3.37	62.30	363.45	87.88
100	3.20	0.39	12.13	9.52	187.17	37.43	3.93	43.70	289.03	59.84
	4.00	0.39	14.95	11.73	226.20	45.24	3.89	53.31	351.52	73.48
	4.76	0.38	17.55	13.78	260.58	52.12	3.85	61.98	407.25	85.94

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 35 -

Tablas de Perfiles

B	t	p	Ag	g	Ix=Iy	Sx=Sy	r _x =r _y	Zx=Zy	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
100	6.35	0.36	22.75	17.66	324.36	64.67	3.76	76.67	512.33	110.39
110	3.20	0.43	13.41	10.52	252.17	45.85	4.34	53.34	366.47	72.67
	4.00	0.43	16.55	12.99	305.74	55.59	4.30	65.23	473.79	89.64
	4.76	0.42	19.45	15.27	353.32	64.24	4.26	76.00	550.44	105.02
	6.35	0.42	25.29	19.65	442.61	80.51	4.16	96.94	696.66	135.45
120	4.00	0.47	16.15	14.25	402.03	67.00	4.71	76.34	621.49	107.40
	5.00	0.46	22.36	17.55	485.14	80.66	4.66	95.46	754.89	131.77
	6.00	0.46	26.43	20.75	561.74	93.62	4.61	111.67	879.44	155.12
	8.00	0.45	34.19	26.64	696.31	116.05	4.51	141.26	1101.89	195.73
	10.00	0.45	41.42	32.52	807.47	134.56	4.42	167.31	1296.64	236.14
	12.00	0.44	48.13	37.76	896.91	149.49	4.32	189.89	1440.40	273.26
140	4.00	0.55	21.35	16.76	651.26	93.04	5.52	106.17	1002.62	147.72
	5.00	0.54	26.36	20.69	790.05	112.66	5.46	132.33	1223.66	181.77
	6.00	0.54	31.23	24.52	919.76	131.40	5.43	155.36	1432.50	214.64
	8.00	0.53	40.59	31.66	1153.05	164.72	5.33	196.19	1813.95	276.81
	10.00	0.53	49.42	38.60	1353.13	193.30	5.23	236.73	2147.06	334.14
	12.00	0.52	57.73	45.32	1522.01	217.43	5.13	271.13	2431.64	386.54
150	4.00	0.59	22.95	18.01	607.39	107.65	5.93	124.65	1241.25	170.26
	5.00	0.56	26.36	22.26	661.52	130.67	5.66	153.01	1517.32	209.77
	6.00	0.56	33.63	26.40	1145.12	152.66	5.64	179.94	1779.59	248.00
	8.00	0.57	43.79	34.36	1441.91	192.26	5.74	230.24	2262.62	320.65
	10.00	0.57	53.42	41.94	1699.97	226.66	5.64	275.94	2690.17	366.14
	12.00	0.56	62.53	49.09	1921.46	256.20	5.54	317.16	3062.22	450.36
180	5.00	0.70	34.36	26.97	1735.93	192.66	7.11	224.04	2671.24	305.77
	6.00	0.70	40.83	32.05	2035.27	226.14	7.06	264.40	3146.31	362.46
	8.00	0.69	53.39	41.91	2566.66	287.65	6.96	340.61	4036.60	471.37

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 36 -

Tablas de Perfiles

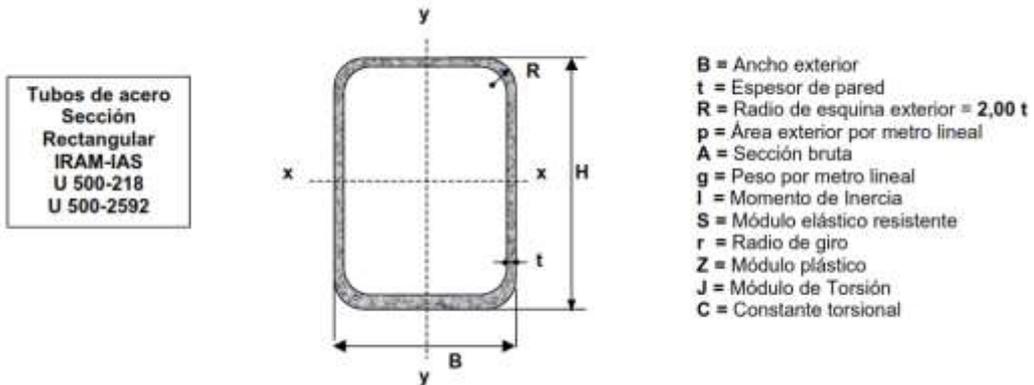
B	t	p	Ag	g	Ix=Iy	Sx=Sy	r _x =r _y	Zx=Zy	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
180	10.00	0.69	65.42	51.36	3064.59	342.73	6.67	411.57	4647.53	574.14
	12.00	0.66	76.93	60.39	3525.66	391.67	6.77	476.62	5576.34	670.70
200	5.00	0.76	36.36	30.11	2406.66	240.69	7.92	276.90	3696.02	379.77
	6.00	0.76	45.63	35.82	2631.13	263.11	7.66	329.71	4364.65	450.60
	8.00	0.77	59.79	46.94	3619.16	361.92	7.76	426.52	5624.39	567.65
	10.00	0.77	73.42	57.64	4334.41	433.44	7.66	516.99	6765.76	716.14
	12.00	0.76	86.53	67.93	4979.63	497.96	7.59	601.27	7646.57	841.56
250	6.00	0.96	57.63	45.24	5669.3	453.5	9.92	524.5	6695.7	713.6
	8.00	0.97	75.79	59.50	7311.3	564.9	9.62	662.6	11290.2	935.0
	10.00	0.97	93.42	73.34	8635.6	706.9	9.73	833.0	13731.4	1146.1
	12.00	0.96	110.53	86.77	10246.7	819.7	9.63	975.4	16019.0	1352.6
300	6.00	1.16	69.63	54.66	9959.5	664.0	11.96	764.3	15222.6	1036.4
	8.00	1.17	91.79	72.06	12916.3	861.2	11.66	999.1	19859.9	1362.2
	10.00	1.17	113.42	89.04	15704.3	1047.0	11.77	1224.1	24277.1	1676.1
	12.00	1.16	134.53	105.61	18322.0	1221.5	11.67	1439.5	28473.5	1964.0
350	6.00	1.36	61.63	64.06	16001.9	914.4	14.00	1049.0	24395.6	1419.2
	8.00	1.37	107.79	84.62	20640.2	1190.9	13.90	1375.3	31933.7	1869.4
	10.00	1.37	133.42	104.74	25439.7	1453.7	13.61	1690.1	39172.7	2306.1
	12.00	1.36	156.53	124.45	29605.6	1703.2	13.71	1993.6	46112.0	2735.2
400	6.00	1.57	123.79	97.16	31476.9	1573.6	15.96	1611.6	46111.5	2456.6
	10.00	1.57	153.42	120.44	38542.1	1927.1	15.65	2231.2	59166.4	3036.1
	12.00	1.56	182.53	143.29	45296.1	2264.9	15.75	2637.7	69634.5	3606.4
	14.00	1.55	211.11	165.72	51750.9	2567.5	15.66	3031.3	80106.7	4161.3

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 37 -

Tablas de Perfiles

Anexo 5: Inercia perfil rectangular.



B	H	t	p	Ag	g	Ix	Sx	rx	Zx	Iy	Sy	ry	Zy	J	C
[mm]	[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
10	20	0.70	0.056	0.386	0.304	0.193	0.193	0.706	0.244	0.065	0.130	0.409	0.150	0.156	0.250
		0.90	0.057	0.467	0.362	0.234	0.234	0.694	0.301	0.076	0.156	0.400	0.164	0.169	0.310
15	25	0.90	0.077	0.667	0.523	0.547	0.438	0.906	0.542	0.247	0.329	0.609	0.361	0.539	0.609
		1.25	0.076	0.697	0.704	0.706	0.565	0.867	0.713	0.315	0.420	0.593	0.499	0.696	0.609
20	30	0.90	0.097	0.847	0.665	1.052	0.701	1.115	0.851	0.563	0.563	0.815	0.644	1.147	0.995
		1.25	0.096	1.147	0.901	1.376	0.919	1.096	1.132	0.733	0.733	0.799	0.856	1.512	1.340
		1.60	0.095	1.432	1.124	1.662	1.106	1.077	1.366	0.676	0.676	0.763	1.046	1.832	1.656

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 38 -

Tablas de Perfiles

B	H	t	p	Ag	g	Ix	Sx	rx	Zx	Iy	Sy	ry	Zy	J	C
[mm]	[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
20	40	0.90	0.117	1.027	0.806	2.129	1.064	1.440	1.319	0.727	0.727	0.841	0.816	1.716	1.341
		1.25	0.116	1.397	1.097	2.617	1.408	1.420	1.769	0.953	0.953	0.826	1.090	2.276	1.809
		1.60	0.115	1.752	1.375	3.431	1.716	1.400	2.163	1.149	1.149	0.810	1.341	2.773	2.245
30	40	1.25	0.136	1.647	1.293	3.755	1.878	1.510	2.253	2.412	1.608	1.210	1.851	4.572	2.776
		1.60	0.135	2.072	1.626	4.611	2.306	1.492	2.795	2.952	1.966	1.194	2.296	5.646	3.474
		2.00	0.133	2.537	1.992	5.491	2.746	1.471	3.376	3.504	2.336	1.175	2.766	6.762	4.225
30	50	1.25	0.156	1.897	1.489	6.439	2.576	1.842	3.139	2.926	1.952	1.242	2.211	6.309	3.496
		1.60	0.155	2.392	1.877	7.950	3.160	1.823	3.914	3.596	2.396	1.226	2.751	7.816	4.383
		2.00	0.153	2.937	2.306	9.529	3.612	1.801	4.744	4.266	2.859	1.206	3.326	9.396	5.345
30	60	1.60	0.175	2.712	2.129	12.484	4.161	2.146	5.189	4.243	2.829	1.251	3.205	10.061	5.292
		2.00	0.173	3.337	2.620	15.035	5.012	2.123	6.313	5.072	3.361	1.233	3.866	12.150	6.465
		2.50	0.171	4.069	3.210	17.923	5.974	2.094	7.622	5.990	3.993	1.210	4.677	14.464	7.846
30	70	1.60	0.195	3.032	2.360	16.373	5.249	2.462	6.625	4.866	3.259	1.270	3.660	12.411	6.200
		2.00	0.193	3.737	2.934	22.208	6.345	2.436	8.061	5.856	3.904	1.252	4.446	14.983	7.565
		2.50	0.191	4.569	3.602	26.597	7.599	2.407	9.792	6.935	4.624	1.229	5.364	17.900	9.221
40	50	1.60	0.175	2.712	2.129	9.824	3.930	1.903	4.666	6.970	3.485	1.603	4.027	12.667	5.932
		2.00	0.173	3.337	2.620	11.833	4.733	1.883	5.704	6.379	4.190	1.585	4.896	15.343	7.265
		2.50	0.171	4.069	3.210	14.111	5.644	1.856	6.890	9.967	4.963	1.561	5.909	18.412	8.646
40	60	1.60	0.195	3.032	2.360	15.212	5.071	2.240	6.124	8.150	4.075	1.640	4.641	16.552	7.160
		2.00	0.193	3.737	2.934	18.399	6.133	2.219	7.473	9.823	4.912	1.621	5.656	20.096	8.785
		2.50	0.191	4.569	3.602	22.055	7.352	2.192	9.060	11.725	5.862	1.596	6.646	24.197	10.721
40	60	3.20	0.169	5.727	4.495	26.569	8.663	2.155	11.100	14.050	7.025	1.566	8.369	29.311	13.251

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 39 -

Tablas de Perfiles

B	H	t	p	Ag	g	Ix	Sx	rx	Zx	Iy	By	ry	Zy	J	C
[mm]	[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
40	60	1.60	0.235	3.672	2.862	30.694	7.674	2.891	9.475	10.509	5.255	1.692	5.670	24.750	9.616
		2.00	0.233	4.537	3.562	37.331	9.333	2.800	11.610	12.711	6.356	1.674	7.170	30.136	11.825
		2.50	0.231	5.589	4.387	45.072	11.268	2.840	14.149	15.240	7.620	1.651	8.721	36.418	14.471
		3.20	0.229	7.007	5.500	54.902	13.729	2.799	17.467	18.384	9.192	1.620	10.725	44.373	17.961
		4.00	0.226	8.548	6.710	64.753	16.188	2.752	20.927	21.441	1.584	12.793	52.268	21.641	
40	100	2.00	0.273	5.337	4.180	65.333	13.067	3.499	16.346	15.599	7.600	1.710	8.896	40.620	14.865
		2.50	0.271	6.389	5.172	79.256	15.852	3.460	20.237	18.756	9.378	1.687	10.596	49.165	18.221
		3.20	0.269	8.267	6.505	97.215	19.443	3.425	25.113	22.717	11.358	1.656	13.080	60.115	22.672
		4.00	0.266	10.148	7.966	115.606	23.121	3.375	30.275	26.625	13.313	1.620	15.673	71.086	27.401
40	120	2.00	0.313	6.137	4.618	104.003	17.334	4.117	22.263	18.487	9.244	1.736	10.216	51.377	17.905
		2.50	0.311	7.369	5.957	126.618	21.102	4.065	27.326	22.271	11.136	1.713	12.471	62.266	21.971
		3.20	0.309	9.567	7.510	156.066	26.015	4.039	34.039	27.051	13.525	1.682	15.435	76.272	27.382
		4.00	0.306	11.748	9.222	186.733	31.122	3.967	41.222	31.609	15.905	1.645	18.553	90.430	33.161
40	140	3.20	0.349	10.847	8.515	234.081	33.440	4.646	44.245	31.384	15.692	1.701	17.790	92.700	32.093
		4.00	0.346	13.348	10.478	281.336	40.191	4.591	53.769	36.993	18.497	1.665	21.433	110.069	38.921
		4.75	0.344	15.616	12.259	321.767	48.967	4.539	62.154	41.531	20.765	1.631	24.571	124.341	44.876
		6.35	0.338	20.209	15.864	385.958	56.563	4.426	76.319	49.068	24.534	1.556	30.403	148.265	56.127
50	70	2.50	0.231	5.589	4.387	37.968	10.854	2.607	13.167	22.572	9.029	2.010	10.493	44.360	15.971
		3.20	0.229	7.007	5.500	46.295	13.227	2.570	16.261	27.396	10.956	1.977	12.890	54.367	19.861
		4.00	0.226	8.548	6.710	54.642	15.612	2.528	19.494	32.186	12.874	1.940	15.427	64.504	24.041
50	150	3.20	0.369	12.127	9.519	315.526	42.070	5.101	54.526	55.431	22.172	2.136	24.671	155.136	43.843
		4.00	0.366	14.948	11.734	381.073	50.610	5.049	66.483	66.042	26.417	2.102	30.147	186.210	53.481
		4.75	0.364	17.516	13.750	437.916	58.389	5.000	77.099	74.920	29.966	2.066	34.786	212.578	62.025
		6.35	0.376	22.749	17.856	544.764	72.638	4.894	97.862	90.631	36.252	1.996	43.595	260.008	78.644

Reglamento CRSOC 301-EL / 302-EL

-40-

Tablas de Perfiles

B	H	t	p	Ag	g	Ix	Sx	rx	Zx	Iy	By	ry	Zy	J	C
[mm]	[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
60	60	2.50	0.271	6.589	5.172	60.068	15.022	3.020	16.024	35.587	12.862	2.420	14.810	73.151	22.221
		3.20	0.269	8.267	6.505	73.776	18.444	2.984	22.382	47.237	15.746	2.386	18.371	90.333	27.792
		4.00	0.266	10.148	7.966	87.857	21.964	2.942	27.007	56.063	18.688	2.350	22.140	108.190	33.801
60	100	3.20	0.309	9.567	7.510	127.198	25.440	3.646	31.308	57.561	19.167	2.453	22.006	125.056	35.062
		4.00	0.306	11.748	9.222	152.470	30.484	3.603	37.955	68.607	22.889	2.417	26.620	150.366	42.761
		4.75	0.304	13.716	10.767	173.952	34.790	3.561	43.772	77.861	25.954	2.383	30.639	171.932	49.580
60	120	3.20	0.349	10.847	8.515	189.743	33.290	4.291	41.514	67.885	22.626	2.502	25.641	161.294	42.333
		4.00	0.346	13.348	10.478	240.557	40.093	4.245	50.502	81.151	27.050	2.466	31.100	194.408	51.721
		4.75	0.344	15.616	12.259	275.702	45.950	4.202	58.436	92.360	30.787	2.432	35.886	222.833	60.076
		6.35	0.338	20.209	15.864	340.998	56.633	4.108	73.616	112.544	37.515	2.360	45.066	275.053	76.447
70	150	3.20	0.429	13.407	10.524	304.486	51.263	5.355	63.921	117.691	33.626	2.963	37.637	286.965	62.633
		4.00	0.426	16.548	12.990	406.337	62.178	5.309	78.163	141.762	40.503	2.927	45.894	348.142	76.841
		4.75	0.424	19.416	15.242	535.129	71.751	5.265	90.886	162.526	46.436	2.893	53.231	401.662	89.623
		6.35	0.418	25.289	19.852	675.816	90.109	5.170	116.105	201.285	57.510	2.821	67.612	503.476	115.131
80	100	4.00	0.346	13.348	10.478	189.334	37.867	3.766	45.635	134.065	33.516	3.169	39.167	245.495	58.121
		4.75	0.344	15.616	12.259	217.046	43.409	3.728	52.621	153.399	38.390	3.134	45.304	292.777	67.076
		6.35	0.338	20.209	15.864	286.669	53.734	3.646	66.772	189.131	47.283	3.059	57.189	353.023	86.607
80	120	4.00	0.366	14.948	11.734	294.381	48.064	4.438	59.782	157.189	39.292	3.243	45.247	321.574	70.281
		4.75	0.364	17.516	13.750	335.794	56.466	4.398	69.386	180.296	45.074	3.206	52.453	371.319	81.975
		6.35	0.376	22.749	17.856	423.017	70.503	4.312	86.249	223.575	55.894	3.135	66.543	466.260	105.314
80	140	4.00	0.426	16.548	12.990	429.304	61.329	5.093	75.529	180.273	45.066	3.301	51.327	400.735	82.441
		4.75	0.424	19.416	15.242	495.546	70.792	5.052	87.652	207.193	51.796	3.267	59.602	463.460	96.273
		6.35	0.418	25.289	19.852	622.809	88.973	4.963	112.268	256.020	64.505	3.194	75.896	584.233	124.021

Reglamento CRSOC 301-EL / 302-EL

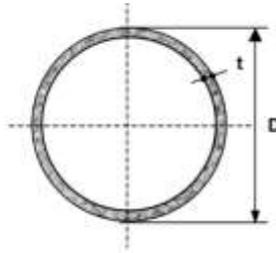
-41-

Tablas de Perfiles

B	H	t	p	Ag	g	Ix	Sx	rx	Zx	Iy	Sy	ry	Zy	J	C
[mm]	[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
100	140	3.20	0.469	14.657	11.529	413.74	99.11	5.31	70.51	247.14	49.43	4.10	56.09	479.00	54.62
		4.00	0.466	16.148	14.246	503.29	71.90	5.27	66.41	299.93	59.99	4.07	66.67	585.01	104.20
		4.75	0.464	21.316	16.733	582.44	63.21	5.23	100.70	346.33	69.27	4.03	79.97	679.36	121.97
		6.35	0.456	27.629	21.646	736.24	105.16	5.14	129.24	435.74	67.15	3.96	102.45	864.44	157.97
100	160	3.20	0.549	17.247	13.539	757.75	64.19	6.63	102.44	307.11	61.42	4.22	66.46	663.56	109.40
		4.00	0.546	21.348	16.756	925.46	102.63	6.56	125.90	373.65	74.73	4.16	64.03	836.56	134.92
		4.75	0.544	25.116	19.716	1075.15	119.46	6.54	147.13	432.52	86.50	4.15	66.06	973.49	158.17
		6.35	0.536	32.909	25.633	1370.53	152.26	6.45	169.97	547.13	109.43	4.06	126.24	1244.51	205.54
100	200	4.00	0.566	22.948	16.014	1196.99	119.90	7.23	146.05	410.52	62.10	4.23	91.71	966.79	150.26
		5.00	0.563	26.356	22.260	1456.26	145.63	7.17	161.40	496.53	99.31	4.16	112.12	1177.20	184.77
		6.00	0.579	33.633	26.402	1702.05	170.21	7.11	213.31	576.32	115.26	4.14	131.56	1375.06	216.00
		8.00	0.573	43.792	34.377	2144.60	214.46	7.00	272.92	716.11	143.62	4.05	167.57	1733.32	260.65
		10.00	0.566	53.425	41.936	2529.41	252.94	6.66	326.99	837.54	167.51	3.96	199.69	2041.71	336.14
100	250	5.00	0.663	33.356	26.165	2552.06	204.17	6.75	256.54	609.34	121.67	4.27	135.67	1566.70	232.27
		6.00	0.679	39.633	31.112	2990.14	239.21	6.69	304.69	706.66	141.77	4.23	159.76	1856.36	274.40
		8.00	0.673	51.792	40.657	3797.45	303.60	6.56	392.39	867.39	177.46	4.14	204.37	2346.24	354.25
		10.00	0.666	63.425	49.766	4515.64	361.27	6.44	473.04	1040.04	206.01	4.05	244.69	2777.26	426.14
		12.00	0.659	74.532	58.507	5146.71	411.90	6.31	546.96	1166.54	233.71	3.96	261.45	3144.11	495.96

Anexo 6: Inercia tubo circular.

Tubos de acero
Sección Circular
IRAM-IAS
U 500-218
U 500-2592



- D = Diámetro exterior
- t = Espesor de pared
- p = Área exterior por metro lineal
- A = Sección bruta
- g = Peso por metro lineal
- I = Momento de inercia
- S = Módulo elástico resistente
- r = Radio de giro
- Z = Módulo plástico
- J = Módulo de Torsión
- C = Constante torsional

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ⁵]
12.70	0.70	0.04	0.26	0.21	0.05	0.06	0.42	0.10	0.10	0.15
	0.90	0.04	0.33	0.26	0.06	0.09	0.42	0.13	0.12	0.16
	1.25	0.04	0.45	0.35	0.07	0.12	0.41	0.16	0.15	0.23
	1.60	0.04	0.56	0.44	0.09	0.14	0.40	0.20	0.16	0.26
15.87	0.70	0.05	0.33	0.26	0.10	0.12	0.54	0.16	0.19	0.25
	0.90	0.05	0.42	0.33	0.12	0.15	0.53	0.20	0.24	0.30
	1.25	0.05	0.57	0.45	0.15	0.19	0.52	0.27	0.31	0.39
	1.60	0.05	0.72	0.56	0.16	0.23	0.51	0.33	0.37	0.47
19.05	0.70	0.06	0.40	0.32	0.17	0.16	0.65	0.24	0.34	0.37
	0.90	0.06	0.51	0.40	0.21	0.22	0.64	0.30	0.42	0.47
	1.25	0.06	0.70	0.55	0.26	0.29	0.63	0.40	0.56	0.56
	1.60	0.06	0.88	0.69	0.34	0.35	0.62	0.49	0.67	0.71
22.22	0.70	0.07	0.47	0.37	0.27	0.25	0.76	0.32	0.55	0.51
	0.90	0.07	0.60	0.47	0.34	0.31	0.75	0.41	0.69	0.64
	1.25	0.07	0.82	0.65	0.45	0.41	0.74	0.55	0.91	0.82

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 27 -

Tablas de Perfiles

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ⁵]
22.22	1.60	0.07	1.04	0.81	0.55	0.50	0.73	0.66	1.11	1.00
	2.00	0.07	1.27	1.00	0.66	0.59	0.72	0.82	1.31	1.16
25.4	0.70	0.06	0.54	0.43	0.41	0.33	0.67	0.43	0.63	0.67
	0.90	0.06	0.69	0.54	0.52	0.41	0.67	0.54	1.04	0.85
	1.25	0.06	0.95	0.74	0.69	0.55	0.65	0.73	1.39	1.14
	1.60	0.06	1.20	0.94	0.85	0.67	0.64	0.91	1.70	1.34
	2.00	0.06	1.47	1.15	1.01	0.60	0.63	1.10	2.03	1.60
31.75	0.90	0.10	0.87	0.68	1.04	0.65	1.09	0.66	2.06	1.34
	1.25	0.10	1.20	0.94	1.40	0.86	1.06	1.16	2.79	1.83
	1.60	0.10	1.52	1.19	1.73	1.09	1.07	1.46	3.45	2.16
	2.00	0.10	1.87	1.47	2.08	1.31	1.05	1.77	4.15	2.62
	2.50	0.10	2.30	1.80	2.47	1.56	1.04	2.14	4.95	3.12
38.10	0.90	0.12	1.05	0.83	1.62	0.96	1.32	1.25	3.64	1.96
	1.25	0.12	1.45	1.14	2.46	1.29	1.30	1.70	4.92	2.66
	1.60	0.12	1.83	1.44	3.06	1.61	1.29	2.13	6.12	3.35
	2.00	0.12	2.27	1.78	3.71	1.95	1.26	2.61	7.41	3.89
	2.50	0.12	2.80	2.19	4.45	2.34	1.26	3.17	8.90	4.67
44.45	0.90	0.14	1.23	0.97	2.82	1.31	1.54	1.71	5.84	2.66
	1.25	0.14	1.70	1.33	3.96	1.76	1.53	2.33	7.92	3.66
	1.60	0.14	2.15	1.69	4.95	2.23	1.52	2.94	9.90	4.61
	2.00	0.14	2.67	2.09	6.02	2.71	1.50	3.61	12.04	5.66
	2.50	0.14	3.29	2.59	7.27	3.27	1.49	4.41	14.55	6.55
3.20	0.14	4.15	3.26	8.87	3.99	1.46	5.46	17.75	7.98	

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 28 -

Tablas de Perfiles

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
50.8	0.90	0.16	1.41	1.11	4.39	1.73	1.76	2.24	6.79	3.52
	1.25	0.16	1.95	1.53	5.98	2.35	1.75	3.07	11.95	4.82
	1.60	0.16	2.47	1.94	7.49	2.95	1.74	3.85	14.98	6.08
	2.00	0.16	3.07	2.41	9.14	3.60	1.73	4.77	18.29	7.46
	2.50	0.16	3.79	2.95	11.09	4.37	1.71	5.84	22.18	9.16
	3.20	0.16	4.79	3.76	13.61	5.36	1.69	7.26	27.23	10.72
57.15	0.90	0.18	1.59	1.25	6.29	2.20	1.99	2.85	12.58	4.47
	1.25	0.18	2.20	1.72	8.58	3.00	1.98	3.91	17.16	6.13
	1.60	0.18	2.79	2.19	10.78	3.77	1.96	4.94	21.56	7.75
	2.00	0.18	3.47	2.72	13.19	4.62	1.95	6.09	26.36	9.55
	2.50	0.18	4.29	3.37	16.06	5.62	1.93	7.47	32.11	11.72
	3.20	0.18	5.42	4.26	19.60	6.93	1.91	9.33	39.60	13.66
63.5	1.25	0.20	2.44	1.92	11.85	3.73	2.20	4.85	23.69	7.60
	1.60	0.20	3.11	2.44	14.91	4.70	2.19	6.13	29.82	9.63
	2.00	0.20	3.86	3.03	18.29	5.76	2.16	7.57	36.56	11.86
	2.50	0.20	4.79	3.76	22.32	7.03	2.16	9.31	44.64	14.60
	3.20	0.20	6.06	4.76	27.63	8.70	2.13	11.65	55.26	17.40
	4.00	0.20	7.46	5.87	33.24	10.47	2.11	14.19	66.47	20.94
76.2	1.60	0.24	3.75	2.94	26.10	6.85	2.64	8.91	52.19	13.98
	2.00	0.24	4.66	3.66	32.11	8.43	2.62	11.02	64.22	17.29
	2.50	0.24	5.79	4.54	39.35	10.33	2.61	13.59	78.69	21.32
	3.20	0.24	7.34	5.76	48.96	12.66	2.58	17.07	97.96	26.77
	4.00	0.24	9.07	7.12	59.30	15.56	2.56	20.86	118.60	31.13
	4.76	0.24	10.88	8.39	68.46	17.97	2.53	24.33	136.91	35.93
88.9	2.50	0.28	6.79	5.33	63.37	14.26	3.06	16.67	126.75	29.30
	3.20	0.28	8.62	6.76	79.21	17.82	3.03	23.52	158.41	36.90
	4.00	0.28	10.67	8.38	96.34	21.67	3.00	28.86	192.68	45.27

Reglamento CRSOC 301-EL / 302-EL

- 29 -

Tablas de Perfiles

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
88.9	4.76	0.28	12.58	9.88	111.70	25.13	2.98	33.74	223.40	50.26
	5.50	0.28	14.41	11.31	125.84	28.31	2.96	38.32	251.67	56.62
	6.35	0.28	16.47	12.93	141.11	31.74	2.93	43.37	282.21	63.49
101.6	2.00	0.32	6.26	4.91	77.63	15.28	3.52	19.55	155.26	31.15
	2.50	0.32	7.78	6.11	95.61	18.62	3.50	24.56	191.22	38.55
	3.20	0.32	9.89	7.77	119.85	23.59	3.48	31.00	239.71	46.65
	4.00	0.32	12.26	9.63	146.28	28.80	3.45	38.13	292.57	59.82
	4.76	0.32	14.46	11.37	170.17	33.50	3.43	44.66	340.33	70.08
	6.35	0.32	19.00	14.92	216.45	42.61	3.36	57.71	432.89	85.22
127	2.50	0.40	9.78	7.68	189.53	29.85	4.40	38.76	379.06	60.84
	3.20	0.40	12.45	9.77	238.59	37.57	4.38	49.07	477.19	77.00
	4.00	0.40	15.46	12.13	292.61	46.08	4.35	60.55	585.22	95.01
	4.75	0.40	18.24	14.32	341.31	53.75	4.33	71.04	682.62	111.45
	6.35	0.40	24.07	18.89	439.15	69.16	4.27	92.54	878.30	145.12
168.3	3.20	0.53	16.60	13.03	565.73	67.23	5.84	87.25	1131.46	136.94
	4.00	0.53	20.65	16.21	697.09	82.84	5.81	108.02	1394.17	169.53
	4.75	0.53	24.41	19.16	816.71	97.05	5.78	127.12	1633.42	199.46
	6.35	0.53	32.31	25.36	1060.82	126.06	5.73	166.67	2121.63	261.48
	7.10	0.53	35.96	28.23	1170.16	139.06	5.70	184.65	2340.35	289.66
219.1	4.00	0.69	27.06	21.24	1568.19	143.02	7.61	165.47	3136.38	291.10
	4.76	0.69	32.06	25.18	1846.72	168.42	7.59	219.17	3693.45	343.97
	6.35	0.69	42.46	33.35	2410.16	219.61	7.53	288.10	4820.36	452.09
	7.95	0.69	52.79	41.44	2951.51	269.18	7.48	355.36	5903.02	557.53
	9.53	0.69	62.80	49.30	3461.58	315.69	7.42	419.73	6923.17	658.36
	11.10	0.69	72.60	56.99	3945.07	359.79	7.37	481.71	7890.13	719.57
	12.70	0.69	82.43	64.71	4414.58	402.61	7.32	542.67	8829.15	805.21

Reglamento CRSOC 301-EL / 302-EL

- 30 -

Tablas de Perfiles

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ⁴]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
273	6.35	0.86	53.19	41.76	4730.44	346.55	9.43	451.67	9460.57	706.55
	7.95	0.86	66.20	51.97	5616.32	426.25	9.36	556.78	11636.64	876.64
	9.53	0.86	78.66	61.92	6653.47	502.09	9.32	661.96	13706.95	1036.62
	11.10	0.86	91.33	71.69	7644.50	574.69	9.27	761.96	15669.00	1195.35
323.8	12.70	0.86	103.66	81.53	8616.69	645.93	9.21	861.36	17633.77	1350.99
	6.35	1.02	63.33	49.71	7980.5	492.9	11.23	640.1	15961.0	1004.7
	7.95	1.02	76.89	61.93	9543.3	606.0	11.17	793.4	19666.6	1245.2
	9.53	1.02	94.09	73.86	11626.7	716.1	11.12	941.7	23253.4	1477.7
355.6	11.10	1.02	109.04	85.60	13344.7	824.3	11.06	1066.0	26669.5	1704.0
	12.70	1.02	124.12	97.44	15041.2	929.0	11.01	1230.1	30082.5	1929.6
	6.35	1.12	69.67	54.69	10626.3	597.7	12.35	774.6	21252.6	1216.0
	7.95	1.12	86.83	66.16	13124.3	736.2	12.29	961.2	26246.7	1506.5
406.4	9.53	1.12	103.61	81.33	15522.6	873.0	12.24	1141.9	31045.6	1791.9
	11.10	1.12	120.13	94.30	17640.1	1003.4	12.19	1316.1	35660.2	2066.2
	12.70	1.12	136.61	107.40	20135.3	1132.5	12.13	1494.3	40270.6	2344.4
	6.35	1.26	79.62	62.66	15975.2	766.1	14.15	1016.6	31950.3	1595.9
457.2	7.95	1.26	99.53	76.13	19764.3	972.5	14.09	1262.9	39526.6	1962.1
	9.53	1.26	116.64	93.29	23415.6	1152.2	14.04	1502.0	46631.6	2357.2
	11.10	1.26	137.67	106.22	26956.7	1326.4	13.96	1735.6	53913.4	2723.9
	12.70	1.26	157.10	123.32	30477.1	1499.7	13.93	1970.1	60954.2	3091.3
457.2	6.35	1.44	89.94	70.60	22656.6	999.9	15.94	1291.1	45713.3	2026.5
	7.95	1.44	112.20	86.06	26315.5	1236.6	15.89	1605.0	56630.9	2519.1
	9.53	1.44	134.03	105.21	33590.6	1469.4	15.83	1910.6	67161.6	2995.5
	11.10	1.44	155.96	122.12	36720.9	1693.6	15.76	2209.9	77441.7	3466.1
	12.70	1.44	177.35	139.22	43635.9	1917.6	15.72	2510.5	87671.6	3939.6

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 31 -

Tablas de Perfiles

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ⁴]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
508.2	6.35	1.60	100.11	76.59	31522.6	1240.6	17.74	1599.7	63045.1	2510.9
	9.53	1.60	149.30	117.20	46424.5	1827.0	17.63	2370.6	92649.1	3720.7
	12.70	1.60	197.70	155.19	60712.3	2369.3	17.52	3119.4	121424.5	4695.4
	15.87	1.60	245.46	192.69	74448.1	2929.9	17.42	3846.6	146696.1	6039.3
556.6	6.35	1.76	110.21	86.51	42060.0	1505.0	19.53	1936.5	84100.1	3042.7
	9.53	1.76	164.45	129.09	62035.1	2220.3	19.42	2676.0	124070.3	4514.0
	12.70	1.76	217.66	171.04	81266.5	2906.6	19.31	3766.9	162533.0	5946.3
609.6	6.35	1.92	120.34	94.47	54746.3	1796.2	21.33	2311.4	109496.5	3626.0
	9.53	1.92	179.66	141.03	80664.4	2653.7	21.22	3432.6	161766.6	5367.6
	12.70	1.92	238.15	186.95	106111.3	3481.3	21.11	4526.5	212222.5	7104.1
	15.87	1.92	296.02	232.37	130530.1	4262.5	21.00	5596.9	261060.1	8763.2
762	7.92	2.39	167.63	147.29	133377.3	3500.7	26.66	4504.7	266754.5	7070.7
	9.53	2.39	225.26	176.65	159472.6	4165.6	26.61	5397.4	316946.6	8471.7
	12.70	2.39	296.96	234.66	209670.9	5506.4	26.50	7132.5	419741.7	11194.6
	15.87	2.39	372.00	292.02	258964.2	6797.5	26.39	8636.1	517966.5	13670.9
914.4	7.92	2.67	225.55	177.05	231661	5067	32.05	6509	463361	10217
	9.53	2.67	270.91	212.67	277304	6065	31.99	7605	554606	12251
	12.70	2.67	359.76	282.41	365706	7999	31.86	10329	731413	16212
	15.87	2.67	447.96	351.66	452236	9691	31.77	12617	904475	20116
	19.05	2.67	535.64	420.64	537166	11750	31.66	15277	1074377	23976
1066.6	9.53	3.35	316.54	246.46	442326	6293	37.36	10655	864652	16725
	11.10	3.35	365.14	286.99	512919	8616	37.33	12374	1025639	19422
	12.70	3.35	420.57	330.15	564210	10953	37.27	14115	1166419	22155
	15.87	3.35	523.96	411.31	723525	13664	37.16	17533	1447051	27516
	19.05	3.35	627.05	492.23	860732	16137	37.05	20919	1721464	32633

Reglamento CIRSOC 301-EL / 302-EL

- 32 -

Tablas de Perfiles

D	t	p	A _g	g	l	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ²]	[Kg/m]	[cm ²]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
1219.2	9.53	3.83	302.17	294.30	662467	10066	42.77	13948	1324973	21894
	11.10	3.83	421.28	330.71	766643	12609	42.71	16204	1537266	25435
	12.70	3.83	481.37	377.86	879972	14370	42.66	18491	1751944	29024
	15.87	3.83	599.95	470.96	1086083	17816	42.55	22966	2172167	36078
	19.05	3.83	718.26	583.83	1293503	21219	42.44	27447	2587000	43079
1320.6	9.53	4.15	392.59	306.15	843810	12777	46.36	16380	1607636	25726
	11.10	4.15	456.71	358.52	979323	14829	46.31	19044	1958647	29893
	12.70	4.15	521.91	409.70	1116411	16905	46.25	21736	2232621	34116
	15.87	4.15	650.60	510.72	1385030	20973	46.14	27031	2770061	42426
	19.05	4.15	779.06	611.56	1650544	24993	46.03	32290	3301089	50662
1422.4	9.53	4.47	423.00	332.06	1055543	14842	49.95	19028	2111085	29867
	11.10	4.47	492.14	386.33	1225362	17229	49.90	22113	2450724	34711
	12.70	4.47	562.45	441.52	1397255	19646	49.84	25244	2794509	39624
	15.87	4.47	701.25	550.48	1734346	24386	49.73	31404	3468692	49292
	19.05	4.47	839.67	659.30	2067900	29076	49.62	37527	4135799	59902
1524	9.53	4.79	453.42	355.94	1300016	17061	53.55	21863	2600031	34317
	11.10	4.79	527.57	414.15	1509501	19810	53.49	25412	3019003	39668
	12.70	4.79	602.98	473.34	1721642	22594	53.43	29014	3443285	45541
	15.87	4.79	751.91	590.25	2137951	28057	53.32	36104	4275993	56670
	19.05	4.79	900.67	707.03	2550276	33468	53.21	43157	5100553	67739
1626.6	12.70	5.75	724.59	566.80	2957450	32671	64.21	41896	5974901	65763
	15.87	5.75	903.67	709.54	3713725	40614	64.10	52172	7427451	81891
	19.05	5.75	1083.09	850.22	4434609	48497	63.99	62407	8889216	97956

Anexo 7: Cilindros estándares.

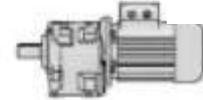
ANEXO 7: Cilindros Estándares							CARGAS EN CILINDROS HIDRAULICOS EN N													
TIPO DE CILINDRO	Diámetro del cilindro (mm)	Diámetro del vástago (mm)	Área del émbolo (cm ²)	Área anular (cm ²)	Rosca de conexión	Rosca punta del vástago	50 bar		80 bar		100 bar		125 bar		160 bar		200 bar		250 bar	
							Avance	Retroceso	Avance	Retroceso	Avance	Retroceso	Avance	Retroceso	Avance	Retroceso	Avance	Retroceso	Avance	Retroceso
CILINDROS ISO/DIS 6020/M CETOP R 58 H	25	14	4.91	3.37	G 1/4	M12X1,25	2453	1684	3925	2694	4906	3368	6133	4210	7850	5388	9813	6735		
	32	16	8.04	6.03	G 3/8	M14X1,5	4019	3014	6431	4823	8038	6029	10048	7536	12861	9646	16077	12058		
	40	20	12.56	9.42	G 1/2	M16X1,5	6280	4710	10048	7536	12560	9420	15700	11775	20096	15072	25120	18840		
	50	25	19.63	14.72	G 1/2	M20X1,5	9813	7359	15700	11775	19625	14719	24531	18398	31400	23550	39250	29438		
	63	32	31.16	23.12	G 3/4	M27X2	15578	11559	24925	18495	31157	23118	38946	28898	49851	36989	62313	46237		
	80	40	50.24	37.68	G 3/4	M33X2	25120	18840	40192	30144	50240	37680	62800	47100	80384	60288	100480	75360		
	100	50	78.50	58.88	G 1	M42X2	39250	29438	62800	47100	78500	58875	98125	73594	125600	94200	157000	117750		
	125	63	122.66	91.50	G 1	M48X2	61328	45750	98125	73200	122656	91500	153320	114375	196250	146399	245313	182999		
160	80	200.96	150.72	G 1 1/4	M64X3	100480	75360	160768	120576	200960	150720	251200	188400	321536	241152	401920	301440			
200	100	314.00	235.50	G 1 1/4	M80X3	157000	117750	251200	188400	314000	235500	392500	294375	502400	376800	628000	471000			
CILINDROS ISO/DIS 6020/M CETOP R 58 H	25	16	4.91	2.90	G 1/4	M14X1,5	2453	1448	3925	2317	4906	2897	6133	3621	7850	4635	9813	5793	12266	7242
	32	20	8.04	4.90	G 3/8	M16X1,5	4019	2449	6431	3919	8038	4898	10048	6123	12861	7837	16077	9797	20096	12246
	40	25	12.56	7.65	G 1/2	M20X1,5	6280	3827	10048	6123	12560	7654	15700	9567	20096	12246	25120	15308	31400	19134
CILINDROS ISO/DIS 6022 CETOP RP 73 H	50	32	19.63	11.59	G 1/2	M27X2	9813	5793	15700	9269	19625	11587	24531	14483	31400	18539	39250	23173	49063	28967
	63	40	31.16	18.60	G 3/4	M33X2	15578	9298	24925	14877	31157	18597	38946	23246	49851	29755	62313	37193	77892	46492
	80	50	50.24	30.62	G 3/4	M42X2	25120	15308	40192	24492	50240	30615	62800	38269	80384	48984	100480	61230	125600	76538
	100	63	78.50	47.34	G 1	M48X2	39250	23672	62800	37875	78500	47343	98125	59179	125600	75749	157000	94687	196250	118358
	125	80	122.66	72.42	G 1	M64X3	61328	36208	98125	57933	122656	72416	153320	90520	196250	115866	245313	144833	306641	181041
	160	100	200.96	122.46	G 1 1/4	M80X3	100480	61230	160768	97968	200960	122460	251200	153075	321536	195936	401920	244920	502400	306150
	200	125	314.00	191.34	G 1 1/4	M100X3	157000	95672	251200	153075	314000	191344	392500	239180	502400	306150	628000	382688	785000	478359

Anexo 8: Coeficiente de fricción de superficies en contacto.

Superficies en contacto	μ_k
Acero sobre acero	0.18
Acero sobre hielo (patines)	0.02-0.03
Acero sobre hierro	0.19
Hielo sobre hielo	0.028
Patines de madera sobre hielo y nieve	0.035
Goma (neumático) sobre terreno firme	0.4-0.6
Correa de cuero (seca) sobre metal	0.56
Bronce sobre bronce	0.2
Bronce sobre acero	0.18
Roble sobre roble en la dirección de la fibra	0.48

Anexo 9: Motor reductor

8 - Programa de fabricación (motorreductores)
8 - Programme de fabrication (motorréducteurs)



P_1 kW	n_2 min ⁻¹	M_2 daNm	i_5	Reductor - Motor Réducteur - Moteur	i	
η_1				η_2		
0,55	73,6	7	1,9	MR 2i 50 - 80 B	6	12,2
	73,6	7	2,5	MR 2i 51 - 80 B	6	12,2
	73,7	6,8	1	MR 3i 40 - 71 C	4	19
	73,7	6,8	1,18	MR 3i 41 - 71 C	4	19
	76,6	6,7	2	MR 2i 50 - 71 C	4	18,3
	76,6	6,7	2,65	MR 2i 51 - 71 C	4	18,3
	76,6	6,7	1	MR 2i 40 - 80 B	6	11,8
	76,6	6,7	1,18	MR 2i 41 - 80 B	6	11,8
	77,9	6,5	2,36	MR 3i 50 - 80 A	4	18
	77,9	6,5	3,35	MR 3i 51 - 80 A	4	18
	85	6,1	2,36	MR 2i 50 - 71 C	4	16,5
	85	6,1	3,15	MR 2i 51 - 71 C	4	16,5
	85,2	6	1,12	MR 2i 40 - 80 B	6	10,6
	85,2	6	1,4	MR 2i 41 - 80 B	6	10,6
	86,1	5,9	2,65	MR 3i 50 - 80 A	4	16,3
	86,4	6	0,95	MR 2i 40 - 71 C	4	16,2
	92,2	5,5	1	MR 3i 40 - 71 C	4	15,2
	93,9	5,5	2,65	MR 2i 50 - 71 C	4	14,9
	94,2	5,5	2,24	MR 2i 50 - 80 A	4	14,9
	95,6	5,4	1,6	MR 2i 41 - 80 B	6	9,41
	102	5,1	2,8	MR 2i 50 - 71 C	4	13,8
	105	4,89	1,32	MR 2i 40 - 71 C	4	13,3
	105	4,89	1,4	MR 2i 41 - 71 C	4	13,3
	112	4,59	3,15	MR 2i 50 - 71 C	4	12,5
	113	4,56	1,5	MR 2i 40 - 80 B	6	7,98
	113	4,56	1,9	MR 2i 41 - 80 B	6	7,98
	114	4,5	3	MR 2i 50 - 80 A	4	12,2
	119	4,32	1,5	MR 2i 40 - 71 C	4	11,8
	119	4,32	1,8	MR 2i 41 - 71 C	4	11,8
	123	4,19	2,12	MR 2i 41 - 80 B	6	7,32
	123	4,18	3,35	MR 2i 50 - 71 C	4	11,4
	127	4,04	3,35	MR 2i 50 - 80 A	4	11
	130	3,97	0,85	MR 2i 32 - 71 C	4	10,8
	133	3,88	1,7	MR 2i 40 - 71 C	4	10,8
	133	3,88	2,12	MR 2i 41 - 71 C	4	10,6
	135	3,82	3,75	MR 2i 50 - 71 C	4	10,4
	141	3,66	3,75	MR 2i 50 - 80 A	4	9,96
	146	3,52	0,95	MR 2i 32 - 71 C	4	9,57
	149	3,46	1,8	MR 2i 40 - 71 C	4	9,41
	149	3,46	2,5	MR 2i 41 - 71 C	4	9,41
	154	3,33	4,25	MR 2i 50 - 80 A	4	9,07
	172	2,98	1,12	MR 2i 32 - 71 C	4	8,12
	175	2,93	2,24	MR 2i 40 - 71 C	4	7,98
	175	2,93	2,8	MR 2i 41 - 71 C	4	7,98
	191	2,69	2,8	MR 2i 40 - 71 C	4	7,32
191	2,69	3,15	MR 2i 41 - 71 C	4	7,32	
192	2,69	1,25	MR 2i 32 - 71 C	4	7,29	
208	2,48	1,25	MR 2i 32 - 71 B	2	13,5	
221	2,33	1,4	MR 2i 32 - 71 C	4	6,33	
225	2,29	3	MR 2i 40 - 71 C	4	6,22	
269	1,98	1,6	MR 2i 32 - 71 B	2	10,8	
277	1,86	1,5	MR 2i 32 - 71 C	4	5,06	
282	1,83	3	MR 2i 40 - 71 C	4	4,97	
293	1,76	1,8	MR 2i 32 - 71 B	2	9,57	
345	1,49	2,12	MR 2i 32 - 71 B	2	8,12	
351	1,47	4,25	MR 2i 40 - 71 B	2	7,98	
383	1,35	4,75	MR 2i 40 - 71 B	2	7,32	
384	1,34	2,36	MR 2i 32 - 71 B	2	7,29	
442	1,16	2,8	MR 2i 32 - 71 B	2	6,33	
450	1,14	5,6	MR 2i 40 - 71 B	2	6,22	
554	0,93	2,8	MR 2i 32 - 71 B	2	5,06	
563	0,91	6	MR 2i 40 - 71 B	2	4,97	

1) Potencias para servicio continuo S1; para servicios S2 ... S10 es posible incrementarlas (cap. 2b) proporcionalmente M_2 aumento y i_5 disminuye.
2) Para la designación completa para el pedido ver cap. 3.
3) Forma constructiva B5R (ver cuadro cap. 2b).

P_1 kW	n_2 min ⁻¹	M_2 daNm	i_5	Reductor - Motor Réducteur - Moteur	i	
η_1				η_2		
0,75	9,36	7,3	1,8	MR 3i 100 - 90 S	6	96,2
	9,36	7,3	2,36	MR 3i 101 - 90 S	6	96,2
	11,1	6,2	1	MR 3i 80 - 80 B	4	126
	11,1	6,2	1,18	MR 3i 81 - 80 B	4	126
	11,5	6,0	2,24	MR 3i 100 - 90 S	6	77,9
	11,5	6,0	3	MR 3i 101 - 90 S	6	77,9
	13,8	49,6	1,32	MR 3i 80 - 80 B	4	101
	13,8	49,6	1,8	MR 3i 81 - 80 B	4	101
	14,1	48,7	2,65	MR 3i 100 - 90 S	6	63,8
	16,5	41,6	0,8	MR 3i 63 - 80 C	6	54,5
	16,5	41,6	1	MR 3i 64 - 80 C	6	54,5
	16,5	41,6	1,6	MR 3i 80 - 80 B	4	84,6
	16,5	41,6	2,12	MR 3i 81 - 80 B	4	84,6
	17	40,6	3,35	MR 3i 100 - 90 S	6	53,1
	18,1	38,1	1,8	MR 3i 80 - 80 C	6	49,8
	18,1	38,1	2,36	MR 3i 81 - 80 C	6	49,8
	18,4	37,4	1,18	MR 3i 64 - 80 C	6	48,9
	18,8	36,5	0,85	MR 3i 63 - 80 B	4	74,3
	18,8	36,5	1	MR 3i 64 - 80 B	4	74,3
	19,2	35,8	0,95	MR 3i 63 - 90 S	6	46,9
	19,2	35,8	1,25	MR 3i 64 - 90 S	6	46,9
	20,4	33,8	1	MR 3i 63 - 80 C	6	44,2
	20,4	33,8	1,32	MR 3i 64 - 80 C	6	44,2
	21,1	32,6	2	MR 3i 80 - 80 B	4	66,3
	21,1	32,6	2,65	MR 3i 81 - 80 B	4	66,3
	23,3	29,5	2,24	MR 3i 80 - 80 C	6	38,6
	23,5	29,2	1,12	MR 3i 63 - 80 B	4	59,5
	23,5	29,2	1,5	MR 3i 64 - 80 B	4	59,5
	23,8	28,9	2,36	MR 3i 80 - 80 B	4	56,7
	23,8	28,9	3,15	MR 3i 81 - 80 B	4	56,7
	25,7	26,8	1,18	MR 3i 63 - 80 B	4	54,5
	25,7	26,8	1,5	MR 3i 64 - 80 B	4	54,5
	26,8	26,6	1,7	MR 3i 64 - 90 S	6	34,8
	26,1	26,3	0,85	MR 3i 51 - 80 C	6	34,5
	27,6	24,9	0,65	MR 3i 51 - 80 B	4	50,6
	28,1	24,5	2,8	MR 3i 80 - 80 B	4	49,8
	28,6	24	1,4	MR 3i 63 - 80 B	4	48,9
	28,6	24	1,8	MR 3i 64 - 80 B	4	48,9
	29,7	23,1	0,95	MR 3i 51 - 80 B	4	47,1
	30,6	22,5	0,9	MR 3i 51 - 80 B	4	45,7
	31,7	21,7	1,5	MR 3i 63 - 80 B	4	44,2
	31,7	21,7	2	MR 3i 64 - 80 B	4	44,2
	32,1	21,4	3	MR 3i 80 - 80 B	4	43,6
	32,5	21,2	1,06	MR 3i 51 - 80 B	4	43,1
	33,8	20,3	1,06	MR 3i 51 - 80 B	4	41,4
34,8	19,7	1,7	MR 3i 63 - 80 B	4	40,2	
34,8	19,7	2,24	MR 3i 64 - 80 B	4	40,2	
37,1	18,5	0,85	MR 3i 60 - 80 B	4	37,7	
37,1	18,5	1,19	MR 3i 51 - 80 B	4	37,7	
37,9	18,1	1,7	MR 3i 63 - 80 B	4	36,9	
37,9	18,1	2,24	MR 3i 64 - 80 B	4	36,9	
40,6	16,9	0,9	MR 3i 50 - 80 B	4	34,5	
40,6	16,9	1,32	MR 3i 51 - 80 B	4	34,5	
42,2	16,3	2	MR 3i 63 - 80 B	4	33,2	
42,2	16,3	2,65	MR 3i 64 - 80 B	4	33,2	
46,7	14,7	2,24	MR 3i 63 - 80 B	4	30	
46,7	14,7	3	MR 3i 64 - 80 B	4	30	
47	14,6	1,06	MR 3i 50 - 80 B	4	29,8	
47	14,6	1,5	MR 3i 51 - 80 B	4	29,8	
49,3	13,9	1,12	MR 3i 50 - 80 B	4	28,4	
49,3	13,9	1,5	MR 3i 51 - 80 B	4	28,4	
51,4	13,4	2,36	MR 3i 63 - 80 B	4	27,2	
51,4	13,4	3,15	MR 3i 64 - 80 B	4	27,2	
56,1	12,3	1,25	MR 3i 50 - 80 B	4	25	
56,1	12,3	1,7	MR 3i 51 - 80 B	4	25	
57,7	12,2	2,12	MR 2i 63 - 80 B	4	24,3	
60	11,5	2,8	MR 3i 63 - 80 B	4	23,3	
60,6	11,6	1,06	MR 2i 50 - 80 C	6	14,9	
61,6	11,2	1,32	MR 3i 50 - 80 B	4	22,7	
61,6	11,2	1,9	MR 3i 51 - 80 B	4	22,7	

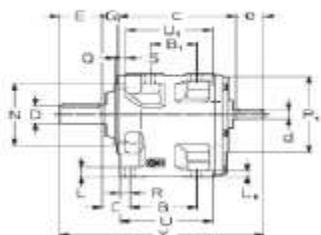
1) Potencias para servicio continuo S1; para servicios S2 ... S10 es posible de les augmenter (chap. 2b); M_2 augmente et i_5 diminue de façon proportionnelle.
2) Pour la designación completa dans la commande, voir chap. 3.
3) Position de montage B5R (voir tableau chap. 2b).

7 - Ejecuciones, dimensiones, formas constructivas y cantidades de lubricante

7 - Executions, dimensions, positions de montage et quantités de lubrifiant



Ejecución normal
Formas constructivas B3, B6, B7, B8, V5, V6



Exécution normale
Position de montage B3, B6, B7, B8, V5, V6

R 2l, 3l 50 ... 180



UC2A

Item Código	A	B	C	c	D	E	d	Y ₁	d	Y ₁	d	Y ₁	F	G	H	H ₁	K	L	L ₁	M	N	P	P ₁	R	S	T	U	U ₁	W ₁	Masa Módulo kg
50 55	124 127	76 80	30,5 30,2	138 139	24 29	50 43	14 10	234 256	11 10	227 219	11 10	227 219	9,5 11,2	18 19	106 112	71 80	11,8 14	17 20	12 14	130 145	110 136	140 150	140 150	11,5 16	30 12	148 192	110 136	100 124	177 217	12 20
60 64	153 156	94 96	30,2 30	169 170	32 40	54 40	10 10	265 301	14 14	275 301	14 14	275 301	11,2 14	19 22	132 160	80 106	14 16	20 24	14 17	145 171	136 162	150 160	150 160	16 18	30 18	192 236	136 171	124 157	217 266	20 35
80 84	192 197	127 127	30 30	204 204	48 48	60 51	14 14	309 345	18 18	330 345	18 18	330 345	14 18	22 22	160 160	106 106	16 16	24 24	17 17	171 186	162 180	180 190	180 190	18 18	30 18	236 280	171 197	157 186	266 335	35
100 101	240 240	160 159	31,2 31,1	251 251	48 48	60 50	14 14	412 440	24 24	412 440	24 24	412 440	14 18	27 30	130 130	130 130	16 16	26,2 26	20 20	242 250	230 240	300 300	300 300	22,2 22	30 18	280 348	214 264	190 245	327 396	42
125 126	297 297	204 199	31,1 31,1	301 301	60 70	60 60	12 12	549 590	32 32	569 600	32 32	569 600	18 24	30 30	238 238	190 190	22 22	30 30	25 25	300 300	290 290	300 300	300 300	26,2 26	30 18	348 408	264 304	245 296	396 470	110
140 141	297 297	210 199	31,1 31,1	329 329	60 60	60 60	12 12	606 600	32 32	626 600	32 32	626 600	18 24	30 30	250 250	190 190	22 22	30 30	25 25	300 300	290 290	300 300	300 300	26,2 26	30 18	348 408	264 304	245 296	470 550	123
160 161	312 312	250 191	30,5 30,5	305 305	60 70	60 60	12 12	659 710	32 32	679 710	32 32	679 710	18 24	30 30	250 250	190 190	22 22	42 42	30 30	300 300	290 290	300 300	300 300	26,2 26	30 18	430 490	326 394	296 350	550 650	150
180 181	373 373	276 276	30,5 30,5	410 410	100 110	60 60	12 12	719 770	32 32	739 770	32 32	739 770	18 24	30 30	310 310	200 200	22 22	42 42	30 30	300 300	290 290	300 300	300 300	26,2 26	30 18	490 550	410 470	350 410	650 780	260

- 1) Para el árbol rápido la cota H es +15 mm, H₁ +15 mm.
- 2) Para el árbol rápido la cota H es -10 mm, H₁ -10 mm.
- 3) Para el árbol rápido la cota H es -20 mm, H₁ +20 mm.
- 4) Para el 2º el cote c es +4 mm para 125 ... 140, +6 mm para 160 y 180.
- 5) Para el árbol rápido la cota H es +15 mm, H₁ +15 mm.
- 6) Para el árbol rápido la cota H es -10 mm, H₁ -10 mm.
- 7) Para el árbol rápido la cota H es -20 mm, H₁ +20 mm.
- 8) Para el 2º el cote c es +4 mm (grupos 125 ... 140), +6 mm (grupos 160 y 180).

Formas constructivas y cantidades de aceite [l]

Positions de montage et quantités d'huile [l]

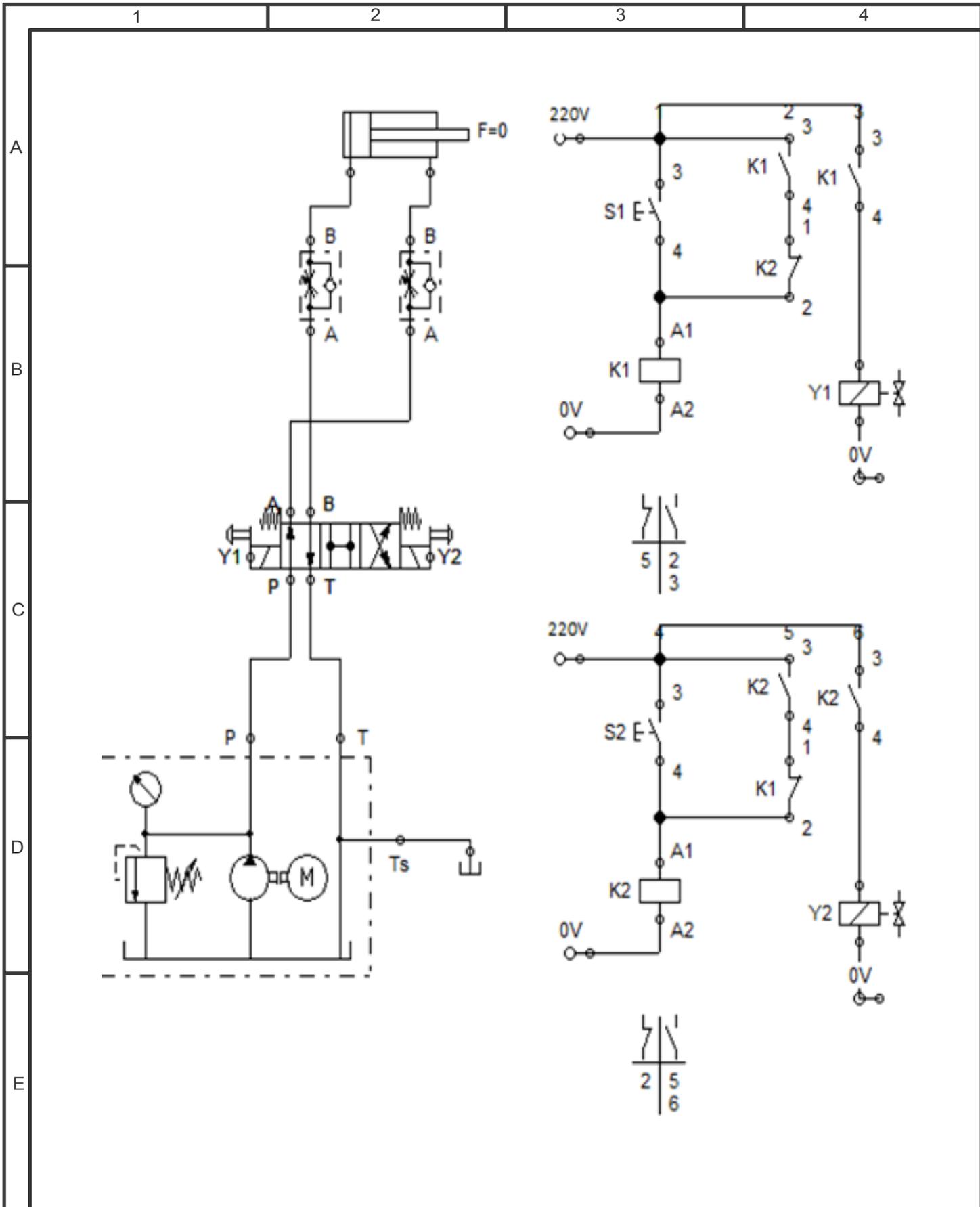
	B3	B6	B7	B8	V5	V6	Tamaño Grupos	B3	B6, B7	B8, V5	V6
							50, 55	0,9	1,1	1,1	1,4
							60, 64	1,1	2,2	2,2	2,8
							80, 84	2,1	4,2	4,2	5,5
							100, 101	5,0	7,1	7,1	10
							125, 126	10,2	13	14,0	18,3
							140	11,6	14,8	16,6	21
							160	18,6	25	26	35
							180	27	39	37	49

Según indicaciones distintas, las reducciones se entregan en la forma constructiva normal B3 que, cuando lo permite, se indica mediante el subíndice.

Selon indications contraires, les réductions sont livrées selon la position de montage normale B3 qui, dans la mesure du possible, est indiquée par le sous-indice.

Anexo 10: Corriente nominal según la potencia

Potencia		Valores de parámetros			
HP	kW	Corriente Nominal (A)	Calibre del Conductor a 75 °C THHW_LS (AWG ó Kcmil)	Impedancia "Z" a FP= 0.85 (Ω/km)	Longitud Máxima del Alimentador (m)
1/2	0.375	2.2	14	8.9	205
3/4	0.55	3.2	14	8.9	140
1	0.75	4.2	14	8.9	105
1 1/2	1.12	6	14	8.9	75
2	1.5	6.8	14	8.9	65
3	2.25	9.6	14	8.9	50
5	3.75	15.2	12	5.6	45
7.5	5.6	22	10	3.6	50
10	7.5	28	8	2.3	60
15	11.2	42	6	1.48	65
20	15	54	4	0.98	75
25	18.7	68	4	0.98	60
30	22.5	80	2	0.66	75
40	30	104	1/0	0.43	90
50	37.5	130	2/0	0.36	85
60	45	154	3/0	0.308	85
75	56	192	250	0.24	85
100	75	248	350	0.197	80
125	93	312	2x3/0	0.154	85
150	112	360	2x4/0	0.131	85
200	150	480	2x350	0.0985	85



				Tolerancia	Peso	Materiales:		
				Fecha	Nombre	Denominación: Diseño electrohidráulico	Escala:	
			Dib:	17/09/2018	López J.			
			Rev:	17/09/2018	Cruz J.			
			Apro:	17/09/2018	Cruz J.			
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA			Anexo 12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)	

1

2

3

4

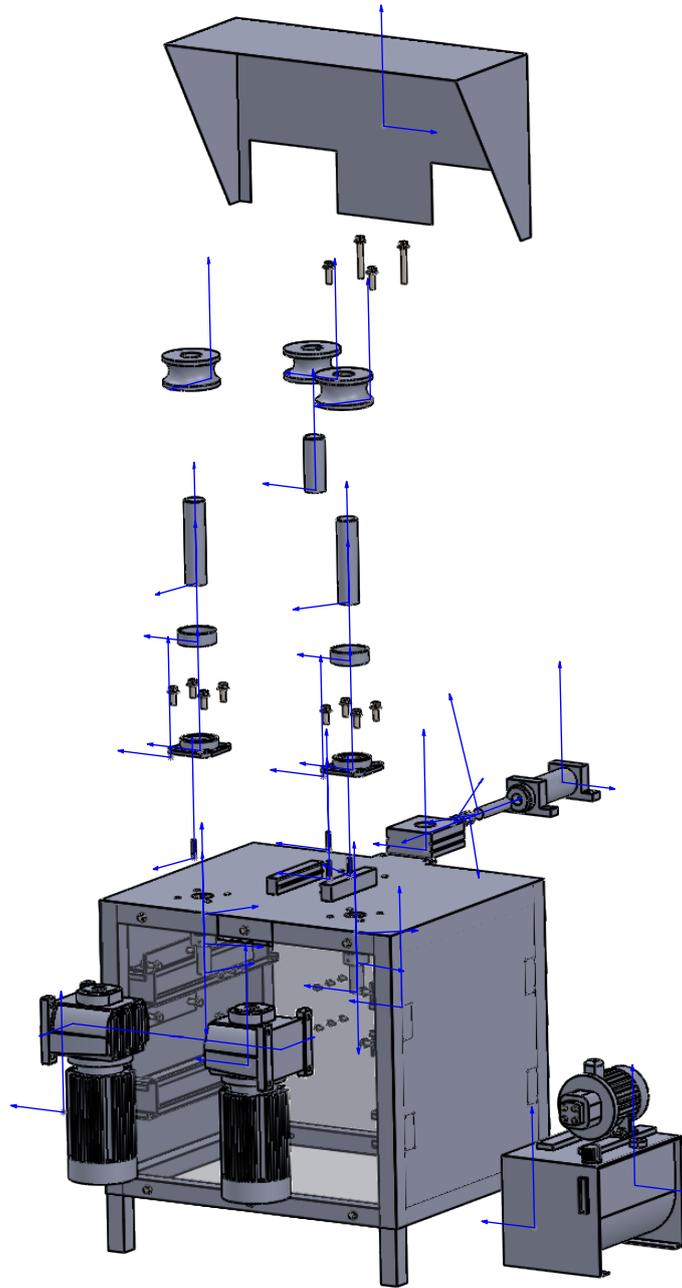
A

B

C

D

E



				Tolerancia	Peso	Materiales: ACERO AISI 1020		
						Denominación: Vista explosionada	Escala: 1:20	
				Fecha	Nombre			
				Dib: 17/09/2018	López J.			
				Rev: 17/09/2018	Cruz J.			
				Apro: 17/09/2018	Cruz J.			
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA			Anexo 14	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)	

1

2

3

4

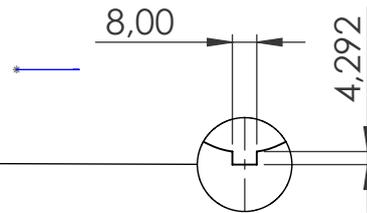
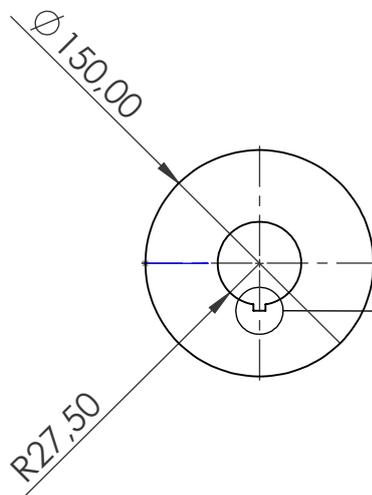
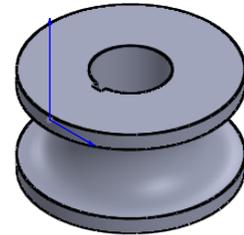
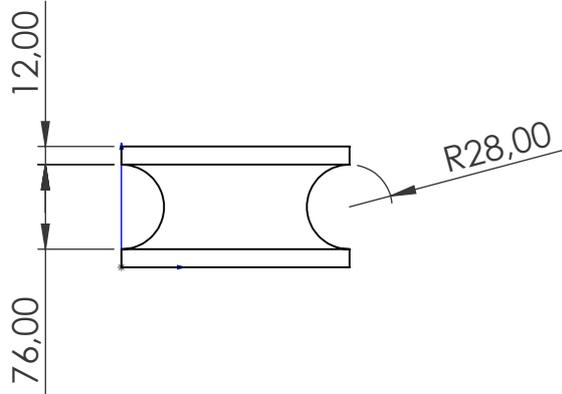
A

B

C

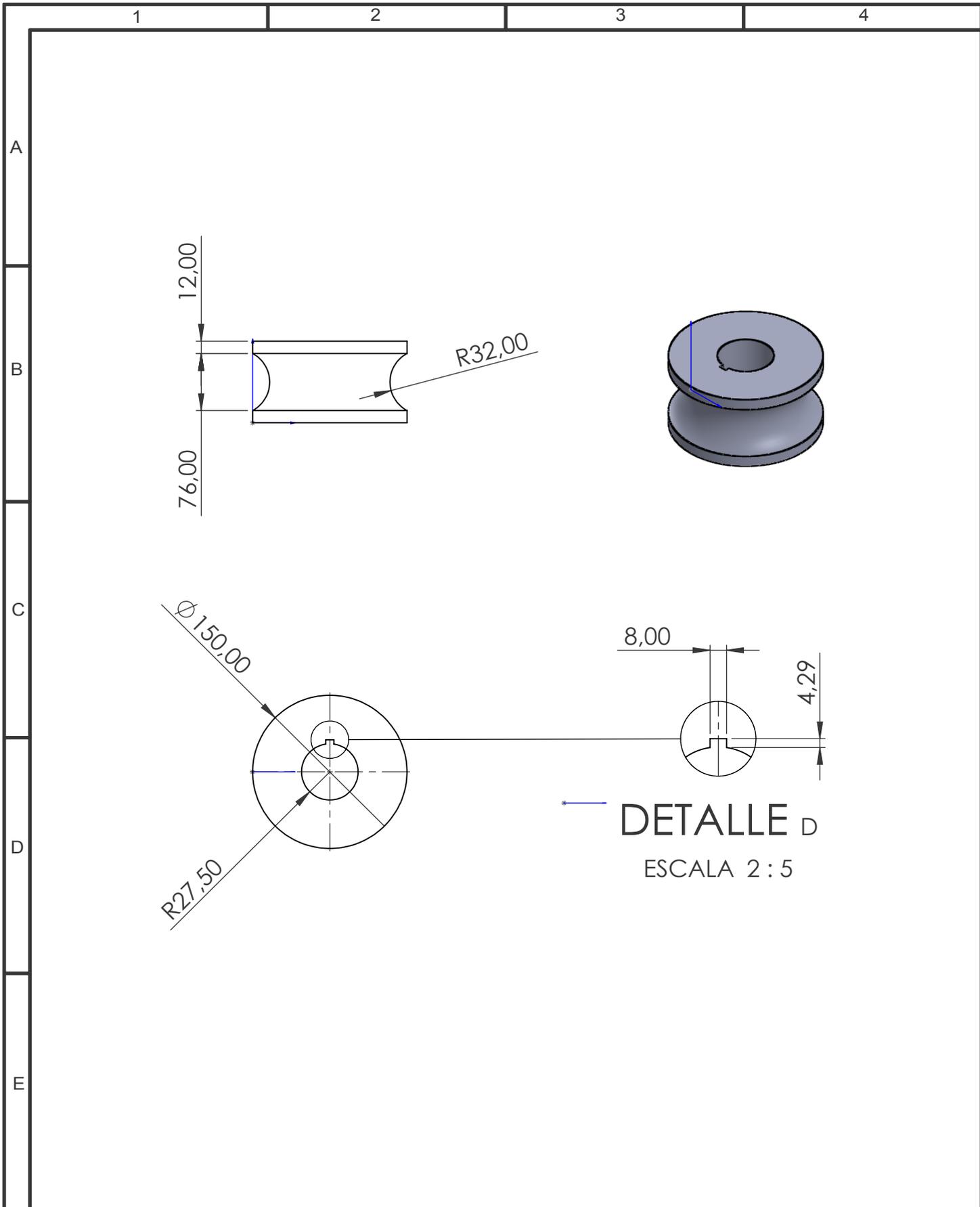
D

E



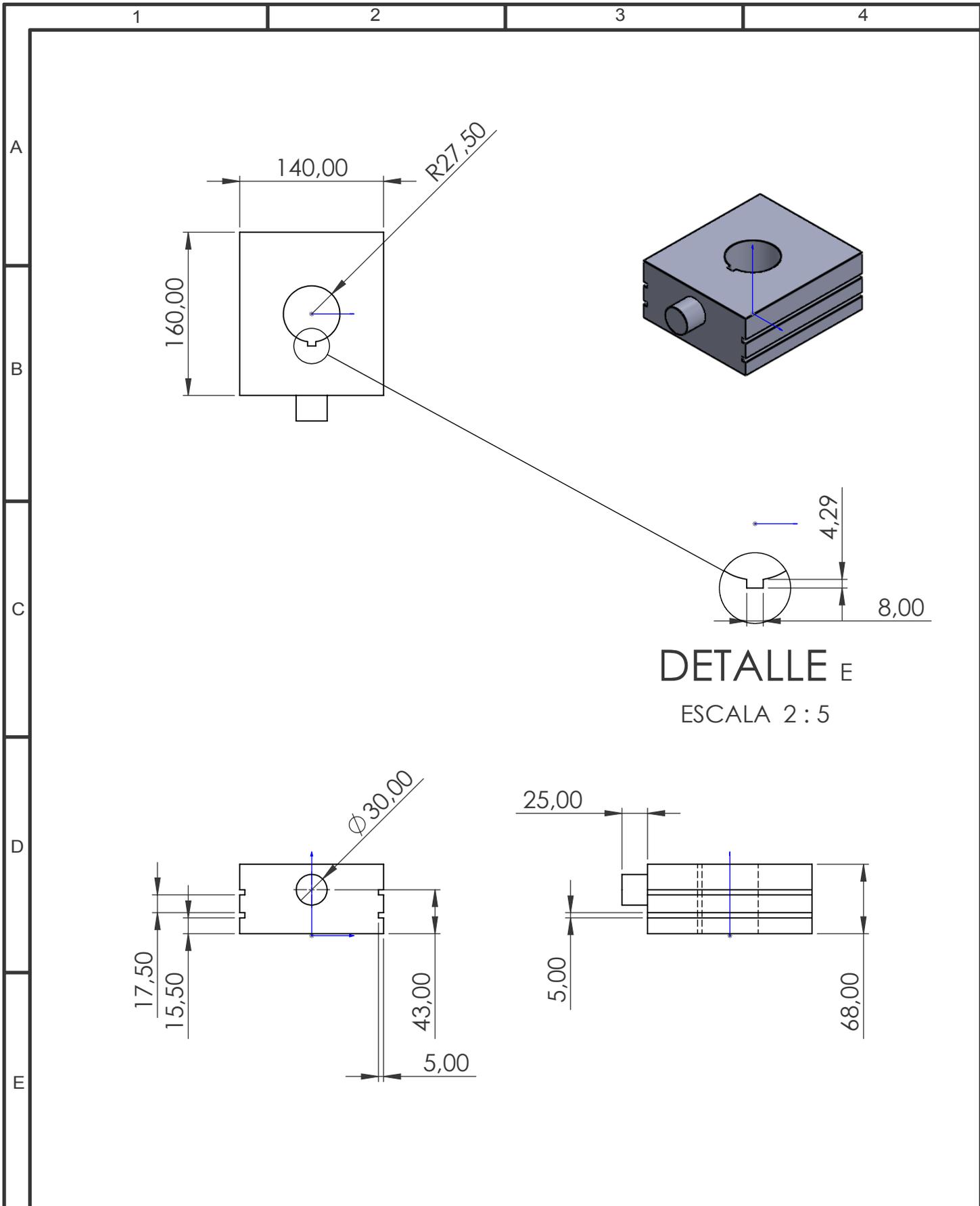
DETALLE C
ESCALA 2 : 5

				Tolerancia	Peso	Materiales: ACERO AISI 1020	
						Denominación: Matriz principal circular	Escala: 1:5
				Fecha	Nombre		
				Dib: 17/09/2018	López J.		
				Rev: 17/09/2018	Cruz J.		
				Apro: 17/09/2018	Cruz J.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		Anexo 15	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

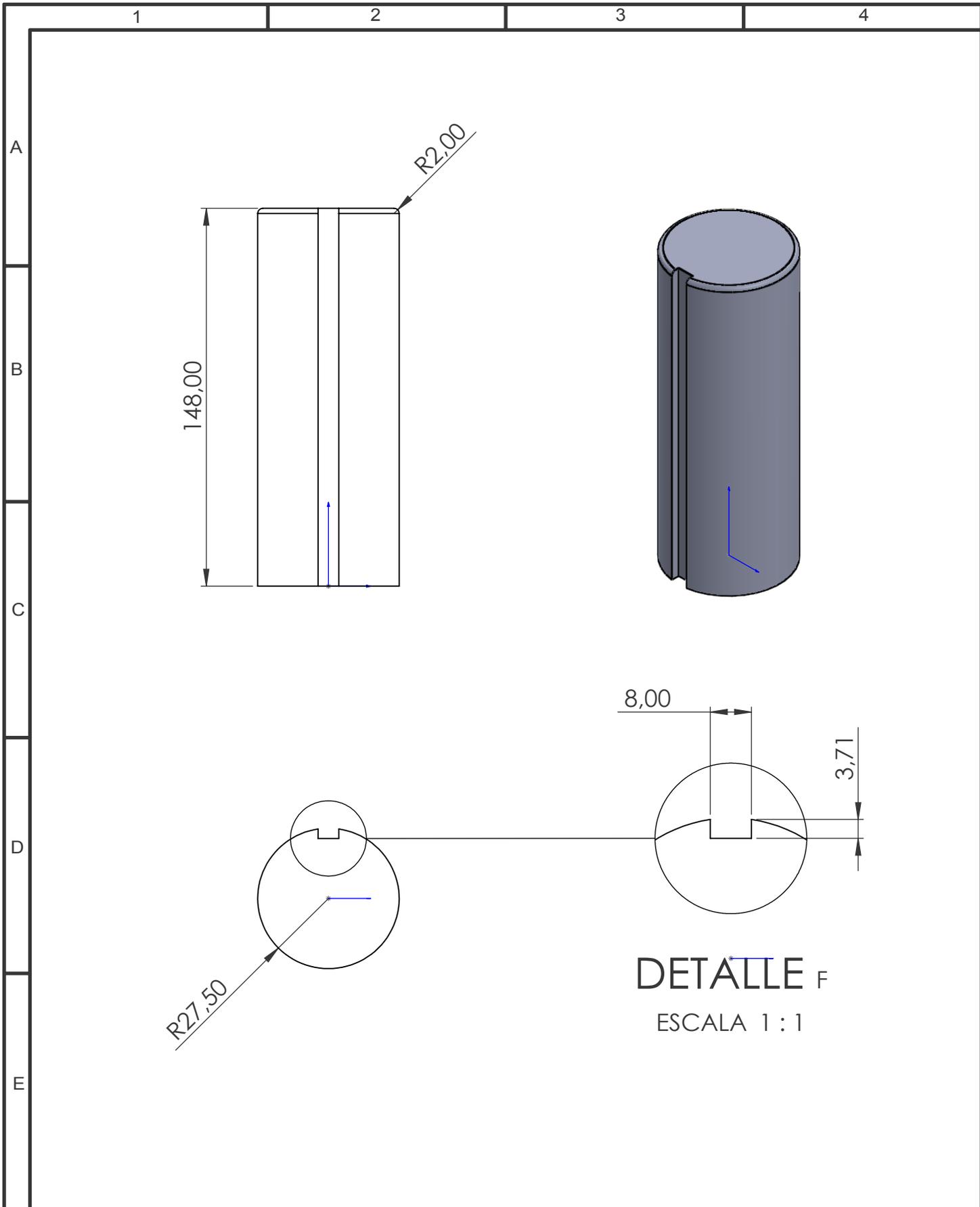


DETALLE D
ESCALA 2 : 5

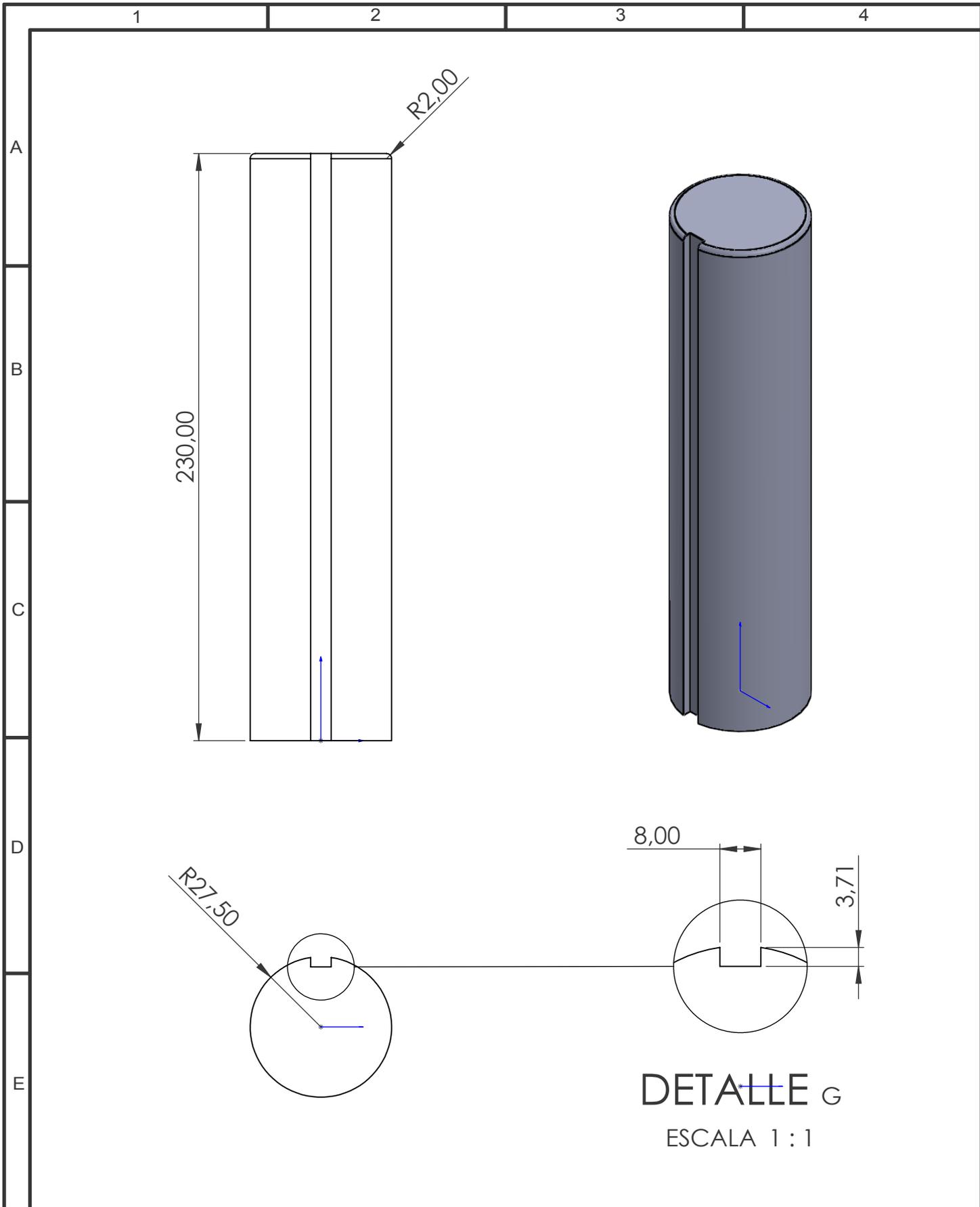
				Tolerancia	Peso	Materiales: ACERO AISI 1020	
						Denominación:	Escala:
				Dib:	Fecha	Matriz secundaria circular	1:5
				Rev:	Nombre		
				Apro:			
						Anexo 16	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		(Sustitución)	



				Tolerancia	Peso	Materiales: ACERO ASTM A36	
						Denominación: Base principal	Escala: 1:5
				Fecha	Nombre		
				Dib: 17/09/2018	López J.		
				Rev: 17/09/2018	Cruz J.		
				Apro: 17/09/2018	Cruz J.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		Anexo 17	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

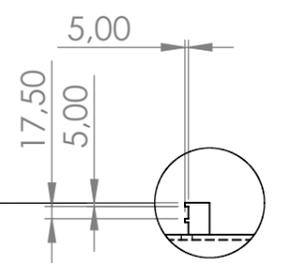
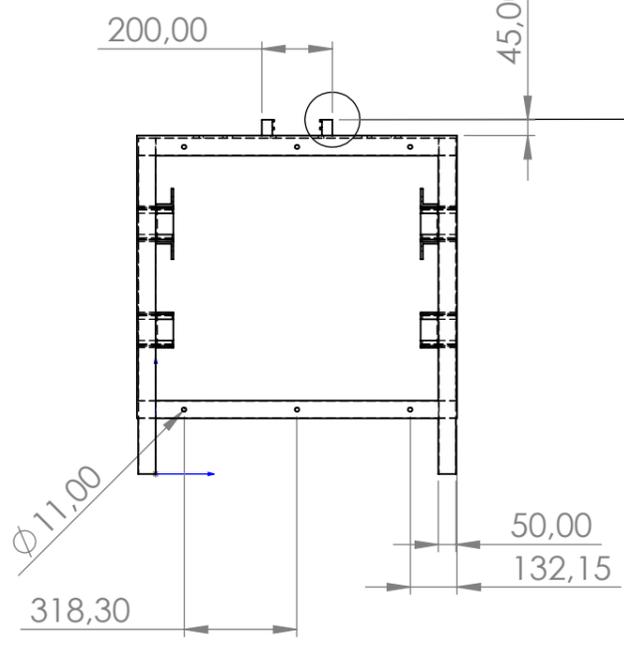
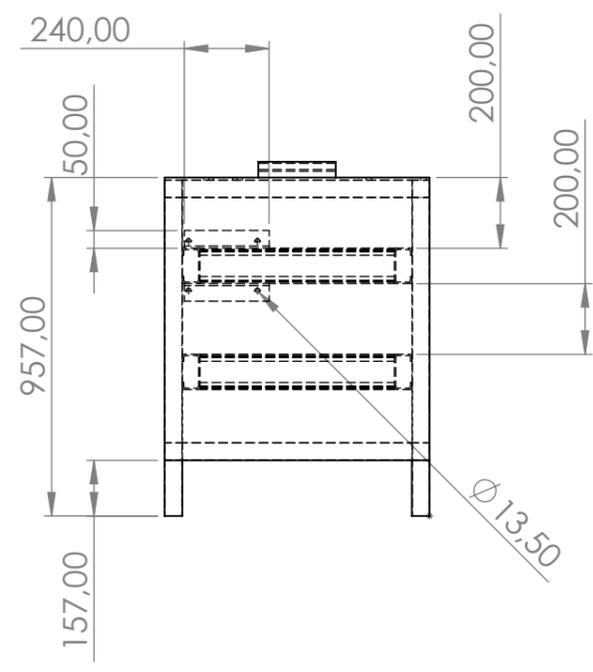
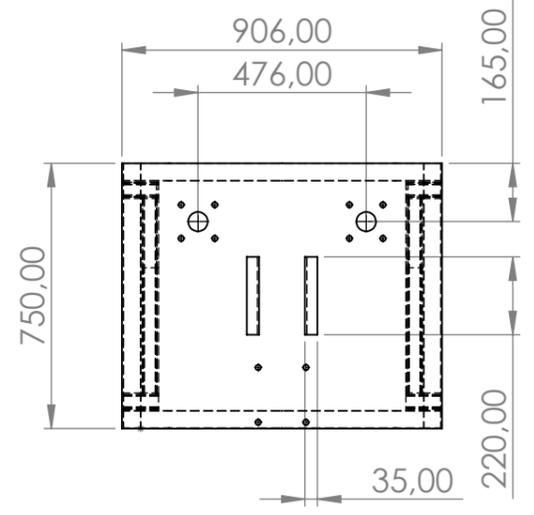
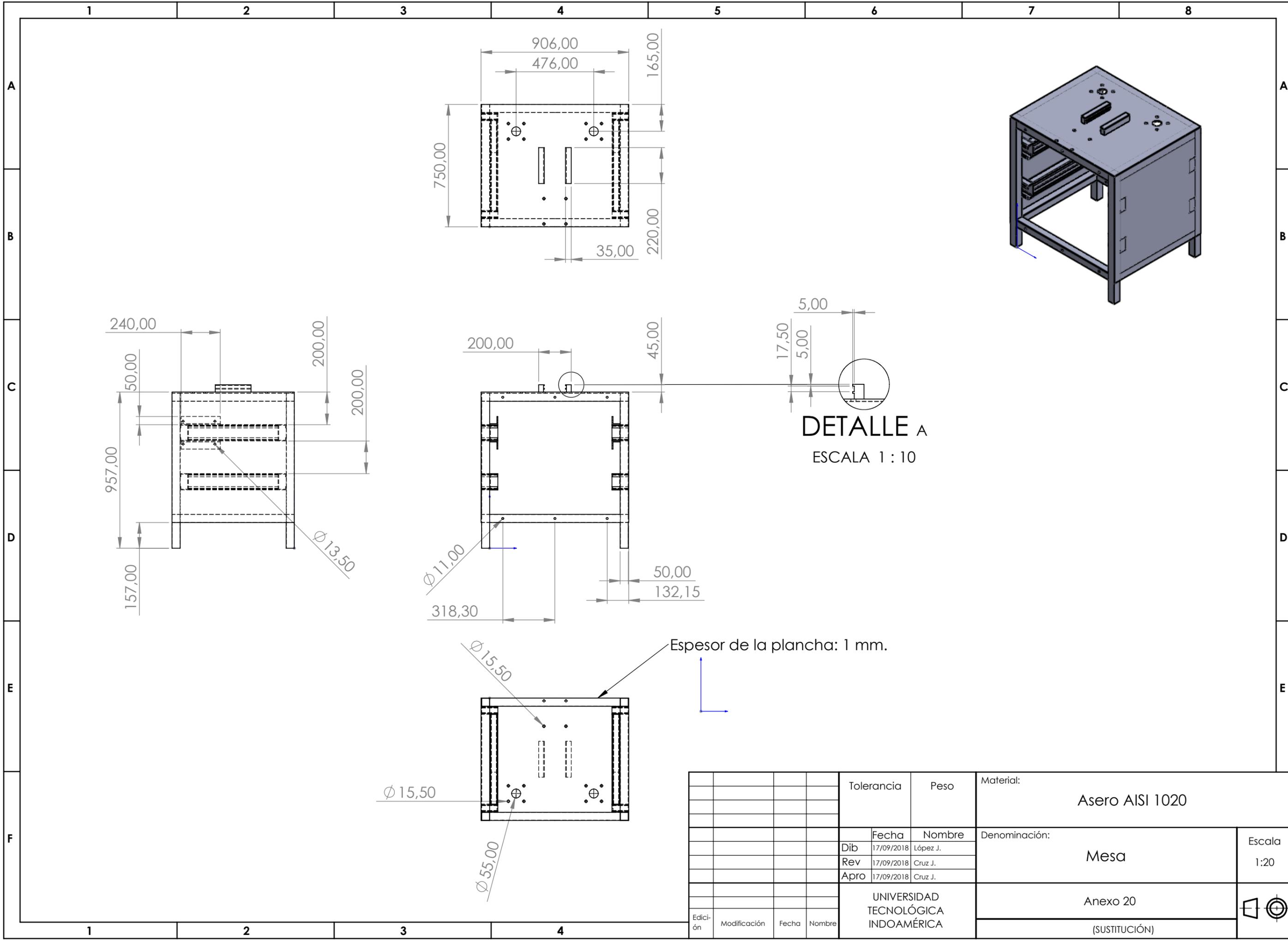


				Tolerancia	Peso	Materiales: ACERO AISI 1020	
						Denominación: Eje principal	Escala: 1:2
				Fecha	Nombre		
				Dib: 17/09/2018	López J.		
				Rev: 17/09/2018	Cruz J.		
				Apro: 17/09/2018	Cruz J.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		Anexo 18	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

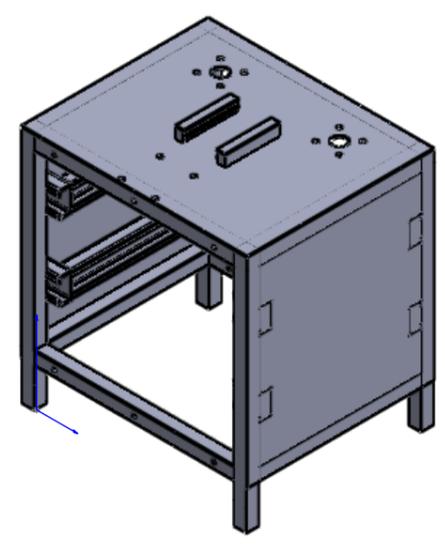
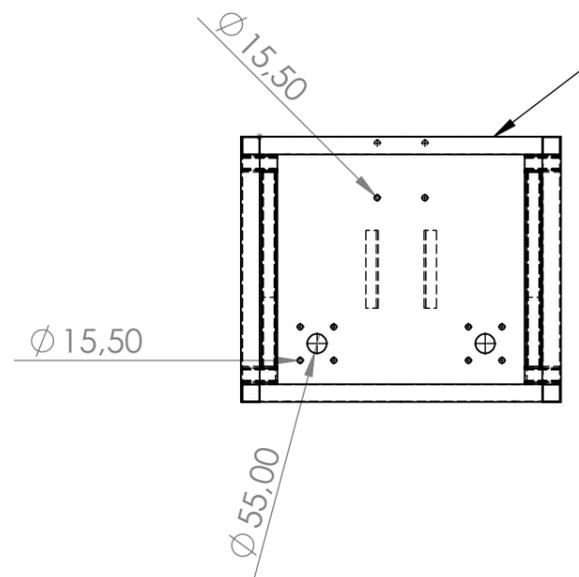


DETALLE G
ESCALA 1 : 1

				Tolerancia	Peso	Materiales: ACERO AISI 1020		
						Denominación: Eje secundario	Escala: 1:2	
				Dib:	17/09/2018			López J.
				Rev:	17/09/2018			Cruz J.
				Apro:	17/09/2018	Cruz J.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		Anexo 19		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



DETALLE A
ESCALA 1 : 10



				Tolerancia	Peso	Material: Asero AISI 1020		
						Denominación: Mesa	Escala 1:20	
				Dib	17/09/2018			López J.
				Rev	17/09/2018			Cruz J.
				Apro	17/09/2018	Cruz J.		
				UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA			Anexo 20	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(SUSTITUCIÓN)	

