UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA.

TESIS

DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA DE 250 GOLPES POR MINUTO PARA LA EMPRESA AGRO PUCALA S.A.C – PUCALA, LAMBAYEQUE

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Autores

Bach. Barboza Díaz Yordi Jhonatan.

Bach. Sánchez Estela Max Herbert.

Asesor:

Dr. Olortegui Yume, Jorge Antonio. Ph. D.

Línea de Investigación:

Ingeniería de Procesos Productivos

Pimentel – Perú

2019

DISEÑO DE UNA MAQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA DE 250 GOLPES POR MINUTO PARA LA EMPRESA AGRO PUCALA S.A.C – PUCALA, LAMBAYEQUE

Presentado a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Señor de Sipan para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánica Electricista.

APROBADO POR:

_____

Mg. Silvia Yvone Gastiaburú Morales

Presidente del Jurado de Tesis

_____

Mg. Carlos Alexis Alvarado Silva

Secretario del Jurado de Tesis

_____

Mg. Juan Carlos Vives Garnique

Vocal del Jurado de Tesis

PIMENTEL

2019

DEDICATORIA

A mis padres por haberme encaminado en mi carrera universitaria… Por su amor, trabajo y sacrificios en todos estos años… Gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Me formaron con principios y valores que me ayudaran en el resto de mi vida profesional.

Max Sánchez Estela

A mi familia por su apoyo incondicional que me han brindado durante el transcurso de mi etapa universitaria, inculcándome valores y ser una mejor persona cada día.

Yordi Jhonatan Barboza Díaz

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por concederme la salud y la fortaleza en los momentos más difíciles y permitirme cumplir con éxito el sueño más anhelado. A mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para ser de mí una mejor persona, a mis hermanos por sus palabras y su compañía.

Mi agradecimiento a la Universidad Señor de Sipán que ha permitido formarme como profesional en la noble carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, así mismo quiero dejar expresa mi gratitud a los señores docentes del área de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

De igual manera quiero agradecer al Dr. Jorge Olortegui-Yume. Ph. D. quien como docente y asesor de este trabajo de tesis supo encaminarme con sus sabios conocimientos para la culminación con éxito de mis estudios y de mi trabajo investigativo.

Agradecimiento a todos mis compañeros de aula con quienes compartimos momentos gratos en el transcurso de nuestra vida estudiantil y que hoy vemos con satisfacción el logro alcanzado.

Max Herbert Sánchez Estela

Yordi Jhonatan Barboza Díaz

DISEÑO DE UNA MAQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA DE 250 GOLPES POR MINUTO PARA LA EMPRESA AGRO PUCALA S.A.C – PUCALA, LAMBAYEQUE

Max Herbert Sánchez Estela

Yordi Jhonatan Barboza Díaz

Resumen:

En este trabajo se diseñó un martinete tipo ballesta para incrementar la producción de herramientas de forjado en área de maestranza en la empresa Agropucalá S.A.C – Lambayeque. Las necesidades de esta empresa se determinaron durante la participación como practicantes donde se vio la necesidad de mejorar el área, realizando observaciones y encuestas. Se realizó la búsqueda de normas o estándares de diseño a nivel nacional e internacional, observándose la inexistencia de estas con respecto al diseño de martinetes, por lo que se tomaron recomendaciones de diseño de libros, artículos científicos y revistas. Luego, se generaron 3 conceptos y 3 configuraciones como posibles soluciones para el diseño, los cuales fueron evaluados en una matriz de selección de criterios ponderados para elegir o seleccionar un concepto óptimo con el que se realizaron los cálculos propuestos. A continuación, se determinaron las dimensiones generales del mecanismo en base a la configuración óptima y posteriormente se realizó el cálculo de la potencia del motor que se empleó luego para analizar las cargas que afectan al eje. Mediante una GUI se realizaron los cálculos de análisis estático y de fatiga conjuntamente con un análisis paramétrico de donde se obtuvo el factor de seguridad en función del diámetro y tomando como parámetro 4 materiales. Del análisis realizado se obtuvo que un diámetro de eje de 1 ¼ pulgadas empelando el acero AISI 1020 da un factor de seguridad de 5.05. La validación de estos resultados se realizó con una simulación en ANSYS teniendo como resultados un esfuerzo de von mises de 35 MPa y el factor de seguridad mínimo en fatiga de 5.48.

Palabras claves: *Martinete, ariete, dado, excéntrica, ballesta, diseño, forjado.*

Adscrita a la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: sestelamaxh@crece.uss.edu.pe

Adscrita a la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email

bdiazyjh@crece.uss.edu.pe

DESIGN OF A FORGED TYPE FORGED MACHINE OF 250 BOWS PER MINUTE FOR THE COMPANY AGRO PUCALA S.A.C - PUCALA, LAMBAYEQUE

Abstract:

In this work a crossbow hammer was designed to increase the production of forging tools in the area of the factory in the company Agropucalá S.A.C - Lambayeque.

The needs of this company were determined during the participation as practitioners where the need to improve the area was observed, making observations and surveys. The search for norms or standards of design at national and international level was carried out, observing the nonexistence of these, with respect to the design of pile drivers, for which the recommendations of books, scientific articles, and magazines were followed. Then, 3 concepts and 3 configurations were generated as a possible solution for the design, which were evaluated in a selection matrix of weighted criteria to choose or select an optimal concept with which the proposed studies were carried out. Next, the general dimensions of the mechanism were determined based on the optimal configuration. The next step was to calculate the power of the motor to then analyze the loads that affect the axis. Using a GUI, static and fatigue analysis calculations were carried out together with a parametric analysis where the appropriate diameter was obtained with a safety factor of 5.05 evaluated in 4 materials. From the analysis carried out, an axis diameter of 1 ¼ inches was obtained taking as AISI 1020 material. The validation of these results was carried out with a simulation in ansys having as a result the stress of von mises 35 Mpa and the minimum safety factor in fatigue of 5.48.

Keywords: Martinete, ram, die, eccentric, crossbow, design, forged.

Adscrito a la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Señor de Sipan, Pimentel, Perú, email: sestelamaxh@crece.uss.edu.pe

Adscrito a la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Señor de Sipan, Pimentel, Perú, email: bdiazyjh@crece.uss..edu.pe.

INDICE

DEDICATORIA iii
AGRADECIMIENTO iv
Resumen v
Abstract vi
I. INTRODUCCIÓN 11
1.1 Situación Problemática. 11
1.2 Antecedentes de la Investigación 13
1.3 Marco Teórico 17
1.3.1 Materiales Usualmente Forjados 17
1.3.1.1 Materiales utilizados para la forja en caliente. 17
1.3.2 Clasificación de la forja. 18
1.3.2.1 Temperatura de trabajo 18
1.3.2.2 Forma en que se aplica la presión 18
1.3.2.3 Restricción de las matrices al flujo del metal 18
1.3.3 Tipos del proceso de forjado 19
1.3.3.1 Forjado en dado abierto 19
1.3.3.2 Forjado en dado cerrado 19
1.3.3.3 Forjado sin rebaba 20
1.3.3.4 Forjado con rodillos. 21
1.3.3.5 Estampado con forja y forjado radial. 21
1.3.4 Martinetes de Forjado 22
1.3.5 Tipos de Máquinas para forja: Martinetes y Prensas. 22
1.3.5.1 Martinete de gravedad (caída libre). 22
1.3.5.2 Martinete accionado por energía. 23
1.3.5.3 Martinete de contragolpe. 24
1.3.5.4 Martinete de gran potencia. 25
1.3.5.5 Prensas de Forja. 26
1.3.5.6 Prensas Mecánicas. 26
1.3.5.7 Prensas hidráulicas. 27
1.3.5.8 Prensas de tornillo. 28
1.3.6 Partes de un Martinete de Forja. 29
1.3.7 Principio de Funcionamiento 30
1.3.8 Definición de términos 31
1.3.9 Diseño de ejes 32

1.3.9.1 Esfuerzo de Von mises: 32
1.3.9.2 Esfuerzos en el eje. 36
1.3.9.3 Criterio de falla ED-ASME elíptica: 36
1.3.10 Software de ingeniería de diseño ..... **¡Error! Marcador no definido.**
1.3.10.1 SOLIDWORKS ..... **¡Error! Marcador no definido.**
1.3.10.2 ANSYS, INC. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
1.3.10.3 Matlab ..... **¡Error! Marcador no definido.**
1.4 Estado del Arte. 37
1.5 Formulación del Problema 39
1.6 Justificación e Importancia del Estudio 39
1.6.1 Justificación Tecnológica. 40
1.6.2 Justificación Económica. 40
1.7 Objetivos 40
1.7.1 Objetivo General 40
1.7.2 Objetivos Específicos 40
2.1 MATERIAL Y MÉTODO 43
2.2 Tipo y Diseño de Investigación 43
2.3 Método de investigación 43
2.4 Población y muestra 43
2.5 Variables y Operacionalización 43
2.5.1 Operacionalización de variables 44
2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de información 44
2.7 Validación y confiabilidad de instrumentos. 46
Validación 46
2.7.1 Procedimientos para la recolección de datos. 46
III. RESULTADOS 52
3.1. Necesidades de la empresa 52
3.2. Recomendaciones de diseño para un martinete de forja tipo ballesta. 57
3.3. Hoja de especificaciones de ingeniería. 57
3.3.1. Dimensiones del martinete de forjar tipo ballesta. 57
3.3.2. Materiales de las partes. 57
3.4. Diseño conceptual ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.4.1. Determinación del concepto optimo por criterios ponderados 64
3.4.2. Explicación: ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.5. Diseño de Configuración 67
3.5.1. Configuración N° 1: 67

3.5.2. Configuración N° 2: ... 68
3.5.3. Configuración N° 3: ... 69
3.6. Dimensionamiento general del Equipo ... 72
3.6.1. Dimensionamiento del eje ... 74
3.6.2. Dimensionamiento de los dados ... 75
3.6.3. Dimensionamiento del disco excéntrico ... 75
3.7. Selección de Materiales ... 75
3.7.1. Selección de materiales para los dados del martinete ... 75
3.7.2. Selección de material del chasis y eje del martinete ... 75
3.8. Selección de componentes estándar ... 76
3.8.1. Motor eléctrico ... 76
3.8.2. Poleas ... 76
3.8.3. Fajas ... 77
3.8.4. Chumaceras ... 78
3.9. Calculo para el diseño del eje ... 78
3.9.1. Calculo de la energía de deformación ... 78
3.9.2. Calculo de la potencia del motor ... 79
3.10. Calculo de cargas de diseño ... 79
3.10.1. Calculo de la fuerza de la polea ... 80
3.10.2. Diagrama de cuerpo libre ... 81
3.10.3. Diagrama de fuerzas cortantes y momento flector ... 81
3.10.4. Análisis paramétrico ... 81
3.10.5. Análisis estático ... 84
3.10.6. Análisis de fatiga ... 85
3.10.7. Simulación de Ansys ... 86
3.11. Diseño de Detalle ... **¡Error! Marcador no definido.**
3.12. Análisis económico ... 89
IV. DISCUSION ... **¡Error! Marcador no definido.**
V. CONCLUSIONES ... **¡Error! Marcador no definido.**
VI. REFERENCIAS ... **¡Error! Marcador no definido.**
ANEXOS **¡Error! Marcador no definido.**

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática.

La industria de forjado a nivel mundial es de gran importancia debido a que los productos metálicos representan la base para el desarrollo de los procesos de manufactura en la industria. El proceso de forja proporciona ventajas que difícilmente son alcanzadas por otros métodos de manufactura como mayor ductilidad y alta resistencia a las cargas de impacto y fatiga, buena confiabilidad de las piezas y alta soldabilidad (Sahoo, 2008). La técnica más antigua de forjado se realizaba calentando una barra de metal convencionalmente y luego se golpeaba con un martillo hasta alcanzar la forma requerida (Figura 1), pero hoy en día con los avances tecnológicos, el trabajo manual se sustituye por un martinete de forja que es accionado por un motor eléctrico (Fig. No. 2) (Díaz, 2008). Por ejemplo, Mohsin et al. (2017) desarrollaron un económico sistema de forjado empleando un motor eléctrico, un mecanismo excéntrico y un martillo de potencia, para realizar trabajos de forjado, repujado, punzonado, entre otros.

Figura 1: Forjado artesanal

Fuente: Muy interesante (2019)

Figura 2: Forjado mediante una máquina de forja

Fuente: Frade, R. G. (2018)

En Perú se han desarrollado algunos estudios sobre los procesos de forjado como nos muestra el trabajo de Granados (Granados, 2014), que diseñó un martinete para el laboratorio universitario de la Pontificia Universidad Católica del Perú con una capacidad de 750 N.m por golpe, el cual se ha empleado para comprobar la resistencia de un producto o componente a determinada carga de impacto con el objetivo de estudiar, modelar y evaluar los principios de funcionamiento. Sin embargo, aún no hay reportes sobre el diseño de una máquina de forja tipo ballesta a nivel nacional.

En el departamento de Lambayeque todavía existen industrias azucareras y herreros que se dedican a la producción de herramientas agrícolas forjadas. En las industrias azucareras esta actividad se realiza a través de martinetes de forja y muchos de estos se encuentran trabajando ineficientemente. Los artesanos utilizan herramientas manuales, usando solamente la fuerza física para elaborar sus productos.

Actualmente La empresa AGRO PUCALA S.A.C está dedicada a la producción de azúcar y otros derivados. Esta empresa tiene 5 áreas: Trapiche, Maestranza, Elaboración, Mantenimiento y Taller Eléctrico.

El área de Maestranza donde se realizará este proyecto cuenta con una sección de herrería, donde se realiza la producción de herramientas de manera manual. Los principales productos que se fabrican son: punzones, barretillas, cinceles, palas, rastrillo y cuñas. Estas herramientas son muy requeridas en el área de fábrica y campo. En la empresa AGRO PUCALA S.A.C cuenta con un martinete con más de 30 años de antigüedad que se encuentra obsoleta. Es por ello que existe la necesidad de contar con una máquina de forjado que mejore la producción realizando los trabajos de manufactura.

En el mercado nacional es difícil de conseguir este equipo por lo que en el presente trabajo se plantea el diseño y construcción de una máquina de forja tipo ballesta con una capacidad de 250 golpes por minuto para incrementar la productividad de la empresa AGRO PUCALA S.A.C.

1.2 Antecedentes de la Investigación

El detalle de cada uno de los trabajos que anteceden a este proyecto se muestra a continuación.

Torres Flamenco. J (2015). Propone una metodología de diseño para herramentales de forja. Propuso una metodología de diseños herramentales de forja partiendo de la pieza final deseada empleando como herramientas principales programas de diseño mecánico y de simulación de elementos finitos. Se tomó el caso del diseño de una biela para el cual se optimizo la preforma y se simulo el proceso de forja en el software ABAQUS obteniendo una disminución del volumen de rebaba después del forjado. Se concluyó que las modificaciones realizadas a los herramentales, empleando programas de diseño asistido por computadora resultan más económicas y un menor consumo de tiempo que modificar el herramental de una línea de producción, además de que el modelo

realizado en elemento finito, proporciona información sobre el proceso; inclusive aquella que no puede ser obtenida en un modelo físico, como los requerimientos del flujo de material y esfuerzos equivalentes mostrados en la etapa de resultados.

Contreras Hernández. A (2013). Realizó la optimización del proceso de forja abierta para evitar defectos internos. Se hizo una serie de pruebas y ensayos en la empresa Frisa Forjados, la cual cuenta con el proceso de forja abierta, con el fin de poder determinar la deformación real mínima que permitiera cerrar los defectos internos en un lingote cónico de acero 4340. Se realizó pruebas de ultrasonido para llevar a cabo una caracterización efectiva de los defectos internos en el material, estas pruebas se realizaron en la condición inicial del material, así como al término de cada ensayo de forja. Se logró obtener una comparativa del comportamiento de la porosidad y la deformación en todos los ensayos, en total se realizaron tres ensayos en los cuales se varió la reducción del material, presentándose dos fenómenos relacionados con la deformación. Se concluyó que la deformación real es de 1.37 (mm/mm) y que es óptimo para los defectos internos de un lingote cónico, se pudo observar la deformación real mínima de 0.55 (mm/mm) y que es capaz de cerrar los defectos internos presentes en el material durante la última secuencia de pasos en el proceso de forja, asegurando así una pieza solida al término del proceso.

Granados Sánchez S. (2014). En su trabajo de tesis, diseñó un martinete con una capacidad de 750 N.m por golpe para el laboratorio de la Universidad Pontífice del Perú. El cual se diseñó para favorecer al estudio del conformado plástico por impacto para ensayos. En este trabajo se analizaron las características de la máquina y se determinó la capacidad su capacidad basándose en los cambios de dimensión de una pieza de aluminio AlSi1. Se utilizaron relaciones empíricas empleando parámetros relacionados al mecanismo de deformación plástica del material de prueba y se determinó con ellos la carrera de máxima del martillo. Se concluyó que esta máquina es muy práctica y manipulable donde las partes del equipo que han sido seleccionadas están

estandarizadas y optimizadas, favoreciendo el montaje y desmontaje y desmontaje de la máquina.

Varun hegde1, et. al. (2018). Realizaron una máquina eléctrica de forjado para el departamento de ingeniería mecánica de la M. S. Engineering Collage. Se hizo esta máquina para erradicar los métodos manuales de forjado, minimizar el costo de mano de obra, problemas de inexactitud, errores manuales y reemplazarlo por un sistema eléctrico. Para la elaboración de la maquina se inició con el modelado de los componentes en software SOLID EDGE V18, posteriormente se seleccionaron los componentes estándar (motor, rodamientos, fajas en V, polea, etc.) y los materiales para la estructura con la que se elaboró los planos de la máquina. Posteriormente se compraron los componentes y materiales seleccionados y se finalizó con la fabricación del equipo. Se concluyó que este trabajo es muy útil para el laboratorio de forjado y para aplicaciones prácticas donde se requiere forjar la pieza de trabajo.

Sagar Makvana, et. al. (2018). Realizaron la modificación y fabricación de una máquina de martillo de potencia simple (Power Hammer) de bajo costo, compacta y fácil de usar. El presente trabajo se realizó en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Gujarat Vidyapith. Se usó la fuente de energía eléctrica para hacer funcionar el motor y este movimiento giratorio del motor se utiliza para alternar el pistón uniendo el resorte de lámina entre el pistón y la biela, donde se modelo la máquina en un software y se realizó un diseño simple y compacto de la máquina según el requisito de las operaciones de forja. Una vez finalizada la fabricación se colocó la máquina en el taller de herrería, calentaron una barra metálica de hierro y martillaron la barra en la máquina. Se concluyó que la operación de forjado con esta máquina se logra las dimensiones y forma deseada dentro de los 5 a 8 golpes del martinete, y de la misma forma se puede utilizar la máquina para otros componentes pequeños.

Abhijeet Dhulekar, et. al. (2018). Realizaron diseño, modelado CAD y fabricación de una máquina automática en el Departamento de Ingeniería de la Institute of Polytechnic, Amravati. Se realizó la determinación de la velocidad y torque del martillo para determinar el tiempo requerido en las operaciones de

forjado, para esto se preparó el modelo de la maquina en el programa de CATIA V5R20 que se complementan con los cálculos analíticos que determinan la potencia del motor y las dimensiones de los componentes de la máquina. Por lo tanto, para el remachado de un remache de 2 mm, la velocidad de impacto es de 0.306 m/s, con un torque de 83.86 N.m es suficiente y se calcula con éxito. Se encontró que el valor permisible del esfuerzo cortante sobre los pernos es de 396.8×103 N/mm2 y que el valor calculado de los esfuerzos cortantes es 311.73×103 N / m2, esto nos da a conocer que el valor del esfuerzo cortante es menor que el esfuerzo cortante permisible, por lo que para ellos el diseño es seguro. Se concluyó que se calculó exitosamente el torque de la fuerza del motor que esto servirá para el diseño de la velocidad de impacto y torque para un ribeteado de 2 mm, el ribete está calculado con exactitud.

B. Kareem (2007). Hizo el desarrollo de una máquina de forja intercambiable para las industrias de forja a pequeña escala en el departamento de ingeniería de la Federal University of Technology. Se hizo el desarrollo de esta máquina diseñando sus componentes principales como son: el resorte, las levas, ele je de las levas, el pin y el yunque. La leva y el martillo se montaron verticalmente con el martillo desplazado 35 mm al centro de la leva. La leva está sujeta al árbol de levas y se suspendió usando dos marcos de soporte alojados en el cojinete que proporcionaba una rotación suave para el árbol de levas accionado por un motor eléctrico. Se concluye que el desarrollo de la máquina de forja de matrices intercambiable ha dado esperanza a los operadores de las herrerías caseras, especialmente en Nigeria, los cuales muchos no pueden permitirse el lujo de adquirir la máquina de forjado ya que las maquinas del mercado son muy robustas y costosas, este diseño cuenta con una matriz intercambiable para distintos tipos de trabajo de forjado

P. Parekh, Jay, et. al. (2015) Realizaron un martillo eléctrico en el Departamento de Ingeniería de la Polytechnic Gandhinagar. Para realizar el diseño se analizaron 6 problemas críticos en los martinetes de forjado convencionales junto a sus soluciones, posteriormente realizaron el diseño y los cálculos con la finalidad de tener un valor aproximado de la fuerza que se

requiere para su funcionamiento. Finalmente se realizó la redacción, la planificación de procesos y el cálculo de costos. En conclusión, el desarrollo del presente trabajo ha permitido pasar por el aprendizaje de muchos procesos de producción del estudio de factibilidad y el control con trabajo en equipo.

1.3 Marco Teórico

1.3.1 Materiales Usualmente Forjados

Los materiales que generalmente pueden ser forjados son todos aquellos materiales y aleaciones que presenten una buena plasticidad a la temperatura de trabajo, los más comunes son los aceros al carbono y de baja aleación. Los materiales con alguna aplicación industrial para el proceso de forjado son, por ejemplo: aceros inoxidables, aceros refractarios, aluminio y aleaciones, cobre y aleaciones, titanio y sus aleaciones, níquel y sus aleaciones y aleaciones de materiales refractarios tales como el molibdeno y tungsteno.

Los aceros para el forjado deben tener características especiales tales como dureza, resistencia al desgaste, templabilidad y tenacidad. Los aceros al carbono con más de 0.5 % de carbono son adecuados para el forjado de herramientas ya que puede poseer una dureza superficial en el temple de 60 a 70 HRC.

1.3.1.1 Materiales utilizados para la forja en caliente.

El trabajo en caliente de los metales, se realiza arriba de la zona de recristalización. Para el acero, la recristalización empieza entre los 500 a los 700 ºC; sin embargo, se les trabaja a temperaturas superiores a esta zona. Los metales que comúnmente se emplean en este proceso se muestran en la Tabla 1 con su gama de temperaturas aproximadas de trabajo.

Tabla 1

Tabla de resistencia a la deformación

Fuente: DIAZ (2008)

MATERIAL	TEMPERATURA APROXIMADA EN ºC	FIABILIDAD DE FORJADO
Acero	1100 – 1260	1 a 2
Cobre y sus aliaciones	769 – 930	3
Magnecio y sus aliaciones	316	4
Aluminio y sus aliacciones	370 – 454	5

1.3.2 Clasificación de la forja.

El forjado se realiza de distintas maneras. Alguna forma de clasificar los procesos de forjado es mediante la temperatura de trabajo, la forma en que se aplica la presión, las restricciones del material al flujo del metal como se muestra a continuación.

1.3.2.1 Temperatura de trabajo

Los procesos de forjado se pueden elaborar de diferentes formas ya seas en caliente o en frío. La mayoría de las operaciones de forjado se realizan en caliente (por encima y por debajo de la temperatura de recristalización), dada la deformación que demanda el proceso y la necesidad de reducir la resistencia e incrementar la ductilidad del metal de trabajo, sin embargo, la forja en frío también es muy común para ciertos productos. Una de las ventajas de la forja en frío es la mayor resistencia del componente que resulta del endurecimiento por deformación que se genera en el material.

1.3.2.2 Forma en que se aplica la presión

En la forja se aplica la presión por impacto o en forma gradual. La diferencia depende más del tipo de equipo que de las diferencias en la tecnología de los procesos. Una máquina de forjado que aplica cargas de impacto se llama martinete de forja, mientras la que aplica presión gradual se llama prensa de forjado.

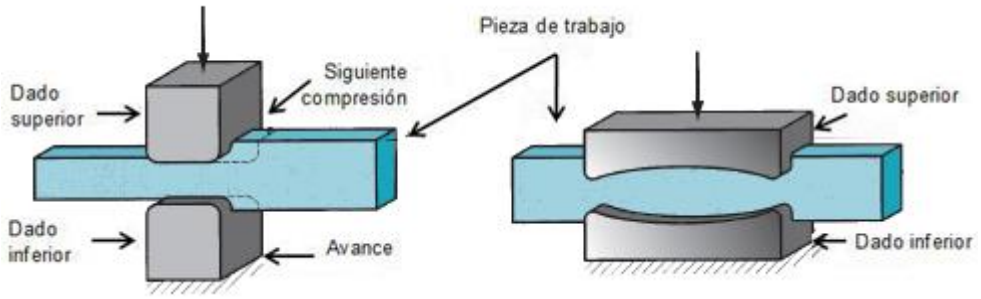
1.3.2.3 Restricción de las matrices al flujo del metal

Es la clasificación más importante que se puede hacer para las operaciones de forja. Atendiendo a esta clasificación se pueden distinguir dos amplios grupos para las operaciones de forja los cuales son forja en matriz abierta y forja en matriz cerrada.

1.3.3 Tipos del proceso de forjado

1.3.3.1 Forjado en dado abierto

Es el proceso más sencillo, consiste en comprimir la pieza de trabajo entre dos dados planos o dados con forma, con una sucesión de impactos de compresión. Esta operación de forjado es conocida como recalcado o forjado para recalcar se reduce la altura de la pieza y se aumenta su diámetro.



1) 2)

Figura 5. Diferentes operaciones de forjado en dado abierto: 1) Con dados planos, operación por secciones y 2) Operación con dados con forma (cóncavos).

Fuente: Groover (2010)

1.3.3.2 Forjado en dado cerrado

El forjado de dado cerrado también llamado algunas veces forjado con dado impresor, se realiza con dados que tienen la forma igual a la requerida para la parte. La pieza de trabajo inicial generalmente es cuadrada o cilíndrica, la cual se corta a una longitud para proporcionar el volumen necesario de metal para llenar las cavidades de los dados. Al cerrarse el dado y llegar a su posición final, el metal fluye más allá de la cavidad del dado y forma una rebaba en la pequeña abertura entre las superficies del dado. Aunque la rebaba se corta posteriormente, tiene una función importante en el forjado por impresión, ya que cuando esta empieza a formarse, la fricción se opone a que el metal siga fluyendo hacia la

abertura, y de esta manera fuerza al material de trabajo a permanecer en la cavidad.

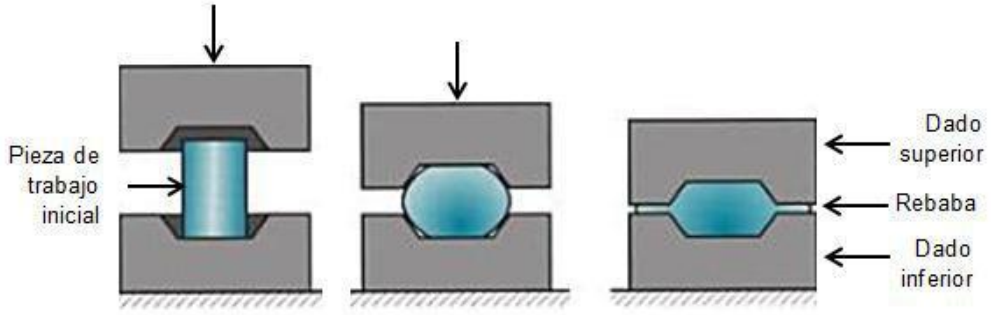


Figura 6. Secuencia en el forjado con dado impresor: 1) Posición inicial, 2) Compresión parcial, 3) Cierre final de los dados.

Fuente: Groover (2010)

1.3.3.3 Forjado sin rebaba

La diferencia en este proceso es que la pieza de trabajo original queda contenida dentro de la cavidad del dado durante la compresión y no deja la llamada rebaba. La secuencia del proceso se ilustra en la (Figura 7).

El forjado sin rebaba requiere que el volumen del material de trabajo debe igualar al volumen de la cavidad del dado. Si la pieza inicial es demasiado grande, la presión excesiva puede causar algún daño al dado o a la prensa, en cambio, si la pieza inicial es demasiado pequeña, no se llenará la cavidad Groover (2010).

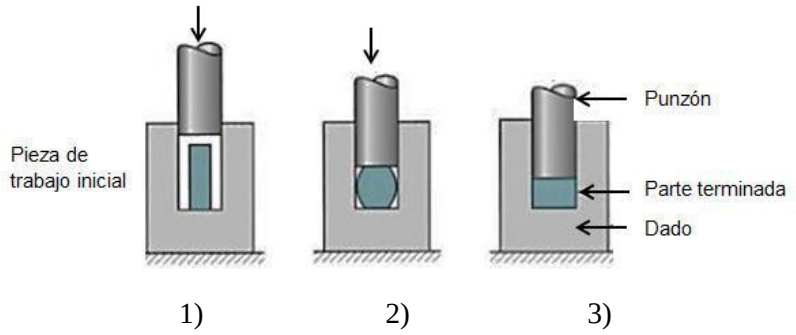


Figura 7. Forjado sin rebaba: 1) Posición inicial, 2) compresión parcial,3) final de la carrera del punzón y cierre del dado.

Fuente: Groover (2010)

1.3.3.4 Forjado con rodillos.

Es un proceso de deformación que se usa para reducir la sección transversal de una pieza de trabajo cilíndrica (o rectangular), esta pasa a través de una serie de rodillos opuestos con canales que igualan la forma requerida por la parte final. La operación típica se ilustra en la Figura 8. Los rodillos no giran continuamente, sino solamente a través de una porción de revolución que corresponde a la deformación que requiere la parte. Las partes forjadas con rodillos son generalmente más fuertes y poseen una estructura granular favorable con respecto a otros procesos competidores, como el maquinado, que puede usarse para producir esta misma parte.

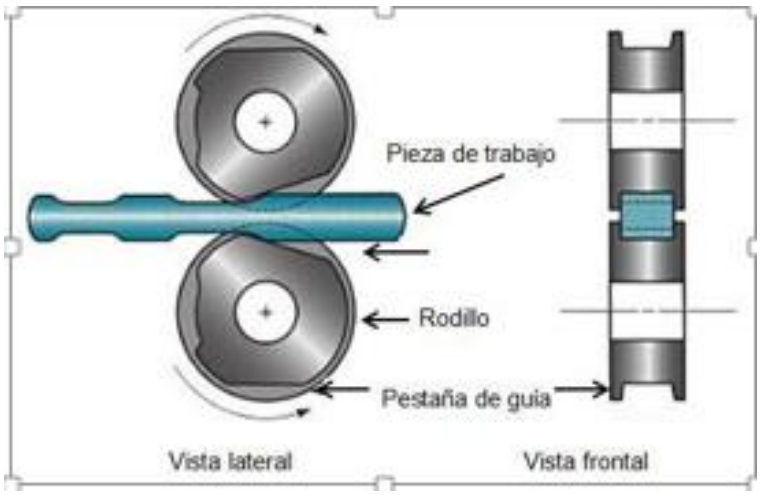


Figura 8: Forjado con rodillo

Fuente: Groover (2010)

1.3.3.5 Estampado con forja y forjado radial.

El estampado y forjado radial en este proceso de forjado se usa para reducir el diámetro de barras sólidas o tubos. El proceso de estampado para reducir el área de la sección transversal de una pieza de trabajo, como lo son las barras,

tubos o cables; el proceso se muestra en la Figura 9. Se realiza por medio de dados rotatorios que golpean la pieza de trabajo radialmente hacia dentro para ahusarla conforme la pieza avanza dentro de los dados.

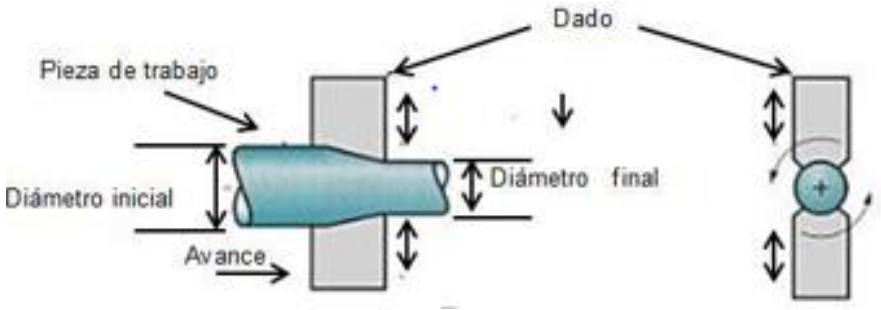


Figura 9: Estampado y forja radial

Fuente: Groover (2010)

1.3.4 Martinetes de Forjado

Son máquinas que aplican una secuencia de impactos en el material hasta deformarlo. El accionamiento de los martinetes puede ser mecánico o de vapor, neumático, hidráulico. Los martinetes pueden tener varios diseños; son los más versátiles y menos costosos entre los equipos de forjado. Los martinetes se usan con mayor frecuencia para forjado con dado impresor y se clasifican generalmente de la siguiente manera: martinete de gravedad, martinete accionado por energía, martinete de contragolpe y martinete de gran potencia.

Existen varias consideraciones importantes en la selección de las máquinas de forjado: necesidades de fuerza o de energía, tamaño, forma y complejidad de la pieza a forjar, resistencia del material de la pieza y sensibilidad del material a la velocidad de deformación. Otros factores son la capacidad de producción, la precisión dimensional, mantenimiento, costo.

1.3.5 Tipos de Máquinas para forja: Martinetes y Prensas.

1.3.5.1 Martinete de gravedad (caída libre).

En la operación de este martillo, la energía se obtiene por caída libre del ariete. El dado superior se fija al ariete y el dado inferior al yunque. La pieza de trabajo se coloca en el dado inferior, el ariete se eleva y luego se deja caer sobre el material. Cuando el dado superior golpetea la pieza, la energía del impacto

ocasiona que la pieza se adecue a la forma de la cavidad del dado inferior. Se necesitan varios golpes de martillo para lograr el cambio deseado de forma. En la Figura 10. Se muestra los componentes principales de este tipo de martinete. La energía disponible en el martinete es el producto del peso del ariete por su altura de caída. Los pesos de martinete van de 180kg a 4,500Kg (400 a 10,000 lb), y las capacidades de energía llegan hasta los 120 KJ (90,000 pies-lb) (Schrader F. G. y Elshennawy, 2000). La desventaja de estos martinetes es que una gran parte de la energía de impacto se transmite en la parte inferior que es el yunque al piso del donde se está trabajando.

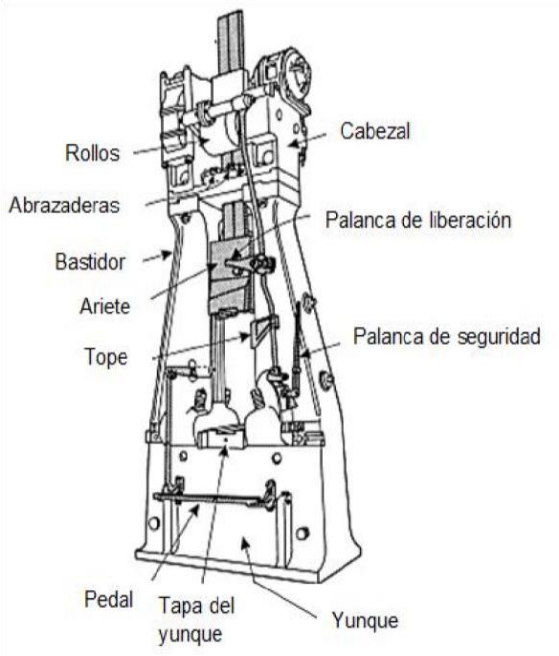


Figura 10: Martillo de gravedad
Fuente: Schrader F. G. y Elshennawy, (2000)

1.3.5.2 Martinete accionado por energía.

En estas máquinas la carrera del ariete hacia abajo se acelera con vapor, aire o presión hidráulica, a unos 750 KPa (100 psi). El peso del ariete varía de 225 Kg a 22,5000 Kg (500 a 50,000 lb), y las capacidades de energía son

hasta de 1,150 KJ (850,000 pies-lb). La Figura 11 muestra los principales componentes (Schrader F. G. y Elshennawy, 2000).

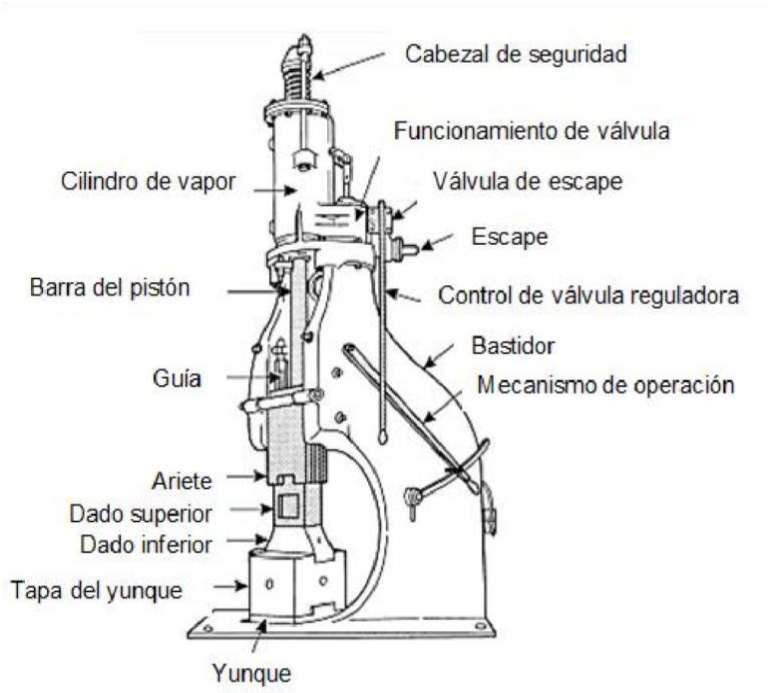


Figura 11: Martinete accionado por energía
Fuente: Schrader y Elshennawy (2000)

1.3.5.3 Martinete de contragolpe.

Este martinete tiene dos arietes que se acercan entre sí, en forma simultánea, en dirección horizontal o vertical, para forjar la pieza. Como en las operaciones de forjado con dado abierto, puede girar la pieza de trabajo entre los golpes, para conformarla bien durante el proceso de forjado. Los martinetes de contragolpe trabajan a grandes velocidades y transmiten menos vibración a sus cimientos. Sus capacidades llegan hasta 1,200 KJ (900,000 pies-lb). En la Figura 12 se ilustra los principales componentes de este tipo de martinete.

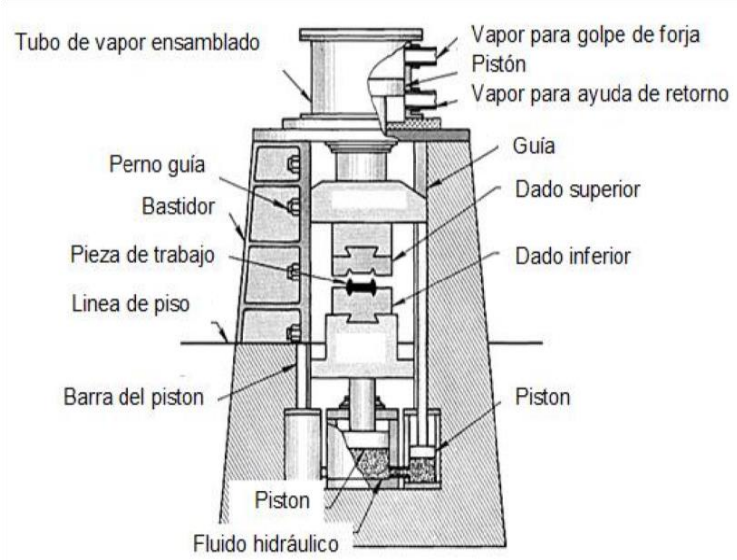


Figura 12: Martinete de contragolpe
Fuente: Semiatin (1993)

1.3.5.4 Martinete de gran potencia.

En una máquina de gran potencia, el ariete se acelera mediante un gas inerte a alta presión, y la pieza se forja en un golpe a muy alta velocidad. Aunque hay diversos tipos de estas máquinas hay varios problemas relacionados con su funcionamiento y mantenimiento, y con consideraciones de seguridad y de fractura de dados, que han limitado su uso en plantas actuales de forjado (Figura 13).

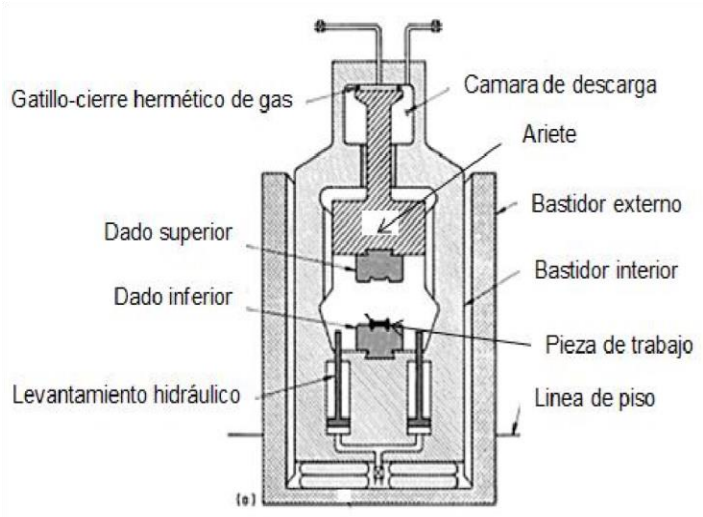


Figura 13: Martinete de gran potencia
Fuente: Semiatin (1993)

1.3.5.5 Prensas de Forja.

Las prensas aplican una presión gradual, en vez de impactos repetitivos para realizar las operaciones de forjado. Las prensas de forjado incluyen prensas mecánicas, prensas hidráulicas y prensas de tornillo.

1.3.5.6 Prensas Mecánicas.

Funcionan por medio de excéntricos, manivelas y juntas o articulaciones de bisagras. Su velocidad varía desde un máximo al centro de la carrera hasta cero, en el término de la carrera, por lo que están limitadas por la carrera. En una prensa mecánica se genera la energía mediante un gran volante, accionado por un motor eléctrico; un embrague acopla al volante con un eje excéntrico; y una biela transforma el movimiento reciprocante en movimiento lineal alternativo, (Figura 14).

La fuerza disponible en una prensa mecánica depende de la posición en la carrera; es muy alta en el fondo del recorrido de forjado. Por este motivo, es esencial la preparación adecuada, para evitar que se rompan los dados o las piezas del equipo. Estos mecanismos son muy similares a los que se usan en las prensas de estampado. Las prensas mecánicas tienen grandes capacidades de producción, son fáciles de automatizar y requieren menos habilidad del operador que otros tipos de máquinas forjadoras. Sus capacidades varían desde 2.7MN (300 toneladas) hasta 107MN (12,000 toneladas). (Semiatin 1993)

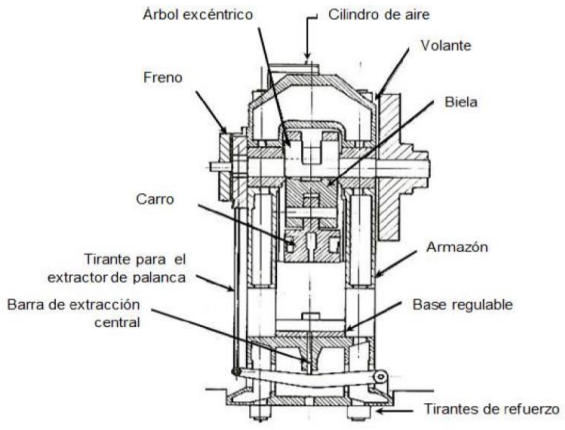


Figura 14: Prensa mecánica
Fuente: Semiatin (1993)

1.3.5.7 Prensas hidráulicas.

Estas prensas funcionan a velocidades constantes y están limitadas o restringidas por la carga, esto quiere decir, que la prensa se detiene si la carga requerida es mayor que su capacidad. Se transfiere una gran cantidad de energía a la pieza, mediante una carga constante durante una carrera, cuya velocidad se puede controlar. Como el forjado en prensa hidráulica tarda más que otros tipos de máquinas para forjar, la pieza se puede enfriar con rapidez, a menos que se calienten los dados. En comparación con las prensas mecánicas, las hidráulicas son más lentas e implican mayor costo inicial, pero requieren menos mantenimiento. Una prensa hidráulica consiste, normalmente, en un marco de carga con dos a cuatro columnas, pistones, cilindros, arietes y bombas hidráulicas impulsadas por motores eléctricos, como se ilustra en la Figura 15.

Las capacidades de prensado llegan hasta 125MN (14,000 toneladas) para forjar en dado abierto y hasta 450MN (50,000 toneladas) en Estados Unidos, 640 MN (72,000 toneladas) en Francia y 730 MN (82,000 toneladas) en Rusia, para forjado con dado cerrado. (Semiatin 1993)

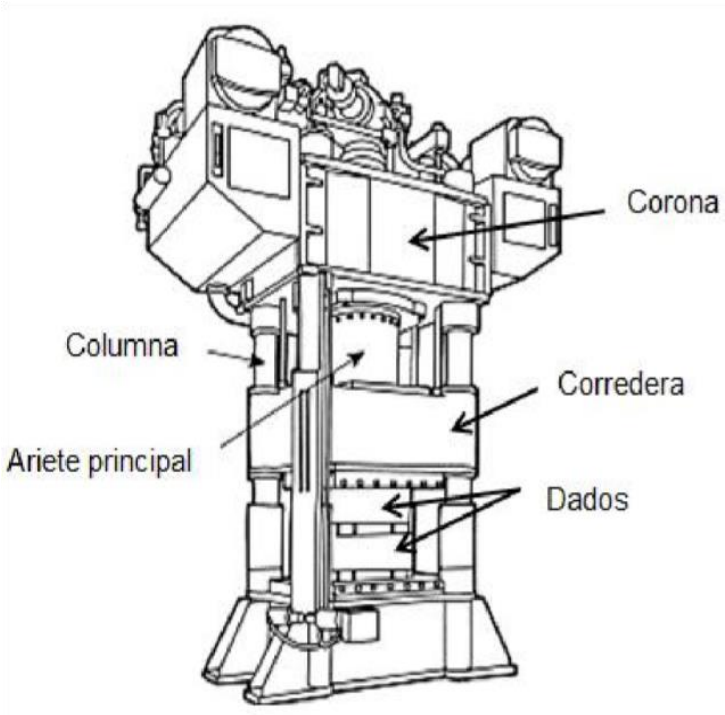


Figura 15: Prensa hidráulicas
Fuente: Semiatin (1993)

1.3.5.8 Prensas de tornillo.

Obtienen su energía de un volante, por lo que son de energía limitada. La carga de forjado se transmite por un tornillo vertical y el ariete es para cuando se disipa la energía del volante. Si no se cierran los dados al final del ciclo, se repite la operación hasta que se termina el forjado. (Figura 16) Las prensas de tornillo se usan con distintas operaciones de forjado con dado abierto y con dado cerrado. Se adaptan en particular para pequeñas producciones y para piezas de precisión, como por ejemplo los álabes de las turbinas. Sus capacidades van de 1.4 MN hasta 280MN (160 a 31,500 toneladas) (Semiatin, 1993). Tanto las prensas de tornillo como las hidráulicas operan a velocidades bajas del ariete y pueden suministrar una fuerza constante a través de la carrera. Por tanto, estas máquinas son apropiadas para las operaciones de forjado y otras operaciones de formado que requieren grandes carreras.

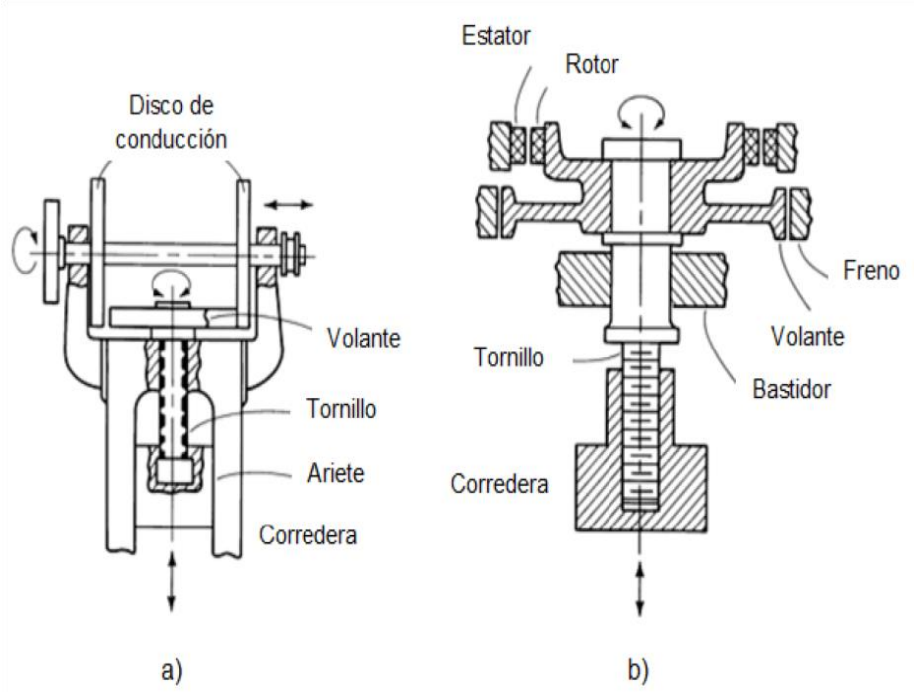


Figura 16: Prensa de tornillos
Fuente: Semiatin (1993)

1.3.6 Partes de un Martinete de Forja.

El martinete de forja está conformado por las siguientes partes como se muestra en la Figura 17.

Figura 17: Partes de un martinete
Fuente: ikastaroak.ulhi, (2019).

A) Embolo

Pieza del cilindro que se mueve hacia arriba o hacia abajo impulsando un fluido o bien recibiendo el impulso de él.

B) Cabecero

Es la parte inferior del martinete donde está ubicado el embolo.

C) Guías

Las guías se utilizan para guiar la carga, para soportar fuerzas externas, pares y momentos de flexión, al mismo tiempo que como dispositivos anti-rotación.

D) Corredera

Canal o ranura por donde se deslizan las piezas de los mecanismos.

E) Maza

Herramienta para golpear o aplastar, que consiste en una pieza pesada de metal sujeta por el centro.

F) Estampa

Se denomina estampa a cualquier efigie, imagen o figura trasladada al metal y otra materia por medio de un dado de forja accionado por un martinete.

G) Yunque

Elemento de un martinete situado justo debajo de la maza que proporciona la fuerza a la cabeza del pilote.

H) Motor

Componente electromecánico utilizado para poner en marcha la máquina, generando movimientos en los volantes de la misma.

1.3.7 Principio de Funcionamiento

El sistema de elevación funciona de la siguiente manera:

El movimiento lo ejerce mediante una excéntrica con la que ejerce los golpeteos, este mecanismo es accionado mediante un motor y un sistema por fajas, el yunque donde se ejerce la fuerza debe ser de un material resistente que soporte el impacto para deformar a las piezas de trabajo, el mecanismo está apoyado en una base fierro fundido que ayuda amortiguar las vibraciones.

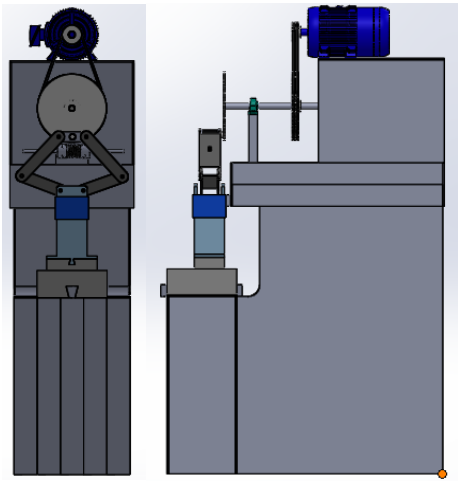


Figura 18: principio de funcionamiento
Fuente: propia

1.3.8 Definición de términos

Matriz:

Molde con que se da forma a alguna cosa, como los utilizados en imprenta o aquellos en los que se funden objetos de metal que han de ser idénticos.

Rebaba:

Porción de materia que sobresale en los bordes o en la superficie de un objeto cualquiera.

Presión:

Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie.

Radial:

Está formado por radios divergentes como los de una circunferencia y que parte del centro hacia fuera como los radios de una circunferencia.

Manivela:

Pieza mecánica, generalmente de hierro, con forma de ángulo recto, que al darle movimiento rotatorio con la mano, hace girar un eje y pone en funcionamiento un motor o mecanismo.

Abrazadera:

Pieza de metal, madera u otro material que rodea una cosa y sirve para apretarla o asegurarla a otra.

Bastidor:

Armazón que sostiene algo.

Software:

Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

Martinete:

Se trata de un martillo pesado, que cae sobre un yunque dispuesto sobre un bloque de madera o un apoyo.

ANSYS:

Software de simulación de muy alto nivel para predecir como funcionara y reaccionara un determinado producto ejecutado bajo un entorno real.

SOLIDWORKS:

Software de diseño asistido por computadora para realizar modelamiento mecánico y simularlo.

1.3.9 Diseño de ejes

1.3.9.1 Esfuerzo de Von mises:

El esfuerzo de von Mises, también llamado criterio de la máxima energía de distorsión, es un criterio de resistencia estática, aplicado en materiales dúctiles, El esfuerzo de resistencia se describe matemáticamente como:

$$\sigma' = (\sigma_x - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y + 3\tau_{xy}^2)^{1/2} \quad \text{..... (1)}$$

Donde:

σ': Esfuerzo de Von Mises (MPa)

σ_x: Esfuerzo en x (MPa)

σ_y: Esfuerzo en y (MPa)

τ_{xy}: Esfuerzo cortante xy (MPa)

Límite de resistencia a la fatiga S_e

El límite de resistencia a la fatiga se da en la ubicación crítica de alguna de las partes de la máquina o en la geometría y condición de uso. Esta ecuación se determina de la siguiente manera:

$$s_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_e s'_e \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Donde:

k_a = factor de modificación de la condición superficial

k_b = factor de modificación del tamaño

k_c = factor de modificación de la carga

k_d = factor de modificación de la temperatura

k_e = factor de confiabilidad

k_f = factor de modificación de efectos varios

s'_e = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

s_e = límite de resistencia a la fatiga de una parte de máquina.

Factor de superficie k_a

El factor de modificación k_a depende de la calidad del acabado de la superficie de la parte y de la resistencia a la tensión. Involucra varios acabados superficiales con es el maquinado, esmerilado, laminado en caliente y en frio.

$$k_a = aS_{ut}^b \ldots\ldots\ldots (3)$$

Donde:

k_a = Factor de modificación

a = Parametro que depende al esfuerzo último y al acabado superficial

S_{ut} = Esfuerzo ultimo a la fluencia

b = Parámetro que depende al acabado superficial

Factor de tamaño k_b

El factor esta referente al tamaño y se analiza tanto como para flexión y torsión pueden expresarse como:

$$k_b \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2\,p \\ 0.91d^{-0157} & 2 < d \leq 10pug \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51mm \\ 1.51d^{-0.107} & 51 < d \leq 254mm \end{cases} \quad \ldots (4)$$

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual

$$k_b = 1$$

Factor de carga k_c

Este factor influye en esfuerzo que se genera en las partes que se analiza ya sea cargas por flexión rotacional, axiales y por torsión.

$$k_c \begin{cases} 1 & flexion \\ 0.85 & axial \\ 0.59 & torsion \end{cases} \quad \ldots\ldots (5)$$

Factor de temperatura k_d

Se utiliza este factor cuando las temperaturas de operación son mayores que la temperatura ambiente se tiene que verificar dependiendo de las tablas de temperaturas que ya están establecidas.

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}} \quad \ldots\ldots (6)$$

Donde:

$\boldsymbol{S_T}$ = Resistencia a la torsión a temperatura de trabajo

$\boldsymbol{S_{RT}}$ = Resistencia a la torsión a temperatura ambiente

Factor de confiabilidad k_e

La mayoría de los datos de resistencia a la fatiga se reportan como valores medios

En este caso este factor nos muestra desviaciones estándar de la resistencia a la fatiga. La mayoría de los datos de resistencia a la fatiga se reportan como valores medios. Por lo tanto, el factor de modificación de la confiabilidad aplicable se puede escribirse como de la siguiente manera.

$$k_e = 1 - Xz_a \qquad \ldots\ldots (7)$$

Donde:

k_e = Factor de confiabilidad

z_a = Variación de transformación

X = Desviación estándar en porcentaje

Factor de efectos varios k_f

Este factor se considera para condiciones de funcionamiento especiales como se muestra a continuación.

• Esfuerzo medio o estático

• Esfuerzo alternante

• Concentración del electrolito

• Oxígeno disuelto en el electrolito

• Propiedades y composición del material

• Temperatura

• Frecuencia cíclica

• Rapidez del movimiento del fluido alrededor de la pieza

• Hendiduras locales

1.3.9.2 Esfuerzos en el eje.

Para una barra circular las ecuaciones están determinadas de la siguiente manera:

$$\sigma_a = K_f \frac{M_a C}{I} = K_f \frac{32 M_a}{\pi d^3} \text{ …… (8)}$$

$$\sigma_m = K_f \frac{M_m C}{I} = K_f \frac{32 M_m}{\pi d^3} \text{…… (9)}$$

$$\tau_a = K_{fs} \frac{T_a C}{J} = K_{fs} \frac{16 T_m}{\pi d^3} \text{ ..... (10)}$$

$$\tau_m = K_{fs} \frac{T_m C}{J} = K_{fs} \frac{16 T_m}{\pi d^3} \text{…….. (11)}$$

Donde:

σ_a = Esfuerzo alternante

τ_a = Esfuerzo cortante alternante

σ_m = Esfuerzo medio

τ_m = Esfuerzo cortante medio

T_a= Torque alternante

T_m = Torque medio

K_f = Factor de concentración de esfuerzo por flexión

K_{fs} = Factor de concentración de esfuerzo por torsión

M_a = Momento flector alternante

M_m = Momento flector medio

C = Distancia máxima del eje neutro hacia la superficie

I = Momento de inercia

J = Momento polar de inercia

d = Diámetro

1.3.9.3 Criterio de falla ED-ASME elíptica:

Es un criterio de fallo (o falla) para determinar los esfuerzos estáticos permisibles en estructuras o componentes de máquinas. Se utilizan diversas formulaciones, dependiendo del tipo de material que se utiliza para este caso se utilizó la siguiente.

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3}\left[4\left(\frac{K_f M_a}{S_e}\right)^2 + 3\left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e}\right)^2 4\left(\frac{K_f M_m}{S_y}\right)^2 3\left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y}\right)^2\right]^{1/2} \quad \ldots\ldots (12)$$

$$d = \left\{\frac{16n}{\pi}\left[4\left(\frac{K_f M_a}{S_e}\right)^2 + 3\left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e}\right)^2 4\left(\frac{K_f M_m}{S_y}\right)^2 3\left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y}\right)^2\right]^{1/2}\right\}^{1/3} \quad \ldots\ldots. (13)$$

Donde:

S_e = Resistencia a la fatiga

S_y = Esfuerzo a la fluencia

n = Factor de seguridad

1.3.9.4. Máquinas de Forja - Tipos.

Los últimos modelos fabricados se resumen a continuación.

a. Neumático Martillo de Forja Modelo Pindú.

Esta máquina es eficiente, tiene un tamaño muy reducido con tan solo 330 mm de carrera de pistón. Posee una capacidad de 210 golpes por min, máxima energía de golpe de 1KJ, con una potencia de trabajo de 7.5 kW y dimensiones de martinete de fojas de 1400x760x1950mm. Esta máquina es una buena opción para el procesamiento de forja ya que cuenta con una capacidad máxima de forjado de fierro redondo de 85mm de diámetro y acero cuadrado de 65x65mm.

Figura 3: Martinete de forja
Fuente: Datongmachinetool (2018)

b. El BLU MAX 110

Con esta máquina se dispone de más potencia y más velocidad para proporcionar mayor eficiencia. Esta máquina está basada en un innovador diseño simplista, funciona a 125 psi con una fuerza de impacto de 318 kg, posee un cilindro de doble efecto con un diámetro con de 2.5", tiene una capacidad de 275 golpes por minuto acompañado de un martillo de equilibradas proporciones para obtener la máxima eficacia. Cuenta con un peso de 630 kg, lleva un pedal de accionamiento de fácil manejo que puede ser controlado con ambos pies.

Figura 4: BLU MAX 110

Fuente: Bigbluhammer (2018)

1.4 Formulación del Problema

¿Cuál será la geometría y las especificaciones para una máquina de forja tipo ballesta con capacidad de 250 golpes por minuto para la empresa Agropucalá S.A.C.?

1.5 Justificación e Importancia del Estudio

Esta investigación tiene como finalidad diseñar una máquina de forja tipo ballesta, siendo de gran importancia para la industria en la optimización de tiempo y de personal de dicha empresa. En la empresa Agropucala S.A.C la elaboración de herramientas forjadas se realiza artesanalmente por tal razón el tiempo que se invierte en la fábrica es bastante considerable, por lo que es

evidente que el empleo de un método más eficiente mediante el uso de una máquina de forja permitirá un aumento en la producción de la empresa.

1.5.1 Justificación Tecnológica.

En el procedimiento de diseño formal de una máquina de forjar tipo ballesta no es de conocimiento común en el ambiente universitario peruano. El presente trabajo permitirá poseer uno de los primeros documentos de desarrollo formal de este equipo en el país.

1.5.2 Justificación Económica.

Los martinetes son menos caros que las prensas y presentan una amplia variedad, normalmente son clasificados de acuerdo al método empleado para mover el pistón: Martillos de caída por gravedad, de tablón, con elevadores neumáticos e impulsados.

1.5.3 Justificación Social

La iniciativa de desarrollo de este tipo de máquinas ayudará a impulsar la formación de empresas en el rubro de la manufactura y con ello el acceso a nuevos puestos de trabajo, desde el diseño hasta la operación de las máquinas de manufactura, forja entre otros.

1.5.4 Justificación Ambiental

Este tipo de máquinas reducen la frecuencia de ruidos realizadas por un operario realizando la operación de forja de manera convencional a comparación de las máquinas de forja que realizan éste proceso con la mayor fuerza de golpeo a bajas frecuencias.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Diseñar una máquina de forja tipo ballesta de 250 golpes por minuto para incrementar la productividad de manufactura el área de maestranza en la empresa Agropucalá S.A.C.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Identificar las necesidades de la empresa Agropucalá S.A.C en el área de maestranza mediante entrevistas.

- Especificar una tabla de características de diseño y especificaciones técnicas.
- Seleccionar la alternativa de diseño óptima utilizando la matriz morfológica y tabla de ponderados.
- Dimensionar la máquina mediante cálculo y selección de componentes en función a las cargas externas aplicadas al sistema.
- Realizar el Análisis económico del Periodo de Retorno de Inversión (PRI).

CAPITULO II

MATERIAL Y METODO

2.1 MATERIAL Y MÉTODO

2.2 Tipo y Diseño de Investigación

Tipo: Aplicada, cuantitativa

Diseño: Ingeniería de Procesos Productivos – Diseño Mecánico.

2.3 Método de investigación

2.3.1. Población y muestra

No aplicable en este tipo de investigación.

2.3.2. Variables y Operacionalización

Este proyecto de investigación es un diseño de ingeniería que está asociado a una metodología. Se desarrolla con las siguientes variables principales: variables intervinientes, variables de solución, variables de diseño y parámetros de definición de problema.

Variables Independientes:

- Velocidad del martinete (m/min)
- Carrera del dado (mm)
- Resistencia del material a forjar S_y (Mpa)

Variables Dependientes:

- Máquina de forja

2.3.3. Operacionalización de variables

Tabla 2

Operacionalización de variables para máquina de forja tipo ballesta

Fuente: Propia

	Variables	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnica e instrumento de recolección de datos
VARIABLES INDEPENDIENTES	Resistencia del material a forjar	S_{ut} S_y	Resistencia del material.	Mpa	Análisis de documentos.
	Velocidad del martinete	golpes/min	Tiempo golpe	= 250 golpes/min	Análisis de documentos. Guía de entrevistas.
	Carrera del dado	Longitud	metro	$= 2{,}5\ m$	Guía de observación. Abordaje metodológico deductivo.
VARIABLES DEPENDIENTE	Máquina	Potencia Torque	Tensión de la tela. Material de los componentes.	W N N.m	Guía de observación. Abordaje metodológico deductivo. Análisis de documentos.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información

En este proyecto de investigación, para la recolección de datos se emplearon cuatro técnicas, con la finalidad de adquirir la información deseada para alcanzar los objetivos de la investigación. Las técnicas de recolección son las siguientes:

- **Observación**

En el proceso de investigación la observación es una técnica útil para el analista, consta en contemplar a las personas cuando ejecutan su trabajo. El propósito de esta técnica es múltiple ya que permite hallar lo que se realiza, como se realiza, quien lo realiza, cuando se lleva acabo, cuanto tiempo toma, porque y donde se realiza.

Se ejecutarán algunas visitas técnicas a la empresa "Agropucalá S.A.C" para precisar la problemática actual de la empresa y también observar el número de trabajadores que realizan la actividad.

- **Entrevista**

Esta técnica consiste en realizar un conjunto de preguntas sencillas que nos permitirá conocer estados de opinión o hechos específicos.
La encuesta será realizada por los autores de este trabajo a los trabajadores de la empresa "AGROPUCALA S.A.C".

- **Información bibliográfica**

La técnica de información bibliográfica servirá para una evaluación correcta de diseño de la máquina de forja tipo ballesta, estas informaciones acerca del tema serán obtenidas de las fuentes bibliográficas que se consultarán para la obtención de información. La información será recopilada de internet, libros, leyes, normas, tesis, publicaciones etc.

- **Análisis de documentos**

Esta técnica es utilizada para alcanzar un estudio de los documentos recopilados (libros, tesis, publicaciones, etc.) Para contar con una información veraz con respecto al tema y así brindar una certera evaluación de diseño de una máquina de forja tipo ballesta, teniendo en cuenta que se cumpla con el propósito de darle un beneficio económico a la empresa.

2.4.1. Validación y confiabilidad de instrumentos.

Validación

Las técnicas de recolección de datos para este proyecto de investigación se valida por un profesional experto reconocido como investigador y con un grado académico que lo respalda, para este proceso metodológico los resultados que obtenemos en el estudio del tema científico estudiado en este caso el diseño de una máquina de forja tipo ballesta se convertirán en la base fundamental para validez de este proyecto.

2.4.2. Procedimientos para la recolección de datos.

Paso 1: Elaboración de la entrevista

Se elaborará algunas preguntas a los trabajadores en el de maestranza de la empresa "Agropucalá S.A.C". Detallando los datos específicos que necesitaos para una futura fabricación de una máquina de forja tipo ballesta.

Paso 2: Determinación del cronograma de entrevistas

Se pactará con los miembros del proyecto las fechas para llevar acabo las entrevistas a los trabajadores de la empresa "Agropucalá S.A.C", los cuales tomaran un tiempo de 6 días.

Paso 3: Identificar la muestra del cronograma de entrevista

Se considerará la muestra según la cantidad de herramientas que se desea forjar para un conocimiento total del uso de la máquina de forja tipo ballesta en la empresa.

Paso 4: Ejecución de la encuesta

Se realizará la encuesta a los trabajadores de la empresa "Agropucalá S.A.C los cuales desempeñan la actividad de forjado de piezas para determinar su nivel de satisfacción y una opinión para una futura fabricación de la una máquina de forja tipo ballesta.

Paso 5: Identificación de las necesidades de la empresa

Se determinará las necesidades de los trabajadores para adjuntarlos como dato para una futura fabricación de una máquina de forja tipo ballesta.

Paso 6: Evaluación Geográfica

Se realizará una visita de campo a la empresa "Agropucalá S.A.C" para observar la ubicación y el montaje de la máquina de foja tipo ballesta teniendo un dimensionamiento ya determinado en el área de maestranza y reducción de la máquina para una futura fabricación.

Paso 7: Evaluación de la demanda de la empresa

Se realizará una encuesta sobre las piezas que se forjan y el tiempo que les toma a los trabajadores realizar su actividad para determinar cuál es el incremento adquiriendo una máquina de forja.

Paso 8: Evaluación del tipo de material para el diseño de la máquina de forja a utilizar

Se realizará una encuesta sobre el tipo de material que se forja con frecuencia para determinar el diseño de los mecanismos adecuados, con el fin de obtener una eficiencia máxima de la máquina.

Diagrama de flujo del desarrollo de actividades.

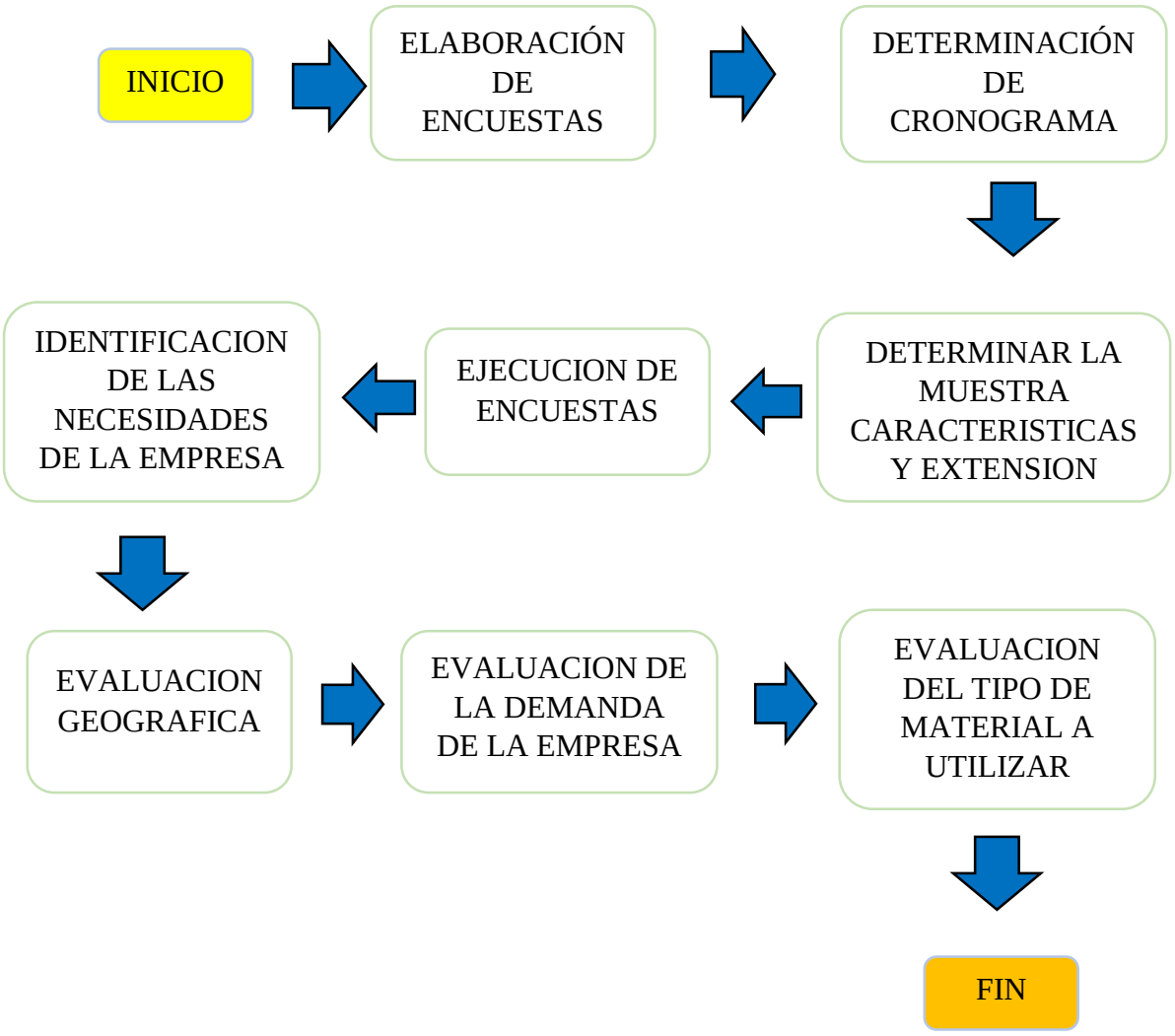


Figura 24: Diagrama de flujo

Fuente: Propia

2.5. Criterios éticos

Este proyecto de investigación estará basado en términos éticos por dos documentos fundamentales: código de Ética del Colegio de ingenieros (CIP,1999) y el código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS,2017).

2.5.1. Código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP).

Este documento consigna los principios de responsabilidad, honestidad, dedicación y profesionalismos a seguir por parte del ingeniero en su relación con la comunidad, el público, colegas en el ejercicio de su profesión, todo esto apunta a su desarrollo y competencia dentro de la profesión. así que en sus primeros artículos se menciona a la letra profesionales. (Ver Anexo N° 05).

"Art. 1.- Los ingenieros están al servicio de la sociedad. Por consiguiente, tiene la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de sus tareas profesionales".

"Art. 5.- los ingenieros cuidaran que los recursos humanos, económicos, naturales y materiales, sean racional y adecuadamente utilizados, evitando su abusos o dispendio, respetaran y aran respetar las disposiciones legales que garanticen la preservación del medio ambiente."

2.5.2. Código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS).

Este código se basa en definir la ética y su aplicación en el que hacer de investigación universitaria. Es por esa razón presenta los principios éticos, el consentimiento para uso de datos, las políticas anti plagio y los procedimientos de sanción. A continuación, un resumen de las primeras páginas de este documento (Ver Anexo N° 05).

ART. 2º: Objetivo

El Código de ética de Investigación de la Universidad Señor de Sipán tiene por objetivo definir los principios éticos que orientan la actividad investigativa y su gestión, por las autoridades, investigadores, docentes, estudiantes y egresados de la USS.

ART. 3º: Alcance

El presente código de ética de Investigación es de cumplimiento obligatorio para todas las autoridades académicas, administrativas, docentes, estudiantes, egresados y administrativo de la Universidad Señor de Sipán.

2.6. Principios de rigor científico

En esta investigación se tendrá en cuenta cuatro criterios de rigor científico los cuales se muestran a continuación.

Credibilidad

Se alcanzará cuando se logra la confianza de variable relevante a través de la averiguación, en la que se acompaña a la realidad ya que no fue alterada por ninguna causa externa.

Generalización

Se trata si la información rescatada de una entrevista o una encuesta este formalmente apropiada y realizada.

Fiabilidad

Tiene como objetivo demostrar la trasparecía del investigador de las mediciones cuando se consiga y pertenezca a una metodología meticulosa y científica.

Replicabilidad

Los registros y métodos estarán orientados a permitir la reanudación de la experiencia con la intención de adelantar la contratación de resultados en proyectos de investigación siguientes.

CAPITULO III

RESULTADOS

III. RESULTADOS

3.1. Necesidades de la empresa

Las necesidades de la empresa se determinaron mediante visitas que se realizaron en las instalaciones de la azucarera Agropucalá S.A.C. Se realizaron 5 entrevistas a los operarios del área de maestranza para obtener datos sobre las necesidades de la máquina de forja. A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos por las entrevistas realizados en dicha la empresa. En la Tabla 3 se encuentran los datos extraídos de las entrevistas y serán empleadas para la elaboración de la tabla de especificaciones de Ingeniería.

Pregunta 1: Obtención de materiales para la elaboración de herramientas

De las 5 entrevistas se menciona por unanimidad que los materiales para la elaboración de las herramientas son comprados.

Pregunta 2: Costo de adquisición de materiales para el forjado:

Se obtuvo que mensualmente se destinan en promedio S/. 8400 Nuevos Soles para la adquisición de materiales para fabricar cuñas, punzones y barretillas.

Pregunta 3: Cantidad del personal sobre el proceso de la forja

Según los resultados de la entrevista, los materiales se compra esta pregunta no se responde

Pregunta 4: ¿Cuánto tiempo piensa usted que tardaría la elaboración de 10 herramientas de forjado manualmente?

Según las entrevistas realizadas los resultados fueron que el 40 % opinan que se tardaría 6 horas para realizar 10 herramientas de forjado manualmente, otro 40 % opina que tardaría 5 horas en realizar el mismo trabajo, por último, el 20 % opina que tardaría más de 7 horas en elaborar las 10 herramientas.

Pregunta 5: ¿Qué tiempo aproximado cree usted debe requerir un operario para la elaboración de 10 herramientas de forjado con una máquina de forja?

El tiempo que se emplearía para realizar 10 herramientas con una máquina de forjado se estima, que de los 5 entrevistados el 60% opina que se requiere 60 – 120 min y el 40 % requiere de 240 min a más.

Pregunta 6: ¿Se realiza un pago extra a los operarios para la elaboración adicional de herramientas de forjado?

Según las entrevistas realizadas se obtuvo que l00% de los entrevistado respondieron que no se les da ningún incentivo por realiza estos trabajos de forjado.

Pregunta 7: ¿Cuánto pagaría al operario por elaborar 10 herramientas de forjado?

De acuerdo al resultado de la pregunta N° 6 no se existe un pago por el trabajo adicional de elaborar las herramientas mediante el forjado.

Pregunta 8: ¿Le gustaría que el proceso de forja se realice de manera más rápida?

El 80% de los entrevistados le gustaría que el proceso de forjado sea más rápido, el 20% opina que no debería realizase más rápido porque no están acostumbrados a realizar proceso de forja con máquinas automáticas.

Pregunta 9: Considera usted que es importante reducir el costo y tiempo de elaboración herramientas de forjado.

El 100% de los trabajadores respondieron que es muy importante reducir los costos porque esto era un beneficio para la empresa. Por otra parte, ellos ven que al hacer el trabajo manualmente el tiempo es considerablemente mayor con respecto al tiempo que se tardaría en hacer lo mismo con una máquina de forjado**.**

Pregunta 10: ¿Conoce usted algún tipo de máquina automática que realice herramientas por forjado?

En la entrevista realizada el 100% de los trabajadores no conoce una maquina automatizada solo conoce la máquina que tienen en su entorno que es manual y demasiado antigua.

Pregunta 11: ¿En caso de que existiera una máquina de forja más eficiente y de menor tamaño estaría dispuesto obtenerlo?

El 80% de los encuestados opina que le gustaría adquirir una máquina de menor tamaño ya que los trabajos que se realizan no son de grandes magnitudes y es por eso que el martinete que tienen no cumple con sus necesidades en la fabricación de herramientas como son punzones, barretillas, palas el espacio donde va estar ubicado el martinete es angosto y están dispuesto a obtener un martinete de menor tamaño, el 20 % de los trabajadores no opina por falta de conocimiento de la máquina.

Pregunta 12: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una máquina de forja?

A los trabajadores les parece rentable invertir un monto aproximado de S/. 5500 soles.

Pregunta 13: Dimensiones y características que debería poseer la maquina

Las dimensiones promedio que ellos establecen para el diseño de la máquina son la siguientes: 1.6 metros de largo, el ancho que ellos proponen para la maquina debería ser 1.2 metros aproximadamente, la altura que proponen debería ser de 1.7 metros, el color que ellos eligieron fue el verde porque es el color con la que están pintadas la mayoría de las máquinas de maestranza, la potencia que proponen es en promedio de 6 HP y que el mecanismo de trasmisión debería ser mecánico.

Pregunta 14: ¿En cuánto tiempo piensa usted que debe recuperarse la inversión?

El tiempo recomendable de recuperación de la inversión, según los trabajadores, sería de 9 meses.

TABLA 3

Datos obtenidos de la encuesta realizado a los 5 entrevistado de la empresa Agropucalá S.A.C

Fuente: Propia

Pregunta	operario 1	operario 2	operario 3	operario 4	operario 5	promedio
Obtención de materiales para herramientas	Compra	Compra	Compra	Compra	Compra	Compra
Inversión para adquisición de materiales	S/. 6000	S/. 6000	12000	8000	10000	8400
Si se elabora cuantas personas designa para realizar el proceso de forja	2	3	2	2	-	2.25
Cuanto tiempo tarda usted para realizar 10 herramientas de forja manualmente	6 h	7 h	7 h	8 h	8 h	7.2 h
Tiempo aproximado que requiere un operario para la elaboración de 10 herramientas de forjado con una máquina de forja	Entre 60-120 min	Entre 240 a más	Entre 60-120 min	Entre 60-120 min	Entre 240 a más	Mayor a 120 min
Se realiza un pago extra en a los operarios para la elaboración adicional de herramientas de forjado	NO	NO	NO	NO	NO	-
Le gustaría que las herramientas de forjado se elaboren de manera más rápida y eficiente	SI	SI	SI	NO	NO	-

Considera usted que es importante reducir el costo y tiempo de elaboración herramientas de forjado		SI	NO	SI	SI	SI	-
Conoce usted la existencia de máquinas automáticas para hacer herramientas de forjado		NO	NO	NO	NO	NO	-
En caso de existir una máquina más eficiente y de menor de tamaño, estaría dispuesto a adquirirla		SI	SI	SI	SI	SI	-
Cuanto estaría dispuesto a pagar por una máquina que elabore los trabajos de forjado		S/. 4000	S/.6000	S/.6000	S/.4000	S/.8000	S/.5600
Qué características debería poseer una máquina para fabricar herramientas de forjado	**Dimensiones largo ,ancho y altura**	1.2m x 0.60 m x 1.7 m	1.2 x 70cm x 1.6 m	1.5m x 60cm x 1.8 m	1.5m x 60cm x 1.8 m	1.2 m x 50 cm x 1.7 m	1.32m x 60cm x 1.72m
	Color	Verde	verde	verde	verde	verde	-
	Material de las partes	Fierro fundido	Acero comercial	Acero comercial	Acero	Fierro fundido	-
	Potencia	5 Hp	5 Hp	7.5 Hp	7.5 Hp	5 Hp	6 Hp
	Mecanismo	Hidráulico	Hidráulico	Mecánico	Mecánico	Mecánico	-
Cuanto tiempo debería recuperarse la inversión de diseñar y construir un martinete de forja		4 meses	12 meses	6 meses	15 meses	6 meses	8.6 meses

3.2. Recomendaciones de diseño para un martinete de forja tipo ballesta.

Luego de realizada la búsqueda de códigos, normas y estándares se observó que la normativa referente al diseño de máquinas de forjado es escasa, por lo tanto, se procedió a extraer algunas recomendaciones de diseño de trabajos similares tales como tesis, libros y artículos de investigación como se muestra en la Tabla Nº 4.

3.2.1. Hoja de especificaciones de ingeniería.

Luego de realizadas las entrevistas y analizadas las recomendaciones de diseño se designaron los rangos más recomendables para el diseño de este martinete de forja. El resultado se puede apreciar en la Tabla Nº5.

3.2.2. Dimensiones del martinete de forjar tipo ballesta.

Las dimensiones para esta máquina según el espacio donde va a trabajar se recomienda que no exceda las siguientes medidas: de largo debe tener 1.60, ancho 1.20 y su altura no debe ser mayor a 1.70 metros.

3.2.3. Materiales de las partes.

Para el diseño de este martinete, los artículos de investigación consultados recomiendan utilizar para el caso de los dados aceros de la serie AISI H, por ser elementos que trabajan en caliente, el yunque y la estructura debe ser de fundición gris o aceros añadidos y con respecto al ariete debe estar hecho de un acero de alta aleación, endurecido y templado.

Tabla 4

Recomendación de diseño de un martinete de forja

Fuente: Propia

ASPECTOS Y CRITERIOS	RECOMENDACIONES	FUENTE
GEOMETRIA	Cuando se utilicen dados planos, las superficies deben ser necesariamente paralelas para evitar el estrechamiento de la pieza de trabajo.	**Semiatin S.L., 2005**
	Los dados planos tienen un ancho que varía alrededor de los 305 a los 510mm de ancho. Los bordes de los dados deben estar redondeados para prevenir desgarros o pliegues en la pieza de trabajo	**Semiatin S.L., 2015**
	El ángulo óptimo de para los dados V está usualmente entre los 90 y 120°	**Semiatin S.L., 2015**
	la línea de partición entre los dados se encuentra en la sección transversal más grande de la pieza, porque es más fácil extender el metal por acción de forjado que forzarlo en las impresiones de troquel profundo.	**Semiatin S.L., 2015**

	El movimiento en una máquina de forjado mecánico se logra a través de una excéntrica, que es impulsada por la energía de una volante	**Semiatin S.L., 2015**
MATERIAL	Para los dados se recomienda utilizar aceros de herramientas de trabajo en caliente (serie AISI H), aleaciones de aceros como AISI 4300 o el 4100 serie.	**Semiatin S.L., 2015**
	El yunque y la estructura de la máquina de forja suelen fabricarse de fundición gris con acero añadido	**Tschaetsch, 2006**
	La maza debe estar hecha de acero de alta aleación, endurecido y templado, o acero templado y revenido.	
TECNICA	La velocidad de impacto de los martillos de forjado va desde los 3 a 9 m/s (15 – 30 pies/s).	**Semiatin S.L., 2015**
	Las máquinas de forjado brindan su máxima fuerza dentro de los 3.2mm del final de carrera debido a que en esta zona se requiere la máxima presión para formar la rebaba.	**Semiatin S.L., 2015**
	Los dados planos se emplean para formar barras, formas planas y redondas. Los dados de estampación son principalmente usados para formar barras de diferentes diámetros. Los dados V son empleados para formar tubos de una palanquilla hueca.	**Semiatin S.L., 2015**

Tabla 5

Especificaciones de ingeniería.

Fuente: Propia

SUB- FUNCIÓN	CARACTERÍSTICAS DE INGENIERÍA	UNIDADES	LÍMITES
Largo del chasis	Largo	Metros	< 1.6 m
Ancho del chasis	Ancho	Metros	< 1.2 m
Altura del chasis	Altura	Metros	< 1.7 m
Material de las partes	Tipo de acero	Adimensional	Tipos de acero resistentes Adecuado para trabajos en caliente
motor del martinete	Potencia	HP	< 6 hp
Poleas de transmisión	Diámetro	Metros	De acuerdo a la velocidad del que se requiere

3.3. Selección de la alternativa de diseño óptima utilizando la matriz morfológica y tabla de ponderados.

3.1. Diseño Conceptual:

Concepto Nº 1

Esta solución nos permite tener un mejor acabado de piezas ya que el eje de transmisión es más corto, y no lleva una volante excéntrica y la velocidad de carrera del embolo es más estable.

Las ventajas de esta alternativa de solución es que el mecanismo es accionado por motor eléctrico, su mecanismo de transmisión es movida por un cilindro neumático que genera golpeteos para el proceso de forjado, cuenta con una base uniforme con un porta yunque. La desventaja es que con este sistema los golpes que realiza son más lentos y su costo de los componentes son más elevados.

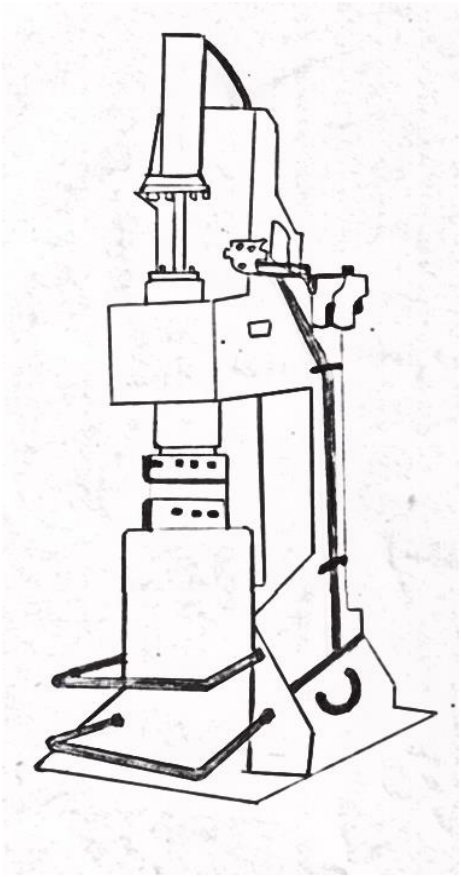


Figura 25. Martinetes hidráulicos

Fuente: Adaptado de Big blu hammer (2018)

Concepto Nº 2 Martinete de vapor

Esta solución cuenta con un mecanismo de transmisión más ligero el peso y volumen de la máquina hace que esta máquina sea muy eficiente.

Las ventajas de este segundo concepto es que cuenta con un mecanismo que funciona con un sistema de vapor el cual tiene que ser suministrado desde una caldera de vapor, el mecanismo que genera el golpe lo realiza mediante un pistón, cuenta con un yunque muy resistente que soporta las condiciones de trabajo que genera la máquina. Las desventajas de este tipo de máquina es que su apariencia es ser muy robustos y para su funcionamiento de tener un suministro de vapor lo que lo hacer muy costosa. Durante el impacto la maquina tiene una alta vibración ya que su base sirve también de porta yunque, por lo que se debe tener un buen anclaje para la máquina.

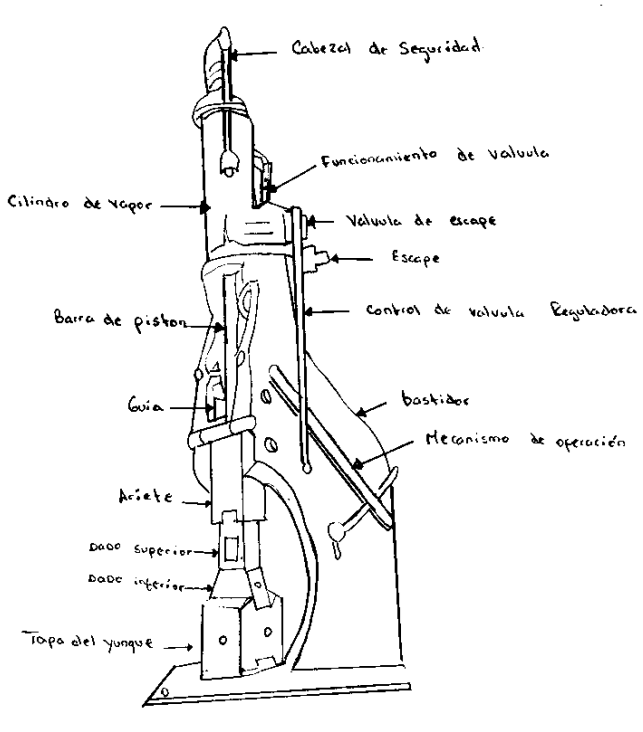


Figura 26. Martinete de vapor

Fuente: Adaptado de Díaz (2008)

Concepto N°3 Martinete oliveras

Esta solución nos permite reducir con mayor eficiencia las sobre tensiones en el mecanismo deformable y el eje de tensión. Este martillo está fabricado del material de la alta calidad, su estructura es compacta, es muy eficiente en el trabajo y funciona a altas velocidades.

Para el último concepto las ventajas con las que cuentan es un sistema accionado mediante un motor eléctrico, su trasmisión es generada mediante fajas y embrague mecánico, el golpe que genera esta máquina lo realiza mediante una volante excéntrico y una biela intercalada con un mecanismo de ballesta, en su base cuenta con una porta yunque de fierro fundido. La desventaja es que sistema es más adecuado para potencia bajas y carreras cortas del ariete.

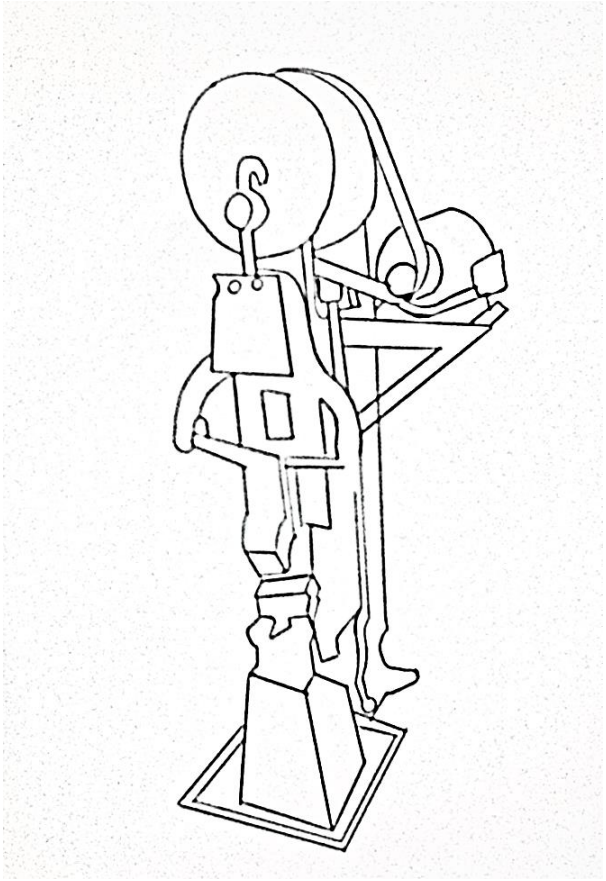


Figura 27 Martinete oliveras

Fuente: Adaptado de tallerdeforja (2018)

3.2. Determinación del concepto optimo por criterios ponderados

Se consideraron los criterios indicados en la (Tabla 6 y Tabla 7) mediante una matriz ponderada de selección para la evaluación óptima de un martinete de forja tipo ballesta para la fabricación de herramientas en el área de maestranza de la empresa Agropucalá S.A.C. Obteniendo como criterios a evaluar lo siguiente.

Costo: Este criterio permite evaluar el costo que se generaría para poder fabricar el martinete de forja tipo ballesta.

Estabilidad: Este criterio permite evaluar la estabilidad del sistema para poder seleccionar la estructura y el material que resista las vibraciones de los contragolpes del martinete.

Mantenimiento: Este criterio se consideró debido a la necesidad de que la maquina cuente con un adecuado y fácil mantenimiento al martinete de forja tipo ballesta.

Seguridad: Este criterio nos ayuda a evaluar la seguridad que debe tener la máquina para poder evitar todo tipo de accidentes.

Tamaño: Este criterio permite evaluar el tamaño máximo del martinete de forja tipo ballesta para así lograr una adecuada ubicación.

Mediante los indicadores, fue elegido el concepto óptimo de acuerdo a los criterios más sobresalientes. La puntuación obtenida de la matriz de selección ponderada indica que el concepto del martinete de forja tipo oliveras es el más óptimo pues cuenta con un mecanismo en forma de ballesta. Por lo tanto, el concepto seleccionado será la base para el diseño paramétrico.

El cuadro de la selección de la alternativa más óptima mediante una matriz ponderada de selección se encuentra en la Tabla N°6.

Se asignó la respectiva calificación en porcentaje de cada criterio en la Tabla N° 7 guiándose de la importancia de cada criterio obtenido en las recomendaciones de diseño de la Tabla N°4.

La matriz de selección ponderada cuenta con los criterios de selección que son: estabilidad del sistema, costo, mantenimiento, seguridad, tamaño y vibración los

cuales evaluaran a las seis alternativas de concepto. A los diferentes criterios se le fue asignando una ponderación según la importancia de cada uno, la puntuación que se asignó a cada concepto es la siguiente:

Malo (1); bueno (2); Muy bueno (3), y la puntuación ponderada se obtuvo multiplicando el porcentaje (%) por la puntuación dividido entre el total del porcentaje final de criterios.

Tabla 6

Ponderado de los criterios considerados para la matriz de selección

Fuente: propia

INDICADORES	
CRITERIOS	PONDERADO (%)
Estabilidad	10
Costo	20
Mantenimiento	30
Seguridad	10
Vibración	10
Tamaño	20
Total	100

Tabla 7

Puntuación de los criterios considerados para la matriz de selección

Fuente: propia

INDICADORES	
PUNTUACION	**EXPLICACION**
1	Malo
2	Bueno
3	Muy bueno

Tabla 8

Fuente: Propia

Selección de la alternativa más óptima mediante una matriz ponderada de selección.

DISEÑO DE UN MARTINETE DE BALLESTA	MARTINETE HIDRAULICO			MARTINETE DE VAPOR			MARTINETE OLIVERAS		
Criterios	Ponderado (%)	Puntuación	Puntuación de ponderado	Ponderado (%)	Puntuación	Puntuación de ponderado	Ponderado (%)	Puntuación	Puntuación de ponderado
Estabilidad del sistema	10	3	0.3	10	2	0.2	10	2	0.2
Costo	20	1	0.2	20	1	0.2	20	3	0.6
Mantenimiento	30	2	0.6	30	1	0.3	30	3	0.9
Seguridad	10	3	0.3	10	1	0.1	10	2	0.2
Vibración	10	2	0.2	10	2	0.2	10	2	0.2
Tamaño	20	3	0.6	20	1	0.2	20	3	0.6
Total	100	14	2.2	100	8	1.2	100	15	2.7

3.3. Diseño de Configuración

Se diseñó tres tipos de configuraciones para el mecanismo y el chasis del martinete de forja tipo ballesta y estas configuraciones son las siguientes y se muestran a continuación:

Configuración N° 1:

Esta estructura consiste en un mecanismo con transmisión directa con una base rectangular, cuenta con una estructura de soporte para el motor un acoplamiento entre el motor y el eje motriz además está sostenido por dos apoyos que son dos chumaceras tiene una excéntrica que hace girar al mecanismo que realiza los golpeteos. Esta estructura utiliza pocos componentes, es de fácil ensamble, cuenta con un tamaño y modelo óptimo para el lugar de trabajo. Una de la desventaja es que la velocidad que se ejercería con esta transmisión es muy descontrolada ya que va a altas velocidades y podría generar mucha vibración, además para cumplir con velocidad del forjado (250 golpes/min) el motor debe ser bajas revoluciones. Diseño de este martinete se muestra a continuación en la figura N°28.

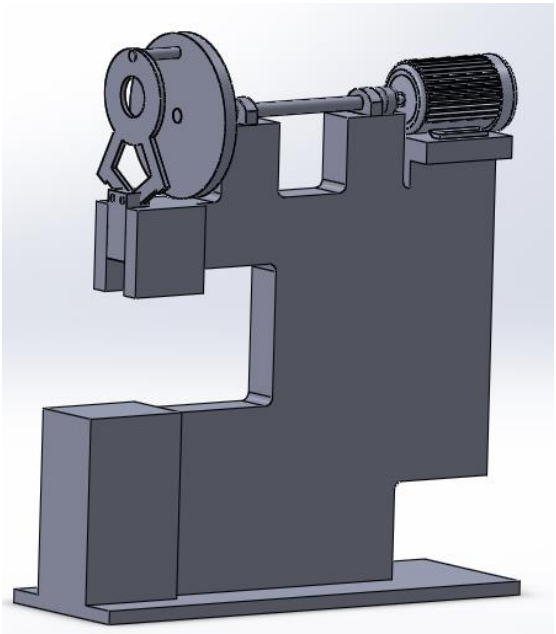


Figura 28. Configuración N°1 de Martinete de forja tipo ballesta con transmisión directa

Fuente: Propia

Configuración N° 2:

Esta estructura consiste en un mecanismo con transmisión por cadena con una base rectangular que soporta a la máquina, cuenta con una estructura de soporte para el motor que se encuentra alojado sobre una de las chumaceras del eje motriz, este sistema cuenta con piñón y una catarina que le da movimiento al eje motriz, además las dos chumaceras sirven como apoyo y a su vez permiten el giro del eje acoplado a una excéntrica que desplaza al mecanismo que realiza los golpeteos. Esta estructura utiliza más componentes que la anterior, es de fácil ensamble, cuenta con un tamaño y modelo óptimo para el lugar de trabajo. El diseño de este martinete se muestra a continuación en la figura N°29.

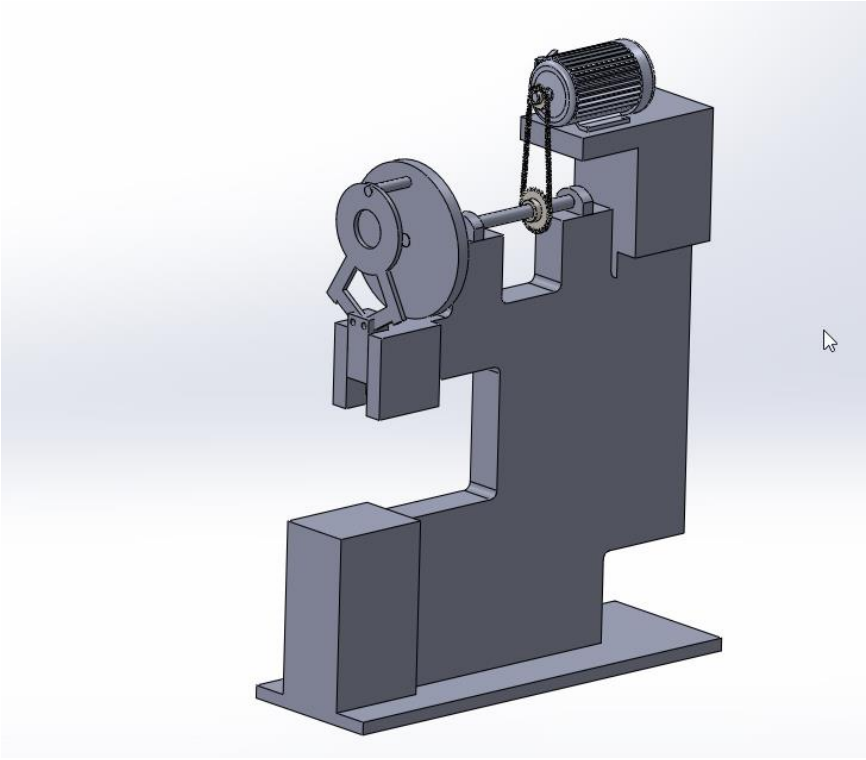


Figura 29. Configuración N°2. Martinete de forja tipo ballesta con transmisión por cadenas

Fuente: Propia

Configuración N° 3:

Esta estructura consiste en un mecanismo con transmisión por poleas con una base rectangular que soporta a la máquina, cuenta con una estructura de soporte para el motor que se encuentra alojado sobre una de las chumaceras del eje motriz , este sistema cuenta con una polea acoplada al motor y otra al eje motriz que le da movimiento al sistema además las dos chumaceras sirven como apoyo y a su vez para realizar el giro, cuenta con dos fajas que accionan las dos poleas , este acoplado a una excéntrica que hace girar al mecanismo que realiza los golpeteos. Esta estructura utiliza más componentes que la anterior, es de fácil ensamble, tiene un sistema más estable y regulable cuenta con un tamaño y modelo óptimo para el lugar de trabajo no es tan robusta. El diseño de este martinete se muestra a continuación en la figura N° 30.

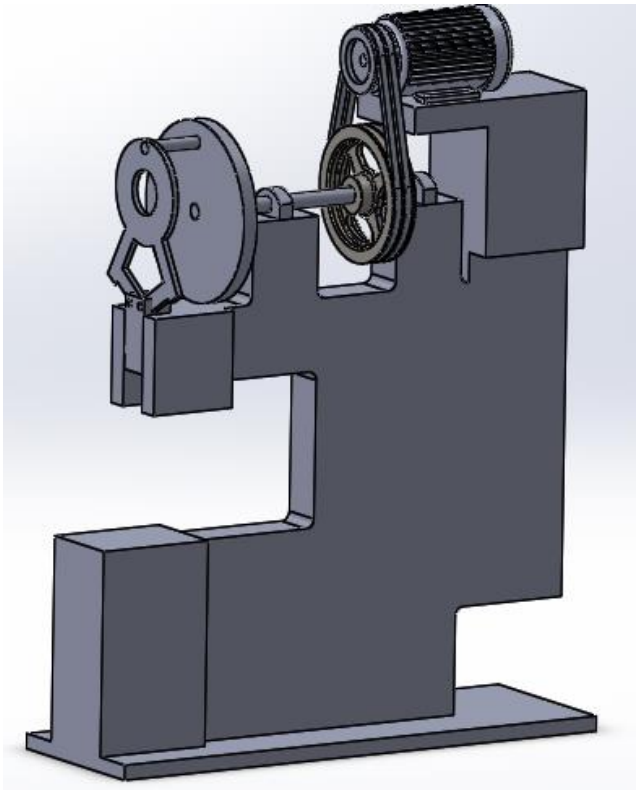


Figura 30. Martinete de forja tipo ballesta con transmisión por fajas

Fuente: Propia

En la Tabla N° 9 se muestra la matriz de selección para esta configuración. A los diferentes criterios se le fue asignando una ponderación según la importancia de cada uno, la puntuación que se asignó a cada concepto es la siguiente: Malo (1); Bueno (2); Muy bueno (3), y la puntuación ponderada se obtuvo multiplicando el porcentaje (%) por la puntuación dividido entre el total del porcentaje final de criterios. Se obtuvo que la Configuración N° 3 es la más óptima para la construcción del chasis, ya que presenta características superiores en los criterios, con respecto a las otras dos. Por lo tanto, la configuración seleccionada mecanismo y el chasis del martinete de forja tipo ballesta será la base de solución para el diseño.

Tabla 9

Matriz ponderada de selección del material óptimo para el chasis de martinete de forja tipo ballesta.

Fuente: Propia

MECANISMO Y CHASIS DEL MARTINETE DE FORJA TIPO BALLESTA	**CONFIGURACIONES CANDIDATAS**						
		CONFIGURACION N°1		CONFIGURACION N°2		CONFIGURACION N°3	
CRITERIOS	Ponderado (%)	Puntuación	Ponderado	Puntuación	Ponderado	Puntuación	Ponderado
TAMAÑO	**30**	**3**	**0.9**	**3**	**0.9**	**3**	**0.9**
TIPO DE MECANISMO	**40**	**1**	**0.4**	**2**	**0.8**	**3**	**1.2**
MENOR VIBRACION	**30**	**1**	**0.3**	**2**	**0.6**	**2**	**0.6**
TOTAL	**100**	**5**	**1.6**	**7**	**2.3**	**8**	**2.7**

3.4. Dimensionamiento de la máquina de forja tipo ballesta:

3.4.1. Dimensionamiento General del Equipo

Luego de haber concluido el diseño conceptual y de configuración se definió los parámetros de las dimensiones generales del equipo según las recomendaciones que nos brindaron en las encuestas y basándonos en el requerimiento de la empresa que se muestran en el Anexo 1 y de la bibliografía consultada como es la de **Semiatin S.L., (2005)** que se muestra en la Tabla 4. Después de haber hecho una breve explicación se muestra el en la Figura N° 31. Siendo este el boceto ganador en el diseño de configuración con las dimensiones generales señaladas.

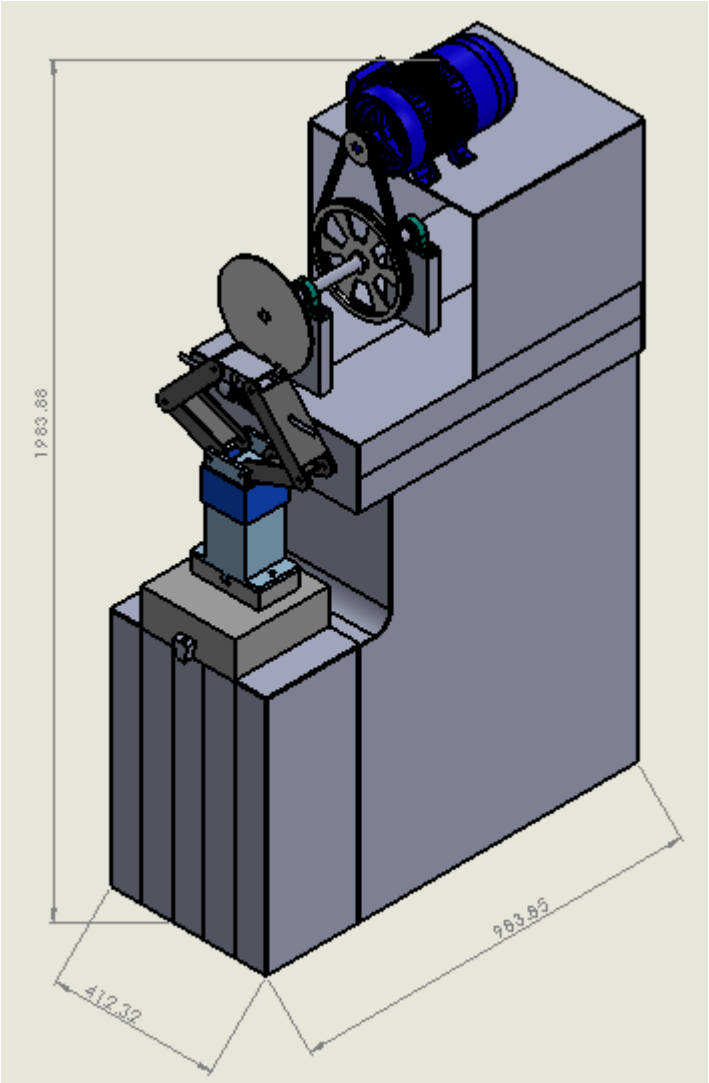


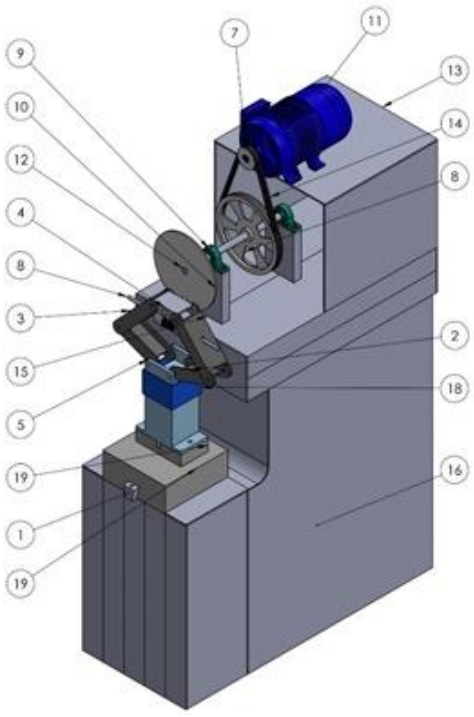
Figura 31. Dimensionamiento del martinete forja tipo ballesta

Fuente: Propia

El ancho y la altura del chasis del martinete de forja tipo ballesta estará establecido por el espacio en el área donde va a realizar los trabajos de forjado, la longitud tendrá que ser menor a 1.2 m por ser un mecanismo no tan robusto en sus componentes como son el motor, poleas y otros.

El movimiento que ejerce los golpeteos se realiza mediante un disco unido al eje y que es impulsado por el motor, para el yunque se utilizó perfiles estructurales como las vigas en I mientras que en la estructura se utilizó planchas de acero y perfiles estructurales de tipo C. Los dados deben estar hechos de un acero de alta aleación como nos mencionan en la recomendación de diseño (Tschaetsch, 2006**).**

En la Figura N° 32 se muestra un esquema más detallado con los nombres de los componentes que se van seleccionar en donde se incluyen partes como es la estructura y/o accesorios necesarios para el funcionamiento de la máquina de forjado, estos elementos no serán analizados mediante un diseño paramétrico.



N.° DE ELEMENTO	N.° DE PIEZA	CANTIDAD
1	COLA DE MILANO	1
2	BRAZO INFERIOR	2
3	BRAZO SUPERIOR	2
4	SUJETADOR	1
5	RAM	1
6	DADO INFERIOR	2
7	POLEA MOTRIZ	1
8	POLEA CONDUCIDA	1
9	CHUMACERA UCPL205-100D1	2
10	EXCENTRICA	1
11	MOTOR 3HP	1
12	EJE	1
13	BASES DE MOTOR	1
14	FAJAS	1
15	SOPORTE DE CHUMACERAS	1
16	ESTRUCTURA	1
17	SOPORTE DE RESORTE	1
18	SOPORTE DE RAM	1
19	DADO INDERIOR	1

Figura 32. Martinete de forja tipo ballesta

Fuente: Propia

3.4.2. Dimensionamiento del eje

Para el dimensionamiento el eje se tuvo en cuenta las medidas del motor y de los componentes que están acoplado al disco de la excéntrica, los datos de las medidas del motor fueron extraídos del catálogo de motores (SIEMENS, 2018). Para la distancia entre el disco y sus componentes se tomó por criterio ingenieril 14.75 cm de longitud. La longitud el eje queda determinado por la resta total menos la longitud del motor y los elementos unidos al disco quedando el eje con una medida de 50 cm.

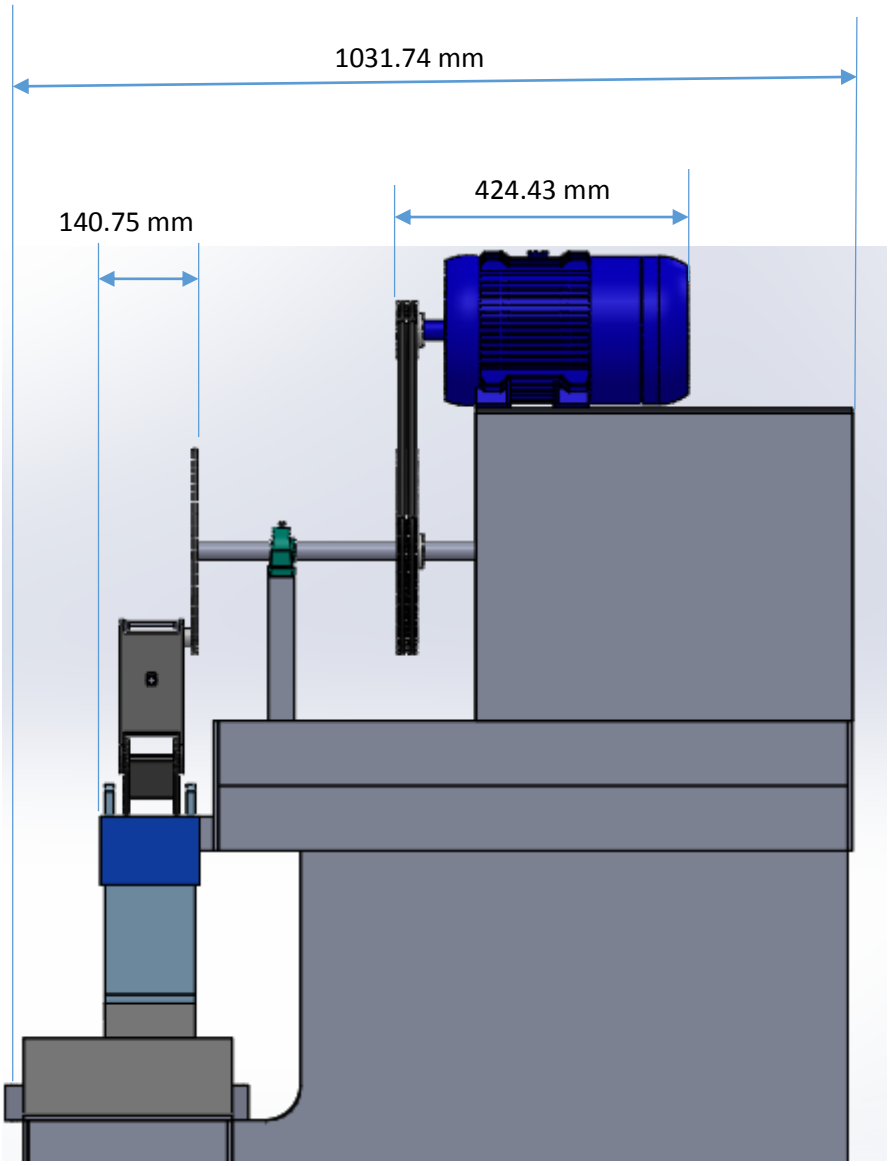


Figura 33. Martinete de forja tipo ballesta

Fuente: Propia

3.4.3. Dimensionamiento de los dados

En el dimensionamiento de los dados se tuvo como referencia las recomendaciones de diseño que se muestra en la Tabla N° 4, en este caso el tamaño de los dados superior e inferior son respectivamente los siguientes: el diámetro del dado superior en forma de rectángulo con medidas de 22 cm x 13.2 cm y el dado inferior con las siguientes 30.5cm x 30.5 cm, debido a que en las recomendaciones antes mencionadas en la Tabla N°10 nos dice que el ancho de los dados no debe exceder los 510 mm (**Semiatin S.L., 2005**).

3.4.4. Dimensionamiento del disco excéntrico

Para dimensionar el disco de la excéntrica tomamos como referencia las medidas estándar de diámetro de carrera que existen en máquinas ya fabricadas por lo cual se calculó como la siguiente formula que se muestra a en el Anexo 3.

3.4.5. Selección de Materiales

Se realizó la selección de los diferentes materiales guiándose en las recomendaciones de diseño para la máquina de forja tipo ballesta de la Tabla Nº 10 y de acuerdo al criterio ingenieril.

3.4.6. Selección de materiales para los dados del martinete

De acuerdo a las recomendaciones (**Semiatin S.L., 2015**) de diseño debe ser un material de alta aleación mayormente estas partes se utiliza los aceros (AISI 4100 Y 4300) pero se eligió el AISI 4100 (Anexo N°5) por ser más comercial y posee propiedades similares que los aceros antes mencionados.

3.4.7. Selección de material del chasis y eje del martinete

El material a utilizar para el chasis es un acero comercial (ASSTM A36) debido a que económico y fácil de conseguir en el mercado, el eje deberá ser un material resistente para soportar las cargas por torsión y las vibraciones que se pudiesen presentar, los aceros disponibles en el mercado son los AISI 1010, AISI 1020, AISI 1040 y A-36 (Ver Anexo 4) porque son comerciales y cuentan con las propiedades necesarias según lo requerido por la máquina.

3.4.8. Selección de componentes estándar

Motor eléctrico

De la secuencia de cálculo del Anexo N° 3 la potencia del motor debe ser de 2.48 HP, pero en catálogos la potencia estándar inmediatamente superior es de 3 hp y con una velocidad 900 rpm. La velocidad seleccionada es debido a que se desea mantener una relación de transmisión de 1: 3.5. El motor es alimentado con una corriente de 230/460 con una frecuencia de 60 Hz de acuerdo a los requerimientos de la empresa, estos datos fueron extraídos del catálogo de SIEMENS (2007) (Ver Anexos N° 6).

Figura 34. Motor eléctrico
Fuente: Siemens (2018)

Poleas

Se han seleccionado 2 dos poleas, una que es la polea motriz (conectada al motor) y la otra que es la polea conducida (conectada al eje de transmisión), cada una cuenta con las siguientes dimensiones de 85 mm y 300 mm respectivamente, por lo que se revisó en catálogo que las medidas sean estándares como se muestra en el Anexo N° 7.

Figura 36. Polea
Fuente: (Itermec v)

Fajas

Para seleccionar las fajas de transmisión del eje, según catálogo se vio más óptimo elegir fajas de tipo 3V con una resistencia de transmisión de 1.6 hp por cada una de ellas. Como se requiere transmitir 3hp se vio óptimo usar dos fajas. Las fajas fueron seleccionadas del catalogó POLEAS EN V (INTERMEC) (Ver Anexo N° 7).

Figura 37. Faja tipo 3V
Fuente: POLYBANDAS (2018)

Chumaceras

De acuerdo a catálogo se seleccionó estas chumaceras de marca NTN modelo UCP205-100D1, Chumacera tipo puente, alojamiento de acero fundido Con tornillo de fijación (Prisionero). La ficha técnica se encuentra en el Anexo N° 9.

Figura 35. chumacera
Fuente: promzapchast (2019)

3.4.9. Calculo para el diseño del eje

Calculo de la energía de deformación

En el cálculo de la energía necesaria para deformar una cierta cantidad de materia, se requiere conocer la resistencia de dicho material de la pieza de trabajo $\left(\left(s_y\right)_m\right)$. En el proceso de forjado la deformación total esta compuesta por la deformación elástica (e_o) más la deformación plástica (e_1) y proporcional al volumen de la pieza de trabajo(V). En la ecuación N°16 del Anexo 3 se muestra la formula general de la energía de deformación cuyo resultado es:

$$U = 124.6659\ N.m$$

Calculo de la potencia del motor

Para calcular la potencia del motor utilizamos como constante $ef_m = 0.9$ para eficiencia mecánica del sistema de transmisión y como parámetros de cálculo utilizamos los siguientes variables: radio del disco principal (R), torque máximo (T_{max}), velocidad de giro del disco (ω), en la ecuación N° 27 del Anexo N°3, se muestra la formula general para calcular la potencia que el motor requiere para deformar el material a forjar y cuyo valor es el siguiente:

$$\text{Php} = 2.4792 \text{ Hp}$$

Calculo de cargas de diseño

Las cargas de diseño para esta máquina están representadas por el torque del motor y el peso del ariete. Asimismo, se calculará la velocidad de rotación y momento flexionante ejercido sobre el eje. Para determinar la potencia del motor se elaboró una GUI donde se ingresan las variables siguientes: Diámetro de la pieza de trabajo carrera del dado de forjado, numero de golpes del martinete, resistencia a la fluencia de la pieza a forjar y el módulo de elasticidad. De los resultados arrojados por la GUI se obtiene que el motor debe tener una potencia de 2.48 HP. Los resultados de la GUI se corroboraron con los cálculos de escritorio que se pueden ver en el Anexo N° 3.

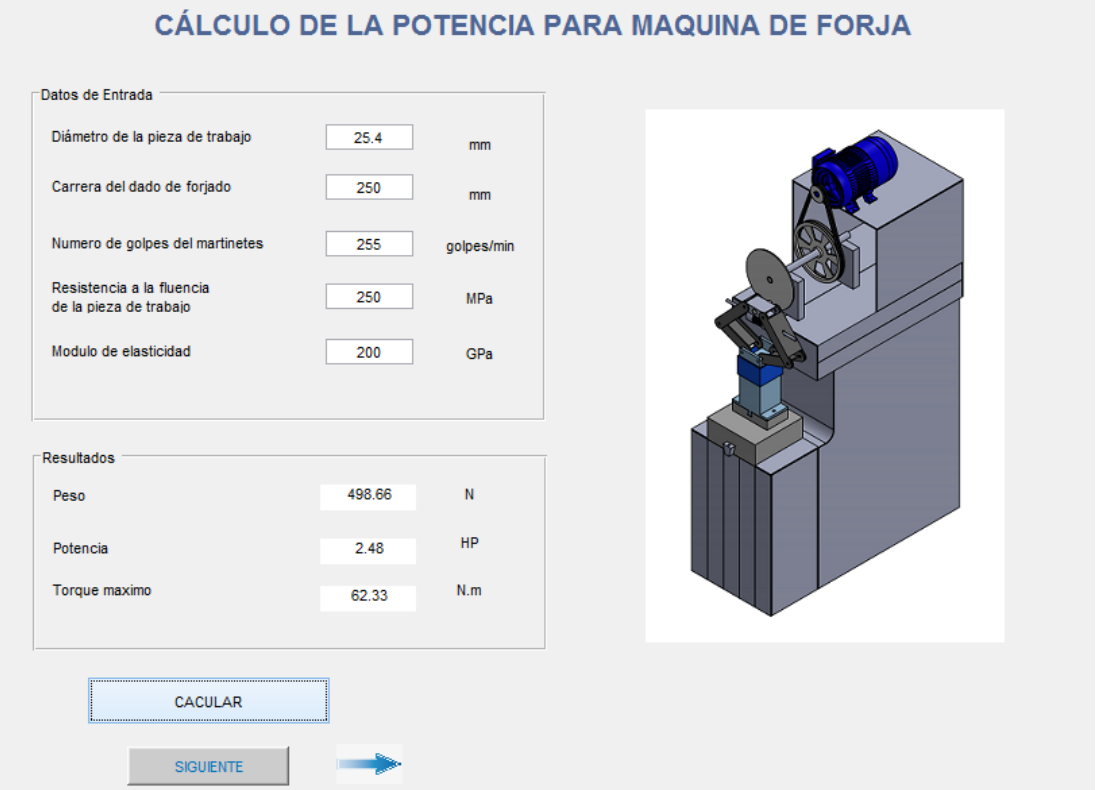


Figura 38. Cálculo de la potencia del motor

Fuente: propia

Calculo de la fuerza de la polea

Se calcula la fuerza que se ejerce en la polea con los parámetro físicos que tiene el sistema, en él se tomó valores para analizar el comportamiento que hay entre las poleas, las faja y el motor por ello es necesario conocer la fuerza de tensión inicial (F_i), fuerza de tensión circunferencial debido a la fuerza centrifuga (F_c), torque en la polea conducida (T), diámetro de la polea conducida (D). En las ecuaciones N° 30 hasta la N° 32 se muestra el resultado de la fuerza centrífuga que se ejerce, esta misma fuerza es la que actúa en el eje que esta acoplado. Por lo tanto, la fuerza total en la polea es:

$$F_{polea} = 743.8084\ N$$

Diagrama de cuerpo libre

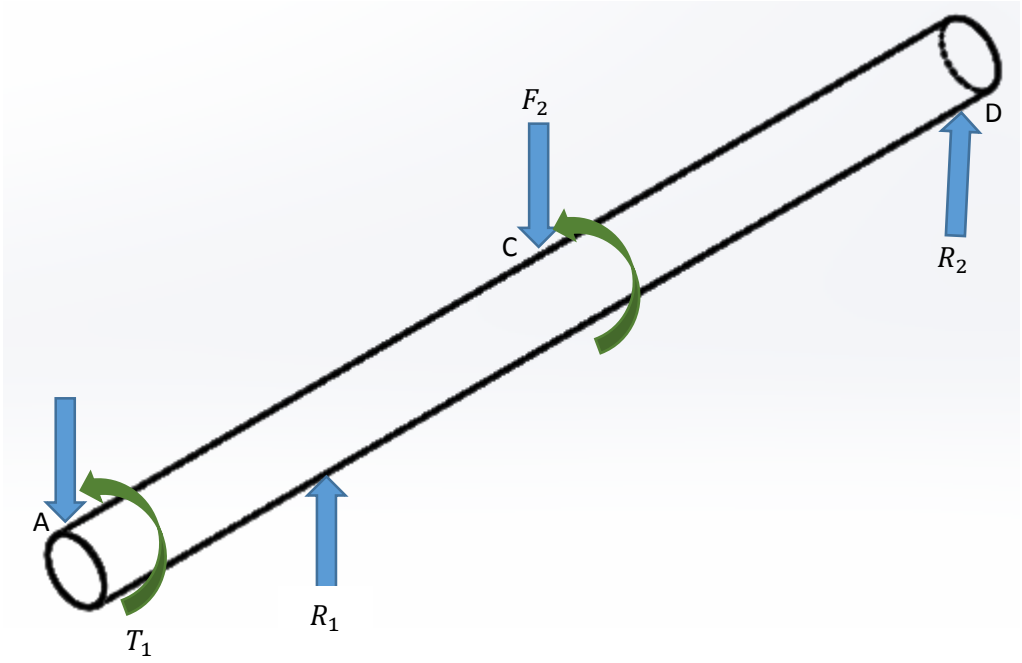


Figura 39. Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Propia

Diagrama de fuerzas cortantes y momento flector

Los resultados de los diagramas, para el caso de fuerza cortante y momento flector como se muestra en el Anexo N° 3 y dan como resultado los siguientes valores que se muestran a continuación.

Fuerza cortante: $V = 591.44$ N

Momento flector: $M = -96.23$ N.m

Análisis paramétrico

Para el diseño del eje el cual es elemento crítico en el diseño de la máquina de forjado y para cual se determinará su diámetro mediante de un análisis paramétrico empleando como variables las definidas en la caja negra (Figura N°

23) donde las variables de diseño a emplear son: el diámetro del eje (d), resistencia del material del eje ($(s_y)_m$), el esfuerzo de Von Mises (σ') y el factor de seguridad (FS).

La ecuación fundamental para la parametrización es la siguiente:

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[4\left(\frac{K_f M_a}{S_e}\right)^2 + 3\left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e}\right)^2 4\left(\frac{K_f M_m}{S_y}\right)^2 3\left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y}\right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Para realizar el análisis paramétrico detallado se elaboró una programación en el software de Ingeniería Matlab, donde se realizaron y programaron todos los cálculos para el diseño en carga estática y en fatiga, los resultados de la parametrización se pueden visualizar en la Figura N° 40 y la explicación de rangos y valores que visualizan en la gráfica se detallan a continuación:

Diámetro del eje

Para realizar el análisis paramétrico del eje se tomó como posibles diámetros para el eje el rango de 1" a 1 ½" pulgadas con intervalos de 1/8" y de donde se debe tomar las medidas de ejes estándar.

Factor de Seguridad

El factor de seguridad se representa en la Figura N° 40, el valor del factor de seguridad está en función del diámetro del eje teniendo como parámetro la resistencia de los distintos tipos de aceros como es el AISI 1010, AISI 1020, AISI A36 Y AISI 1060, por tal motivo se observan 4 curva con distintos comportamientos que van de forma creciente que nos permite comparar los tipos de acero comerciales con la influencia del factor de seguridad y el diámetro del eje.

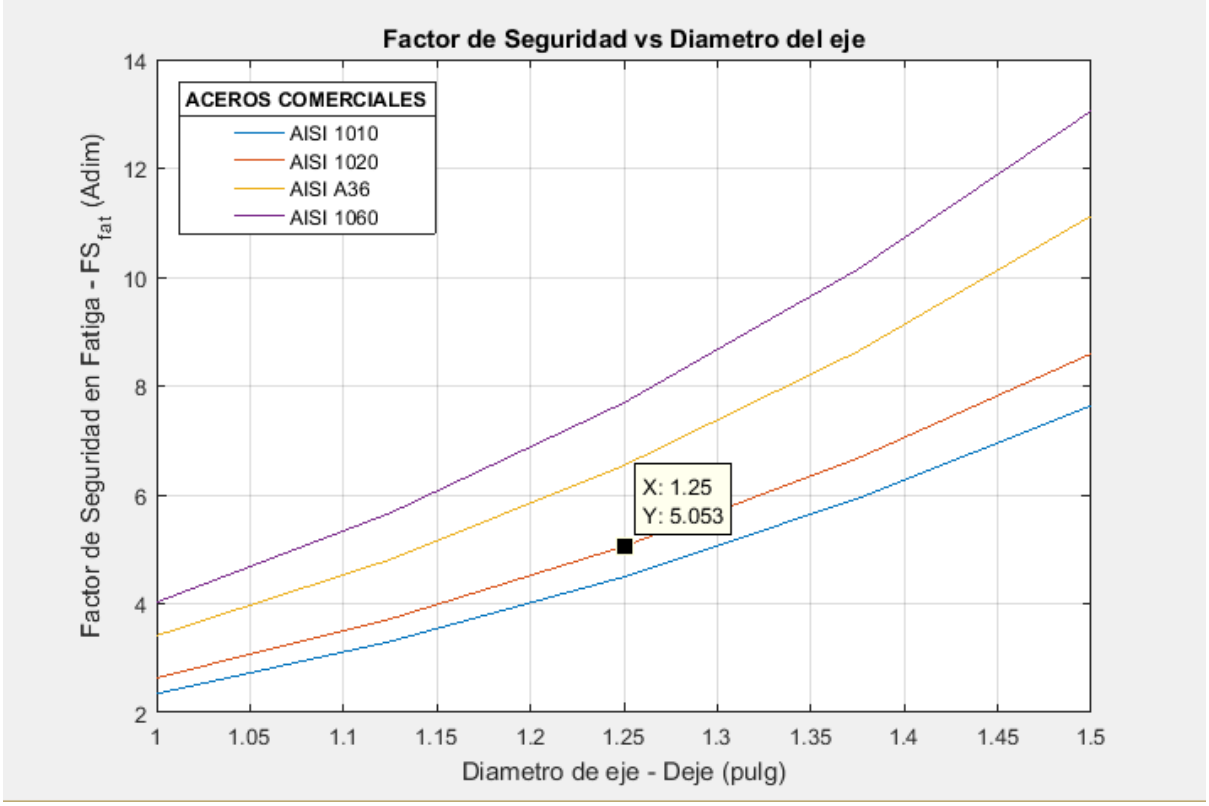


Figura 40. Martinete de forja tipo ballesta

Fuente: Propia

Punto de diseño

Para el caso de la selección del punto óptimo de diseño se tomó como criterio que el factor de seguridad no tenga un rango menor de 5 para que el diseño sea conservador. En la Tabla N° 10 se muestran los valores que cumplen con este criterio para cada una de las gráficas.

En los resultados se observa que el menor valor para el diámetro y que cumple con un factor de seguridad no menor de 5 es $D_{EJE} = 1\ 1/4"$ para el acero AISI 1020. Estos valores definen el diseño del eje.

Tabla 10
Resultados parametrizados
Fuente: Propia

TIPOS DE ACEROS	DIAMETRO DEL EJE (Pulg)	FACTOR DE SEGURIDAD (Admin)
AISI 1010	1 ¼"	4.49
AISI 1020	1 ¼"	5.05
AISI A36	1 ¼"	6.54
AISI 1060	1 ¼"	7.69

Con el propósito de corroborar los resultados arrojados por la parametrización, se realizó un cálculo de escritorio donde se analiza en carga estática y en fatiga los valores obtenidos para el diámetro con un factor de seguridad $F_s = 5.05$ con un acero comercia AISI 1020.

Análisis estático

Para el análisis estático se realizó los cálculos mediante una GUI en el programa de Matlab por lo que se consideró los siguiente, como datos de entrada se consideró el momento máximo y torque máximo por lo que se tomó como parámetros la resistencia del material y el factor de seguridad, dándonos como resultado el esfuerzo de von mises y el diámetro del eje. En la Figura 41 se muestra la interface de la GUI elaborada.

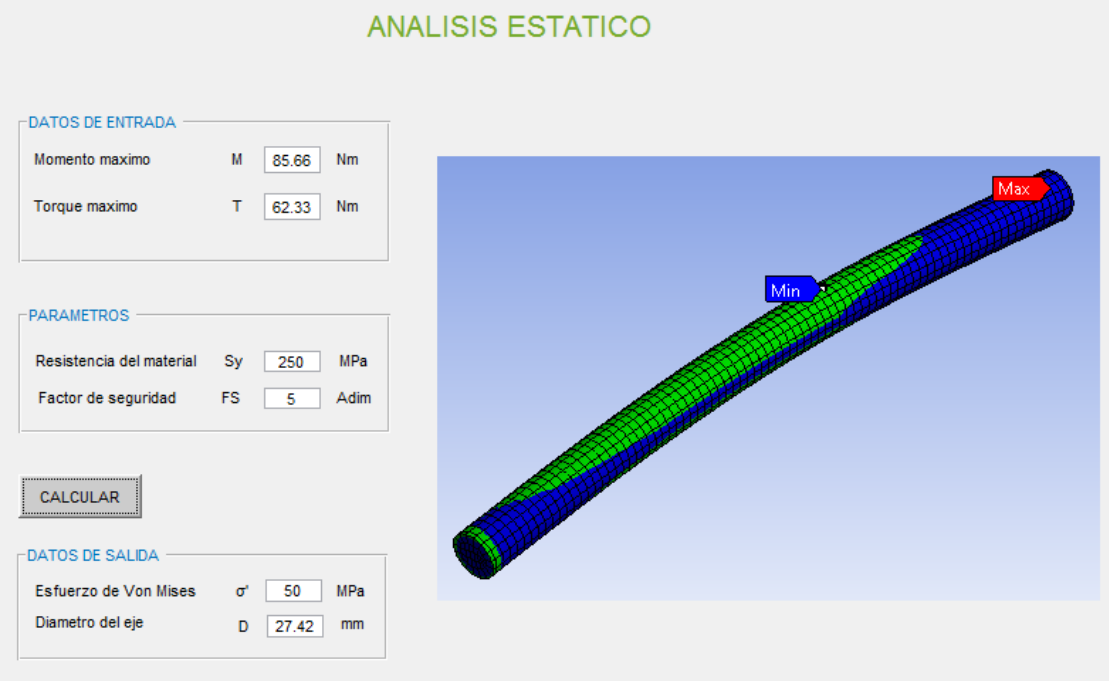


Figura 41. GUI para el análisis estático del eje

Fuente: Propia

Análisis de fatiga

En el análisis por fatiga se realizó los cálculos mediante una interfaz en el programa de Matlab para lo cual se consideró los siguiente, como datos de entrada se consideró el momento máximo y toque máximo y los factores que modifican el límite de la resistencia a la fatiga (S_e), se tomó como parámetros el límite de resistencia a la fluencia y su límite de resistencia ultimo de diferentes materiales comerciales como el AISI 1010, AISI 1020,AISI A 36 , AISI 1060 , se escogiendo el acero AISI 1020 por ser un material más económico y adecuado para el trabajo que a realizar con el que nos da como resultado un diámetro del eje de 1.250” y el factor de seguridad óptimo de 5.07 como se muestra en la figura N° 42 .

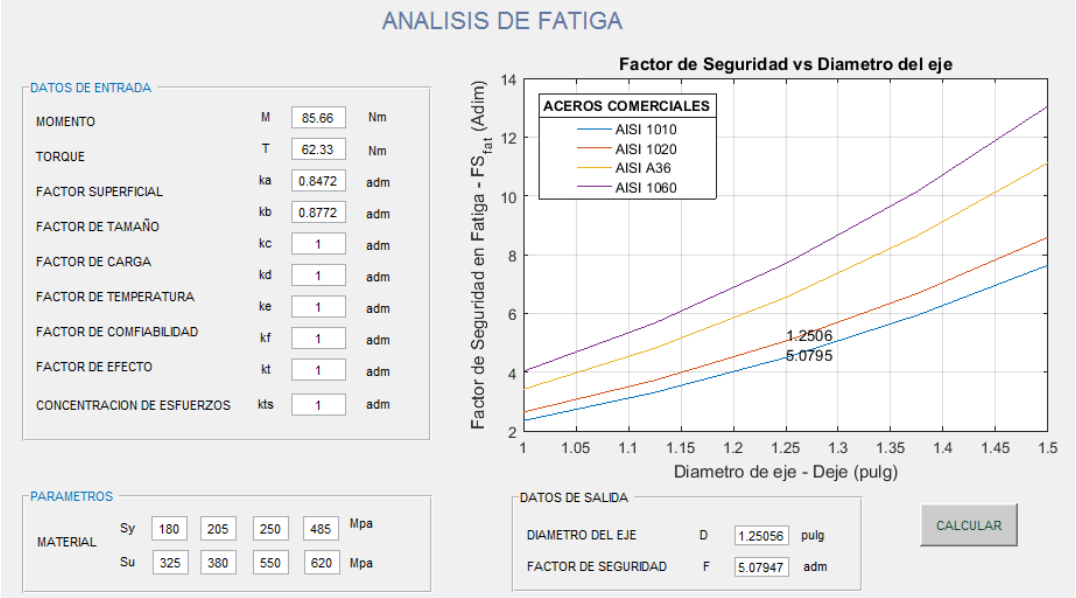


Figura 42. GUI de Análisis de fatiga del eje

Fuente: Propia

Simulación con software CAE.

Para la validación de los cálculos analíticos se elaboró un modelamiento en el software de simulación ANSYS 19.2 Versión Académica, donde se realizó el análisis del eje a condición estática y en fatiga empleando las propiedades de un acero AISI 1020.Las fuerzas que se consideraron para este análisis son: para el sistema articulado (letra E) es de 543.97 N, para el de la polea (letra D) es 743.81 N y las restricciones dadas por las chumaceras en la (Letra B y C). Se pueden observar en la Figura N° 43.

La Figura N° 44 muestra el resultado de un análisis de deformación bajo las cargas externas y cuyo valor de deformación máximo es de 0,255 mm. siendo un valor que se encuentra dentro de lo permitido.

La Figura N° 45 muestra el resultado de un análisis de resistencia bajo carga estática con el criterio de falla por Von Mises cuyo valor de esfuerzo máximo es de 35 MPa., valor que se encuentra dentro de lo permitido.

La Figura N° 46 muestra el resultado de un análisis de Factor de Seguridad bajo carga estática con el criterio de falla por Von Mises cuyo valor mínimo es de 5,85, valor que indica que el elemento no fallará.

La Figura N° 47 muestra el resultado de un análisis de Factor de Seguridad para

un criterio de falla por Fatiga cuyo valor mínimo es de 5,42, valor que indica que el elemento no fallará.

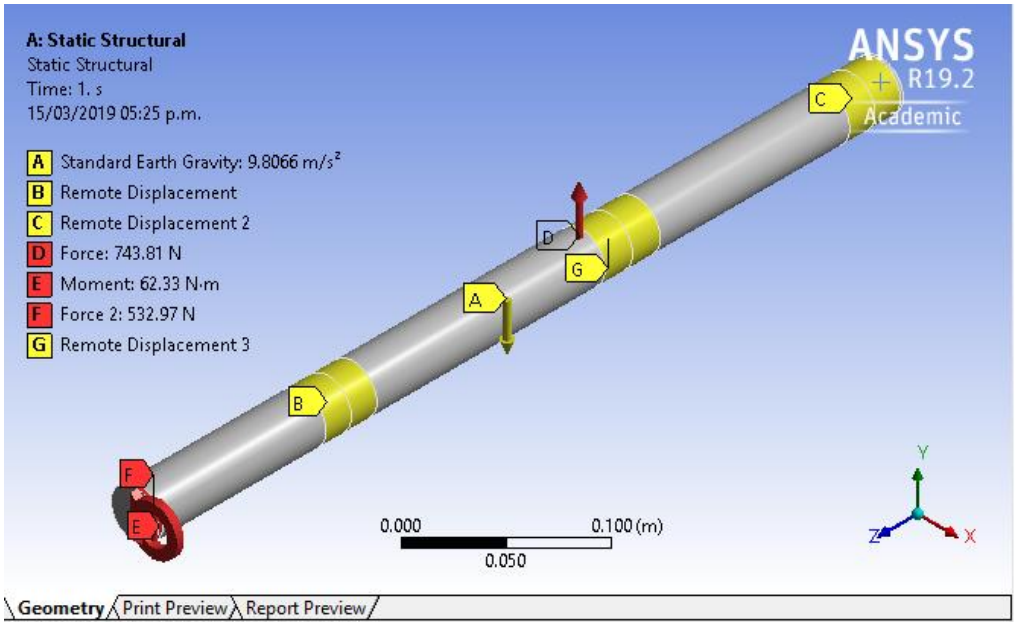


Figura 43. Carga aplicadas al eje

Fuente: Propia

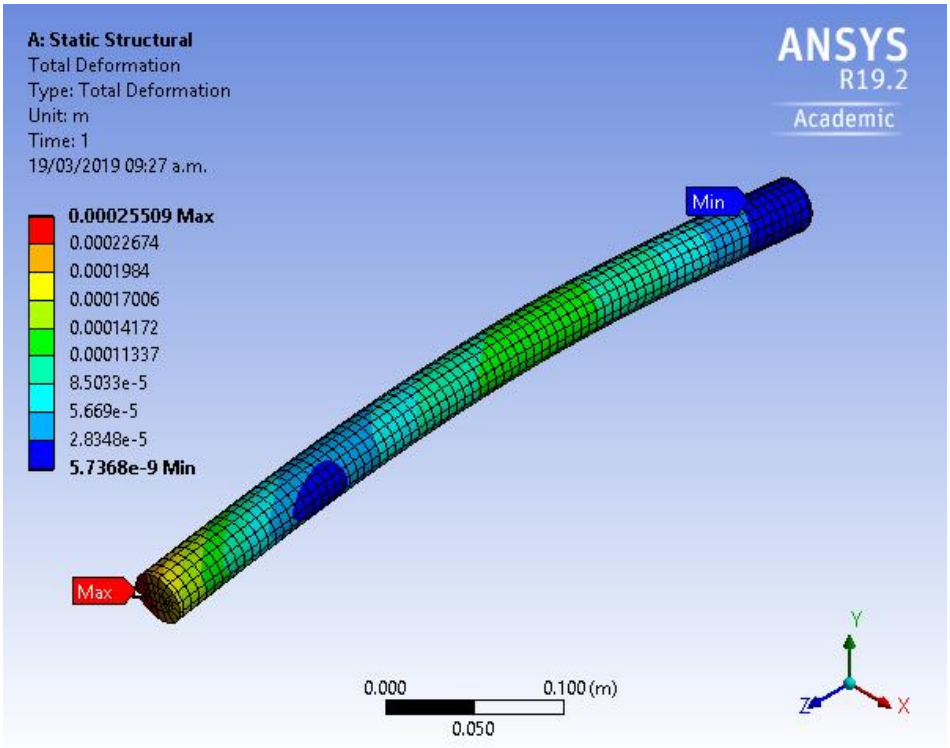


Figura 44. Deformación total en el eje

Fuente: Propia

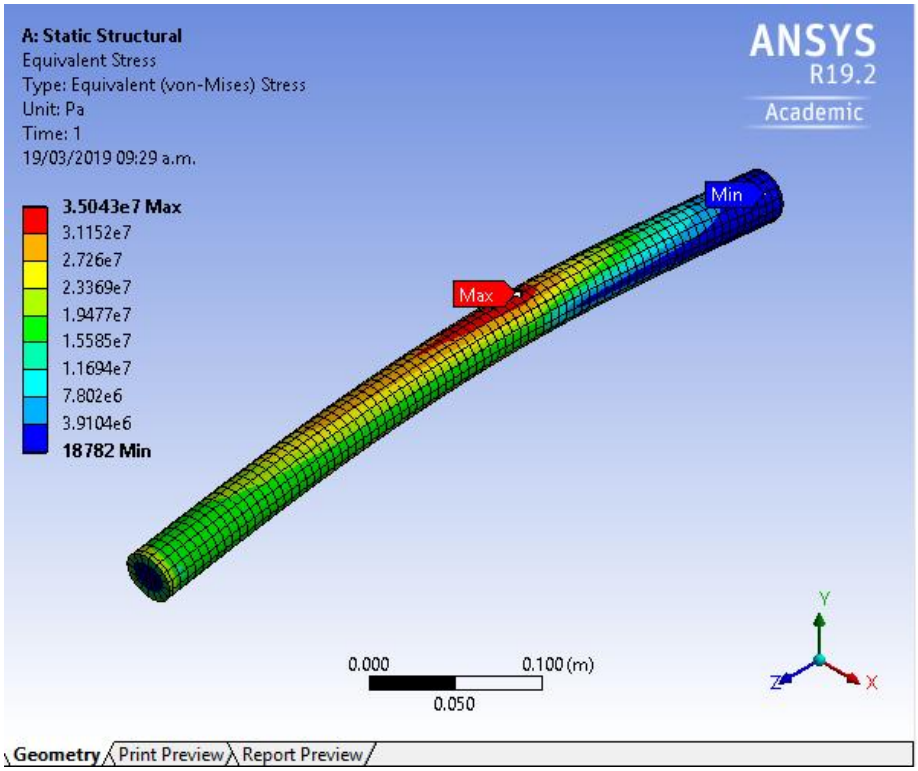


Figura 45. Esfuerzo de Von Mises en el eje

Fuente: Propia

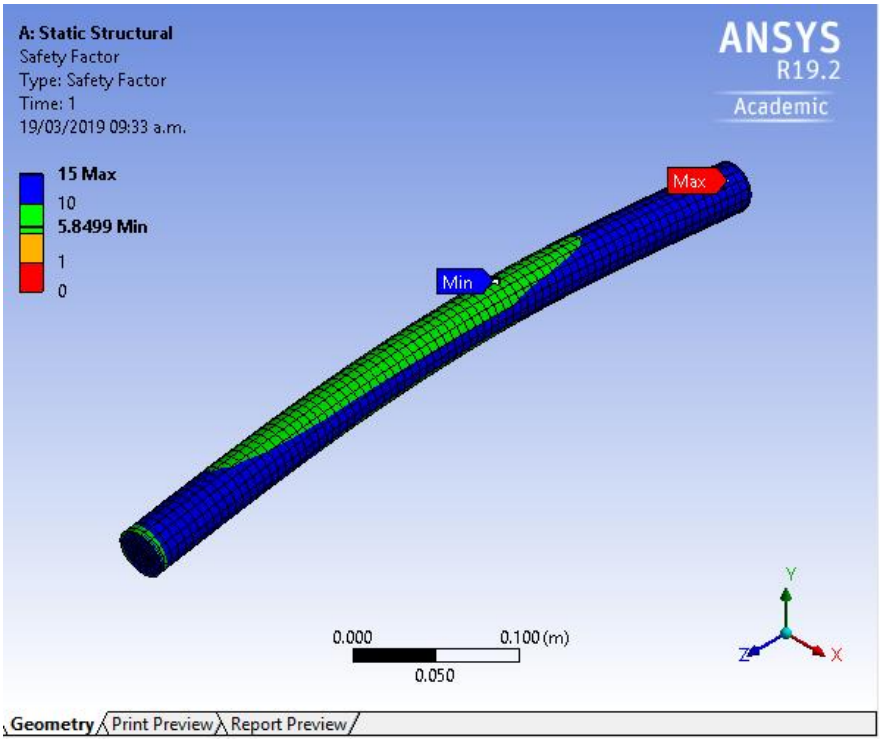


Figura 46. Factor de seguridad por carga estática

Fuente: Propia

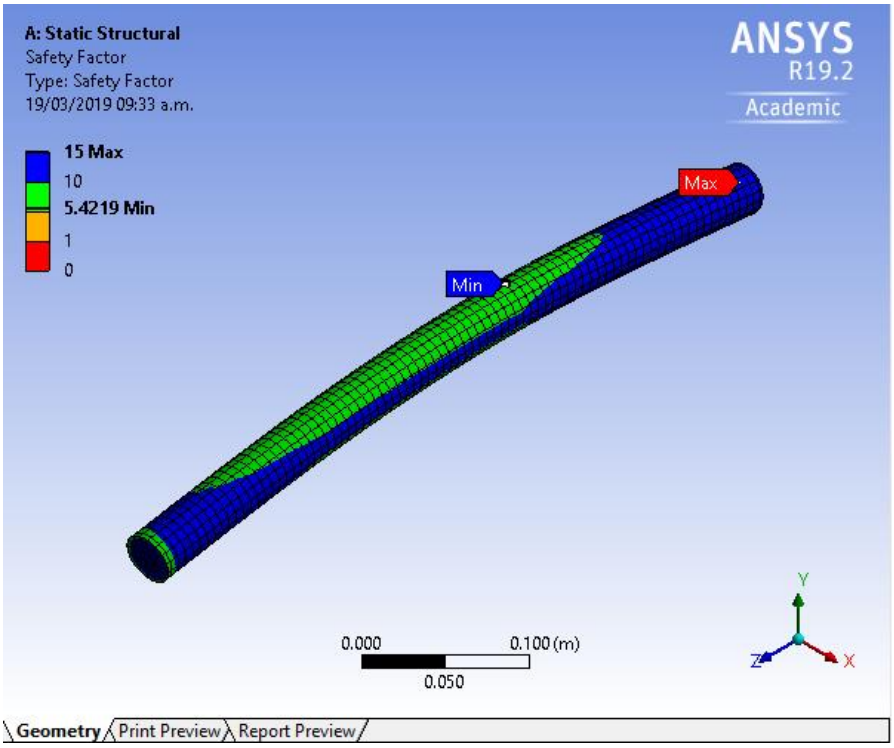


Figura 47. Factor de seguridad por fatiga

Fuente: Propia

3.5. Análisis económico

Se realiza el detalle económico de los componentes mediante el periodo de retorno de inversión (PRI). La inversión se muestra en la Tabla N° 11 donde se realiza una descripción de cada uno de los componentes de la máquina de forja tipo ballesta con sus respectivos costos, para tener una idea general del precio total que llega a costar la máquina con recursos propios.

Tabla 11

Presupuesto detallado de la máquina de forja tipo ballesta

Fuente: Propia

PRESUPUESTO DE LA MAQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA			
ESTRUCTURA	CANTIDAD	COSTO UNIT	SUBTOTAL S/
PLANCHA DE ACERO DE 4 mm de x 2000 x 6000	1	1500	1500

Vigas I de 305 mm x 4 m de longitud	1	300	300
Vigas c de 270 mm x 4m de longitud	1	350	350
Tubo cuadrado de 6 pulg x 300 mm de longitud	1	44	44
Platinas	2	28	56
TOTAL			2150

PRESUPUESTO DE LA MAQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA			
ACCESORIOS	CANTIDAD	COSTO UNIT	SUBTOTAL S/
Motor	1	650	650
Fajas	1	55	55
Chumacera	2	12	24
Polea conducida	1	200	200
Polea motriz	1	100	100
TOTAL			1129

PRESUPUESTO DE LA MAQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA			
CONSUMIBLE	CANTIDAD	COSTO UNIT	SUBTOTAL S/
SOLDADURA INOXIDABLE	2Kg	80	160
DISCO DE CORTE 7 PULG	8	5	40

DISCO DE DESBASTE 7 PULG	3	6	18
TOTAL			218

PRESUPUESTO DE LA MAQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA			
MANO DE OBRA	CANTIDAD	COSTO UNIT	SUBTOTAL S/
MANO DE OBRA DE SOLDADURA	1	160	160
MANO DE OBRA DE PINTURA	1	90	90
MANO DE ENSAMBLE	1	130	130
TOTAL			380

PRESUPUESTO DE LA MAQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA	
RESUMEN	MONTOS S/
ESTRUCTURA	2150
ACCESORIOS	1229
CONSUMIBLE	218
MANO DE OBRA	380
OTROS	100
SUBTOTAL	4077

IGV 18%	733.86
TOTAL	S/. 4810.86

La inversión económica inicial requerida para construir la máquina de forjado es de S/. 4810.9, este monto comprende el costo de la estructura, los accesorios, consumibles y mano de obras.

Luego de obtenidos los resultados del costo de la maquina se analizará económicamente la estructura, accesorios consumibles y mano de obra. El análisis económico se plantea para la determinación del periodo en años en la recuperación de la inversión considerando la inversión inicial de la máquina de forjado, el ahorro mensual en costos de fabricación y la tasa de interés que impondría un banco que brindaría este capital de inversión (para este caso 0%). En este caso el método se conoce como el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) y se calcula según (Eggert, 2005):

$$P = CF_j(1+i)^{-j}$$

Donde:

$P =$ Valor promedio de la inversión inicial (soles)

$CF_j =$Flujo de caja positivo anual (soles)

$i =$Tasa de interés anual (adim)

$j =$Periodo de recuperación de inversión (años)

En la Figura 48 se muestran los valores de ganancia y tiempo de recuperación de la inversión inicial, estos se pueden interpretar de la siguiente manera, entre el cuarto y el quinto año la máquina de forjado empezara a generar ganancias de S/. 2250 y el tiempo de recuperación de la inversión es de 2 años y 2 meses. Este

cálculo está proyectado para 20 años máximo, lo cual, se podría obtener una ganancia total de S/. 40189.10.

CÁLCULO DE TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN DESCONTADO					0%
Year	Cash Flow ($)	CFj ($)	(P/F, 2%, n)	CFj(P/F,2%,n) ($)	Sum ($)
0	-4810.9	-4810.9	1.00000	-4810.9	-4810.9000
1	2250	2250	1.00000	2250	-2560.9000
2	2250	2250	1.00000	2250	-310.9000
3	2250	2250	1.00000	2250	1939.1000
4	2250	2250	1.00000	2250	4189.1000
5	2250	2250	1.00000	2250	6439.1000
6	2250	2250	1.00000	2250	8689.1000
7	2250	2250	1.00000	2250	10939.1000
8	2250	2250	1.00000	2250	13189.1000
9	2250	2250	1.00000	2250	15439.1000
10	2250	2250	1.00000	2250	17689.1000
11	2250	2250	1.00000	2250	19939.1000
12	2250	2250	1.00000	2250	22189.1000
13	2250	2250	1.00000	2250	24439.1000
14	2250	2250	1.00000	2250	26689.1000
15	2250	2250	1.00000	2250	28939.1000
16	2250	2250	1.00000	2250	31189.1000
17	2250	2250	1.00000	2250	33439.1000
18	2250	2250	1.00000	2250	35689.1000
19	2250	2250	1.00000	2250	37939.1000
20	2250	2250	1.00000	2250	40189.1000

CAMBIO	
2	-310.90
3	1939.100
Tiempo	2.1382
Años	2
Meses	2

Figura 48. Cálculo del Periodo de Retorno de Inversión

Fuente: Propia

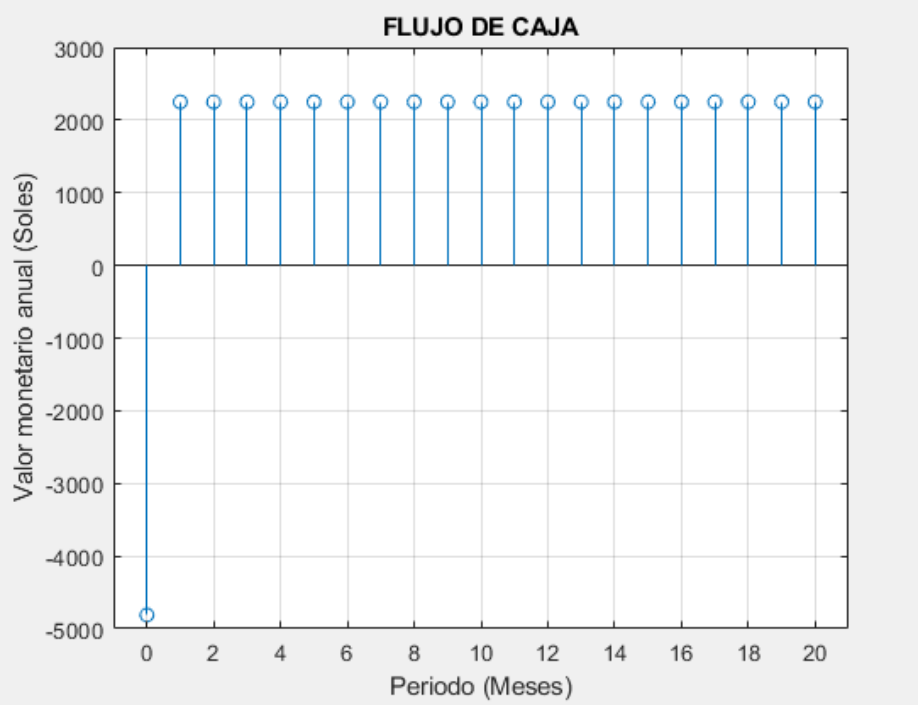


Figura 49. Gráfica del Flujo de Caja-inversión inicial de la máquina

Fuente: Propia

Figura 50. Recuperación de la Inversión-Retorno de la inversión efectiva anual

Fuente: Propia

CAPITULO IV

DISCUSION

IV. DISCUSION

De acuerdo a las entrevistas realizadas a los trabajadores del área de maestranza de la empresa Agropucalá S.A.C se requiere un martinete de forja para la fabricación de herramientas de acero. Las dimensiones generales para este martinete obtenidas de las entrevistas deben ser: 1.6 metros de largo, 1.2 metros de ancho y 1.6 metros de altura. Igualmente, de las entrevistas se obtuvo que la potencia debe ser de aproximadamente 6 Hp, pero de los cálculos se determinó que la potencia adecuada para la máquina es 3 HP por el tipo de trabajo a realizar. Asimismo, los trabajadores indicaron que el mecanismo de trasmisión óptimo es del tipo mecánico.

Luego de analizar las recomendaciones de diseño de los diferentes tipos de martinetes de forjado se seleccionaron 3 conceptos alternativos: martinete hidráulico, martinete de vapor y martinete mecánico. Se consideró como criterios de evaluación: estabilidad del sistema, mantenimiento, costo, seguridad, vibración y tamaño del equipo. Según la matriz de selección desarrollada, se obtuvo que el mejor concepto es el martinete de ballesta de tipo mecánico.

Se empleó una matriz ponderada por medio de criterios para seleccionar la configuración del martinete de forja tipo ballesta. Se generaron 3 configuraciones alternativas. Al igual que en el diseño conceptual, se realizó una matriz de selección en la cual se obtuvo como ganador a la transmisión por faja a través de poleas.

Seleccionada la configuración del martinete mecánico, se realizó el dimensionamiento general de la máquina de acuerdo a las recomendaciones de diseño y diseños previos de máquinas similares. Las dimensiones generales son largo: 98.39 cm, ancho: 0.41m y altura: 1.98m. Estas dimensiones nos permitieron estimar la geometría de los componentes involucrados en el diseño de la máquina de forjado y las cargas de diseño para los dados de forjado y el eje motriz.

Mediante cálculo analítico y el desarrollo de una GUI, se obtuvo que el martinete de forja consumirá una potencia de 2.8 HP para el forjado de punzones de acero y herramientas semejantes. Esta potencia será suministrada por un motor eléctrico.

Bajo una carrera de 25 cm del dado superior de forjado y una potencia de deformación necesaria de 2.8 Hp se determinó que el dado debe avanzar a una velocidad de 2.5 m/s, aplicando una fuerza sobre la pieza de trabajo de 2085.82 N. Con estas cargas y debido a la temperatura a la estará sometida el los dados de forjado, el material adecuado para ello sería un acero AISI de la serie 4100.

El eje principal conectada a la polea soporta un torque de 62.33 Nm y un momento flector máximo 96.23 N.m. Estos datos nos permitieron realizar un análisis paramétrico, evaluando diversos tipos de acero. Del análisis se observó que para un diámetro de eje de 1 ¼ pulgada, el menor valor de factor de seguridad se da con el AISI 1010 (FS = 4.49), mientras que máximo factor de seguridad se logra con el AISI 1060 (FS = 7.69). De este rango se tomó el acero con un factor de seguridad cercano a 5, por lo que se seleccionó el AISI 1020 (FS = 5.05) por ser un acero comercial y de precio razonable en comparación a los otros aceros analizados.

Del análisis económico se demuestra que el periodo de retorno de la inversión es de 2 años y 2 meses, teniendo como base que la inversión inicial es de S/.4810.90 y un beneficio anual de S/. 2250.00. Después de este periodo se cuentan ganancias que pueden llegar a los S/. 40189.10 en los 17 años y 10 meses posteriores al retorno total de la inversión inicial para fabricación de la máquina.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

Al inicio de este trabajo de investigación se tuvo la necesidad de realizar una entrevista a los trabajadores de la empresa Agropucalá S.A.C y mediante estas entrevistas analizar cuáles deberían ser las dimensiones que debe tener el martinete de forjado tipos ballesta, para luego comparar y dimensionar los componentes basándose en catálogos y normas de diseño.

Los datos recopilados de las entrevistas permitieron elaborar la tabla de especificaciones de ingeniería donde se consolidan los rangos que limitan el diseño de la máquina. Por la escasez de normas o estándares para el diseño de máquinas de forja tipo ballesta se extrajeron recomendaciones de diseño de trabajos similares.

Con la intensión de lograr un diseño óptimo se elaboraron 3 conceptos los cuales fueron filtrados mediante una matriz de selección (Ver Tabla 8) que toma como criterios de evaluación las especificaciones de ingeniería y recomendaciones de diseño. La matriz de selección dio como resultados que el tercer concepto es el más óptimo para el martinete mecánico.

Se empleó otra una matriz de selección de criterios ponderados para seleccionar la configuración del martinete de forja tipo ballesta. Se generaron 3 configuraciones alternativas de las cuales el ganador fue la configuración con la transmisión por fajas atreves de poleas.

Se realizó el dimensionamiento general de la máquina de acuerdo a las recomendaciones y diseños previos de máquinas similares. Las dimensiones generales son largo: 1.2m, ancho 0.5 m y altura: 1.9 m. Estas dimensiones nos permitieron estimar los componentes involucrados en el proceso de forjado y las cargas de diseño para los dados de forja y el eje motriz.

Mediante cálculo analítico y desarrollo de una GUI para el análisis paramétrico, se obtuvo que el martinete de forja que se va a diseñar debe contar con una potencia de 2.48 HP, una carrera de 25 cm y una velocidad de 4.25 golpes /s óptima para el trabajo de forjado

Los cálculos analíticos para determinar los esfuerzos en el eje fueron validados mediante una simulación elaborada en el software ANSYS R19.2 versión académica. Con esto se corroboro que el eje con diámetro de 1 ¼ pulgadas de acero AISI 1020 logra tener un factor de seguridad de 5.05 trabajando bajo las condiciones de operación normales de la máquina de forja.

Del análisis económico se demuestra que el periodo de retorno de la inversión es de 2 años y 2 meses, para la inversión inicial es de S/.4810.90 y un beneficio anual de S/. 2250.00.

VI. REFERENCIAS

Ansys (2018). Ansys. Recuperado de: https://www.ansys.com/

Anvilfire (2019). Szymek's 50kg JYH. Recuperado de: http://www.anvilfire.com/power/jyh/Szymek/Polska.php

Azom, (2018). ASTM A36 Mild/Low Carbon Steel. Recuperado de: https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6117

Bigbluhammer, (2018) Big blue Hammer. Recuperado de: https://bigbluhammer.com/blu-max-110

Bozhong Metal Group Co., Ltd(2018) Bases de molde y canales calientes. Recuperado de : http://www.bzmetal.com/product_detail/aisi-4140-14720355926075602.html

Contreras Hernández, A. E. (2013). Optimización del proceso de forja abierta para evitar defectos internos. (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

Datongmachinetool (2018) Air hammer Metal forging hammerC41-20KG. Recuperado de: https://datongmachinetool.en.alibaba.com/?spm=a2700.md_es_ES.cordpanyb.1.30ce1c2179ZnsU

Díaz del Castillo Rodríguez, Felipe (2008) "Diseño herramental universidad autónoma de México". Cuautitlán izcalli.

Frade, Ruben G. (2018). Teoría 4: Procesos fabriles. Recuperado de https://fradeblogs.wordpress.com/.

Felipe Díaz del Castillo R. (2008). Diseño de herramental. Universidad Nacional Autónoma de México.

Groover P. Mikell, (2010). Fundamentos De Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y Sistemas, 1era Edición, Prentice Hall, 1997, ISBN:968-880-846-6.

Granados, S. J. (2014). Diseño de un martinete para laboratorio universitario (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Mención: Ingeniería Mecánica).

ikastaroak.ulhi, (2019). Máquina de estampación: máquina y prensa. Recuperado de:
https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/DFM/TFM/TFM08/es_DFM_TFM08_Contenidos/website_124_mquinas_de_estampacin_martinetes_y_prensas.html

Mathworks (2018). Recortes en gráficas y gráficas recuperadas de: https://la.mathworks.com/help/matlab/examples/clipping-in-plots-and-graphs.html

Mohsin, M., et. al. (2017). Fabrication of power hammer for forging and embossing operation. International Journal of Advance Research in Engineering, Science & Technology

Muyinteresante. (2019). ¿Cómo aprendimos a fundir el hierro?. Recuperado de: https://www.muyinteresante.es/ciencia/preguntas-respuestas/como-aprendimos-a-fundir-el-hierro-721473412009

Polybandas (2018) Correas tipo 3V, 5V, 8V. Recuperado de: http://www.polybandas.com.co/productos/correas/industriales/correas-en-v/correa-2-detail

promzapchast (2018). Unidad de rodamiento UCP205-100D1 NTN Recuperado de : https://promzapchast.com/korpusnye-podshipnikovye-uzly/podshipnikovyy-uzel-ucp-205-100d1-ntn

Sahoo, A.K., et. al. (2008). Lean philosophy: implementation in a forging company. Int J Adv Manuf Technol 36: 451. https://doi.org/10.1007/s00170-006-0870-2.

Schrader F. G. y Elshennawy K. A. (2000). Manufacturing Processes and Materials, 4ta Edition, Prentice Hall, ISBN: 087-263-517-1, 2000.

S.L. Semiatin. (1993) Forming and Forging Volumen 14 , ASM Handbook Committee.

S.L. Semiatin. (2005) Volume 14A Metalworking: Bulk Forming, ASM Handbook Committee.

Siemens (2018) catálogo general SDO3 2007 Recuperado de: http://www.catalogo.sitasa.com/familias/motores_reductores/02_1.pdf

Tallerdeforja (2018) . Herramientas de forja en Partes. Recuperado de: http://www.tallerdeforja.net/?q=content/herramientas-de-forja-en-paretstodo-vendido

TAYLAN ALTAN, “Cold And Hot Forging_ Fundamentals And Applications_ASM_International” United States of America,2004

Techstore,(2018). MathWorks MATLAB Student License recueprado de : https://techstore.msu.edu/software/mathworks-matlab-student-license-0

Toptenreviews(2018). SolidWorks 2018 Review Recuperado de : https://www.toptenreviews.com/software/multimedia/best-cad-software/solidworks-review/

Torres, J. M., (2015). “Diseño y análisis del herramental para un paso de forja”. Universidad Nacional Autónoma de México.

Tubisa (2018) Planchas de acero estructural laminadas en caliente astm a 36/a 36m . Recuperado de: http://www.tubisa.com.pe/wordpress/wp-content/uploads/2017/06/Planchas-Estructurales-ASTM-A-36_A-36M_Ancho-de-1200mm_Final_1.pdf

NTN chumaceras (2009) CATALAGO N°

ANEXOS

ANEXO 1

MODELO DE ENTREVISTA

ENCUESTA DE ESTUDIO DE MERCADO DE NECESIDAD DE UN MÁQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA

Nombre y Apellidos : _____

Cargo : _____

Rubro de empresa : _____

Encuestador: _____

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una $(\surd)$ o en otro caso responder a la interrogante.

CUESTIONARIO

Pregunta 1: ¿Cómo obtiene usted los materiales para la elaboración de forjado de herramientas (Ejemplo: cuñas, punzones, barretillas) para su industria?

☐ Elabora ☐ Compra ☐ No opina Otro medio……

Pregunta 2: Si la respuesta anterior es **"COMPRA",** responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuál es la inversión realizada?

Indicar: S/. _____

Pregunta 3: Si la respuesta a la pregunta N° 01 es "**ELABORA"** ¿Cuántas personas designa usted para la realización?

☐ Uno ☐ Dos ☐ Tres ☐ Más Otro medio……

Pregunta 4: ¿Cuánto tiempo piensa usted que tardaría la elaboración de 10 herramientas de forjado realizadas manualmente? Explique

……

……

Pregunta 5: ¿Qué tiempo aproximado cree usted debe requiere un operario para la elaboración de 10 herramientas de forjado con una máquina de forja?

Entre 30-60 min ☐ Entre 60-120 min ☐

Entre 120-240 min ☐ Entre 240 a más ☐

Pregunta 6: ¿Se realiza un pago extra en a los operarios para la elaboración adicional de herramientas de forjado?

Sí ☐ No ☐ Comentario: …….....

Pregunta 7: Si la respuesta anterior es **"SI"**, responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuánta pagaría al operario por elaborar 10 herramientas de forjado?

☐ S/.10 ☐ S/.20 ☐ S/.30 ☐ S/.40 ☐ S/.50 ☐ Más

Pregunta 8: ¿Le gustaría que las herramientas de forjado se elaboren de manera más rápida y eficiente?

Sí ☐ No ☐ No opina ☐

Pregunta 9: ¿Considera usted que es importante reducir el costo y tiempo de elaboración herramientas de forjado?

Sí ☐ No ☐ No opina ☐

Pregunta 10: ¿Conoce usted la existencia de máquinas automáticas para hacer herramientas de forjado?

Sí ☐ No ☐ Comentario: ……

Pregunta 11: ¿En caso de existir una máquina más eficiente y de menor de tamaño, estaría dispuesto a adquirirla?

Sí ☐ No ☐ Comentario: ……

Pregunta 12: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una máquina que elabore los trabajos de forjado de manera rápida y eficiente?

Entre S/.800 - S/.1500 ☐ Entre S/.1500 - S/.2500 ☐

Entre S/.2500 - S/.4000 ☐ Entre S/.4000- S/.6000 ☐

Pregunta 13: En su opinión ¿Qué características debería poseer una máquina para fabricar de herramientas de forjado ?

Dimensiones (Largo, Ancho, altura): ……

Color: ……..

Material de partes: ……

Potencia: ……

Mecanismos (Ejemplo: martillo de ballestas): ……..

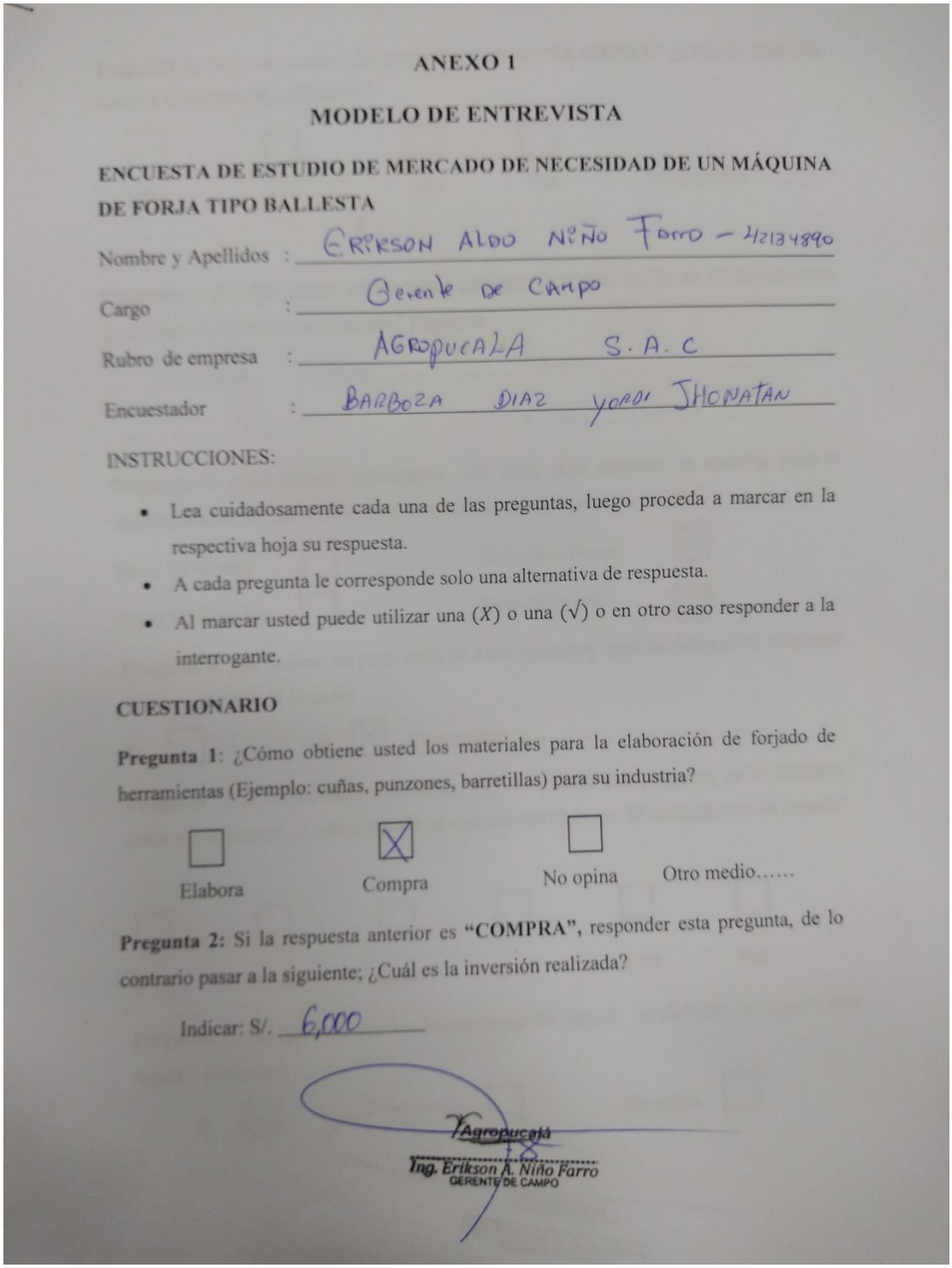
Pregunta 14: Según su conocimiento ¿En cuánto tiempo debería recuperarse la inversión de diseñar y construir o adquirir un martinete de forja para hacerla deseable?

Entre 1 – 2 meses ☐ Entre 2 – 4 meses ☐

Entre 4 – 12 meses ☐ Más de 1 año ☐

ANEXO 2

ENTREVISTAS REALIZADAS A LA EMPRESA AGROPUCALA S.A.C.



ANEXO 1

MODELO DE ENTREVISTA

ENCUESTA DE ESTUDIO DE MERCADO DE NECESIDAD DE UN MÁQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA

Nombre y Apellidos : ERIKSON ALDO NIÑO FARRO – 42134890

Cargo : Gerente de CAMPO

Rubro de empresa : AGROPUCALA S.A.C

Encuestador : BARBOZA DIAZ YORDI JHONATAN

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una $(\surd)$ o en otro caso responder a la interrogante.

CUESTIONARIO

Pregunta 1: ¿Cómo obtiene usted los materiales para la elaboración de forjado de herramientas (Ejemplo: cuñas, punzones, barretillas) para su industria?

☐ Elabora ☒ Compra ☐ No opina Otro medio……

Pregunta 2: Si la respuesta anterior es **"COMPRA"**, responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuál es la inversión realizada?

Indicar: S/. 6,000

Agropucalá
Ing. Erikson A. Niño Farro
GERENTE DE CAMPO

Pregunta 3: Si la respuesta a la pregunta N° 01 es "**ELABORA**" ¿Cuántas personas designa usted para la realización?

☐ Uno ☐ Dos ☐ Tres ☐ Más Otro medio……

Pregunta 4: ¿Cuánto tiempo piensa usted que tardaría la elaboración de 10 herramientas de forjado realizadas manualmente? Explique

tardaria 6 horas.

Pregunta 5: ¿Qué tiempo aproximado cree usted debe requiere un operario para la elaboración de 10 herramientas de forjado con una máquina de forja?

Entre 30-60 min ☐ Entre 60-120 min ☒

Entre 120-240 min ☐ Entre 240 a más ☐

Pregunta 6: ¿Se realiza un pago extra en a los operarios para la elaboración adicional de herramientas de forjado?

Sí ☐ No ☒ Comentario: ……

Pregunta 7: Si la respuesta anterior es **"SI"**, responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuánta pagaría al operario por elaborar 10 herramientas de forjado?

☐ S/.10 ☐ S/.20 ☐ S/.30 ☐ S/.40 ☐ S/.50 ☐ Más

Pregunta 8: ¿Le gustaría que las herramientas de forjado se elaboren de manera más rápida y eficiente?

Sí ☒ No ☐ No opina ☐

Agropucalá
Ing. Erikson A. Niño Farro
GERENTE DE CAMPO

2

Pregunta 9: ¿Considera usted que es importante reducir el costo y tiempo de elaboración herramientas de forjado?

Sí [X] No [ ] No opina [ ]

Pregunta 10: ¿Conoce usted la existencia de máquinas automáticas para hacer herramientas de forjado?

Sí [ ] No [X] Comentario: .....

Pregunta 11: ¿En caso de existir una máquina más eficiente y de menor de tamaño, estaría dispuesto a adquirirla?

Sí [X] No [ ] Comentario: .....

Pregunta 12: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una máquina que elabore los trabajos de forjado de manera rápida y eficiente?

Entre S/.800 - S/.1500 [ ] Entre S/.1500 - S/.2500 [ ]

Entre S/.2500 - S/.4000 [X] Entre S/.4000- S/.6000 [ ]

Pregunta 13: En su opinión ¿Qué características debería poseer una máquina para fabricar de herramientas de forjado ?

Dimensiones (Largo, Ancho, altura): 1.2m X 0.60m X 1.7m

Color: Verde

Material de partes: Fierro Fundido

Potencia: 5 Hp

Mecanismos (Ejemplo: martillo de ballestas): .....

Pregunta 14: Según su conocimiento ¿En cuánto tiempo debería recuperarse la inversión de diseñar y construir o adquirir un martinete de forja para hacerla deseable?

Entre 1 – 2 meses [ ] Entre 2 – 4 meses [X]

Entre 4 – 12 meses [ ] Más de 1 año [ ]

Agropucala
Ing. Erikson A. Niño Farro
GERENTE DE CAMPO

3

ANEXO 1

MODELO DE ENTREVISTA

ENCUESTA DE ESTUDIO DE MERCADO DE NECESIDAD DE UN MÁQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA

Nombre y Apellidos : Luis Alberto Olaya Chilon

Cargo : Oficial del area de Herreria

Rubro de empresa : Agropucala SA.C

Encuestador : Barboza Diaz Yordi Jhonatan

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una $(\surd)$ o en otro caso responder a la interrogante.

CUESTIONARIO

Pregunta 1: ¿Cómo obtiene usted los materiales para la elaboración de forjado de herramientas (Ejemplo: cuñas, punzones, barretillas) para su industria?

☐ Elabora ☐ Compra ☐ No opina Otro medio……

Pregunta 2: Si la respuesta anterior es **"COMPRA",** responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuál es la inversión realizada?

Indicar: S/. 12000

ANEXO 1

MODELO DE ENTREVISTA

ENCUESTA DE ESTUDIO DE MERCADO DE NECESIDAD DE UN MÁQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA

Nombre y Apellidos : RAFAEL AMPUDIA TIMBATA

Cargo : SUPERVISOR DE MAESTRANZA

Rubro de empresa : AGROPUCALA S.A.C

Encuestador : BARBOZA DIAZ YORDI JHONATAN

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una $(\surd)$ o en otro caso responder a la interrogante.

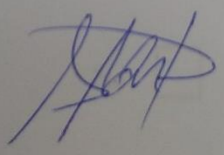
CUESTIONARIO

Pregunta 1: ¿Cómo obtiene usted los materiales para la elaboración de forjado de herramientas (Ejemplo: cuñas, punzones, barretillas) para su industria?

☐	☒	☐	
Elabora	Compra	No opina	Otro medio……

Pregunta 2: Si la respuesta anterior es **"COMPRA"**, responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuál es la inversión realizada?

Indicar: S/. 10,000



ANEXO 1

MODELO DE ENTREVISTA

ENCUESTA DE ESTUDIO DE MERCADO DE NECESIDAD DE UN MÁQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA

Nombre y Apellidos : MEDINA NUÑEZ LUIS ALFREDO

Cargo : TRABAJADOR DE HERRERIA.

Rubro de empresa : AGROPUCALLA S.A.C

Encuestador : BARBOZA DIAZ YORDI SHONATAN

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una $(\surd)$ o en otro caso responder a la interrogante.

CUESTIONARIO

Pregunta 1: ¿Cómo obtiene usted los materiales para la elaboración de forjado de herramientas (Ejemplo: cuñas, punzones, barretillas) para su industria?

☐	☒	☐	
Elabora	Compra	No opina	Otro medio……

Pregunta 2: Si la respuesta anterior es **"COMPRA"**, responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuál es la inversión realizada?

Indicar: S/. 6,000

ANEXO 1

MODELO DE ENTREVISTA

ENCUESTA DE ESTUDIO DE MERCADO DE NECESIDAD DE UN MÁQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA

Nombre y Apellidos : ANGEL FERNANDO MORENO SOLANO

Cargo : JEFE DEL AREA DE HERRERIA.

Rubro de empresa : AGROPUCALA S.A.C

Encuestador : BARBOZA DIAZ YORDI JHONATAN.

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una $(\surd)$ o en otro caso responder a la interrogante.

CUESTIONARIO

Pregunta 1: ¿Cómo obtiene usted los materiales para la elaboración de forjado de herramientas (Ejemplo: cuñas, punzones, barretillas) para su industria?

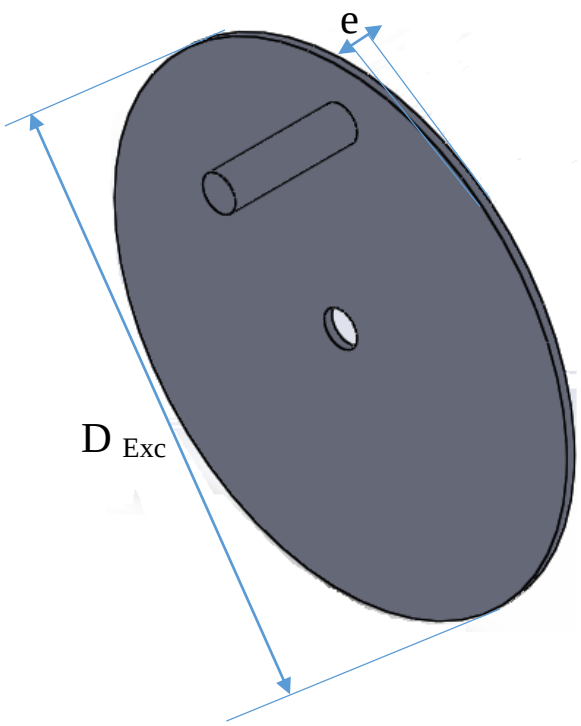
☐ Elabora ☒ Compra ☐ No opina Otro medio……

Pregunta 2: Si la respuesta anterior es **"COMPRA",** responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuál es la inversión realizada?

Indicar: S/. 8000

ANEXO 3:
SECUENCIA DE CALCULO PARA EL DISEÑO DEL EJE

A. Dimensionamiento del disco:



En el dimensionamiento del se establecerá las dimensiones generales del disco. Para efectos de cálculo se tomó los siguientes parámetros:

ρ: Densidad del acero (7850 kg/m^3)

C_{dAdo}: 30cm

e: 6 mm

Para determinar el diámetro de la excéntrica empleamos la siguiente formula

$$D_{Excentrica} = C_{dado} + 2\,pulg \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(14)}$$

Donde:

C_{dado} = carrera del dado

Para hallar el volumen del disco:

$$V = A * e \quad \text{.....(15)}$$

El área está representada como:

$$A = \frac{\pi D_{Exc}^2}{4}$$

Remplazando en el volumen se tiene:

$$V = \frac{\pi D_{Exc}^2}{4} * e$$

Donde:

ρ = densidad del acero

e = espesor de la excéntrica

g = Gravedad

A = Área de la excéntrica

V = Volumen de la excéntrica

Cálculo de la energía de deformación

Se calcula la deformación unitaria hasta inicio de la fluencia

$$\varepsilon_0 = \frac{(s_y)_m}{E} \quad \text{..... (16)}$$

Debido a que el material a forjar es el acero A36, se tomas su resistencia (Sym =250*10^6)

$$\varepsilon_0 = \frac{250*10\text{^}6}{2.0000e+11}$$

$$\varepsilon_0 = 0.0013$$

Deformación unitaria total

$$\varepsilon_f = \text{abs}(\frac{h_f - h_0}{h_0}) \text{ ……. (16)}$$

Remplazando los valores:

$$\varepsilon_f = \text{abs}(\frac{0.0244 - 0.0254}{0.0254})$$

$$\varepsilon_f = 0.0394$$

Donde:

Deformación unitaria

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_f - \varepsilon_0 \quad \text{……. (17)}$$

La deformación unitaria es la resta de la deformación final con la deformación inicial

$$\varepsilon_1 = 0.0394 - 0.0013$$

$$\varepsilon_1 = 0.0381$$

Volumen de la pieza de trabajo

$$V = h_0 * \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{……. (18)}$$

Para hallar el volumen de trabajo de la pieza se debe multiplicar la altura de la de la pieza de trabajo por el área

$$V = 0.0254 * \frac{\pi(0.0254)^2}{4}$$

$$V = 1.2870e - 05$$

Fórmula para hallar energía de deformación

$$U = \left(\frac{S_y * \varepsilon_0}{2} + s_y * \varepsilon_1\right) * V \text{ …….. (19)}$$

$$U = \left(\frac{250 * 10^6 * 0.0013}{2} + 250 * 10^6 * 0.0381\right) * 1.2870e - 05$$

$$U = 124.6659$$

Donde:

S_y = Esfuerzo a la fluencia

ε_0 = Deformación inicial hasta la fluencia

ε_1 = Deformación unitaria

ε_f = Deformación unitaria total

h_f = Altura final de la pieza de trabajo

h_0= Altura inicia de la pieza de trabajo

Peso de la Ram

$$W = \frac{U}{H} \quad \text{..... (20)}$$

$$W = \frac{124.6659}{0.250}$$

$$W = 498.6635$$

Masa de la Ram

$$M = \frac{W}{g} \quad \text{..... (21)}$$

$$M = \frac{498.6635}{9.81}$$

$$M = 50.8322$$

Donde:

H = altura

g =gravedad

Calculo para la deformación de pieza de trabajo

$$h = \varepsilon_f * h_0 \text{ ..... (22)}$$

$$h = 0.0394 * 0.0254$$

$$h = 1.0000e - 03$$

Para halla la fuerza de impacto promedio

$$F_{prom} = \frac{U}{h} \quad \text{..... (23)}$$

$$F_{prom} = \frac{124.6659}{1.0000e{-}03}$$

$$F_{prom} = 1.2467e + 05$$

Calculo de la potencia del motor

$$Efm = 0.9$$

Radio del disco principal

$$R = \frac{H}{2} \quad \text{..... (24)}$$

$$R = \frac{0.250}{2}$$

$$R = 0.1250$$

Torque máximo del disco

$$T_{max} = W * R \quad \text{..... (25)}$$

$$T_{max} = 498.6635 * 0.1250$$

$$T_{max} = 62.3329\ N.m$$

Velocidad de giro del disco

$$w = \frac{2*\pi*q}{60} \quad \text{..... (26)}$$

$$w = \frac{2 * \pi * 255}{60}$$

$$w = 26.7035\ rad/s$$

Potencia requerida en el motor

$$P = T_{max} * w \quad \text{..... (27)}$$

$$P = 62.3329 * 26.7035$$

$$P = 1.6645 * 10^3$$

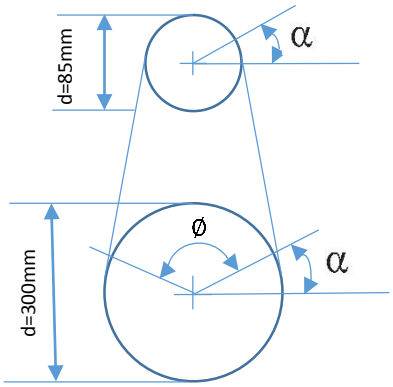
Potencia requerida por el motor

$$\text{Php} = \frac{P}{Efm*746} \quad \text{..... (28)}$$

$$\text{Php} = \frac{1.6645 * 10^3}{0.9 * 746}$$

$$\text{Php} = 2.4792 \text{ Hp}$$

B. Fuerzas en las poleas.



$$\emptyset = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2c}\right) \text{ [rad]} \quad \text{..... (29)}$$

$$\emptyset = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{0.300 - 0.085}{2 * 0.3234}\right)$$

$$\emptyset = 2.4639\, rad$$

Donde:

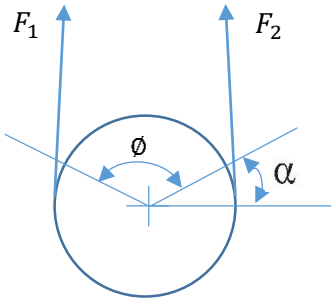
$\emptyset =$ Angulo de contacto

$D =$ Diámetro de la polea mayor

$d =$ Diámetro de la polea menor

$C =$ Distancia entre centros

Diagrama de cuerpo libre



$$F_1 = F_i + F_c + \frac{T}{D} \quad \text{..... (30)}$$

$$F_1 = 371.8088\ \text{N} + 0.0954\ N + \frac{62.3329\ N.m}{0.300\ m}$$

$$F_1 = 579.6807\ \text{N}$$

$$F_2 = F_i + F_c - \frac{T}{D} \quad \text{..... (31)}$$

$$F_2 = 371.8088\ \text{N} + 0.0954\ N - \frac{62.3329\ N.m}{0.300\ m}$$

$$F_2 = 164.1277\ \text{N}$$

$$F_{polea} = F_1 + F_2 \quad \text{..... (32)}$$

$$F_{polea} = 579.6807\ \text{N} + 164.1277\ \text{N}$$

$$F_{polea} = 743.8084\ N$$

Donde:

F_1 = Tensión lado ajustado

F_2 = Tensión lado holgado

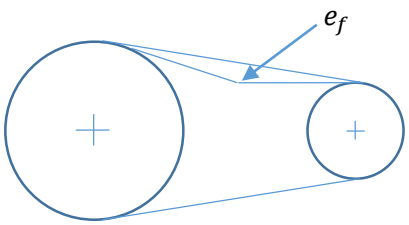
F_i = Tensión inicial

F_c = Tensión circunferencial debido a la fuerza centrifuga

T = Tensión debido a par de torsión transmisión

D = Diámetro de la polea

Tensión inicial (F_i)



De la tabla del Anexo N°9, se obtiene:

$$e_f = 16\ \frac{mm}{mts}\ x\ C \quad \text{..... (33)}$$

$$e_f = 16\ \frac{mm}{mts}\ x\ 0.3234$$

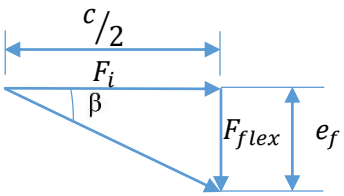
$$e_f = 5.1744$$

$$F_{flex} = seleccionar\ de\ catalago$$

$$F_{flex} = 2.7 * 9.80665$$

$$F_{flex} = 26.4780\ \text{N}$$

Descomposición de la fuerza inicial



$$\grave{F}_i sen\beta = F_{flex}$$

$$\grave{F}_i cos\beta = F_{flex}$$

$$\frac{F_{flex}}{sen\beta} = \frac{F_i}{cos\beta} \quad \ldots\ldots\ldots (34)$$

$$F_{flex} = F_i\ tg\beta$$

$$F_i = \frac{F_{flex}}{tg\beta} \quad \ldots\ldots\ldots (35)$$

$$F_i = \frac{26.4780\ \text{N}}{tg\beta}$$

$$F_i = 371.8088\ \text{N}$$

Tensión circunferencia debida a fuerza centrifuga

$$w_{esp} = 12\gamma bt \quad \ldots\ldots\ldots (36)$$

$$w_{esp} = 0.0954 \frac{lbs}{pie^2}$$

En la siguiente ecuación se determina la velocidad

$$V = \frac{\pi dn}{12} \quad \text{..... (37)}$$

$$V = \frac{\pi * 0.085 * 255}{12}$$

$$V = 5.6745\ pie/min$$

En la siguiente ecuación determinamos la fuerza centrífuga que se genera en la polea conducida

$$F_c = \frac{W}{g}\left(\frac{V}{60}\right)^2 = \frac{w}{32.17}\left(\frac{V}{60}\right)^2 \quad \text{..... (38)}$$

$$F_c = \frac{0.0954}{32.17}\left(\frac{5.6745}{60}\right)^2$$

$$F_c = 0.0954\ \text{N}$$

Donde:

$\omega =$ Peso por pie de banda

$g =$ Gravedad

$V =$ Velocidad de la banda

$\gamma =$ Peso especifico

$b =$ Ancho de banda

$t =$ Espesor de banda

$d =$ Diámetro de la polea

$n =$ Velocidad rotacional

Tensión debida al par de torsión transmitido

$\Delta \grave{\boldsymbol{F}} = \frac{\boldsymbol{T}}{\boldsymbol{D}}$ ..... (39)

$$\boldsymbol{T} = \frac{\boldsymbol{P}}{\boldsymbol{\omega}}$$

$\Delta \boldsymbol{F}` = \frac{\boldsymbol{P}/\boldsymbol{\omega}}{\boldsymbol{D}}$ ..... (40)

Donde:

$\Delta \boldsymbol{F}` =$

$T =$ Torque

D = Diámetro de la polea

P = Potencia

ω = Peso de un pie de banda

C. Diseño del Eje:

Para el dimensionamiento el eje se tuvo en cuenta las medidas del motor y de los componentes que están acoplado al disco de la excéntrica, los datos de las medidas del motor fueron extraídos del catálogo de motores (SIEMENS, 2018). Para las dimensiones del disco y sus componentes se tomó por criterio ingenieril 14.75 cm de longitud. La longitud el eje queda determinada por la resta total menos la longitud del motor y los elementos unidos al disco quedado el eje con una medida de 50 cm.

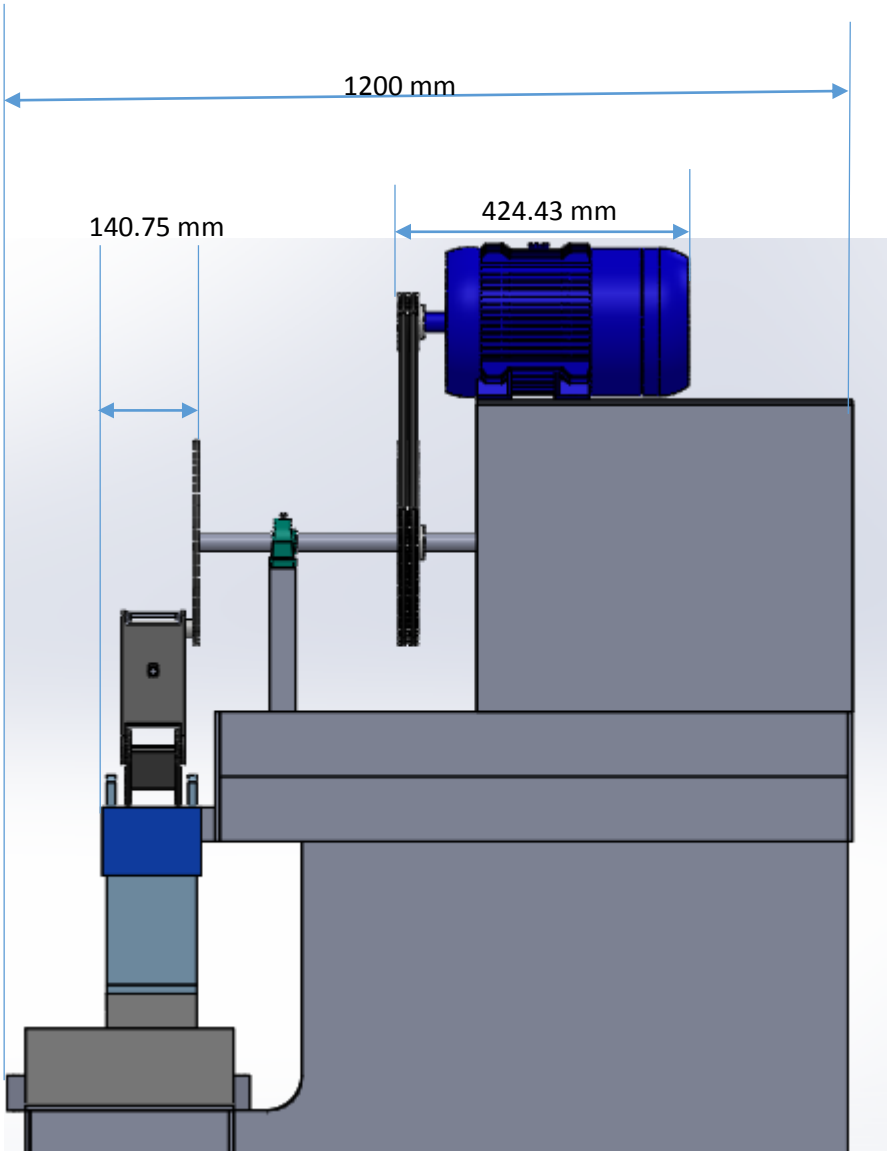
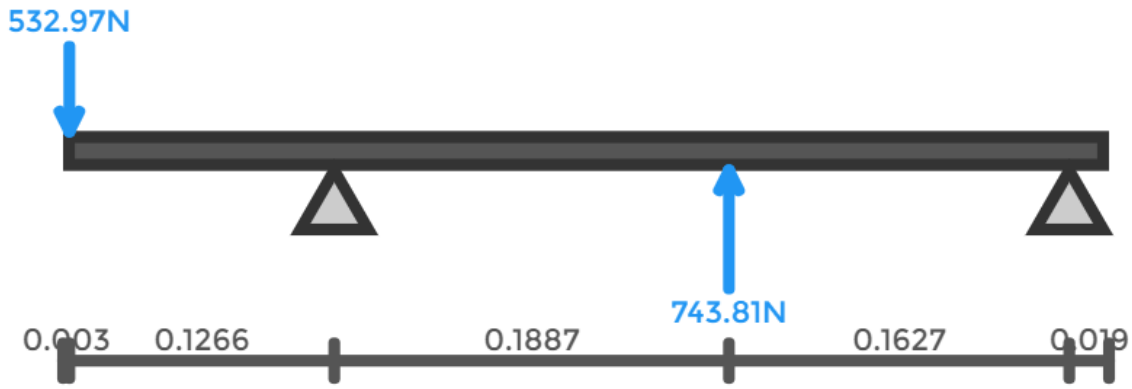
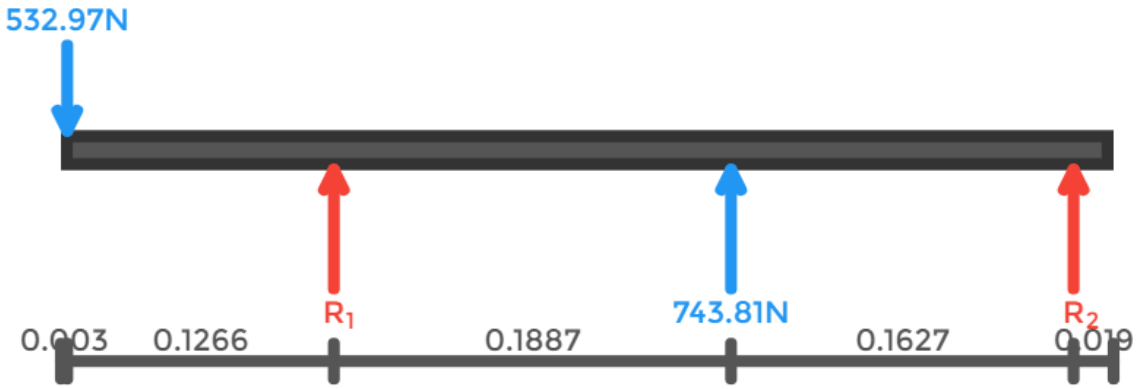


Diagrama de fuerzas cortantes y momento flector



Cálculo de reacciones

Para encontrar las reacciones en los apoyos, necesitamos verificar el equilibrio de las fuerzas verticales, para asegurarnos de que el rayo no se mueva hacia arriba o hacia abajo, y el equilibrio de momento, para asegurar que el rayo no gire. El diagrama de cuerpo libre de la viga es:



Por lo tanto, calculando el equilibrio de fuerzas verticales, uno encuentra que:

$$\sum \mathrm{Fy} = 0 \rightarrow \mathrm{F1} + \mathrm{F2} - \mathrm{R1} - \mathrm{R2} = 0 \ldots\ldots\ldots (41)$$

Dónde: R representa las reacciones; F representa cargas puntuales. Por lo tanto, al sustituir los valores numéricos, encontramos:

$$R1 + R2 = -210.84\mathrm{N} \ldots\ldots (xx)$$

Al resolver el equilibrio de momentos en el primer soporte, encontraremos:

$$\sum M = 0 \rightarrow R_2(X_{apoyo\ 2} - X_{apoyo\ 1}) - F_1(X_{carga\ 1} - X_{apoyo\ 1}) - F_2(X_{carga\ 2} - X_{apoyo\ 1}) = 0 \quad \ldots\ldots (42)$$

Al sustituir los valores numéricos, encontramos:

$$R_2(0.4 - 0.15) = +(532.97)(0.003 - 15) + (-743.81)(0.275 - 0.15) \rightarrow$$

$$0.3514R_2 = -207.8204N$$

De ambas ecuaciones, encontramos el siguiente sistema:

$$R1 + R2 = -210.84N$$

$$0.351e4R2 = -207.8204N$$

Resolviendo el sistema, encontramos que:

$$R1 = 380.6511N$$

$$R2 = -591.4911N$$

Cálculo de la fuerza de corte

Para encontrar la ecuación de la fuerza de corte, necesitamos resolver el equilibrio de las fuerzas verticales en cada sección (que se extiende de 0 a x), por lo que:

$$\sum F_y + V(x) = 0 \quad \ldots\ldots (43)$$

Donde V (x) es el valor de la fuerza de corte en la posición x.

Section 1 ($0 \leq x \leq 0.003$)

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección:

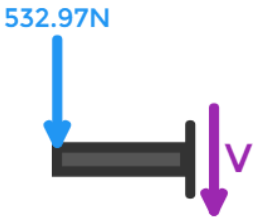
$$+V(x) = 0$$

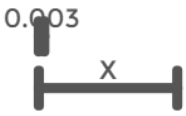
Al sustituir los valores numéricos, encontramos:

$$V(x) = 0$$

Section 2 $(0.003 \leq x \leq 0.1296)$

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección:





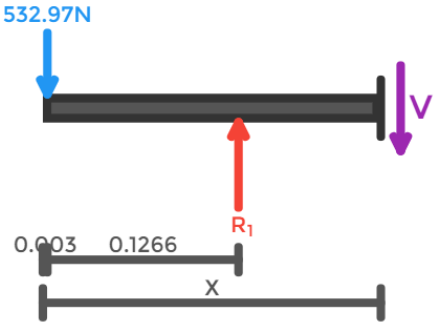
$$F_1 + V(x) = 0 \ldots\ldots(44)$$

Al sustituir los valores numéricos, encontramos:

$$V(x) = -532.97$$

Section 3 $(0.1296 \leq x \leq 0.3183)$

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección:



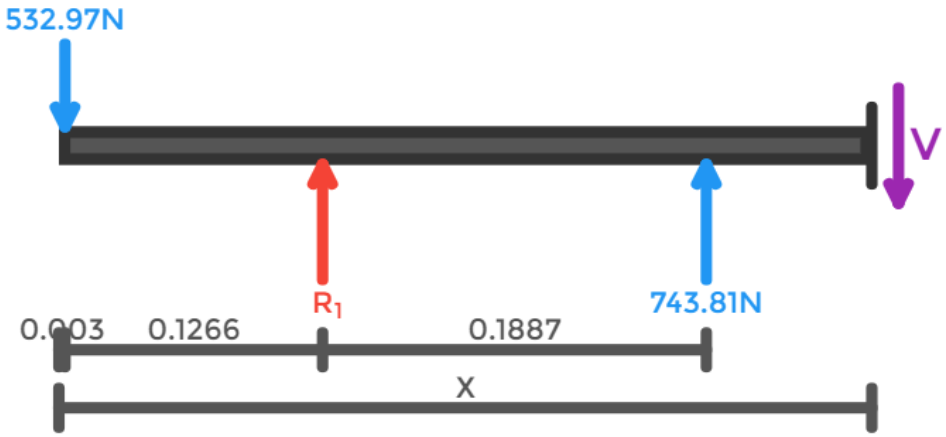
$$F1 - R1 + V(x) = 0 \quad \ldots\ldots(45)$$

Al sustituir los valores numéricos, encontramos:

$$V(x) = -152.373$$

Section 4 $(0.3183 \leq x \leq 0.481)$

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección:



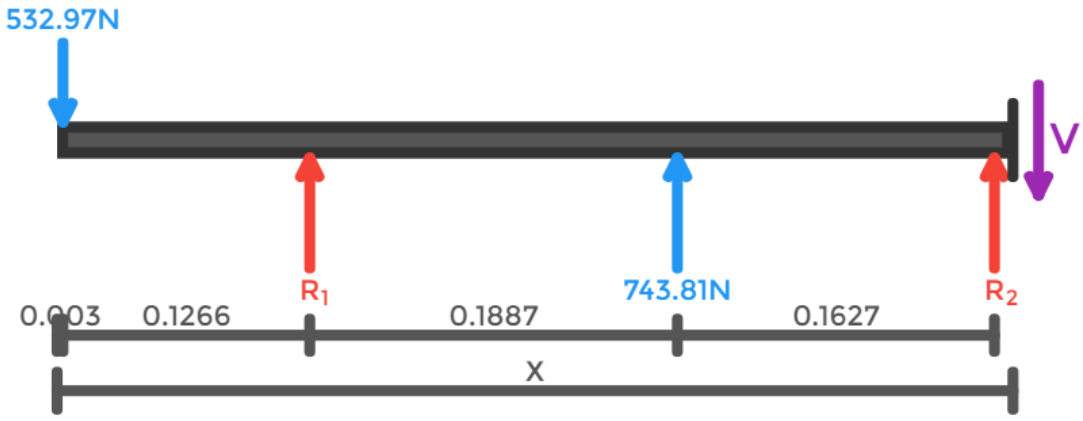
$$F1 + F2 - R1 + V(x) = 0 \quad \ldots\ldots(46)$$

Al sustituir los valores numéricos, encontramos:

$$V(x) = 591.437$$

Section 5 $(0.4 \leq x \leq 0.5)$

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección:

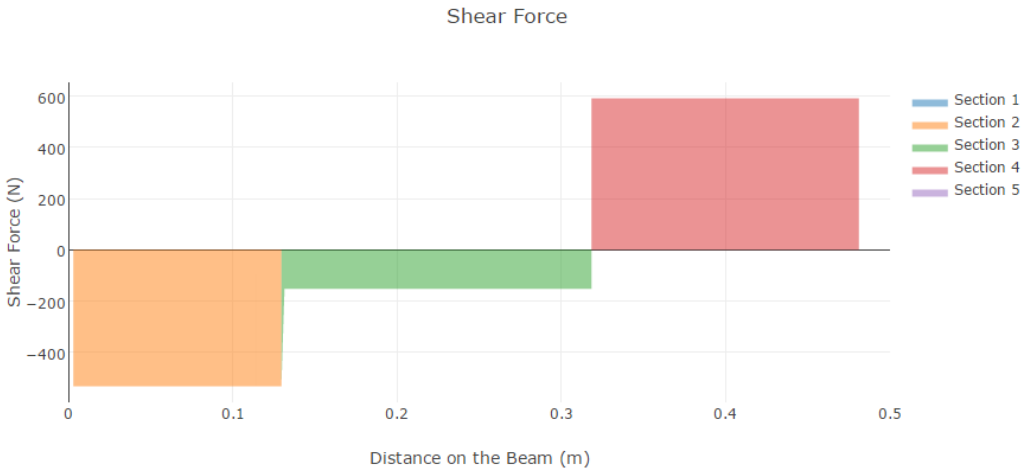


$$F1 + F2 - R1 - R2 + V(x) = 0 \quad \ldots\ldots(47)$$

Al sustituir los valores numéricos, encontramos:

$$V(x) = 0$$

Diagrama



$$\sum Fy\ (x - x_{carga}) + \sum M + M(x) = 0 \quad \ldots\ldots(48)$$

Donde M (x) es el valor del momento de flexión en la posición x.

Section 1 $(0 \leq x \leq 0.003)$

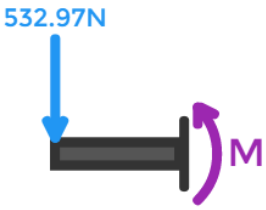
$$+M(x) = 0$$

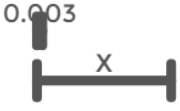
Al sustituir los valores numéricos, encontramos:

$$M(x) = 0$$

Sección 2 $(0.003 \leq x \leq 0.1296)$

Resolviendo el equilibrio del momento en la sección:





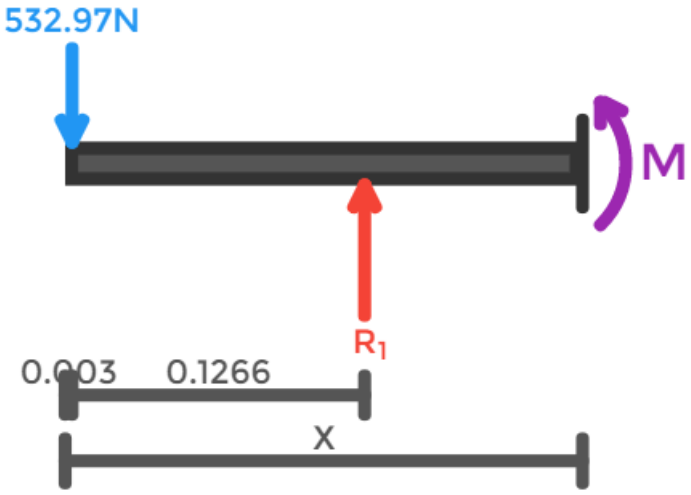
$$F_1(x - x_{carga\,1}) + M(x) = 0 \quad \ldots\ldots (49)$$

Al sustituir los valores numéricos, encontramos:

$$M(x) = -532.97\text{x} + 1.5989$$

Section 3 $(0.1296 \leq x \leq 0.3183)$

Resolviendo el equilibrio del momento en la sección:



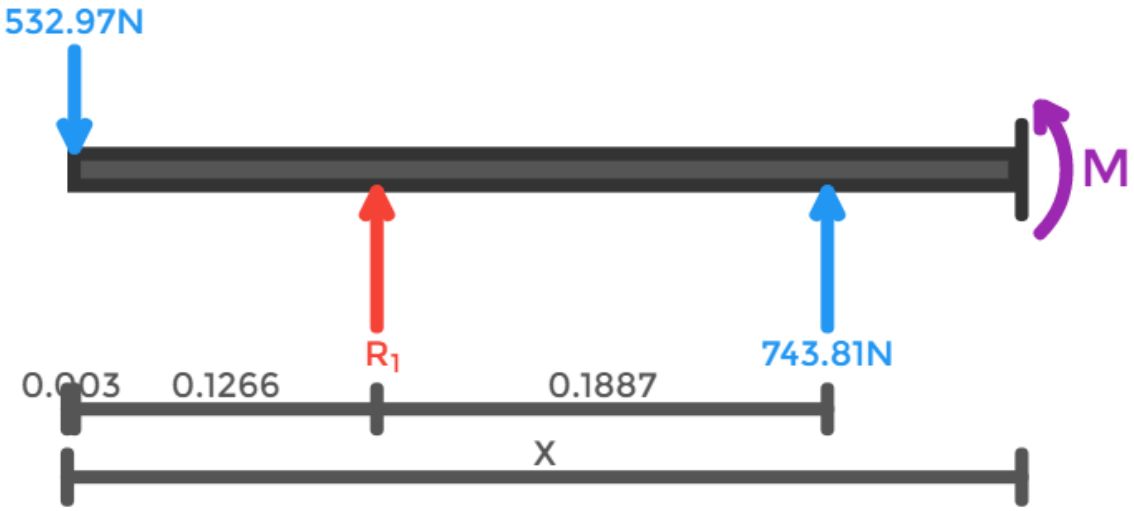
$$\text{F1}(\text{x} - x_{carga\,1}) - \text{R1}(\text{x} - x_{apoyo\,1}) + \text{M(x)} = 0 \ldots\ldots (50)$$

Al sustituir los valores numéricos, encontramos:

$$M(x) = -152.3189\text{x} - 47.7525$$

Section 4 $(0.3183 \leq x \leq 0.481)$

Resolviendo el equilibrio del momento en la sección:



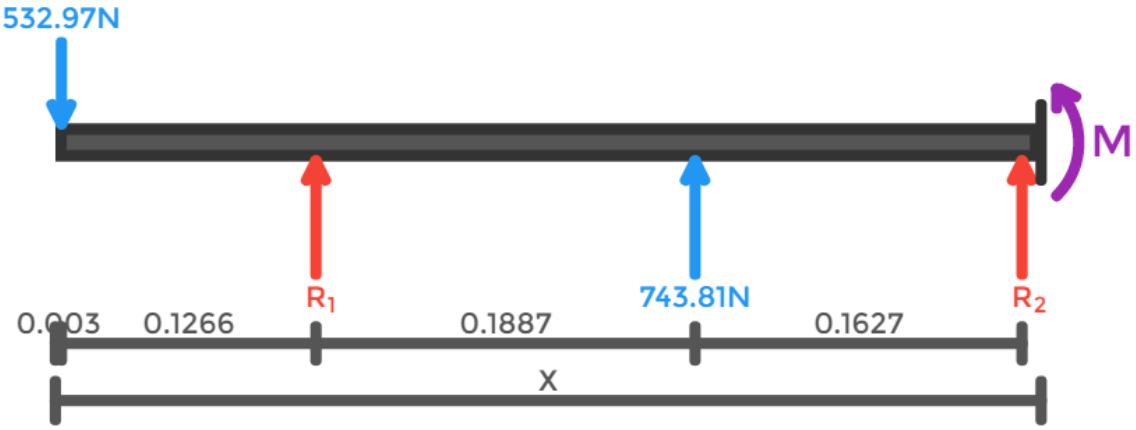
$$F_1(\text{x} - x_{carga\,1}) + F_2(\text{x} - x_{carga\,2}) - R_1(\text{x} - x_{apoyo\,1}) + \text{M(x)} = 0 \ldots (51)$$

Al sustituir los valores numéricos, encontramos:

$$M(x) = 591.4911x - 284.5072 \ldots\ldots (xx)$$

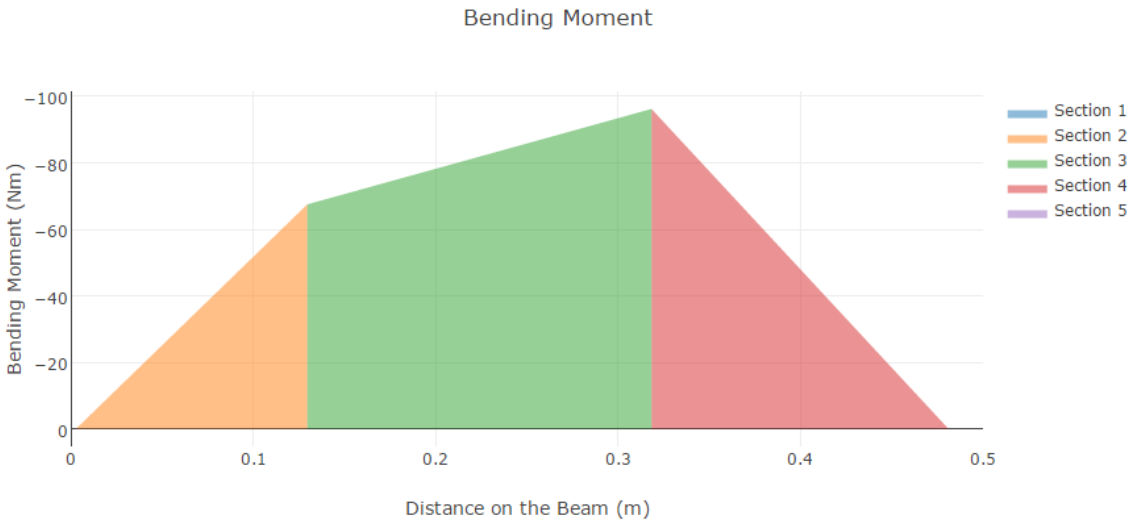
Section 5 $(0.481 \leq x \leq 0.5)$

Resolviendo el equilibrio del momento en la sección:



$$F_1(x - x_{carga\ 1}) + F_2(x - x_{carga\ 2}) - R_2(x - x_{apoyo\ 1}) - R_2(x - x_{apoyo\ 1}) + M(x) = 0 \ldots\ldots (52)$$

Al sustituir los valores numéricos, encontramos:



Teoría de la energía de distorsión

$$d = \sqrt[6]{\frac{(32_{max})^2+3(16_{max})^2}{\pi^2*(\frac{sy*10^6}{FSe})^2}} \quad \text{..... (53)}$$

Calculo del esfuerzo normal

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi d^3} \quad \text{..... (54)}$$

Calculo del esfuerzo normal

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad \text{..... (55)}$$

Calculo del esfuerzo normal

$$\grave{\sigma} = (\sigma_x^2 + 3\tau_{zx}^2)^{1/2} \quad \text{..... (56)}$$

Donde:

σ_x = esfuerzo normal

τ_{xy} = esfuerzo cortante

$M =$ Momento

$T =$ Torque

Esfuerzos fluctuantes

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max}+\sigma_{min}}{2} \text{.....(57)}$$

$$\sigma_a = \left|\frac{\sigma_{max}-\sigma_{min}}{2}\right| \text{.....(58)}$$

Donde:

$\sigma_{max} =$

$\sigma_{min} =$

Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga S_e

$$s'_e = 0.5 * sut \text{.....(59)}$$

$$s'_e = 0.5 * 550\ Mpa$$

$$s'_e = 275$$

$$s_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f s'_e \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (60)$$

$$s_e = 0.8472 * 0.8772 * 1 * 1 * 1 * 1 * 275$$

$$s_e = 204.3702 \text{ Mpa}$$

Donde:

k_a = factor de modificación de la condición superficial

k_b = factor de modificación del tamaño

k_c = factor de modificación de la carga

k_d = factor de modificación de la temperatura

k_e = factor de confiabilidad

k_f = factor de modificación de efectos varios

s'_e = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

s_e = límite de resistencia a la fatiga de una parte de máquina.

Factor de superficie k_a

$$k_a = a S_{ut}^b \ldots\ldots\ldots (61)$$

$$k_a = 0.8472$$

Donde:

k_a = Factor de modificación

a = Parametro que depende al esfuerzo último y al acabado superficial

S_{ut} = Esfuerzo ultimo a la fluencia

b = Parámetro que depende al acabado superficial

Factor de tamaño k_b

$$k_b \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2\,p \\ 0.91d^{-0157} & 2 < d \leq 10pug \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51mm \\ 1.51d^{-0.107} & 51 < d \leq 254mm \end{cases} \quad \ldots(62)$$

$$k_b = (d/0.3)^{-0.107}$$

$$k_b = 0.8772$$

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual

$$k_b = 1$$

Factor de carga k_c

$$k_c \begin{cases} 1 & flexion \\ 0.85 & axial \\ 0.59 & torsion \end{cases} \quad \ldots\ldots (63)$$

$$k_c = 1$$

Factor de temperatura k_d

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}} \quad \ldots\ldots. (64)$$

$$k_d = 1$$

Donde:

$\boldsymbol{S_T}$ = Resistencia a la torsión a temperatura de trabajo

$\boldsymbol{S_{RT}}$ =Resistencia a la torsión a temperatura ambiente

Factor de confiabilidad k_e

$$k_e = 1 - 0.08z_a \quad \ldots\ldots. (65)$$

$$k_e = 1$$

Donde:

k_e = factor de confiabilidad

z_a = variación de transformación

Factor de efectos varios k_f

$$k_e = 1$$

Criterio de falla por fatiga de ED-ASME elíptica: Para determinar el diámetro del eje principal sometido a carga de torsión y carga de flexión, se utilizó la ecuación de ASME elíptica con un criterio conservador para éste tipo de diseño.

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3}\left[4\left(\frac{K_f M_a}{S_e}\right)^2 + 3\left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e}\right)^2 4\left(\frac{K_f M_m}{S_y}\right)^2 3\left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y}\right)^2\right]^{1/2} \quad \ldots\ldots(66)$$

$$d = \left\{\frac{16n}{\pi}\left[4\left(\frac{K_f M_a}{S_e}\right)^2 + 3\left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e}\right)^2 4\left(\frac{K_f M_m}{S_y}\right)^2 3\left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y}\right)^2\right]^{1/2}\right\}^{1/3}$$

$$d = \left\{\frac{16*6.66}{\pi}\left[4\left(\frac{1*31.1665}{204.3702*10^6}\right)^2 + 3\left(\frac{1*0}{204.3702*10^6}\right)^2 + 4\left(\frac{1*0}{250*10^6}\right)^2 + 3\left(\frac{1*62.3329}{250*10^6}\right)^2\right]^{1/2}\right\}^{1/3} \quad \ldots\ldots. (13)$$

$$d = 0.2885\ m$$

Para una medida estándar se toma la medida superior con un valor de diámetro de eje de 1 ¼”

Donde:

S_e = resistencia a la fatiga

S_y = esfuerzo a la fluencia

n = factor de seguridad

D. Estudio de soldadura para la estructura de la máquina.

Propiedades del material a utilizar.

Tabla 13
Propiedades de la soldadura utilizada ISO en lomo

Máquina forjadora	
Largo	1200mm
Ancho	500mm
Alto	1810mm
Material construcción	ASTM A36
Propiedades mecánicas	
Límite de fluencia	317 MPa
Resistencia a la tracción	400 MPa

Fuente: Propio, 2019.

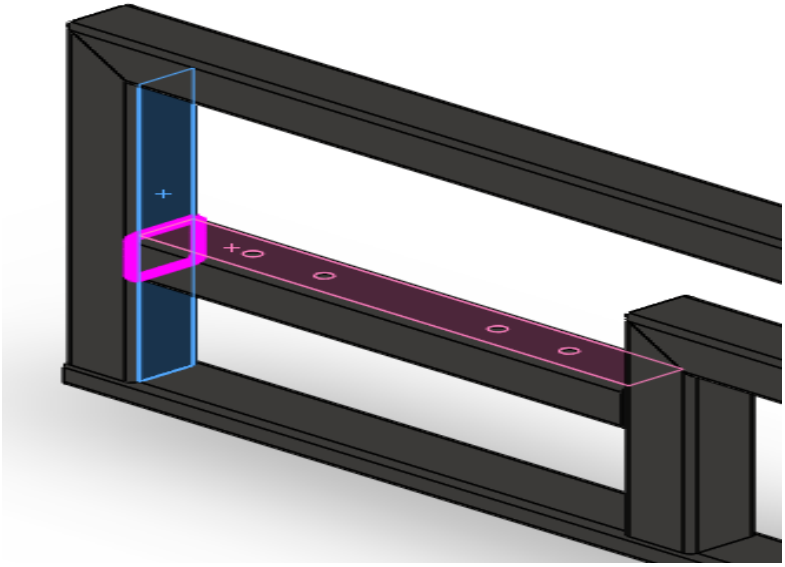


Figura51: Configuración de soldadura mediante software Solidworks.
Fuente: Propio, 2019.

Selección del diámetro del electrodo.

De la figura 51, se selecciona el diámetro del electrodo en función del material y espesor.

Material a soldar	Espesor (mm)	Intensidad (Amperios)	Diámetro del electrodo
Acero Dulce	1,5	40 a 60	1,6 mm
	2 y 3	60 a 70	2 mm
	2 a 5	80 a 100	2,5 mm
	3 a 10	100 a 130	3,2 mm
	>10	130 a 160	4 mm
Acero Inoxidable	>1,5	80 a 100	2,5 mm
Hierro	>3	80 a 100	2,5 mm

Figura52: Diámetro del electrodo en función al material a soldar.
Fuente: *(MERLIN, 2016)*

La AWS (American Welding Society) ha normalizado su diseño y utilización para el proceso de soldadura al arco con electrodo recubierto, disponiendo de diferentes tipos de electrodos, se seleccionará en base a sus características del material, composición del núcleo, como también por su recubrimiento y su diámetro de electrodo. De la Tabla 14 tenemos que nuestro material tiene una resistencia a la tracción de 400 MPa, de la figura 53 seleccionamos el número de soldadura **E70xx**.

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Figura53: Propiedades mínimas del metal de aporte.
Fuente: *(Nisbett, Diseño en ingeniría mecánica de Shigley, 2008)*.

Cálculo considerando esfuerzo cortante.

La estructura de la máquina está construida con un acero ASTM A36 de una sección viga sb 80 mm x 6mm y tubo cuadrado de 92mm x 92mm x 3,97mm, estando las uniones soldadas con un filete de tamaño de 4mm alrededor.

Para ellos calculamos la fuerza permisible (F_{perm}) que podrá soportar la estructura, en base a las propiedades mecánicas de resistencia de la soldadura, luego se comprobará con la mayor fuerza estática que resistirá la estructura, se tiene una magnitud de F = 125 KN.

$$\tau = \frac{F_{perm}}{A} \quad \text{... (Ec.57)}$$

Donde:

τ: Esfuerzo cortante admisible de la soldadura en (Pa).

F_{perm}: Fuerza máxima permisible en (N).

A: Sección cortante de soldadura en (m^2).

Despejando la Ecuación 57:

$$F_{perm} = \tau \times A$$

$$A = 4(0.00317)(0.092) = 0.0012m^2$$

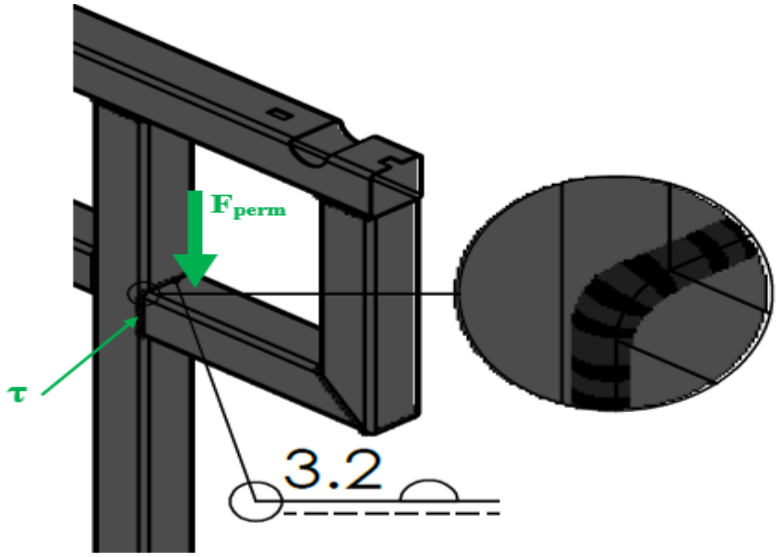


Figura54: Soldadura de filete.
Fuente: Propio, 2019.

Tabla 14
Cargas constantes permisible y tamaños mínimos de soldadura de filete

Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete

	Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)						
	60*	70*	80	90*	100	110*	120
	Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial						
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
	Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal						
†$f =$	12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h
Tamaño del cateto h, pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal						
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45
7/8	11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27
3/4	9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09
5/8	7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91
1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73
7/16	5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14
3/8	4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54
5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18
1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59

*En realidad, las soldaduras de filete fueron ensayadas por el AISC-AWS Task Committee.
†$f = 0.707h\tau_{perm}$.

Programa B: tamaño mínimo de soldadura de filete, h

Espesor del material de la parte unida más gruesa, pulg		Tamaño de la soldadura, pulg
*Hasta $\frac{1}{4}$ inclusive		$\frac{1}{8}$
Mayor que $\frac{1}{4}$	Hasta $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$
Mayor que $\frac{1}{2}$	Hasta $\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$
†Mayor que $\frac{3}{4}$	Hasta $1\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$
Mayor que $1\frac{1}{2}$	Hasta $2\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
Mayor que $2\frac{1}{4}$	Hasta 6	$\frac{1}{2}$
Mayor que 6		$\frac{5}{8}$

No se debe exceder el espesor de la parte más delgada.
*El tamaño mínimo para aplicaciones en puentes no puede ser menor a $\frac{3}{16}$ pulg.
†Para tamaño mínimo del filete de soldadura, el programa no puede ser mayor que la soldadura de filete de $\frac{5}{16}$ pulg por cada $\frac{3}{4}$ pulg de material.

Fuente: Adaptada de Omer W. Blodgett (ed.), *Stress Allowables Affect Weldment Design*, D412, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland, mayo de 1991, p. 3. Reproducido con autorización de Lincoln Electric Company.

Fuente: (Nisbett, Diseño en ingeniría mecánica de Shigley, 2008)

De la Tabla 14, el esfuerzo cortante admisible de la soldadura para un electrodo **E70XX** es de 21 Kpsi (144.8MPa), por lo tanto, de la Ecuación 55 calculamos:

$$F_{perm} = 144.8 \times 10^6 Pa \times 0.0012 m^2$$
$$F_{perm} = 173.76\ KN$$

Del valor obtenido, en comparación con la fuerza máxima cortante que soportara la estructura, este es mayor $F_{perm} > F$.

Cálculo considerando esfuerzo de tensión.

Tenemos que la fuerza permisible de tensión por unidad de longitud unitaria, para un cateto de soldadura de filete de 3.2mm, utilizaremos el valor de 1/8", de la Tabla 14, tenemos que es 1.86 klb/pulg de soldadura 4000mm que equivale a 157.48 pulg.

$$F_{perm-tensión} = 1.86 l$$
$$F_{perm-tensión} = 1.86\ \times 157.48$$
$$F_{perm-tensión} = 292.91\ klb = 1302.93\ kN$$

Del análisis FEA realizado a la estructura de la máquina, se obtiene el esfuerzo a la tensión máxima alcanzada es de $\sigma = 5.31\ MPa$. El área de la sección del perfil de $10.55\ cm^2$. De la siguiente ecuación tenemos:

$$F_t = \sigma \times A$$

Donde:

σ: Esfuerzo de tensión en (Pa).
F_t: Fuerza máxima de tensión en (N).

A: Sección del perfil (m^2).

$$F_t = 5.31 \times 10^6 Pa \times 1.055 \times 10^{-3} m^2$$
$$F_t = 5602.05\ N$$

Del resultado obtenido, tenemos que $F_t < F_{perm-tensión}$ garantizando la idoneidad del tipo que soldadura utilizada.

E. Análisis de la estructura base mediante el software de diseño (FEA).

Para la realización del análisis de la estructura, se deberá tomar en cuenta las cargas al cual estará sometido:

Tabla 15
Cargas externas de la estructura

ELEMENTO	MASA (kg)	Newton (N)
Motor	40	400,00
Fuerza de Impacto	00.00	124 000, 00
TOTAL		124 400,00

Fuente: Propio, 2019.

Con la finalidad de garantizar que la estructura tenga la capacidad de soportar la carga de trabajo, se procedió a realizar un estudio de esfuerzos mediante un software de Análisis de Elementos Finitos del cual evaluaremos el factor de seguridad.

Para el modelamiento se utilizó dos tipos de perfil estructural ASTM A36, para una viga sb 80 x 6 un tubo cuadrado de 92mm x 92mm x 3.17 mm

De la figura 55 observamos el resultado del análisis estático de tensiones, el cual nos indica que la tensión máxima es de 28 MPa, en comparación con el límite elástico del material este no sobrepasa, garantizando que la estructura no fallará.

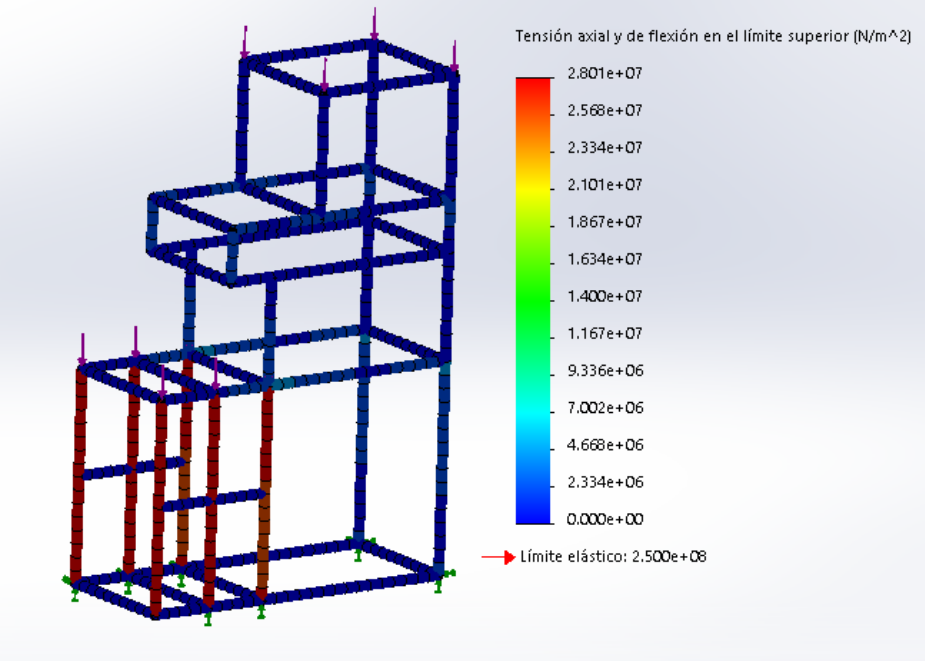


Figura55: Resultado - Análisis estático - Tensión axial y flexión de la estructura.
Fuente: Propio. 2019.

De la figura 55, tenemos el resultado del análisis de desplazamiento teniendo un valor máximo generado por las cargas de 0.1833mm, siendo un valor muy pequeño y aceptable, del resultado decimos que la estructura es fiable.

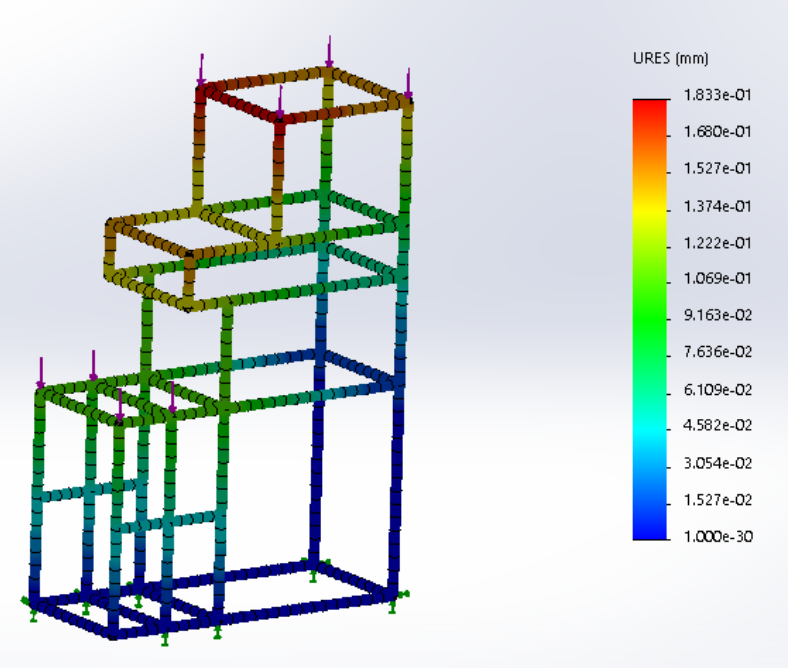


Figura56: Resultado - Análisis estático - Desplazamiento en la estructura.
Fuente: Propio, 2019.

De la figura 57, se observa que la estructura (chasis), tiene un factor de seguridad mínimo de 8.92, de esta manera se comprueba que la estructura posee una buena resistencia mecánica. Motivo por el cual la estructura no fallará.

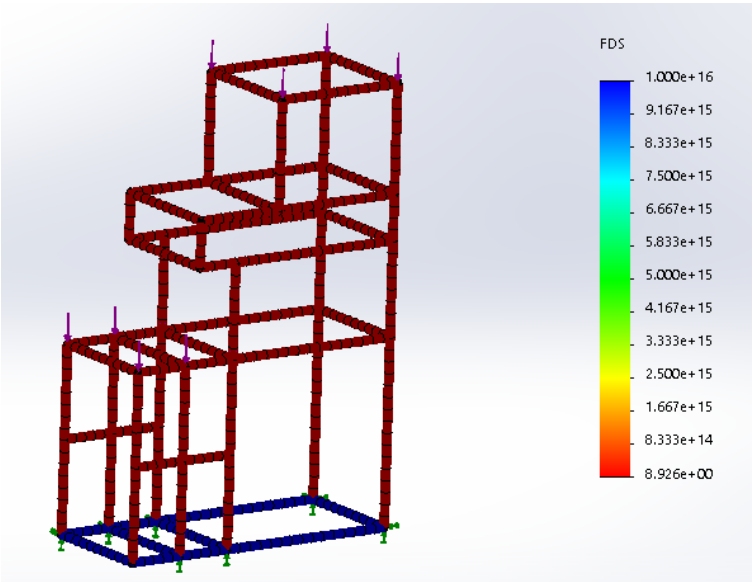


Figura57: Resultado - Análisis estático - Factor de Seguridad de la estructura.
Fuente: Propio, 2019.

F. Diseño del sistema eléctrico.

La fábrica posee conexiones trifásicas para el funcionamiento de las máquinas, motivo por el cual se trabajará con un motor trifásico siendo más eficientes, estables y seguro.

Se seleccionó un motor con las siguientes características:

- Potencia: 3 Hp.
- Tensión: 380 V.
- Eficiencia: 83.1 %.
- Factor de potencia (cosØ): 0.81.
- Corriente nominal: 4.95 A
- Distancia al tablero eléctrico: 10m.

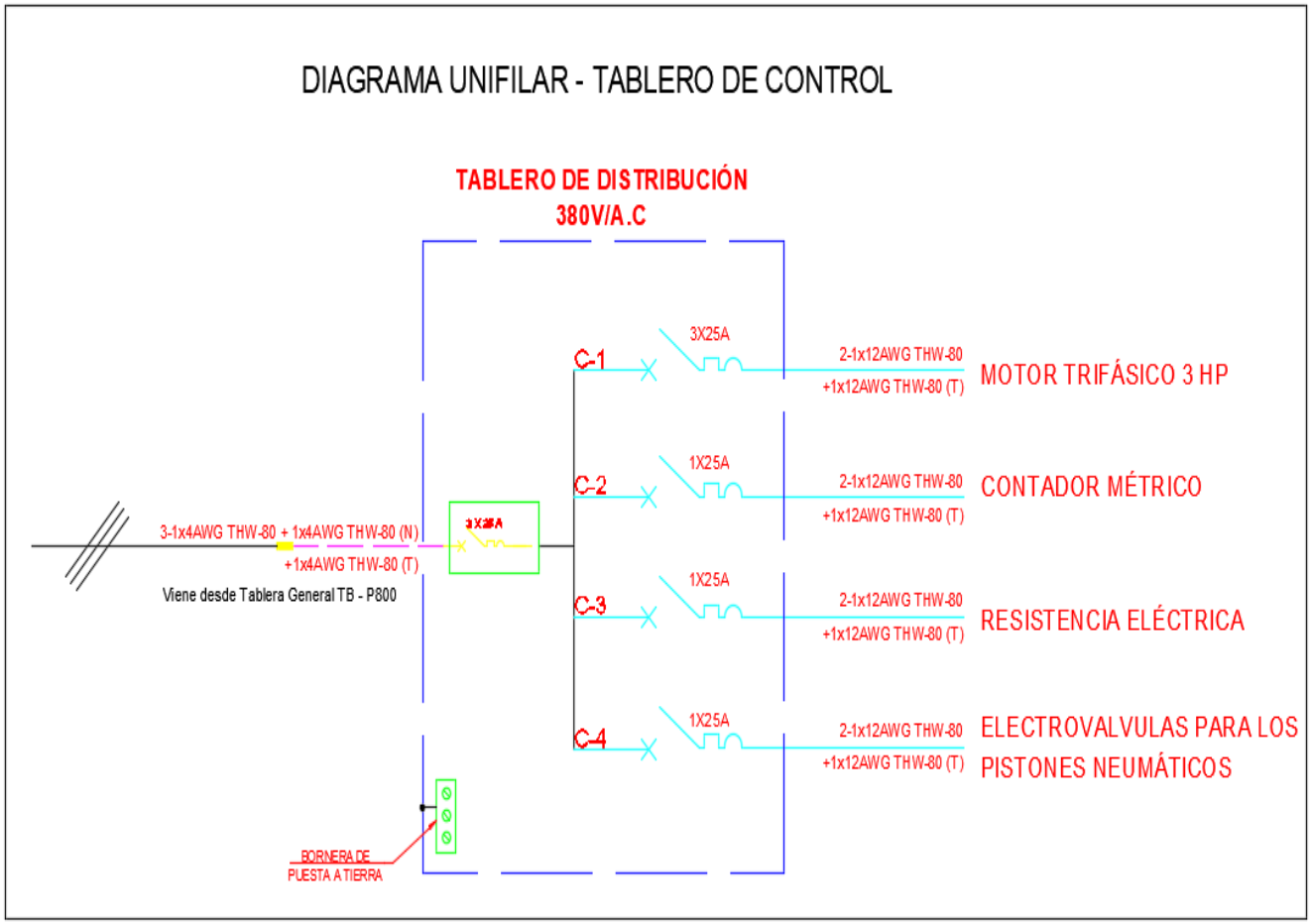


Figura47: Diagrama unifilar - Máquina desbobinadora.
Fuente: Propio, 2019.

Los accesorios que conforman el diagrama eléctrico se muestran a continuación:

- Pulsador zeta de energía normalmente cerrado de color rojo.
- 01 pulsador con contacto normalmente abierto, color verde.
- 01 pulsador con contacto normalmente cerrado, color rojo.
- 01 indicador de alarma, color amarillo.
- 01 contactor de 25 A.
- 01 relé térmico.
- 02 disyuntor.
- 04 llave diferencial.
- 01 motor reductor trifásico 380V/60HZ/C.A.

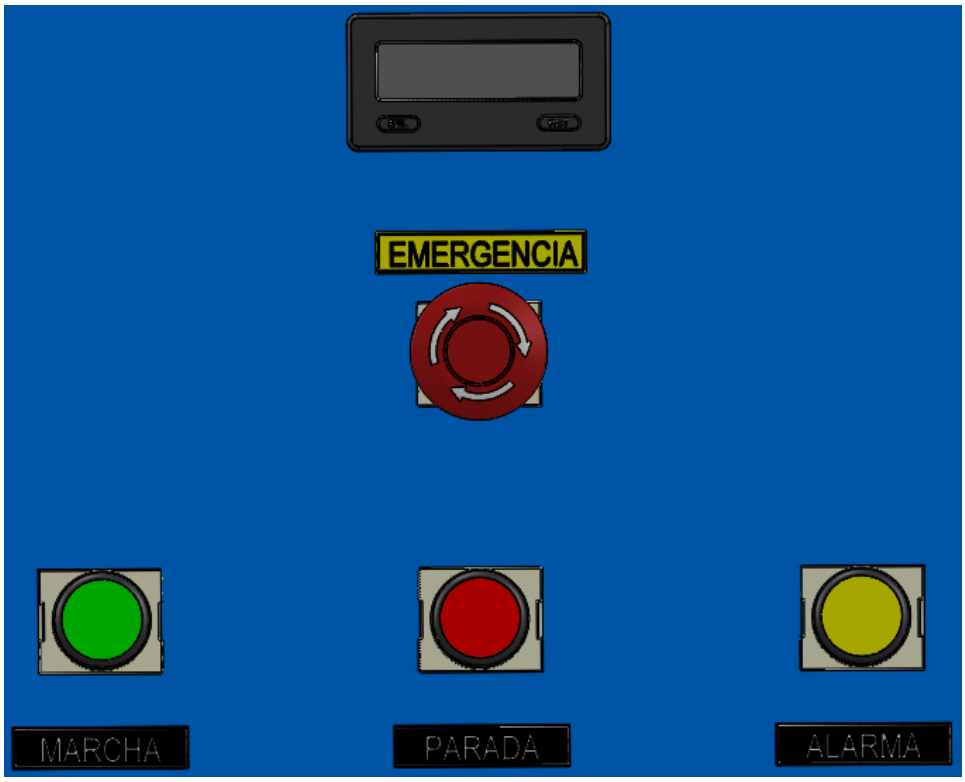


Figura 1: Componentes eléctricos - Máquina Desbobinadora.
Fuente: Propio, 2019.

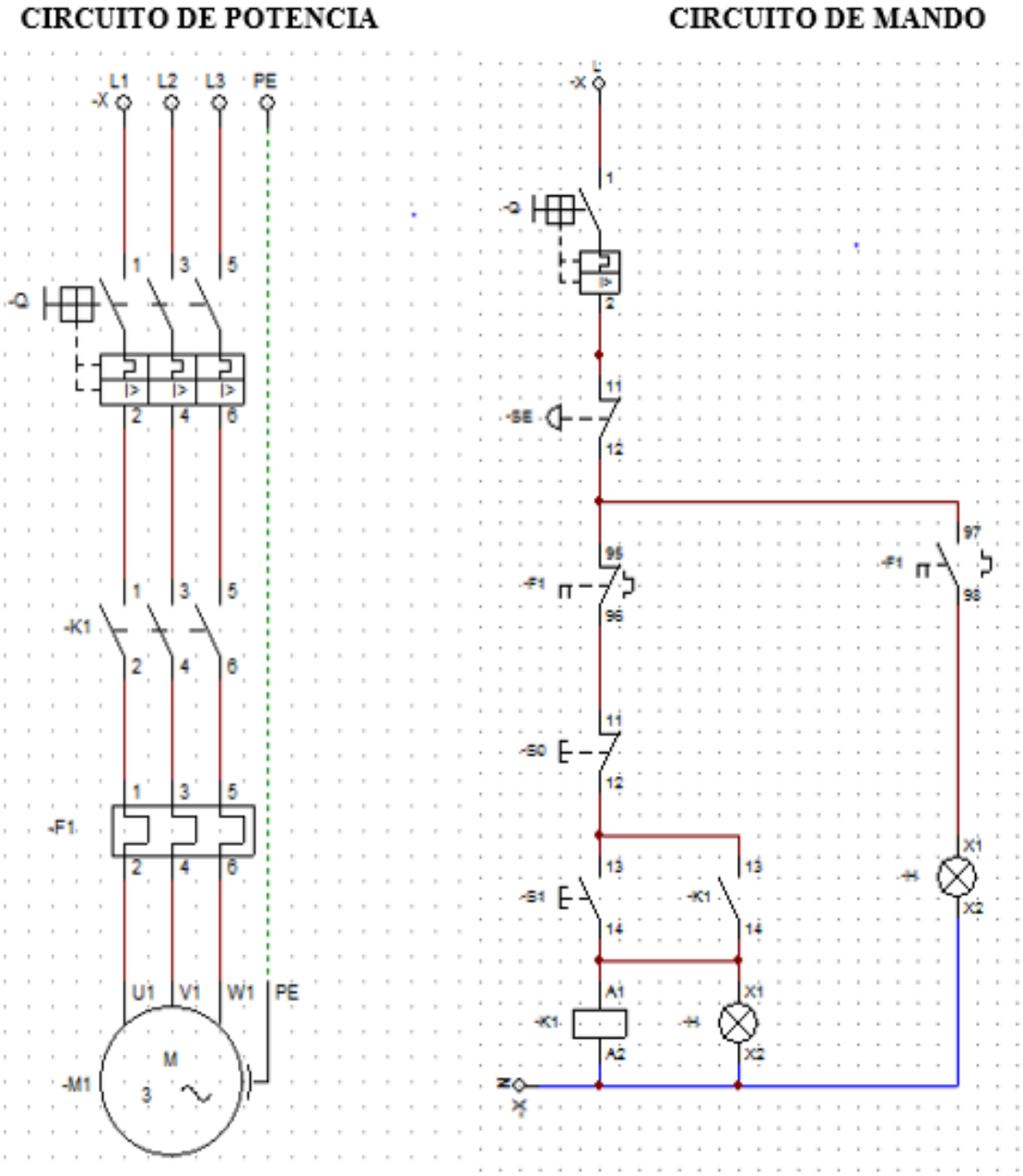


Figura 2: Esquema Eléctrico Multifilar.
Fuente: Propio, 2019.

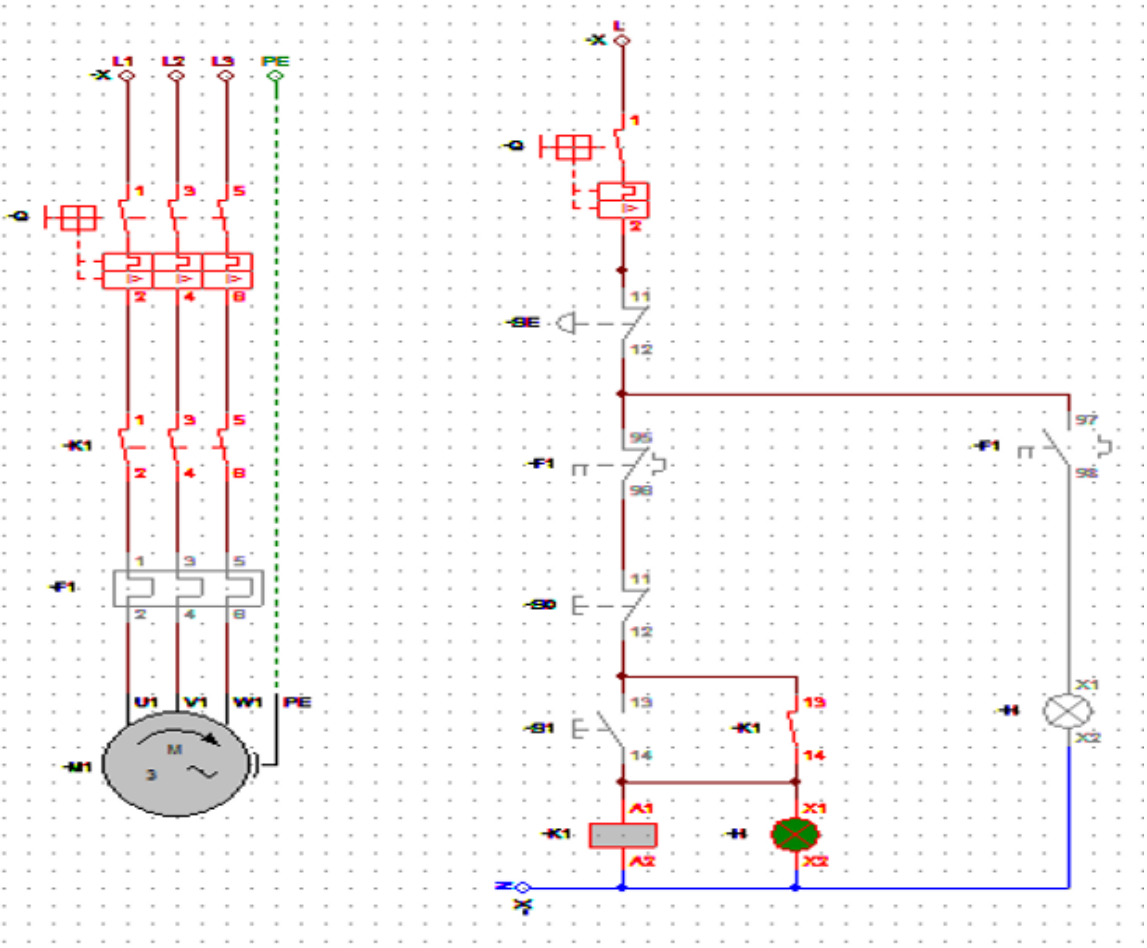


Figura50: Esquema eléctrico en funcionamiento.
Fuente: Propio, 2019.

ANEXO 4

Especificaciones acero para ejes: AISI 1010, AISI 1020, AISI A 36 , AISI 1060

AISI 1010 Steel, hot rolled bar, 19-32 mm (0.75-1.25 in) round or thickness

Categories: Metal; Ferrous Metal; Carbon Steel; AISI 1000 Series Steel; Low Carbon Steel

Material Notes: Easily cold formed by heading, extruding, upsetting, bending, and other deforming processes. Uses for wires include electroplated products, such as racks, storage bins, shopping carts, fan guards, and jewelry, and unplated such as wires, staples, hardware, and barbed wire.

Key Words: UNS G10100, AMS 5040, AMS 5042, AMS 5044, AMS 5047, AMS 5053, ASTM A29, ASTM A108, ASTM A510, ASTM A519, ASTM A545, ASTM A549, ASTM A575, ASTM A576, MIL SPEC MIL-S-11310 (CS1010), JIS S 9 CK, SAE J403, SAE J412, SAE J414, DIN 1.1121, AFNOR XC 10 (Fr), JIS S10 C, JIS S 12 C, AISI1010

Vendors: No vendors are listed for this material. Please click here if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in³	Typical for steel

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	95	95	
Hardness, Knoop	113	113	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	55	55	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	98	98	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	325 MPa	47100 psi	
Tensile Strength, Yield	180 MPa	26100 psi	
Elongation at Break	28 %	28 %	in 50 mm
Reduction of Area	50 %	50 %	
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical For Steel
Machinability	55 %	55 %	Based on AISI 1212 steel. as 100% machinability. Group I bar, rod, and wire products machinability can be improved by cold drawing.
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel

Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000143 ohm-cm	0.0000143 ohm-cm	condition unknown

Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	12.2 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 100 °C	6.78 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 212 °F	
	13.0 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 200 °C	7.22 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 392 °F	
	13.5 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 300 °C	7.50 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 572 °F	
	13.8 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 400 °C	7.67 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 752 °F	
	14.2 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 500 °C	7.89 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 932 °F	
	14.6 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 600 °C	8.11 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 1110 °F	
	14.9 µm/m-°C	8.28 µin/in-°F	

AISI 1020 Steel, hot rolled, 19-32 mm (0.75-1.25 in) round

Categories: Metal; Ferrous Metal; Carbon Steel; AISI 1000 Series Steel; Low Carbon Steel

Material Notes: Applications include parts in the case hardened condition where core strength is not critical, and for shafts of larger cross section that are not highly stressed. Other uses include lightly stressed gears with hard wearing surfaces and case hardened pins and chains.

Key Words: UNS G10200, AMS 5032, AMS 5045, ASTM A29, ASTM A108, ASTM A510, ASTM A519, ASTM A29, A108, A510, A512, A513, A519, A544, A575 M10120, A576, A635, A659, A827, A830, BS 970 040A20, 050A20 (En2C), 050A20 (En2D), 060A20, BS 970 Part 1 070M20, DEF STAN95-1-1 C1020, SAE J412, SAE J414, DIN 1.0402, AFNOR CC 20, UNI C 20, SS14 1450 (Sweden), SAE J403

Vendors: No vendors are listed for this material. Please click here if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in³	

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	111	111	
Hardness, Knoop	128	128	Converted from Brinell Hardness
Hardness, Vickers	112	112	Converted from Brinell Hardness
Tensile Strength, Ultimate	380 MPa	55100 psi	
Tensile Strength, Yield	205 MPa	29700 psi	
Elongation at Break	25 %	25 %	
Reduction of Area	50 %	50 %	
Modulus of Elasticity	186 GPa	27000 ksi	
Bulk Modulus	148 GPa	21500 ksi	calculated from elastic modulus and Poisson's ratio
Poissons Ratio	0.29	0.29	
Shear Modulus	72.0 GPa	10400 ksi	calculated from elastic modulus and Poisson's ratio

Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000159 ohm-cm @Temperature 0.000 °C	0.0000159 ohm-cm @Temperature 32.0 °F	condition unknown
	0.0000219 ohm-cm @Temperature 100 °C	0.0000219 ohm-cm @Temperature 212 °F	condition unknown
	0.0000292 ohm-cm @Temperature 200 °C	0.0000292 ohm-cm @Temperature 392 °F	condition unknown

Thermal Properties	Metric	English	Comments
Specific Heat Capacity	0.486 J/g-°C @Temperature >=100 °C	0.116 BTU/lb-°F @Temperature >=212 °F	condition unknown
	0.519 J/g-°C @Temperature 150 - 200 °C	0.124 BTU/lb-°F @Temperature 302 - 392 °F	
	0.599 J/g-°C @Temperature 350 - 400 °C	0.143 BTU/lb-°F @Temperature 662 - 752 °F	
Thermal Conductivity	51.9 W/m-K	360 BTU-in/hr-ft²-°F	estimated based on similar materials

Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.17 - 0.23 %	0.17 - 0.23 %	
Iron, Fe	99.08 - 99.53 %	99.08 - 99.53 %	As remainder
Manganese, Mn	0.30 - 0.60 %	0.30 - 0.60 %	
Phosphorous, P	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Sulfur, S	<= 0.050 %	<= 0.050 %	

References for this datasheet.

ASTM A36 Steel, bar

Categories: Metal; Ferrous Metal; ASTM Steel; Carbon Steel; Low Carbon Steel

Material Notes: Steel for general structural purposes including bridges and buildings.

Key Words: UNS K02600

Vendors: No vendors are listed for this material. Please click here if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in³	

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36300 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	in 200 mm
	23 %	23 %	In 50 mm.
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Compressive Yield Strength	152 MPa	22000 psi	Allowable compressive strength
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.26	0.26	
Shear Modulus	79.3 GPa	11500 ksi	

Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.29 %	0.29 %	
Copper, Cu	>= 0.20 %	>= 0.20 %	only if copper steel is specified
Iron, Fe	98 %	98 %	
Manganese, Mn	0.80 - 1.2 %	0.80 - 1.2 %	
Phosphorous, P	0.040 %	0.040 %	
Silicon, Si	0.15 - 0.40 %	0.15 - 0.40 %	
Sulfur, S	0.050 %	0.050 %	

References for this datasheet.

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's terms of use regarding this information. Click here to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

AISI 1060 Steel, cold drawn, spheroidized annealed, 19-32 mm (0.75-1.25 in) round

Categories: Metal; Ferrous Metal; Carbon Steel; AISI 1000 Series Steel; High Carbon Steel

Material Notes: Has characteristics similar to AISI 1055 Steel.

Key Words: UNS G10600

Vendors: No vendors are listed for this material. Please click here if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in³	

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	183	183	
Hardness, Knoop	204	204	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	89	89	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	192	192	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	620 MPa	89900 psi	
Tensile Strength, Yield	485 MPa	70300 psi	
Elongation at Break	10 %	10 %	In 50 mm
Reduction of Area	45 %	45 %	
Modulus of Elasticity	205 GPa	29700 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical For Steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel

Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000180 ohm-cm @Temperature 20.0 °C	0.0000180 ohm-cm @Temperature 68.0 °F	condition of specimen unknown

Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	11.0 µm/m-°C @Temperature 20.0 - 100 °C	6.11 µin/in-°F @Temperature 68.0 - 212 °F	
	12.2 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 300 °C	6.78 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 572 °F	
	13.7 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 500 °C	7.61 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 932 °F	
Specific Heat Capacity	0.502 J/g-°C @Temperature >=100 °C	0.120 BTU/lb-°F @Temperature >=212 °F	condition unknown
	0.544 J/g-°C @Temperature 150 - 200 °C	0.130 BTU/lb-°F @Temperature 302 - 392 °F	
Thermal Conductivity	49.8 W/m-K	346 BTU-in/hr-ft²-°F	Typical steel

Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.55 - 0.66 %	0.55 - 0.66 %	
Iron, Fe	98.35 - 98.85 %	98.35 - 98.85 %	As remainder
Manganese, Mn	0.60 - 0.90 %	0.60 - 0.90 %	
Phosphorous, P	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Sulfur, S	<= 0.050 %	<= 0.050 %	

References for this datasheet.

ANEXO 5

Especificaciones acero AISI 4110 para los dados

AISI 4140 Steel, normalized at 870°C (1600°F), air cooled, 25 mm (1 in.) round

Categories: Metal; Ferrous Metal; Alloy Steel; AISI 4000 Series Steel; Low Alloy Steel; Carbon Steel; Medium Carbon Steel

Material Notes: Normalized: heated to 815°C, air cooled. Medium-carbon steel with high hardenability and good fatigue, abrasion and impact resistance.

Key Words: AFNOR 40 CD 4, AFNOR 42 CD 4 (France), ASTM A322, ASTM A331, ASTM A505, ASTM A519, ASTM A646, B.S. 708 A 42 (UK), B.S. 708 M 40 (UK), B.S. 709 M 40 (UK), JIS SCM 4 H, JIS SCM 4, JIS SCM440, SS14 2244 (Sweden), MIL SPEC MIL-S-16974, SAE J404, SAE J412, SAE J770, DIN 1.7225, UNS G41400, AMS 6381, AMS 6382, AMS 6390, AMS 6395, IS 1570 40Cr1Mo28, IS 4367 40Cr1Mo28, IS 5517 40Cr1Mo28

Vendors: No vendors are listed for this material. Please click here if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in³	

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	302	302	
Hardness, Knoop	328	328	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	99	99	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell C	32	32	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	319	319	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	1020 MPa	148000 psi	
Tensile Strength, Yield	655 MPa	95000 psi	
Elongation at Break	17.7 %	17.7 %	in 50 mm
Reduction of Area	46.8 %	46.8 %	
Modulus of Elasticity	205 GPa	29700 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.29	0.29	Calculated
Machinability	65 %	65 %	Based on AISI 1212 as 100% machinability.
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel

Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000220 ohm-cm @Temperature 20.0 °C	0.0000220 ohm-cm @Temperature 68.0 °F	specimen hardened and tempered
	0.0000263 ohm-cm @Temperature 100 °C	0.0000263 ohm-cm @Temperature 212 °F	specimen hardened and tempered
	0.0000326 ohm-cm @Temperature 200 °C	0.0000326 ohm-cm @Temperature 392 °F	specimen hardened and tempered
	0.0000475 ohm-cm @Temperature 400 °C	0.0000475 ohm-cm @Temperature 752 °F	specimen hardened and tempered
	0.0000646 ohm-cm @Temperature 600 °C	0.0000646 ohm-cm @Temperature 1110 °F	specimen hardened and tempered

Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	12.2 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 100 °C	6.78 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 212 °F	
	13.7 µm/m-°C @Temperature 20.0 - 400 °C	7.61 µin/in-°F @Temperature 68.0 - 752 °F	
	14.6 µm/m-°C	8.11 µin/in-°F	

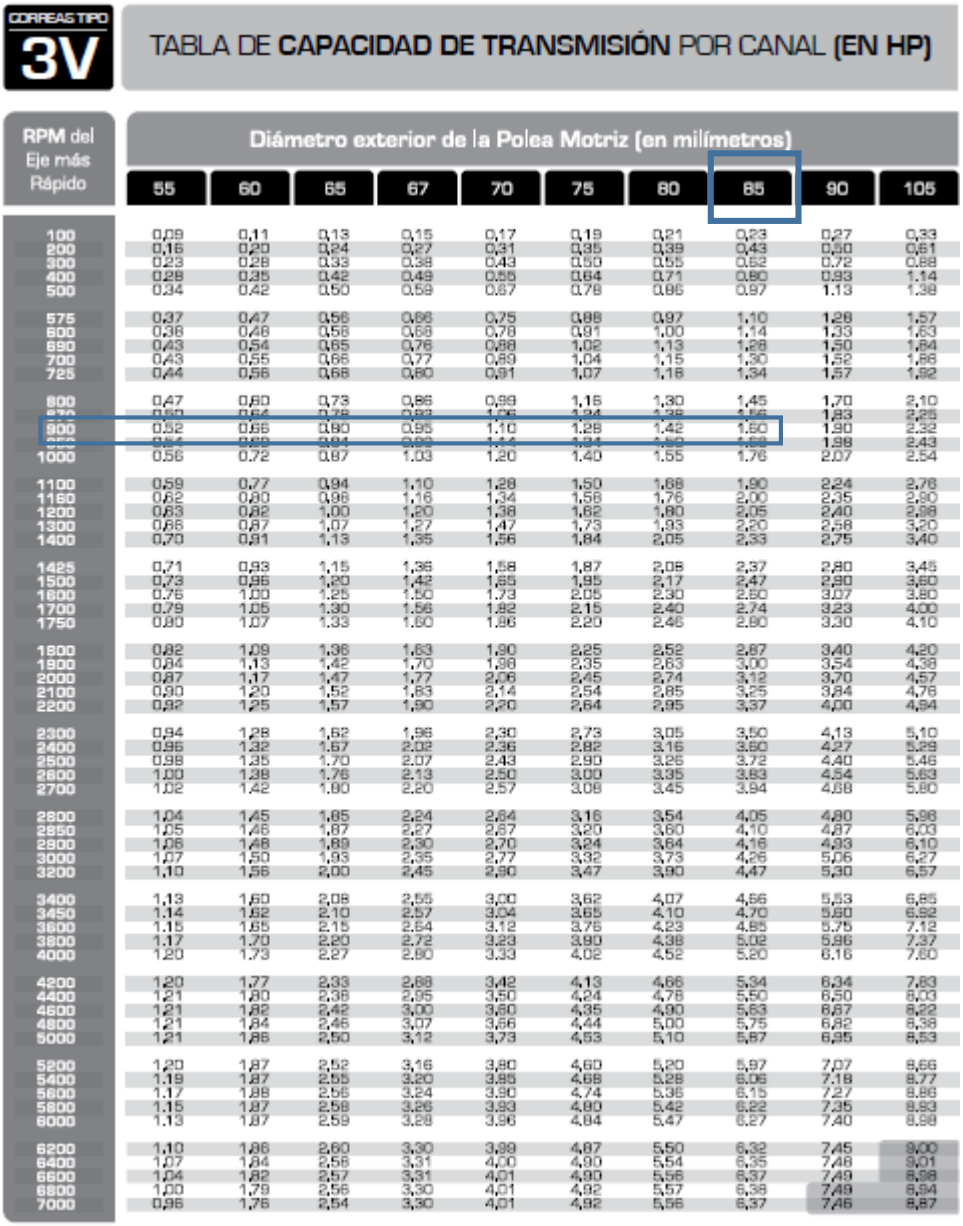
ANEXO 6

TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR – SIEMENS

Descripción				Modelo	
Potencia en HP	Velocidad en RPM	Tensión a 60Hz en Volts	Tamaño Armazón NEMA	GP10 Uso General Catálogo Spiridon	SD10 Uso Severo Catálogo Spiridon
0.5	900	208-230/460	143T	A7B10000048458	no disponible
0.75	1800	208-230/460	143T	A7B10000048472	A7B10000048469
	1200	208-230/460	143T	A7B10000048459	A7B10000048474
	900	208-230/460	145T	A7B10000048490	A7B10000048475
1	3600	208-230/460	143T	A7B10000012670	A7B10000047493
	1800	208-230/460	143T	A7B10000012675	A7B10000047514
	1200	208-230/460	145T	A7B10000012678	A7B10000047515
	900	208-230/460	182T	A7B10000048088	A7B10000048042
1.5	3600	208-230/460	143T	A7B10000012671	A7B10000048041
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012676	A7B10000047516
	1200	208-230/460	182T	A7B10000012683	A7B10000048043
	900	208-230/460	184T	A7B10000048499	A7B10000048044
2	3600	208-230/460	145T	A7B10000012672	A7B10000048045
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012677	A7B10000047517
	1200	208-230/460	184T	A7B10000012684	A7B10000048046
	900	208-230/460	213T	A7B10000048089	A7B10000048047
3	3600	208-230/460	182T	A7B10000012679	A7B10000048048
	1800	208-230/460	182T	A7B10000012681	A7B10000047518
	1200	208-230/460	213T	A7B10000012680	A7B10000048049
	900	208-230/460	215T	A7B10000048090	A7B10000048050
5	3600	208-230/460	184T	A7B10000012680	A7B10000048051
	1800	208-230/460	184T	A7B10000012682	A7B10000047519
	1200	208-230/460	215T	A7B10000012690	A7B10000048052
	900	208-230/460	254T	A7B10000048091	A7B10000048054
7.5	3600	208-230/460	213T	A7B10000012685	A7B10000048055
	1800	208-230/460	213T	A7B10000012687	A7B10000047520
	1200	208-230/460	254T	A7B10000012697	A7B10000048066
	900	208-230/460	256T	A7B10000048092	A7B10000048067
10	3600	208-230/460	215T	A7B10000012686	A7B10000048068
	1800	208-230/460	215T	A7B10000012688	A7B10000048030
	1200	208-230/460	256T	A7B10000012699	A7B10000048069
15	3600	208-230/460	254T	A7B10000012692	A7B10000048071
	1800	208-230/460	254T	A7B10000012695	A7B10000048031
20	3600	208-230/460	256T	A7B10000012694	A7B10000048072
	1800	208-230/460	256T	A7B10000012696	A7B10000048032

ANEXO 7

TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISION POR CANAL PARA POLEAS



CORREAS TIPO **3V**

TABLA DE **CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN** POR CANAL **(EN HP)**

RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)									
	55	60	65	67	70	75	80	85	90	105
100	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,27	0,33
200	0,16	0,20	0,24	0,27	0,31	0,35	0,39	0,43	0,50	0,61
300	0,23	0,28	0,33	0,38	0,43	0,50	0,55	0,62	0,72	0,88
400	0,28	0,35	0,42	0,48	0,55	0,64	0,71	0,80	0,93	1,14
500	0,34	0,42	0,50	0,58	0,67	0,78	0,86	0,97	1,13	1,38
575	0,37	0,47	0,56	0,66	0,75	0,88	0,97	1,10	1,28	1,57
600	0,38	0,48	0,58	0,68	0,78	0,91	1,00	1,14	1,33	1,63
690	0,43	0,54	0,65	0,76	0,88	1,02	1,13	1,28	1,50	1,84
700	0,43	0,55	0,66	0,77	0,89	1,04	1,15	1,30	1,52	1,86
725	0,44	0,56	0,68	0,80	0,91	1,07	1,18	1,34	1,57	1,92
800	0,47	0,60	0,73	0,86	0,99	1,16	1,30	1,45	1,70	2,10
870	0,50	0,64	0,78	0,92	1,06	1,24	1,38	1,56	1,83	2,25
900	0,52	0,66	0,80	0,95	1,10	1,28	1,42	1,60	1,90	2,32
960	0,54	0,68	0,84	0,99	1,14	1,34	1,50	1,69	1,98	2,43
1000	0,56	0,72	0,87	1,03	1,20	1,40	1,55	1,76	2,07	2,54
1100	0,59	0,77	0,94	1,10	1,28	1,50	1,68	1,90	2,24	2,76
1160	0,62	0,80	0,98	1,16	1,34	1,58	1,76	2,00	2,35	2,90
1200	0,63	0,82	1,00	1,20	1,38	1,62	1,80	2,05	2,40	2,98
1300	0,66	0,87	1,07	1,27	1,47	1,73	1,93	2,20	2,58	3,20
1400	0,70	0,91	1,13	1,35	1,56	1,84	2,05	2,33	2,75	3,40
1425	0,71	0,93	1,15	1,36	1,58	1,87	2,08	2,37	2,80	3,45
1500	0,73	0,96	1,20	1,42	1,65	1,95	2,17	2,47	2,90	3,60
1600	0,76	1,00	1,25	1,50	1,73	2,05	2,30	2,60	3,07	3,80
1700	0,79	1,05	1,30	1,56	1,82	2,15	2,40	2,74	3,23	4,00
1750	0,80	1,07	1,33	1,60	1,86	2,20	2,46	2,80	3,30	4,10
1800	0,82	1,09	1,36	1,63	1,90	2,25	2,52	2,87	3,40	4,20
1900	0,84	1,13	1,42	1,70	1,98	2,35	2,63	3,00	3,54	4,38
2000	0,87	1,17	1,47	1,77	2,06	2,45	2,74	3,12	3,70	4,57
2100	0,90	1,20	1,52	1,83	2,14	2,54	2,85	3,25	3,84	4,76
2200	0,92	1,25	1,57	1,90	2,20	2,64	2,95	3,37	4,00	4,94
2300	0,94	1,28	1,62	1,96	2,30	2,73	3,05	3,50	4,13	5,10
2400	0,96	1,32	1,67	2,02	2,36	2,82	3,16	3,60	4,27	5,28
2500	0,98	1,35	1,70	2,07	2,43	2,90	3,25	3,72	4,40	5,46
2600	1,00	1,38	1,76	2,13	2,50	3,00	3,35	3,83	4,54	5,63
2700	1,02	1,42	1,80	2,20	2,57	3,08	3,45	3,94	4,68	5,80
2800	1,04	1,45	1,85	2,24	2,64	3,16	3,54	4,05	4,80	5,96
2850	1,05	1,46	1,87	2,27	2,67	3,20	3,60	4,10	4,87	6,03
2900	1,06	1,48	1,89	2,30	2,70	3,24	3,64	4,16	4,93	6,10
3000	1,07	1,50	1,93	2,35	2,77	3,32	3,73	4,26	5,06	6,27
3200	1,10	1,56	2,00	2,45	2,90	3,47	3,90	4,47	5,30	6,57
3400	1,13	1,60	2,08	2,55	3,00	3,62	4,07	4,66	5,53	6,85
3450	1,14	1,62	2,10	2,57	3,04	3,65	4,10	4,70	5,60	6,92
3600	1,15	1,65	2,15	2,64	3,12	3,76	4,23	4,85	5,75	7,12
3800	1,17	1,70	2,20	2,72	3,23	3,90	4,38	5,02	5,96	7,37
4000	1,20	1,73	2,27	2,80	3,33	4,02	4,52	5,20	6,16	7,60
4200	1,20	1,77	2,33	2,88	3,42	4,13	4,66	5,34	6,34	7,83
4400	1,21	1,80	2,38	2,95	3,50	4,24	4,78	5,50	6,50	8,03
4600	1,21	1,82	2,42	3,00	3,60	4,35	4,90	5,63	6,67	8,22
4800	1,21	1,84	2,46	3,07	3,66	4,44	5,00	5,75	6,82	8,38
5000	1,21	1,86	2,50	3,12	3,73	4,53	5,10	5,87	6,95	8,53
5200	1,20	1,87	2,52	3,16	3,80	4,60	5,20	5,97	7,07	8,66
5400	1,19	1,87	2,55	3,20	3,85	4,68	5,28	6,06	7,18	8,77
5600	1,17	1,88	2,56	3,24	3,90	4,74	5,35	6,15	7,27	8,86
5800	1,15	1,87	2,58	3,26	3,93	4,80	5,42	6,22	7,35	8,93
6000	1,13	1,87	2,59	3,28	3,96	4,84	5,47	6,27	7,40	8,98
6200	1,10	1,86	2,60	3,30	3,98	4,87	5,50	6,32	7,45	9,00
6400	1,07	1,84	2,58	3,31	4,00	4,90	5,54	6,35	7,48	9,01
6600	1,04	1,82	2,57	3,31	4,01	4,90	5,56	6,37	7,49	8,98
6800	1,00	1,79	2,56	3,30	4,01	4,92	5,57	6,38	7,49	8,94
7000	0,96	1,76	2,54	3,30	4,01	4,92	5,56	6,37	7,46	8,87

ANEXO 8

TABLA DE DIMENCION DE POLEAS

Intermec www.intermec.com.co

DIMENSIONES DE POLEAS PARA BUJES QD

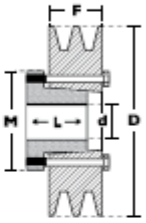
POLEAS TIPO 3V

Nomenclatura para poleas con Buje QD

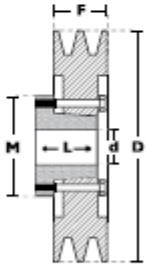
2 CANALES

Ancho (F) = 27.8 mm

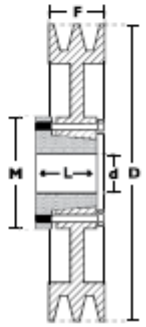
Diámetro Exterior (D) pulg	Diámetro Exterior (D) mm	Referencia Polea	Ref. Buje	Hueco máximo con cuñero estándar (d) mm	Hueco máximo con cuñero estándar (d) pulg	Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
2.2	55	PQ 2-3V55	JA	25.4	1	27	50	T1	0.9
2.3	60	PQ 2-3V60	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
2.5	65	PQ 2-3V65	JA	25.4	1	27	50	T1	1.2
2.6	67	PQ 2-3V67	JA	25.4	1	27	50	T1	1.3
2.8	70	PQ 2-3V70	JA	25.4	1	27	50	T1	1.4
3.0	75	PQ 2-3V75	JA	25.4	1	27	50	T1	1.6
3.1	80	PQ 2-3V80	JA	25.4	1	27	50	T1	1.8
3.3	85	PQ 2-3V85	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.0
3.6	90	PQ 2-3V90	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.4
3.9	100	PQ 2-3V100	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.6
4.1	105	PQ 2-3V105	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.7
4.3	110	PQ 2-3V110	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.8
4.5	115	PQ 2-3V115	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.9
4.7	120	PQ 2-3V120	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.1
5.0	125	PQ 2-3V125	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	3.6
5.1	130	PQ 2-3V130	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	4.3
5.3	135	PQ 2-3V135	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	4.5
5.6	140	PQ 2-3V140	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	5.0
6.0	150	PQ 2-3V150	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	5.5
6.3	160	PQ 2-3V160	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	5.9
6.5	165	PQ 2-3V165	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.2
6.7	170	PQ 2-3V170	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.4
6.9	175	PQ 2-3V175	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.6
7.0	180	PQ 2-3V180	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.7
7.5	190	PQ 2-3V190	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.8
8.0	200	PQ 2-3V200	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	7.0
9.0	230	PQ 2-3V230	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	7.9
9.9	250	PQ 2-3V250	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	8.7
10.6	270	PQ 2-3V270	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	10.0
11.0	280	PQ 2-3V280	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	10.4
11.8	300	PQ 2-3V300	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	13.5
12.5	320	PQ 2-3V320	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	14.3
13.7	350	PQ 2-3V350	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	15.7
14.0	355	PQ 2-3V355	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	16.0
15.7	400	PQ 2-3V400	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	18.0
19.0	485	PQ 2-3V485	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	25.0
25.0	635	PQ 2-3V635	SF	57.1	2-1/4	52	120	T3	29.0



Modelo T1



Modelo T2



ANEXO 9

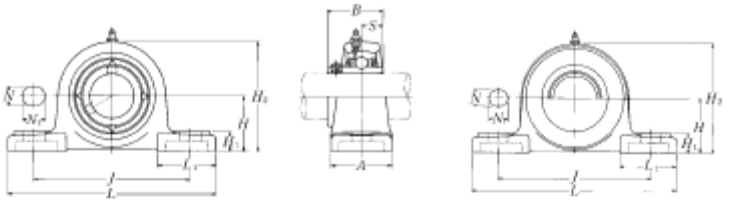
TABLA DE DIMENCION DE POLEAS

Perfil de la correa	Diámetro de la polea pequeña (mm)	Fuerza de deflexión	
		Correas nuevas (Kg)	Correas trabajadas (Kg)
A	75-90	1.5	1.0
	91-120	1.9	1.3
	121 o mayores	1.3	1.5
AX	75-90	1.9	1.3
	91-120	2,3	1,5
	121 o mayores	2.7	1.8
B	85 - 105	1.8	1.2
	106 - 140	2.7	1.8
	141 o mayores	3.2	2.4
BX	85 - 105	2.4	1.6
	106 -140	3,2	2,2
	141 o mayores	4,1	2,7
C	175 - 230	5.1	3.4
	231 o mayores	7.2	4,8
CX	175 - 230	6,2	4,1
	231 o mayores	8.0	5,4
D	305 - 400	11.2	7.5
	201 o mayores	15,0	10,0
E	505 - 610	21,8	14,5
3V	60 - 90	2.7	1.8
	91 o mayores	3.2	2.3
3VX	55 - 90	3.2	2.3
	91 o mayores	3,6	2,7
5V	170 - 275	7.3	4,6
	276 o mayores	9,1	5,7
5VX	110-275	8.2	5.5
	276 o mayores	10.0	6,8
8V	315 - 430	16.4	10.3
	431 o mayores	18,2	11,4

ANEXO 10

TABLA DE SELECCIÓN DE CHUMACERAS

Chumacera tipo puente, alojamiento de acero fundido
Con tornillo de fijación (Prisionero)



Tipo con guardapolvo de acero prensado
Extremo abierto: **S-UCP···D1**
Extremo cerrado: **SM-UCP···D1**

Diámetro del eje	Número [1] de la chumacera	Dimensiones nominales											Tamaño del perno	Número del rodamiento
mm / pulg.		mm / pulg.											mm / pulg.	
		H	*L*	*J*	*A*	*N*	*N*₁	*H*₁	*H*₂	*L*₁	*B*	*S*		
12	UCP201D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC201D1
½	UCP201-008D1	1 3/16	5	3 3/4	1 1/2	1/2	5/8	9/16	2 7/16	1 21/32	1.2205	0.500	3/8	UC201-008D1
15	UCP202D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC202D1
9/16	UCP202-009D1	1 3/16	5	3 3/4	1 1/2	1/2	5/8	9/16	2 7/16	1 21/32	1.2205	0.500	3/8	UC202-009D1
5/8	UCP202-010D1													UC202-010D1
17	UCP203D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC203D1
11/16	UCP203-011D1	1 3/16	5	3 3/4	1 1/2	1/2	5/8	9/16	2 7/16	1 21/32	1.2205	0.500	3/8	UC203-011D1
20	UCP204D1	33.3	127	95	38	13	16	14	65	42	31	12.7	M10	UC204D1
3/4	UCP204-012D1	1 3/16	5	3 3/4	1 1/2	1/2	5/8	9/16	2 9/16	1 21/32	1.2205	0.500	3/8	UC204-012D1
25	UCP205D1	36.5	140	105	38	13	16	15	71	42	34.1	14.3	M10	UC205D1
13/16	UCP205-013D1													UC205-013D1
7/8	UCP205-014D1	1 7/16	5 1/2	4 1/8	1 1/2	1/2	5/8	19/32	2 25/32	1 21/32	1.3425	0.563	3/8	UC205-014D1
15/16	UCP205-015D1													UC205-015D1
1	UCP205-100D1													UC205-100D1
30	UCP206D1	42.9	165	121	48	17	20	17	83	54	38.1	15.9	M14	UC206D1
1 1/16	UCP206-101D1													UC206-101D1
1 1/8	UCP206-102D1	1 11/16	6 1/2	4 3/4	1 7/8	21/32	25/32	21/32	3 9/32	2 1/8	1.5000	0.626	1/2	UC206-102D1
1 3/16	UCP206-103D1													UC206-103D1
1 1/4	UCP206-104D1													UC206-104D1
35	UCP207D1	47.6	167	127	48	17	20	18	93	54	42.9	17.5	M14	UC207D1
1 1/4	UCP207-104D1													UC207-104D1
1 5/16	UCP207-105D1	1 7/8	6 9/16	5	1 7/8	21/32	25/32	23/32	3 31/32	2 1/8	1.6890	0.689	1/2	UC207-105D1
1 3/8	UCP207-106D1													UC207-106D1
1 7/16	UCP207-107D1													UC207-107D1
40	UCP208D1	49.2	184	137	54	17	20	18	98	52	49.2	19	M14	UC208D1
1 1/2	UCP208-108D1	1 15/16	7 1/4	5 13/32	2 1/8	21/32	25/32	23/32	3 27/32	2 1/16	1.9370	0.748	1/2	UC208-108D1
1 9/16	UCP208-109D1													UC208-109D1
45	UCP209D1	54	190	146	54	17	20	20	106	60	49.2	19	M14	UC209D1
1 5/8	UCP209-110D1													UC209-110D1
1 11/16	UCP209-111D1	2 1/8	7 15/32	5 3/4	2 1/8	21/32	25/32	25/32	4 3/16	2 3/8	1.9370	0.748	1/2	UC209-111D1
1 3/4	UCP209-112D1													UC209-112D1

ANEXO 11

TABLA DE ESPECIFICACIONES PARA PLANCHAS DE ACERO

Tubisa sac

Vigas - Planchas - Tubos - Angulos - Canales - Válvulas - Fittings

PLANCHAS DE ACERO ESTRUCTURAL LAMINADAS EN CALIENTE ASTM A 36/A 36M

Descripción

Productos planos, que se obtienen por laminación en caliente, a partir de planchones de acero estructural.

Usos

Estructuras metálicas, equipos mineros, tolvas, autopartes, tanques de almacenamiento, vigas, puentes, torres de alta tensión, silos, etc.

Normas Suministradas y Composición Química

NORMA TECNICA	C %	Mn %	Si %	P %	S %	TIPO DE ACERO
ASTM A 36/A 36M	0.26 máx	1.20 máx	0.4 máx	0.04 máx	0.05 máx	RESISTENCIA MEDIA

Propiedades Mecánicas

NORMA TECNICA	Límite de Fluencia			Resistencia a la Tracción			Elongación	
	Kg/mm^2	ksi	Mpa	Kg/mm^2	ksi	Mpa	Probeta 2"	Probeta 8"
ASTM A 36/A 36M	25.3 mín	36 mín	250 mín	41 - 56	58 - 80	400 - 550	23 % mín	20% mín

Dimensiones y Pesos Teóricos

SISTEMA METRICO			SISTEMA INGLES, REFERENCIAL			PESOS TEORICOS			AREA DE PLANCHA	
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm	Espesor	Ancho pie	Largo pie	kg/plancha	kg/m^2	kg/pie ²	m^2	pie ²
1.5	1200	2400	1/16"	4	8	33.91	11.78	1.09	2.88	31.0
1.8	1200	2400	9/128"	4	8	40.69	14.13	1.31	2.88	31.0
2.0	1200	2400	5/64"	4	8	45.22	15.70	1.46	2.88	31.0
2.2	1200	2400	11/128"	4	8	49.74	17.27	1.60	2.88	31.0
2.3	1200	2400	12/128"	4	8	52.00	18.06	1.68	2.88	31.0
2.4	1200	2400	3/32"	4	8	54.26	18.84	1.75	2.88	31.0
2.5	1200	2400	3/32"	4	8	56.52	19.63	1.82	2.88	31.0
2.7	1200	2400	7/64"	4	8	61.04	21.20	1.97	2.88	31.0
2.9	1200	2400	1/8"	4	8	65.56	22.77	2.11	2.88	31.0
3.9	1200	2400	5/32"	4	8	88.17	30.62	2.84	2.88	31.0
4.0	1200	2400	5/32"	4	8	90.43	31.40	2.92	2.88	31.0
4.4	1200	2400	3/16"	4	8	99.48	34.54	3.21	2.88	31.0
4.5	1200	2400	3/16"	4	8	101.74	35.33	3.28	2.88	31.0

Tolerancias de Acuerdo al JIS G 3193

www.tubisa.com.pe

ANEXO 12

TABLA DE ESPECIFICACIONES DE PLANCHAS PARA LOS DADOS

Descripción	Parámetro

Análisis químico

Valores típicos (% en peso)

do	S	P max	Si	Minnesota	Cr	Mes
0.4	0.060	0.012	0.3	1.5	1.9	0.2

Propiedades mecánicas

Valores típicos para placas templadas al aire y templadas (espesor 45 mm - 1.8 ").

	Dureza	YS 0.2		UTS		Alargamiento	Reducción de área	Modulos elasticos	
	media pensión	MPa	ksi	MPa	ksi	%	Z%	GPa	ksi
Direccion longitudinal	320	920	133	1075	156	9	40	205	29745
Direccion longitudinal	320	900	131	1060	154	8	35	205	29745

Condiciones de

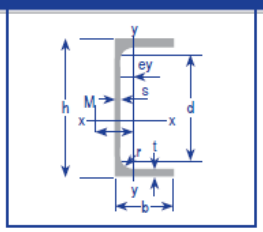
entrega Tamaños de entrega típicos

Espesor	Anchura
20 - 120 mm (.79 " - 4.7 ")	1500 - 2500 mm (59 - 98.4 ")
120 - 600 mm (4.7 " - 23.6 ")	1500 - 2100 mm (49 " - 82.7 ")

ANEXO 13

TABLA DE PERFILES TIPO C

Perfil C alas paralelas - UPE



STECKERL HIERROS Y ACEROS

Su Centro del Hierro y el Acero

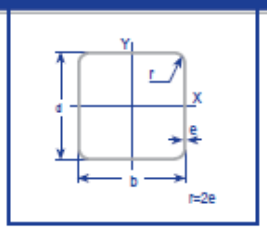
Tabla 3.11. Perfiles C de alas paralelas - UPE, España y Polonia.

PERFIL C ALAS PARALELAS - UPE - ESPAÑA														
PERFILES UPE	DIMENSIONES Y PROPIEDADES PARA EL DISEÑO													
	DIMENSIONES					AREA	PESO	PROPIEDADES ELASTICAS						CONS TORS
	ALTURA		ALA					EJE x-x			EJE y-y			
DESIGNACION	h	s	b	t	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sx	ry	Jt
	mm	mm	mm	mm	mm	cm²	kg/mt	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4
UPE80	80.00	4.00	50.00	7.00	66.00	10.10	7.90	107.00	26.80	3.26	25.40	7.98	1.59	
UPE 100	100.00	4.50	55.00	7.50	85.00	12.50	9.82	207.00	41.40	4.07	38.20	10.60	1.75	
UPE 120	120.00	5.00	60.00	8.00	104.00	15.40	12.10	364.00	60.60	4.86	55.40	13.80	1.90	
UPE 140	140.00	5.00	65.00	9.00	122.00	18.40	14.50	599.00	85.60	5.71	78.70	18.20	2.07	
UPE 160	160.00	5.50	70.00	9.50	141.00	21.70	17.00	911.00	114.00	6.48	107.00	22.60	2.22	
UPE 180	180.00	5.50	75.00	10.50	159.00	25.10	19.70	1.353.00	150.00	7.34	144.00	28.60	2.39	
UPE200	200.00	6.00	80.00	11.00	178.00	29.00	22.80	1.909.00	191.00	8.11	187.00	34.40	2.54	
UPE220	220.00	6.50	85.00	12.00	196.00	33.90	26.60	2.682.00	244.00	8.90	246.00	42.50	2.70	
UPE240	240.00	7.00	90.00	12.50	217.00	38.50	30.20	3.599.00	300.00	9.67	311.00	50.10	2.84	
UPE270	270.00	7.50	95.00	13.50	243.00	44.80	35.20	5.255.00	389.00	10.80	401.00	60.70	2.99	
UPE 300	300.00	9.50	100.00	15.00	270.00	56.60	44.40	7.823.00	522.00	11.80	538.00	75.60	3.08	
UPE330	330.00	11.00	105.00	16.00	298.00	67.80	53.20	11.008.00	667.00	12.70	681.00	89.70	3.17	
UPE 360	360.00	12.00	110.00	17.00	326.00	77.90	61.20	14.825.00	824.00	13.80	844.00	105.00	3.29	
UPE400	400.00	13.50	115.00	18.00	364.00	91.90	72.20	20.981.00	1.049.00	15.10	1.045.00	123.00	3.37	

ANEXO 14

TABLA DE DIMENCION DE TUBO CUADRADO

Tubería estructural cuadrada



STECKERL HIERROS Y ACEROS

Su Centro del Hierro y el Acero

Tabla 4.2. Tubería de acero estructural cuadrada.

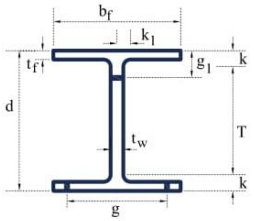
CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACIÓN							PROPIEDADES ESTÁTICAS						UNIDADES DE EMPAQUE
TAMAÑO PERFIL				Espesor pared e mm	Peso P Kg/m	Area A cm²	FLEXION			Módulo plástico Zx=Zy cm³	TORSION		
TAMAÑO NOMINAL		REAL					Momento inercia Ix=Iy cm⁴	Módulo elástico Sx=Sy cm³	Radio de giro rx=ry cm		Momento inercia J cm⁴	Módulo elástico B cm³	
PULGADAS	MILÍMETROS	d mm	b mm										
1 X 1	25 X 25	26.70	26.70	1.50	1.16	1.48	1.51	1.13	1.01	1.35	2.49	1.71	36
1 X 1	25 X 25	26.70	26.70	2.50	1.67	2.38	2.12	1.59	0.94	2.00	3.80	2.47	36
1 1/2 X 1 1/2"	40 X 40	40.00	40.00	1.50	1.73	2.20	5.49	2.75	1.58	3.22	8.77	4.13	25
1 1/2 X 1 1/2	40 X 40	40.00	40.00	2.00	2.32	2.96	6.94	3.47	1.53	4.13	11.36	5.25	25
1 1/2 X 1 1/2	40 X 40	40.00	40.00	2.50	2.81	3.58	8.22	4.11	1.51	4.97	13.79	6.25	25
2 X 2"	50 X 50	51.60	51.60	1.50	2.29	2.92	12.21	4.73	2.05	5.50	19.23	7.11	25
2 X 2	50 X 50	51.60	51.60	2.00	3.10	3.95	15.63	6.06	1.99	7.12	25.05	9.13	25
2 X 2	50 X 50	51.60	51.60	2.50	3.74	4.77	18.75	7.27	1.98	8.64	30.61	10.99	25
2 X 2	50 X 50	50.00	50.00	3.00	4.25	5.41	19.47	7.79	1.90	9.39	32.53	11.84	25
2 3/4 X 2 3/4"	70 X 70	70.90	70.90	1.50	3.20	4.08	32.72	9.23	2.83	10.63	50.84	13.86	16
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70.90	70.90	2.00	4.32	5.50	42.38	11.96	2.78	13.88	66.66	17.97	16
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70.90	70.90	2.50	5.26	6.70	51.44	14.51	2.77	16.99	81.96	21.86	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	3.00	6.60	8.41	71.62	19.10	2.92	22.49	115.14	28.81	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	4.00	8.59	10.95	90.19	24.05	2.87	28.76	148.83	36.48	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	5.00	10.48	13.36	106.33	28.35	2.82	34.46	180.41	43.33	16
3 X 3	75 X 75	75.00	75.00	6.00	12.27	15.63	120.16	32.04	2.77	39.58	209.99	49.43	16
3 1/2 X 3 1/2	90 X 90	90.20	90.20	2.00	5.57	7.10	89.47	19.84	3.55	22.88	139.25	29.80	16
3 1/2 X 3 1/2	90 X 90	90.20	90.20	2.50	6.81	8.67	109.31	24.24	3.55	28.13	171.82	36.44	16
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	2.00	6.07	7.74	123.01	24.60	3.99	28.30	190.75	36.94	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	3.00	8.96	11.41	177.05	35.41	3.94	41.21	279.48	53.27	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	4.00	11.73	14.95	226.35	45.27	3.89	53.30	364.04	68.31	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	5.00	14.41	18.36	271.10	54.22	3.84	64.59	444.62	82.14	9
4 X 4	100 X 100	100.00	100.00	6.00	16.98	21.63	311.47	62.29	3.79	75.10	521.39	94.85	9
	135 X 135	135.00	135.00	4.00	16.13	20.55	581.70	86.18	5.32	100.25	917.81	129.65	9
	135 X 135	135.00	135.00	5.00	19.90	25.36	704.91	104.43	5.27	122.53	1127.65	157.44	9
	135 X 135	135.00	135.00	6.00	23.56	30.03	819.72	121.44	5.22	143.72	1330.14	183.57	9
	150 X 150	150.00	150.00	6.00	26.40	33.63	1145.91	152.79	5.84	179.88	1843.64	230.58	9
	200 X 200	200.00	200.00	5.00	30.11	38.36	2410.09	241.01	7.93	278.87	3771.59	362.24	9
	250 X 250	250.00	250.00	7.00	52.42	66.78	6508.73	520.70	9.87	604.58	10241.82	783.15	6
	300 X 300	300.00	300.00	7.00	63.41	80.78	11466.21	764.41	11.91	882.82	17892.12	1148.60	6

ANEXO 15

TABLA DE DIMENCION DE TUBO CUADRADO

IR

PERFIL I
RECTANGULAR

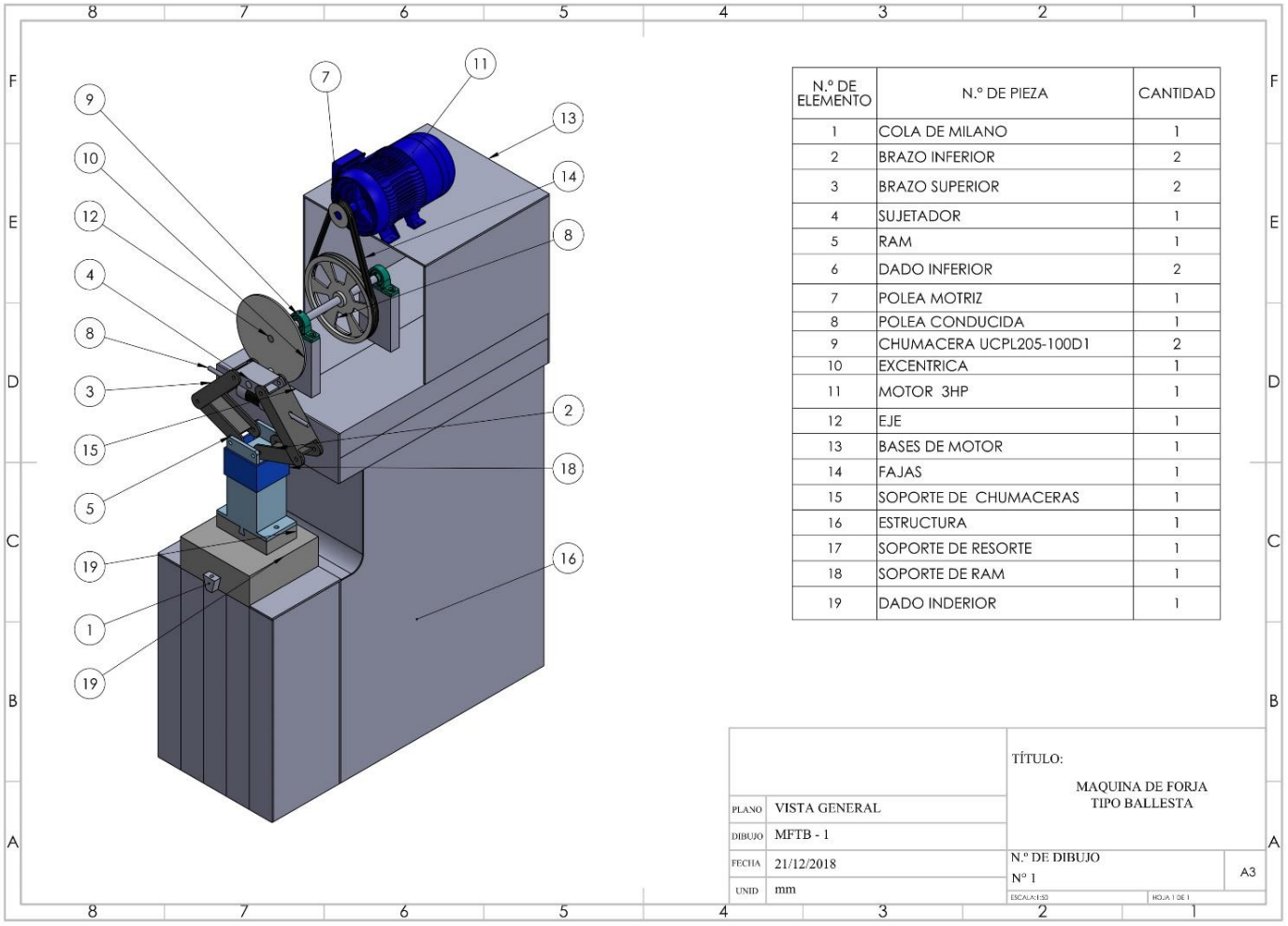


DIMENSIONES

Designación		DIMENSIONES											
		Peralte		Alma	Patin		Distancia			Gramil		Sujetadores	
Peralte x peso		d	d	tw	bf	tf	T	K	K_1	g	g_1	Diámetro Max. en patín	
mm* x kg/m	in x lb/ft	cm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	in
102 x 19.40	4 x 13	10.6	106.0	7.10	103.0	8.80	71.00	17.0	11.0	60	50.0	12.70	1/2
127 x 23.70	5 x 16	12.7	127.0	6.10	127.0	9.10	89.00	19.0	11.0	70	50.0	19.00	3/4
127 x 28.10	5 x 19	13.1	131.0	6.90	128.0	10.90	90.00	21.0	11.0	70	55.0	22.20	7/8
152 x 12.65	6 x 8.5	14.8	148.0	4.80	100.0	4.90	123.00	13.0	10.0	60	45.0	12.70	1/2
152 x 13.60	6 x 9	15.0	150.0	4.30	100.0	5.50	121.00	14.0	10.0	60	45.0	12.70	1/2
152 x 18.00	6 x 12	15.3	153.0	5.80	102.0	7.10	121.00	16.0	10.0	60	55.0	12.70	1/2
152 x 24.00	6 x 16	16.0	160.0	6.60	102.0	10.30	121.00	19.0	11.0	60	55.0	12.70	1/2
152 x 22.40	6 x 15	15.2	152.0	5.80	152.0	6.60	120.00	16.0	10.0	90	55.0	22.20	7/8
152 x 29.70	6 x 20	15.7	157.0	6.60	153.0	9.30	119.00	19.0	11.0	90	55.0	22.20	7/8
152 x 37.20	6 x 25	16.2	162.0	8.10	154.0	11.60	121.00	21.0	11.0	90	60.0	25.40	1
203 x 15.00	8 x 10	20.0	200.0	4.30	100.0	5.20	169.00	16.0	11.0	60	55.0	12.70	1/2
203 x 19.40	8 x 13	20.3	203.0	5.80	102.0	6.50	168.00	17.0	11.0	60	55.0	12.70	1/2
203 x 22.50	8 x 15	20.6	206.0	6.20	102.0	8.00	168.00	19.0	13.0	60	55.0	12.70	1/2
203 x 26.60	8 x 18	20.7	207.0	5.80	133.0	8.40	169.00	19.0	11.0	70	55.0	22.20	7/8
203 x 31.20	8 x 21	21.0	210.0	6.40	134.0	10.20	169.00	21.0	13.0	70	60.0	25.40	1
203 x 35.90	8 x 24	20.1	201.0	6.20	165.0	10.20	157.00	22.0	14.0	90	60.0	25.40	1
203 x 41.80	8 x 28	20.5	205.0	7.20	166.0	11.80	157.00	24.0	14.0	90	60.0	25.40	1
203 x 46.20	8 x 31	20.3	203.0	7.20	203.0	11.00	156.00	24.0	14.0	140	60.0	22.20	7/8
203 x 52.20	8 x 35	20.6	206.0	7.90	204.0	12.60	155.00	25.0	14.0	140	60.0	25.40	1
203 x 59.30	8 x 40	21.0	210.0	9.10	205.0	14.20	156.00	27.0	16.0	140	65.0	25.40	1
203 x 71.40	8 x 48	21.6	216.0	10.20	206.0	17.40	156.00	30.0	16.0	140	65.0	25.40	1
203 x 86.60	8 x 58	22.2	222.0	13.00	209.0	20.60	156.00	33.0	17.0	140	70.0	25.40	1
203 x 99.80	8 x 67	22.9	229.0	14.50	210.0	23.70	156.00	37.0	17.0	140	75.0	25.40	1
254 x 17.90	10 x 12	25.1	251.0	4.80	101.0	5.30	219.00	16.0	11.0	60	65.0	12.70	1/2
254 x 22.30	10 x 15	25.4	254.0	5.80	102.0	6.90	219.00	17.0	11.0	60	65.0	12.70	1/2
254 x 25.30	10 x 17	25.7	257.0	6.10	102.0	8.40	219.00	19.0	13.0	60	65.0	12.70	1/2
254 x 28.50	10 x 19	26.0	260.0	6.40	102.0	10.00	219.00	21.0	13.0	60	70.0	12.70	1/2
254 x 32.90	10 x 22	25.8	258.0	6.10	146.0	9.10	220.00	19.0	13.0	90	65.0	19.00	3/4
254 x 38.50	10 x 26	26.2	262.0	6.60	147.0	11.20	218.00	22.0	13.0	90	70.0	19.00	3/4
254 x 44.80	10 x 30	26.6	266.0	7.60	148.0	13.00	218.00	24.0	13.0	90	70.0	22.20	7/8
254 x 49.20	10 x 33	24.7	247.0	7.40	202.0	11.00	193.00	27.0	17.0	140	65.0	22.20	7/8
254 x 58.20	10 x 39	25.2	252.0	8.00	203.0	13.50	195.00	29.0	17.0	140	75.0	22.20	7/8
254 x 67.40	10 x 45	25.7	257.0	8.90	202.0	15.70	193.00	32.0	17.0	140	80.0	25.40	1
254 x 72.90	10 x 49	25.3	253.0	8.60	254.0	14.20	193.00	30.0	17.0	140	75.0	28.60	1 1/8
254 x 80.00	10 x 54	25.6	256.0	9.40	255.0	15.60	193.00	32.0	17.0	140	80.0	28.60	1 1/8
254 x 89.10	10 x 60	26.0	260.0	10.70	256.0	17.30	193.00	33.0	19.0	140	80.0	28.60	1 1/8
254 x 101.30	10 x 68	26.4	264.0	11.90	257.0	19.60	194.00	35.0	19.0	140	80.0	28.60	1 1/8
254 x 114.50	10 x 77	26.9	269.0	13.50	259.0	22.10	193.00	38.0	21.0	140	85.0	28.60	1 1/8
254 x 131.20	10 x 88	27.5	275.0	15.40	261.0	25.10	193.00	41.0	21.0	140	90.0	28.60	1 1/8
254 x 148.90	10 x 100	28.2	282.0	17.30	263.0	28.40	193.00	44.0	22.0	140	90.0	28.60	1 1/8
254 x 166.60	10 x 112	28.9	289.0	19.20	265.0	31.80	193.00	48.0	24.0	140	95.0	28.60	1 1/8
305 x 21.10	12 x 14	30.3	303.0	5.00	101.0	5.70	268.00	17.0	13.0	60	65.0	15.90	5/8
305 x 23.90	12 x 16	30.5	305.0	5.60	101.0	6.70	266.00	19.0	13.0	60	65.0	15.90	5/8
305 x 28.20	12 x 19	30.9	309.0	6.00	102.0	8.90	268.00	21.0	13.0	60	70.0	15.90	5/8
305 x 32.80	12 x 22	31.3	313.0	6.60	102.0	10.80	268.00	22.0	13.0	60	70.0	15.90	5/8
305 x 38.70	12 x 26	31.0	310.0	5.80	165.0	9.70	266.00	22.0	13.0	90	70.0	25.40	1
305 x 44.50	12 x 30	31.3	313.0	6.60	166.0	11.20	266.00	24.0	13.0	90	70.0	25.40	1
305 x 52.20	12 x 35	31.8	318.0	7.60	167.0	13.20	267.00	25.0	14.0	90	70.0	28.60	1 1/8
305 x 59.80	12 x 40	30.3	303.0	7.50	203.0	13.10	240.00	32.0	19.0	140	80.0	22.20	7/8
305 x 66.90	12 x 45	30.6	306.0	8.50	204.0	14.60	243.00	32.0	21.0	140	80.0	25.40	1
305 x 74.40	12 x 50	31.0	310.0	9.40	205.0	16.30	240.00	35.0	21.0	140	80.0	25.40	1
305 x 79.00	12 x 53	30.6	306.0	8.80	254.0	14.60	243.00	32.0	21.0	140	80.0	28.60	1 1/8
305 x 86.10	12 x 58	31.0	310.0	9.10	254.0	16.30	240.00	35.0	21.0	140	80.0	28.60	1 1/8
305 x 96.70	12 x 65	30.8	308.0	9.90	305.0	15.40	241.00	33.0	21.0	140	80.0	28.60	1 1/8
305 x 106.90	12 x 72	31.0	310.0	10.90	306.0	17.00	241.00	35.0	22.0	140	80.0	28.60	1 1/8
305 x 117.50	12 x 79	31.4	314.0	11.90	307.0	18.70	241.00	37.0	22.0	140	85.0	28.60	1 1/8
305 x 129.70	12 x 87	31.8	318.0	13.10	308.0	20.60	242.00	38.0	22.0	140	85.8	28.60	1 1/8
305 x 142.80	12 x 96	32.3	323.0	14.00	309.0	22.90	240.00	41.0	22.0	140	90.0	28.60	1 1/8
305 x 158.00	12 x 106	32.7	327.0	15.50	310.0	25.10	242.00	43.0	24.0	140	90.0	28.60	1 1/8
305 x 178.80	12 x 120	33.3	333.0	18.00	312.0	28.10	241.00	46.0	25.0	140	95.0	28.60	1 1/8
305 x 202.10	12 x 136	34.1	341.0	20.10	315.0	31.80	242.00	49.0	25.0	140	95.0	28.60	1 1/8
305 x 226.40	12 x 152	34.8	348.0	22.10	317.0	35.60	240.00	54.0	27.0	140	100.0	28.60	1 1/8
305 x 253.20	12 x 170	35.6	356.0	24.40	319.0	39.60	242.00	57.0	29.0	140	105.0	28.60	1 1/8
305 x 282.60	12 x 190	36.5	365.0	26.90	322.0	44.10	241.00	62.0	30.0	140	110.0	28.60	1 1/8

ANEXO 16

DISEÑO DE DETALLE: PLANO GENERAL DE LA MAQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA

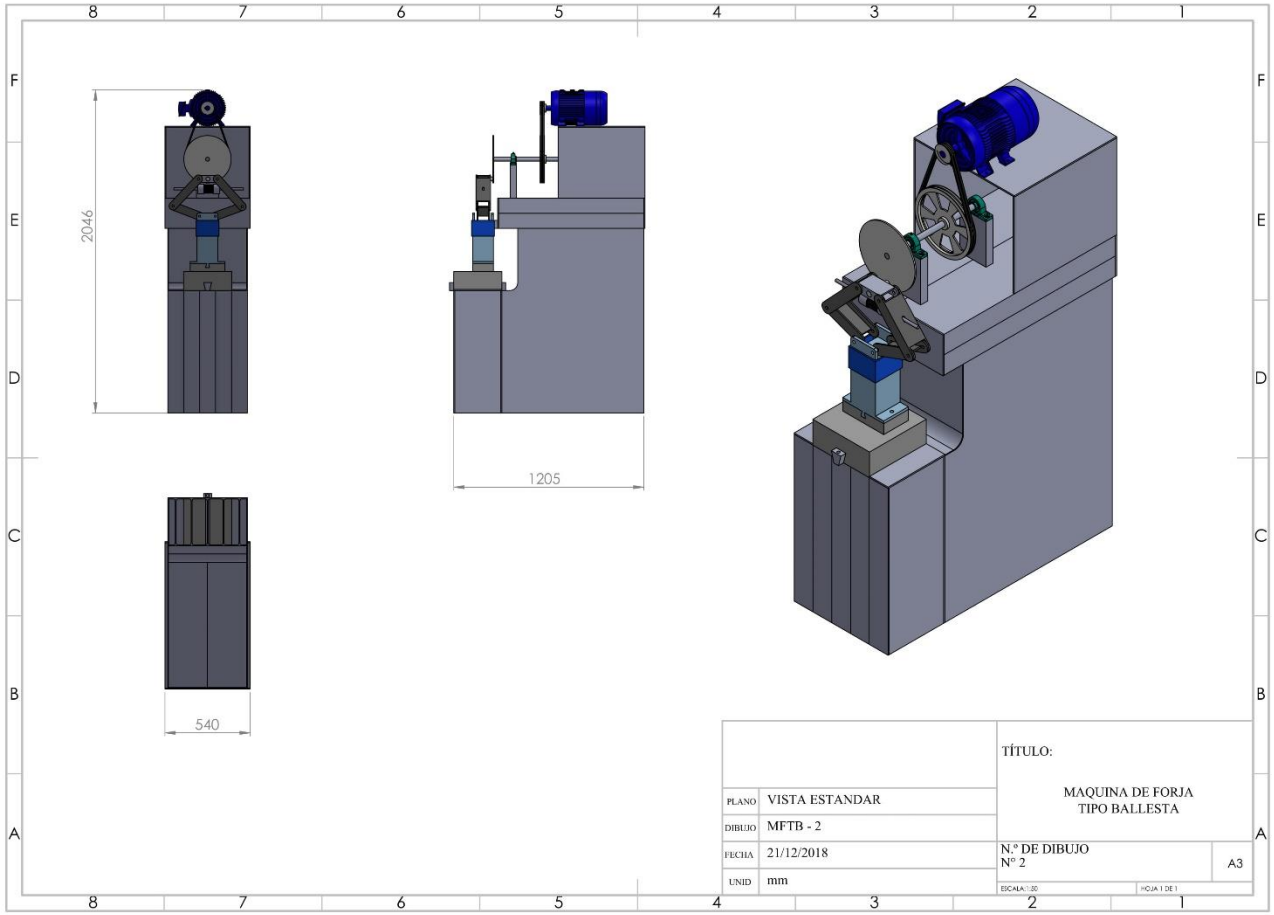


N.° DE ELEMENTO	N.° DE PIEZA	CANTIDAD
1	COLA DE MILANO	1
2	BRAZO INFERIOR	2
3	BRAZO SUPERIOR	2
4	SUJETADOR	1
5	RAM	1
6	DADO INFERIOR	2
7	POLEA MOTRIZ	1
8	POLEA CONDUCIDA	1
9	CHUMACERA UCPL205-100D1	2
10	EXCENTRICA	1
11	MOTOR 3HP	1
12	EJE	1
13	BASES DE MOTOR	1
14	FAJAS	1
15	SOPORTE DE CHUMACERAS	1
16	ESTRUCTURA	1
17	SOPORTE DE RESORTE	1
18	SOPORTE DE RAM	1
19	DADO INDERIOR	1

PLANO	VISTA GENERAL	TÍTULO: MAQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA	
DIBUJO	MFTB - 1		
FECHA	21/12/2018	N.° DE DIBUJO Nº 1	A3
UNID	mm	ESCALA 1:50	HOJA 1 DE 1

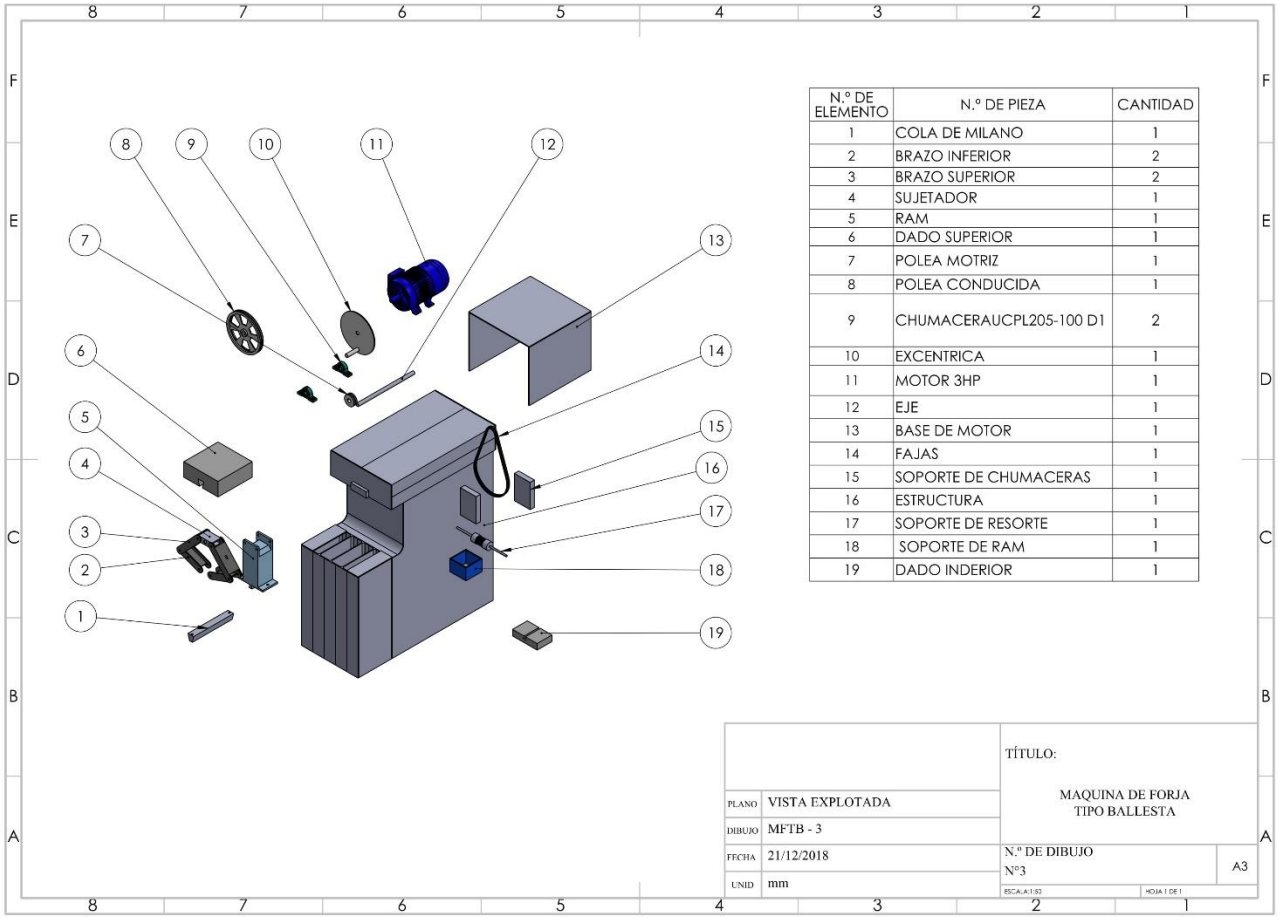
ANEXO 17

DISEÑO DE DETALLE: PLANO ESTANDAR DE LA MQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA



ANEXO 18

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE LA MAQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA – VISTA EXPLOTADA

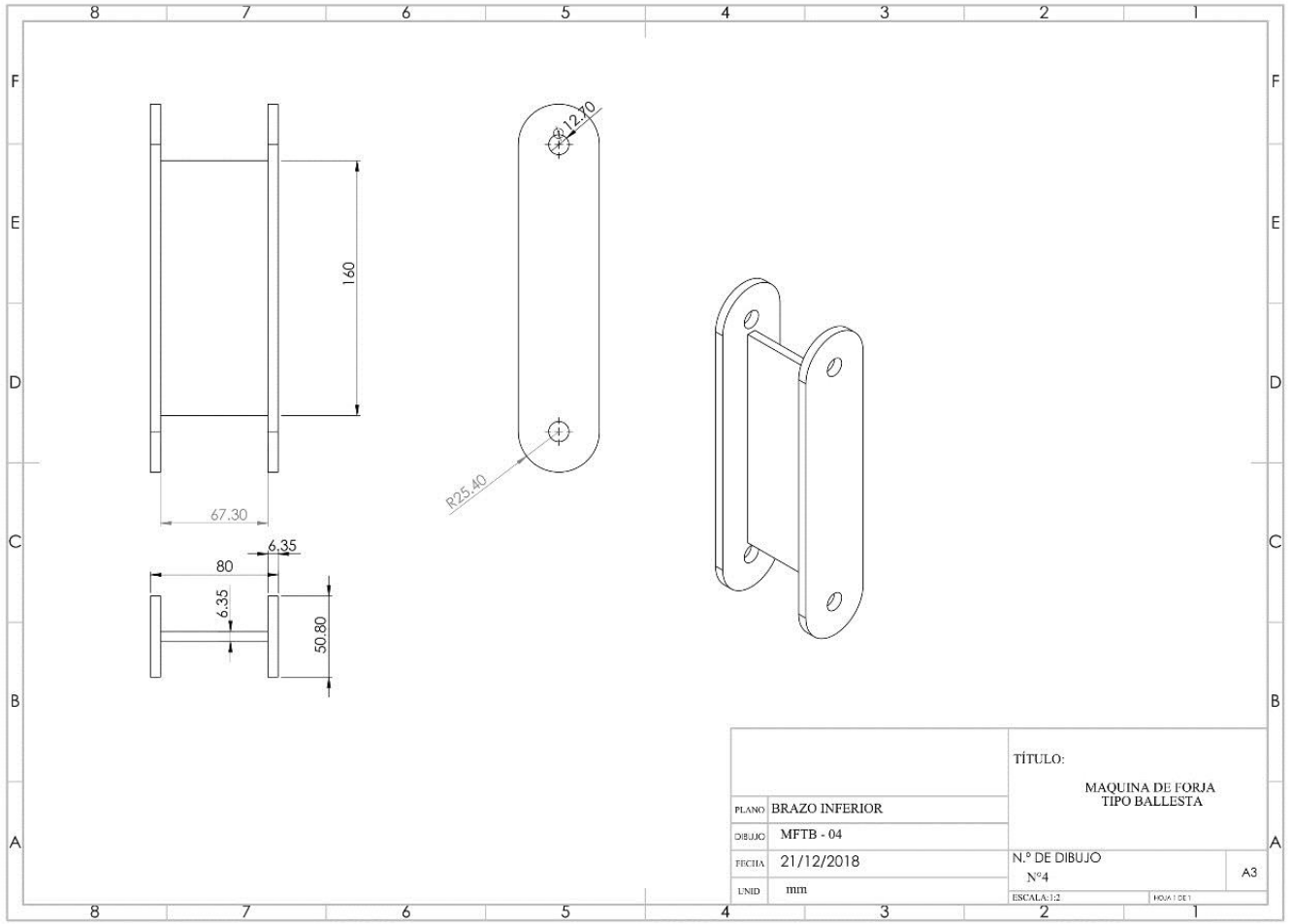


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	COLA DE MILANO	1
2	BRAZO INFERIOR	2
3	BRAZO SUPERIOR	2
4	SUJETADOR	1
5	RAM	1
6	DADO SUPERIOR	1
7	POLEA MOTRIZ	1
8	POLEA CONDUCIDA	1
9	CHUMACERAUCPL205-100 D1	2
10	EXCENTRICA	1
11	MOTOR 3HP	1
12	EJE	1
13	BASE DE MOTOR	1
14	FAJAS	1
15	SOPORTE DE CHUMACERAS	1
16	ESTRUCTURA	1
17	SOPORTE DE RESORTE	1
18	SOPORTE DE RAM	1
19	DADO INDERIOR	1

		TÍTULO:	
PLANO	VISTA EXPLOTADA	MAQUINA DE FORJA TIPO BALLESTA	
DIBUJO	MFTB - 3		
FFCHA	21/12/2018	N.º DE DIBUJO N°3	A3
UNID	mm	ESCALA:1:S3	HOJA 1 DE 1

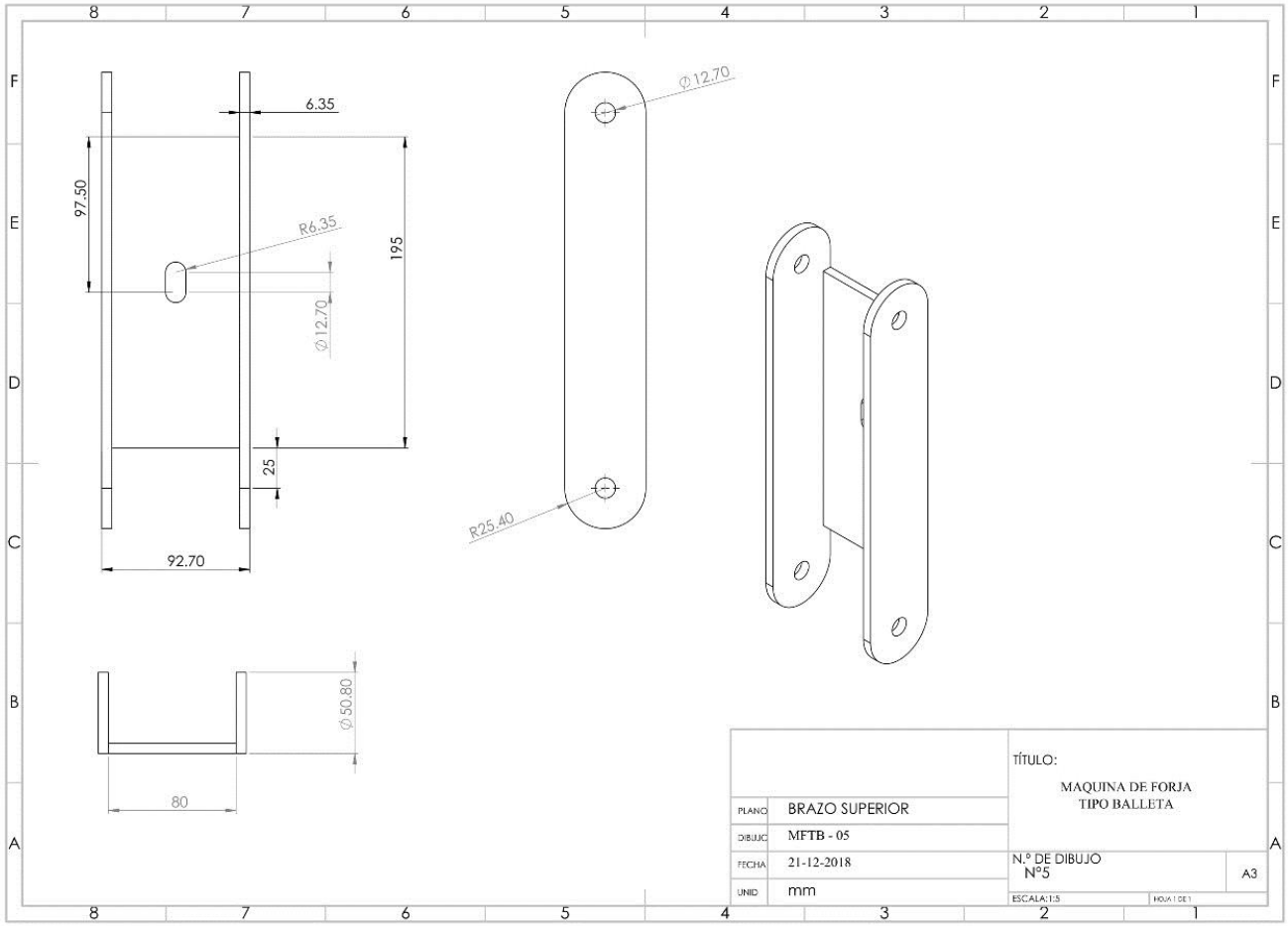
ANEXO 19

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE BRAZO INFERIOR



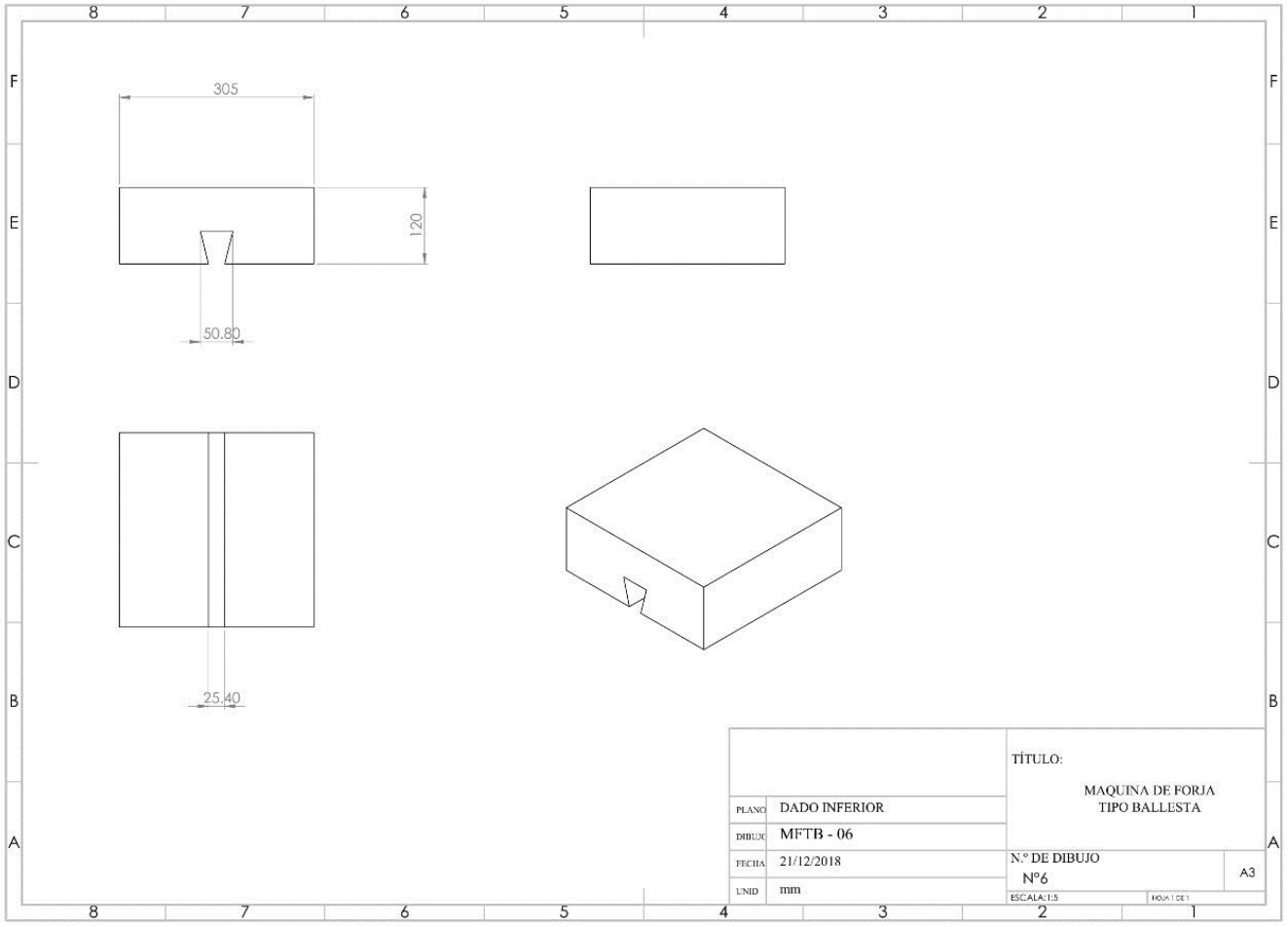
ANEXO 20

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE BRAZO SUPERIOR



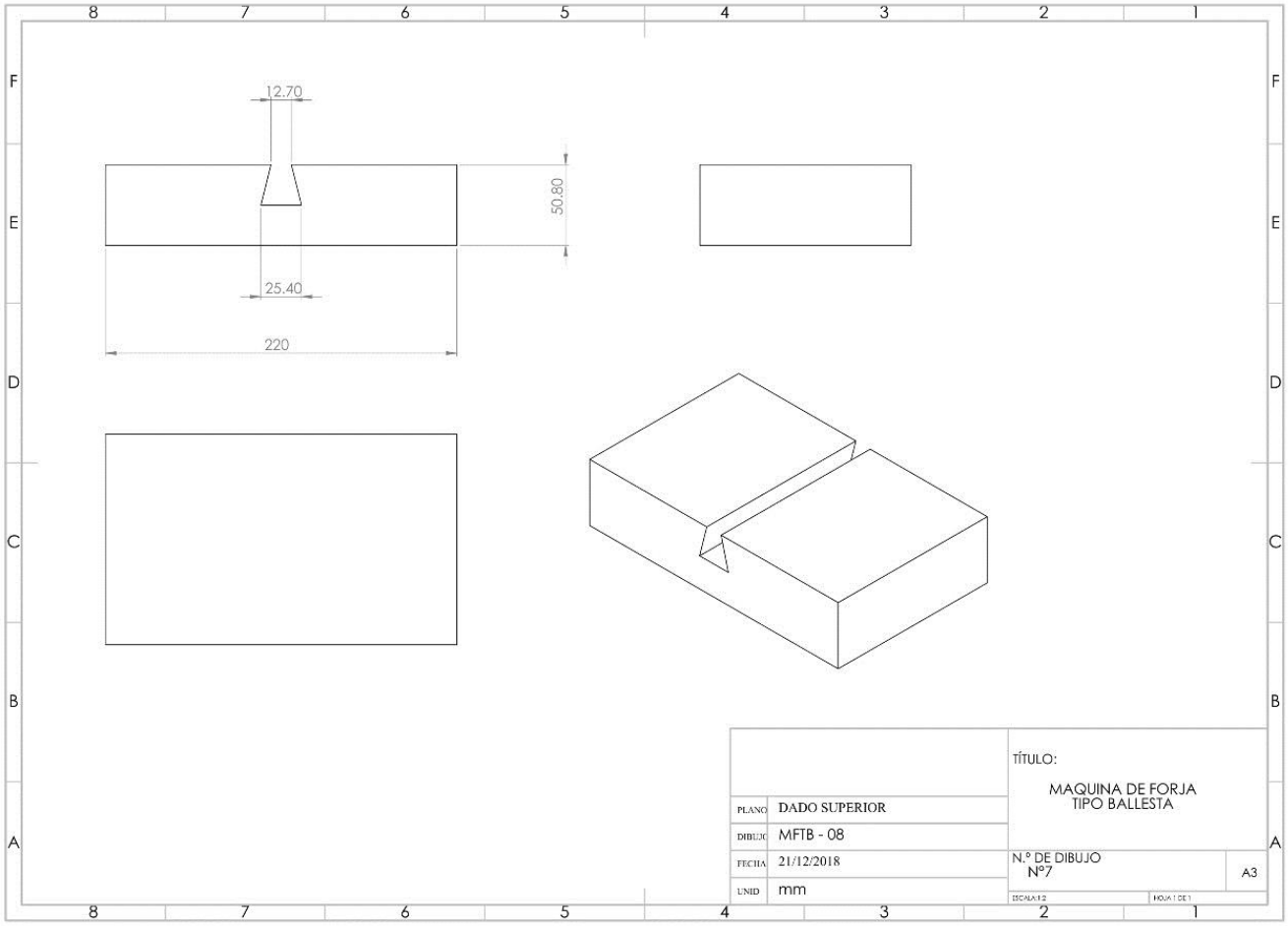
ANEXO 21

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE DADO INFERIOR



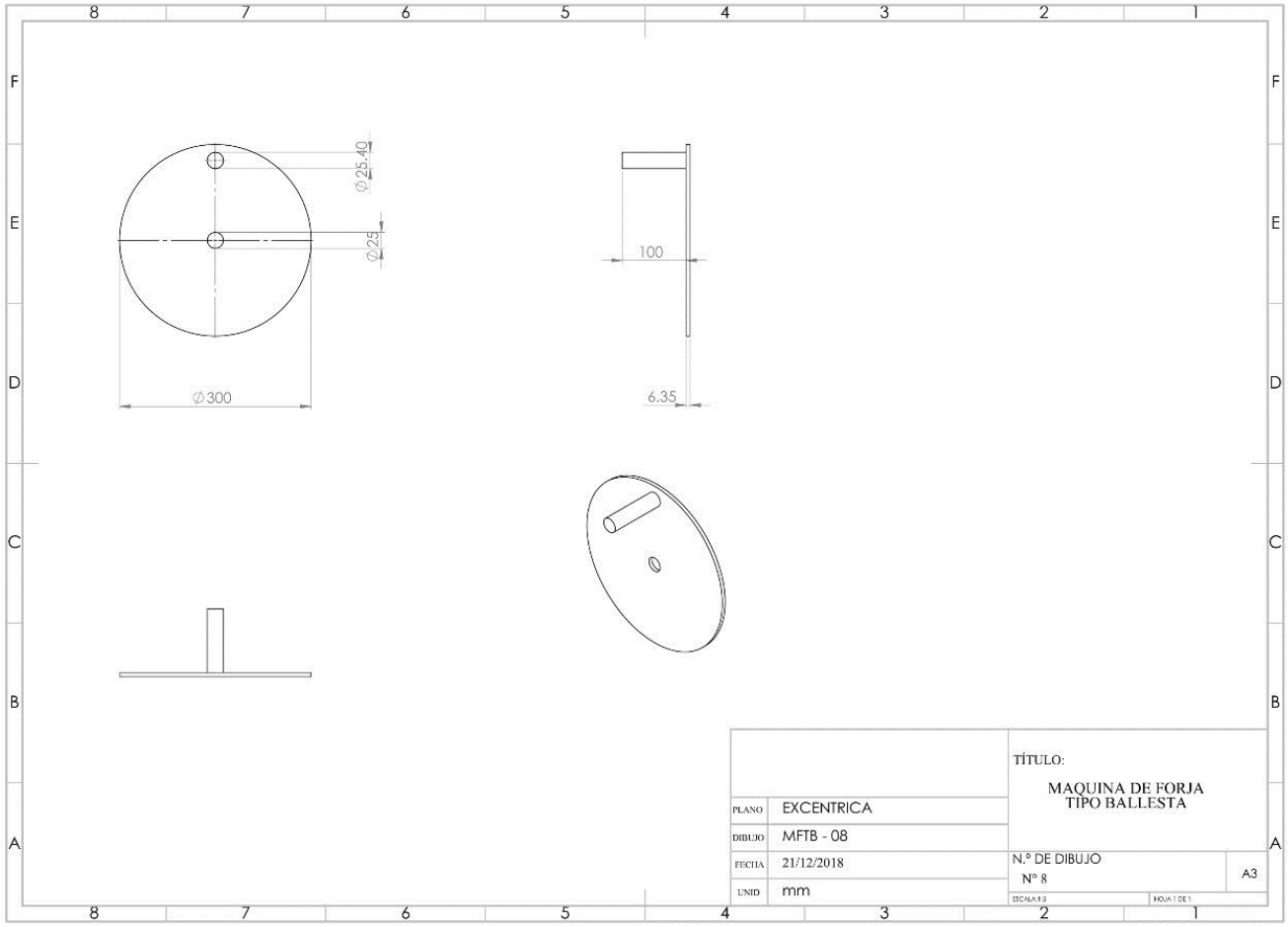
ANEXO 22

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE DADO SUPERIOR



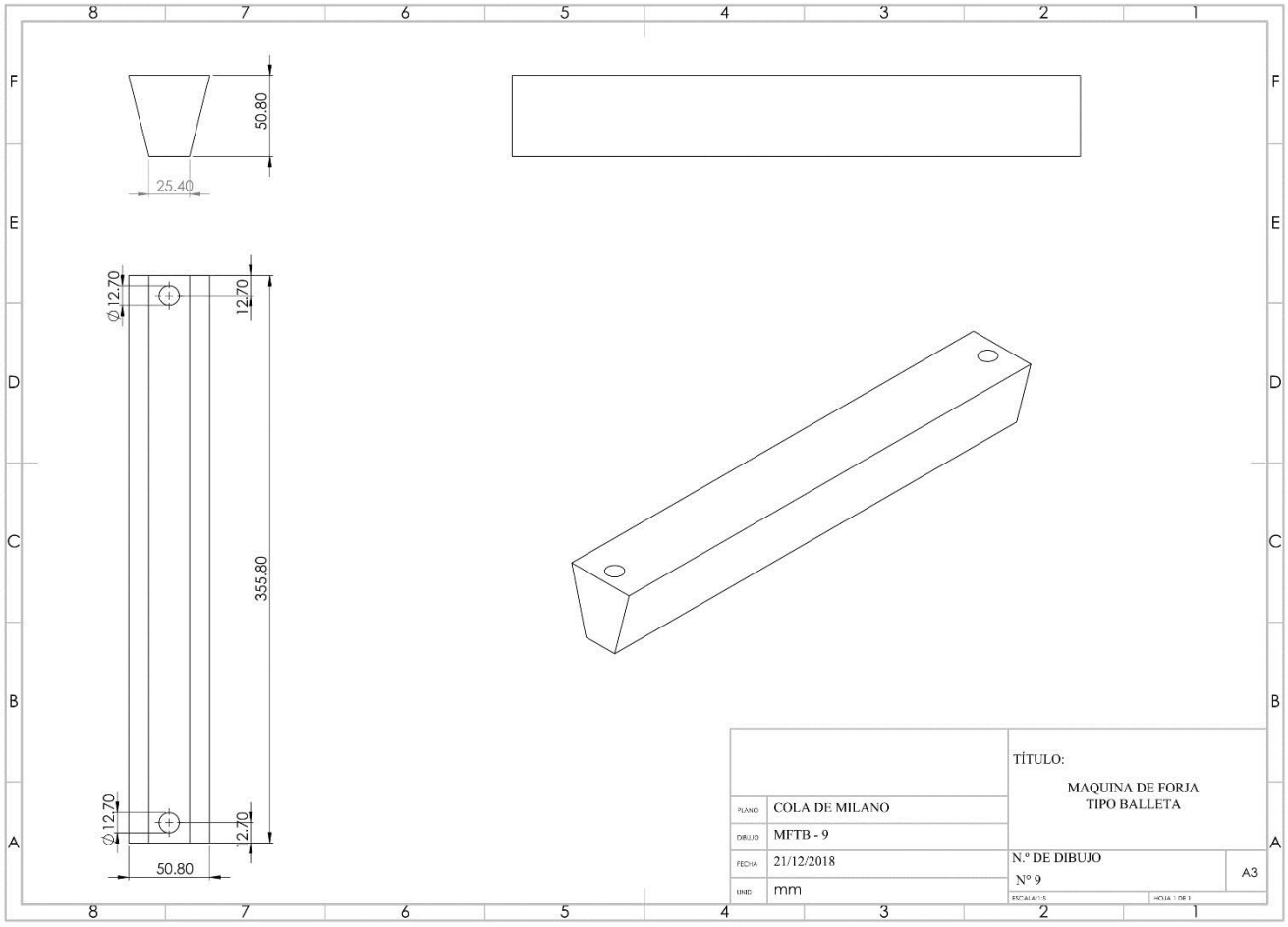
ANEXO 23

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE LA EXCENTRICA



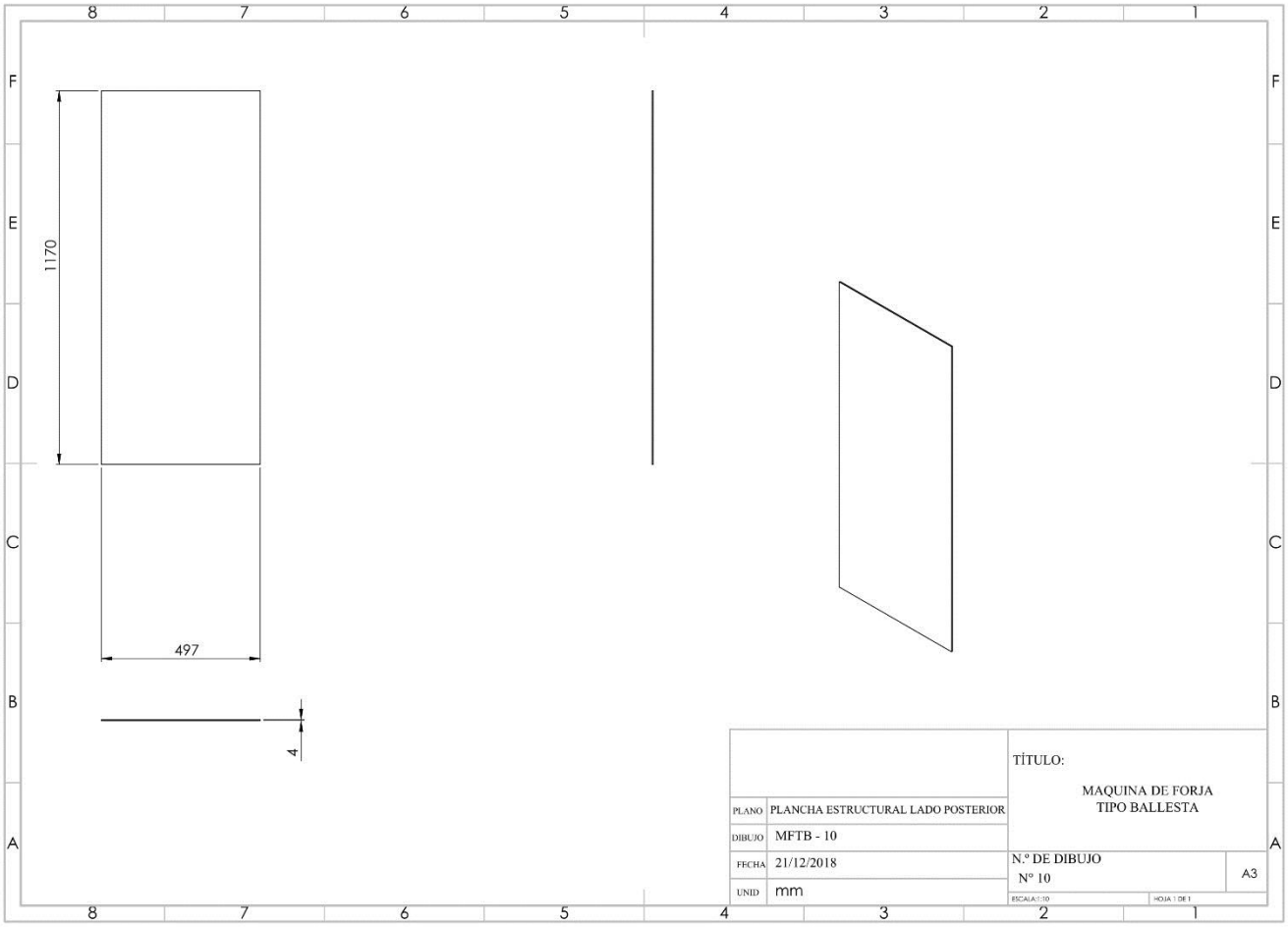
ANEXO 24

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE LA COLA DE MILANO



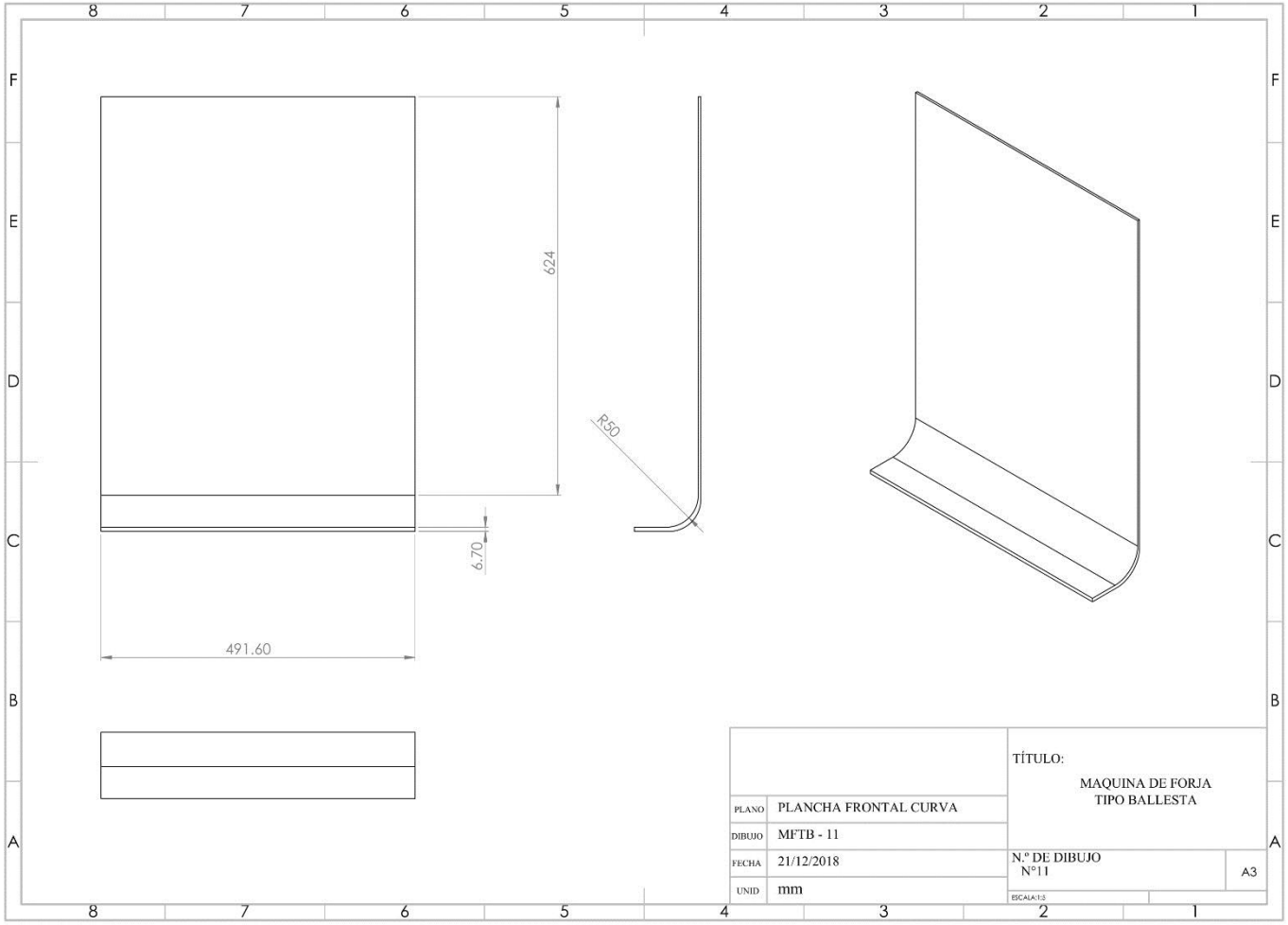
ANEXO 25

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE PLANCHA ESTRUCTURAL LADO POSTERIOR



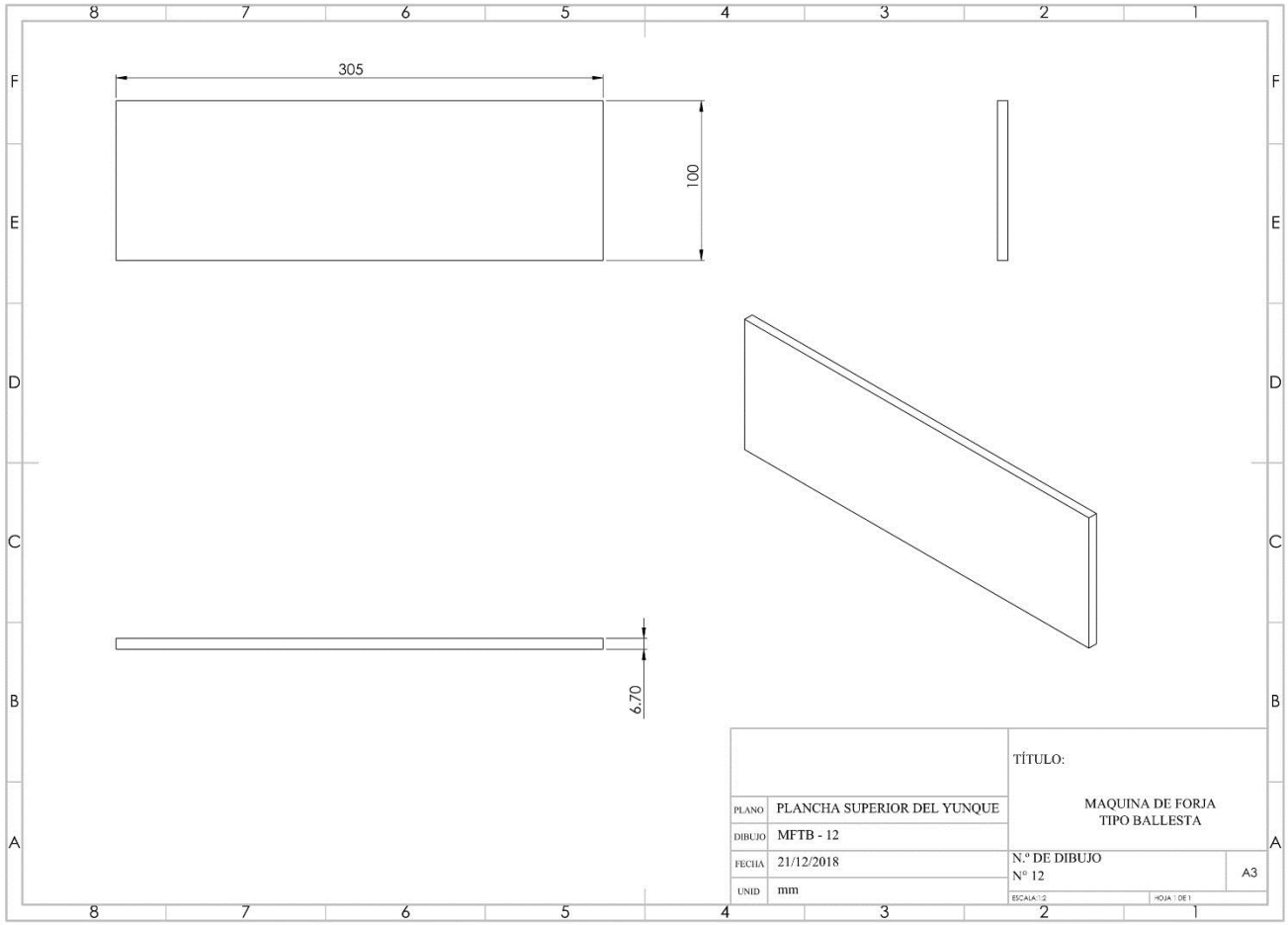
ANEXO 26

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE PLANCHA FRONTAL CURVA



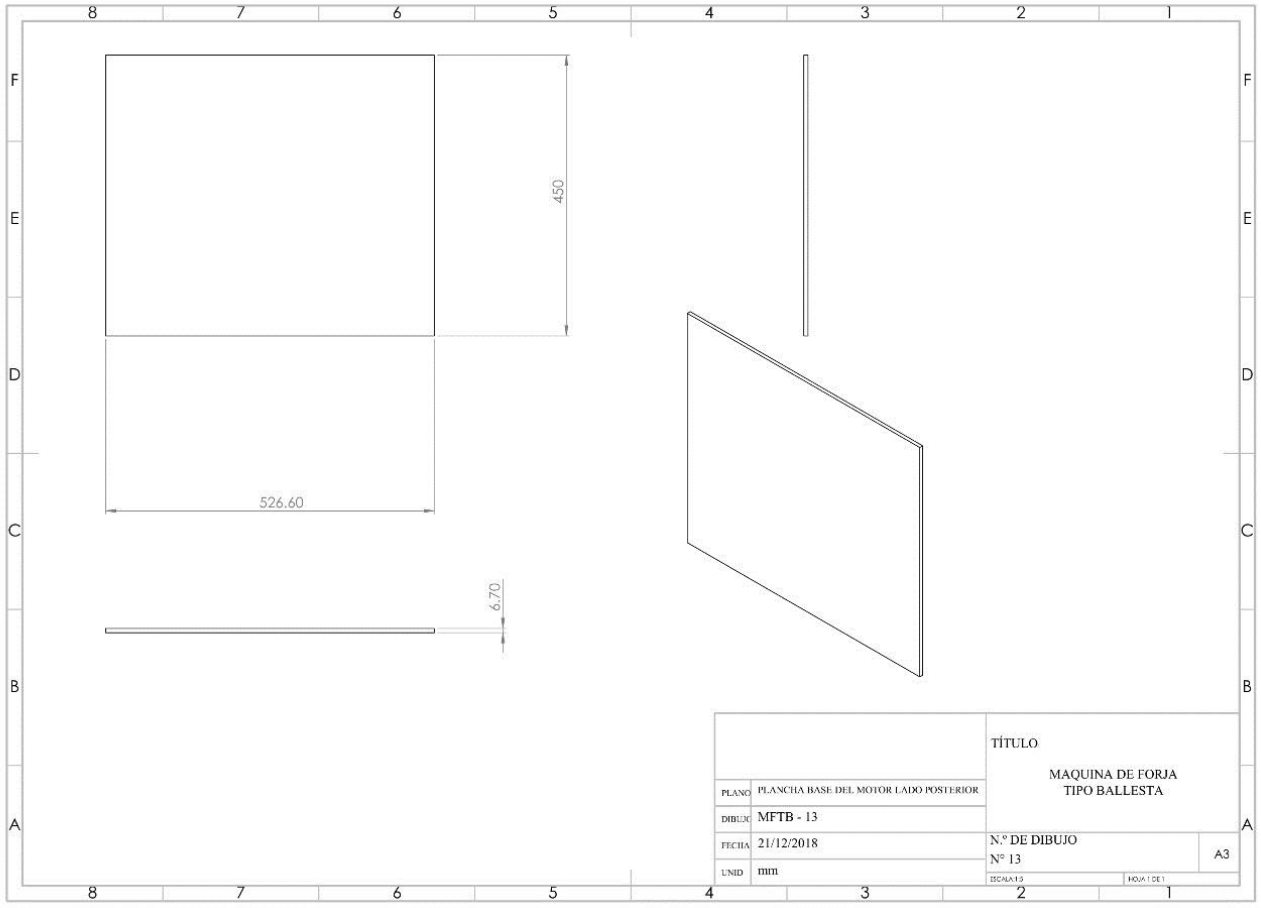
ANEXO 27

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE PLANCHA SUPERIOR DEL YUNQUE



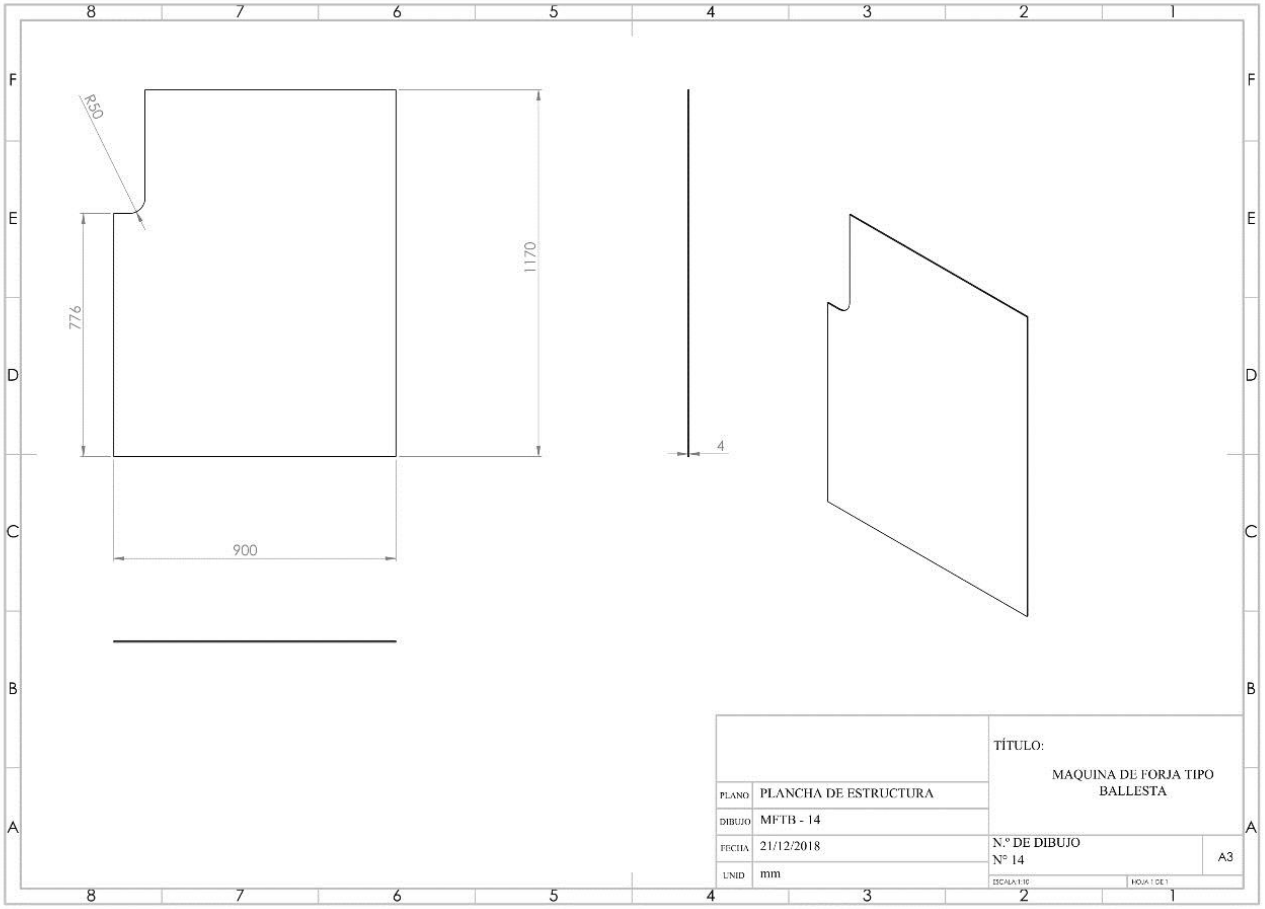
ANEXO 28

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE PLANCHA DE BASE DEL MOTOR LADO POSTERIOR



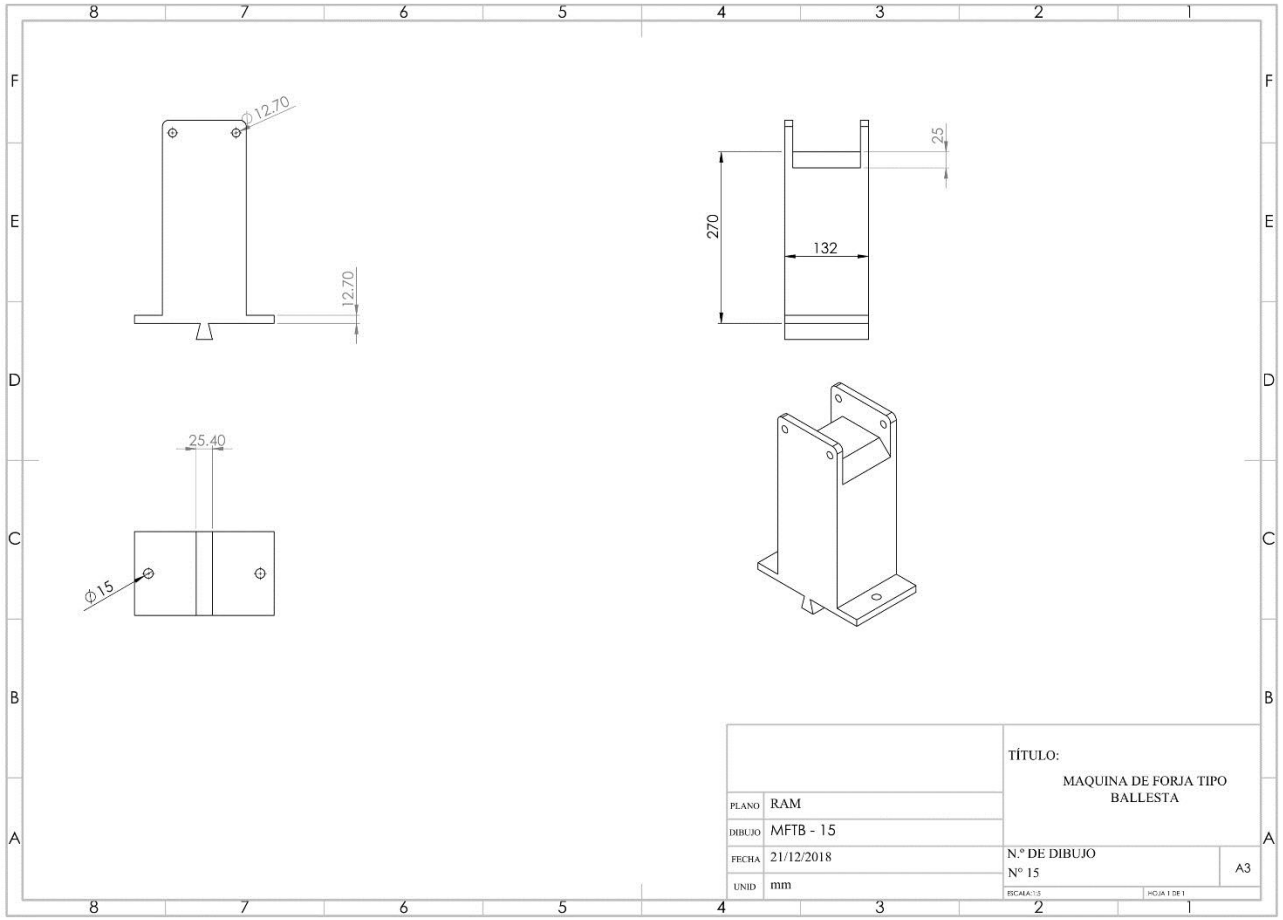
ANEXO 29

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE PLANCHA DE ESTRUCTURA



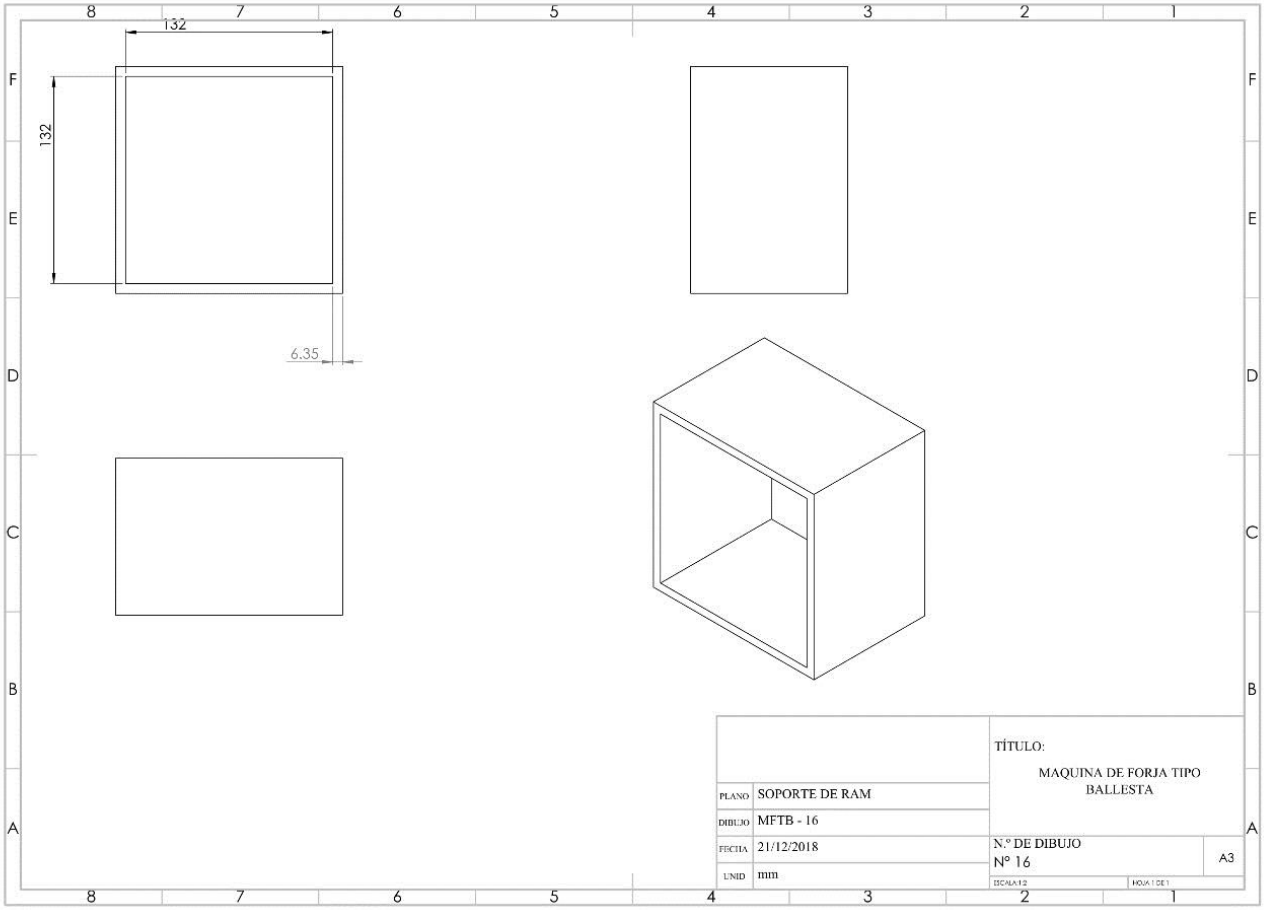
ANEXO 30

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE RAM



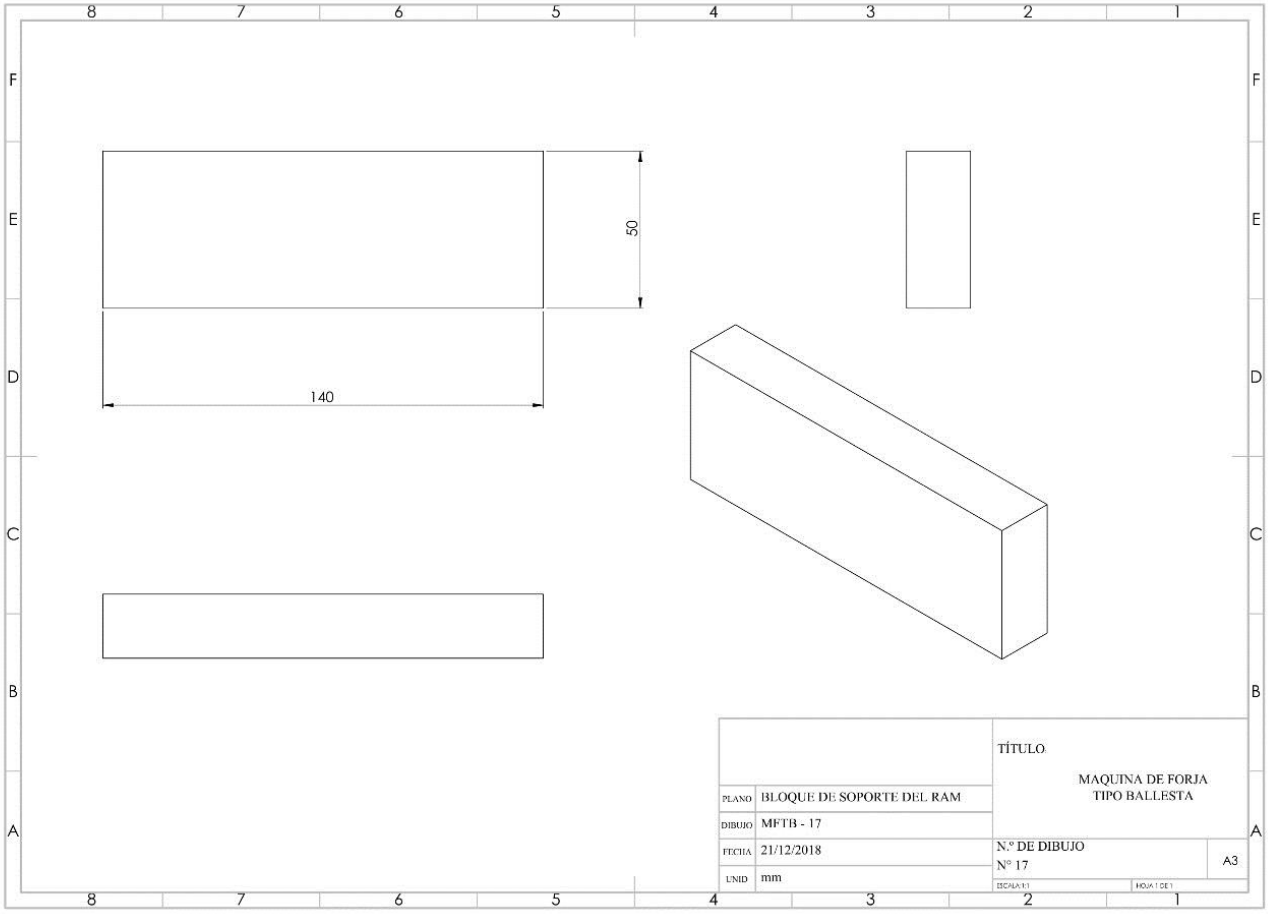
ANEXO 31

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE SOPORTE DE RAM



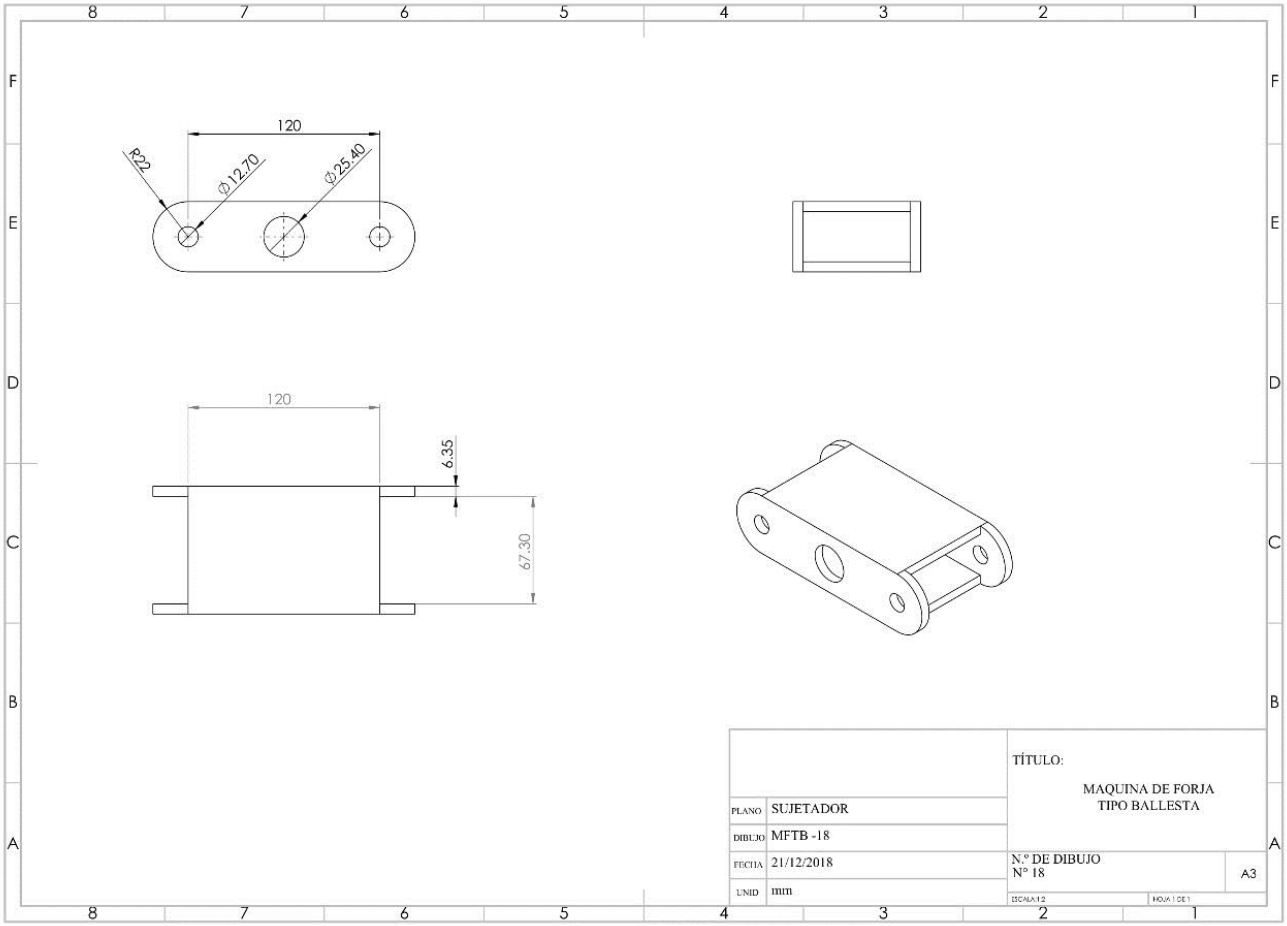
ANEXO 32

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE BLOQUE DE SOPORTE DE RAM



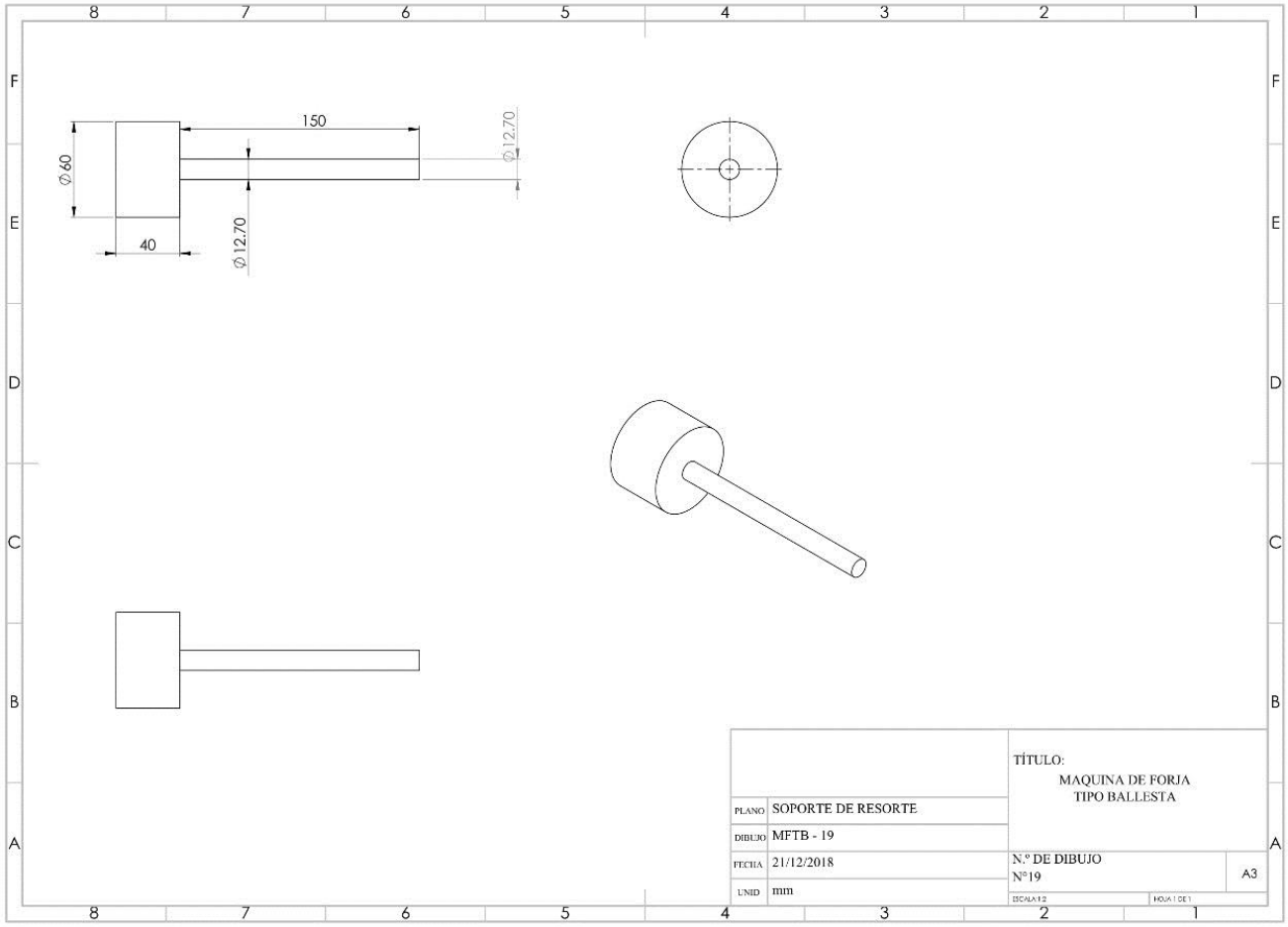
ANEXO33

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE SUJETADOR



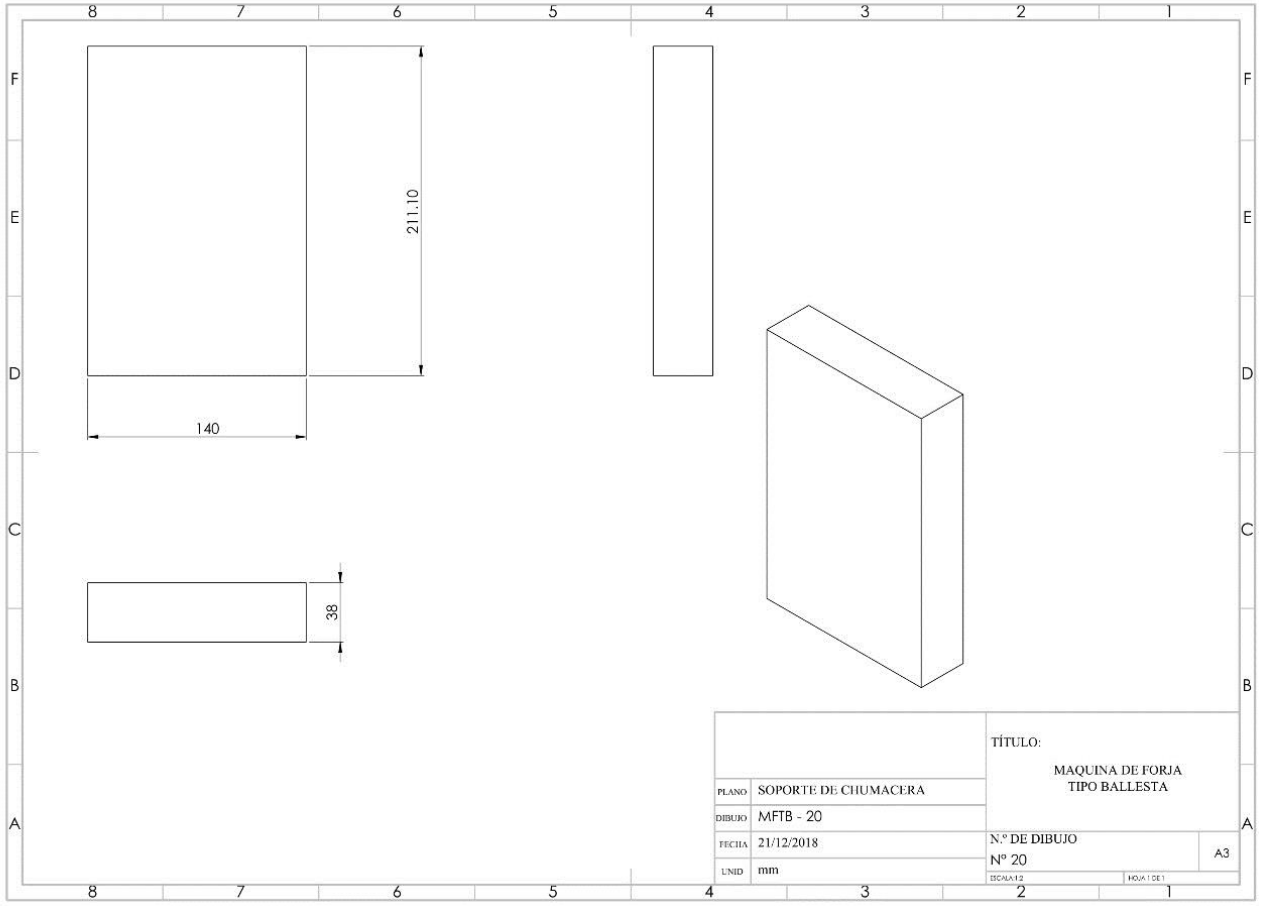
ANEXO 34

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE SOPORTE DE RESORTE



ANEXO 35

DISEÑO DE DETALLE: PLANO DE SOPORTE DE CHUMACERA



ANEXO 36:

FORMATO PARA EJECUCIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO

TIPO DE DOCUMENTO:	FORMATO	CODIGO: GA-FO-32
NOMBRE:	GESTIÓN ADMINISTRATIVA / HOJA DE VIDA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	VERSIÓN: 1
RESPONSABILIDAD POR APLICACIÓN:	GRUPO INTERNO DE TRABAJO DE SERVICIOS GENERALES	Página: 1 de 1

NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA:			
DESCRIPCION:			
RESPONSABLE DEL EQUIPO:			
CÓDIGO:	**MARCA:**	**VOLTAJE:**	
UBICACIÓN:	**REFERENCIA:**	**N° DE SERIE:**	
	POTENCIA:	**AÑO DE ADQUISICION** MM / DD / AA	

CUENTA CON MANUAL: **SI** ☐ **NO** ☐ **UBICACIÓN DEL MANUAL**

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO NECESARIO		
ACTIVIDAD	**PERIODICIDAD**	**MATERIALES A UTILIZAR**

FECHA	**HISTORIAL DE MANTENIMIENTOS REALIZADOS**

MM / DD / AA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	AVERIA O DAÑO ENCONTRADO	REPUESTOS	NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL MTO.

FECHA MM / DD / AA	OBSERVACIONES SOBRE EL ESTADO DE LA MAQUINARIA O EQUIPO	NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL MTO.

ANEXO 37:

PLAN DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINA DE FORJA

MANTENIMIENTO DIARIO:

- *Inspección:*
  - Verificar la posición y fijación de los topes de recorrido.
  - Verificar estado de la conexión eléctrica de la máquina.
- *Limpieza:*
  - Al finalizar la jornada de trabajo limpiar las partes vitales de la máquina con los implementos adecuados.
- *Lubricación:*
  - Lubricar las guías de la corredera del martillo, mínimo dos veces por turno.

MANTENIMIENTO SEMANAL:

- *Lubricación:*
  - Lubricar Tornillos de la ballesta logitudinal.
- *Limpieza:*
  - Limpiar cuidadosamente cada una de las partes que constituyen la máquina.

MANTENIMIENTO TRIMESTRAL:

- *Inspección:*
  - Inspección mecánica.
  - Inspección eléctrica.
- *Medición eléctrica:*
  - Medir corriente de consumo del motor principal.

MANTENIMIENTO SEMESTRAL:

- *Inspección:*
  - Inspección mecánica.

MANTENIMIENTO ANUAL

- Inspección de anclaje y pintura.

- Revisión general de la parte mecánica.
- Revisión general de motores eléctricos.

ANEXO 38:

FORMATO DE INSPECCIÓN

1.MÁQUINA:	2.FABRICANTE:	3.MODELO:	4.CÓDIGO AVM:
5.TIPO DE INSPECCIÓN: MECÁNICA		6.FRECUENCIA: TRIMESTRAL	
7.ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO	8.ASIGNADA POR:	9.ASIGNADA A:	10.FECHA D/M/A:

11.ELEMENTO CONSTRUCTIVO	12.EQUIPO EN MOVIMIENTO		13.ESTADO			14.SE CORRIGIÓ		15.GENERA SOLICITUD TRABAJO		16.OBSERVACIONES
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	
SIESTEMAS DE ACCIONAMIENTO										
Revisar sujeción del motor principal.										
Revisar palancas, volantes y accionamientos.										
Revisar externamente la ballesta										
Revisar el sistema de fijación de la copa.										
Verificar estado de las correas del sistema de elevación la ballesta										
ESTRUCTURA										
Verificar grietas										
Verificar estado de cordones de soldadura										