



**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PUNTO DE UNA BARRENADORA
PORTÁTIL DE 3 HP DE POTENCIA PARA REALIZAR MECANIZADOS EN
GRUPO INDUSTRIAL INAMEC S.A.S**

CRISTIAN ASDRÚBAL BELTRÁN MOYA

10451628790

JOHAN SEBASTIÁN CIFUENTES PACHÓN

10451621785

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2022

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA A PUNTO DE UNA BARRENADORA
PORTÁTIL DE 3 HP DE POTENCIA PARA REALIZAR MECANIZADOS EN
GRUPO INDUSTRIAL INAMEC S.A.S**

**CRISTIAN ASDRÚBAL BELTRÁN MOYA
JOHAN SEBASTIÁN CIFUENTES PACHÓN**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Director:

Ing. Nicolás Giraldo Peralta
I.M., M.Sc., PhD.

Línea de Investigación:

Diseño mecánico y mecánica industrial

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado
Diseño, construcción y puesta a punto de una barrenadora portátil de 3 HP de potencia
para realizar mecanizados en grupo industrial INAMEC S.A.S,
Cumple con los requisitos para optar
Al título de Ingeniero Mecánico

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá, 24 noviembre 2022.

Contenido

Pág.

Contenido	
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
1. Características del proyecto	8
<i>1.1 Antecedentes</i>	<i>8</i>
<i>1.2 Planteamiento del problema</i>	<i>10</i>
<i>1.3 Justificación</i>	<i>12</i>
<i>1.4 Objetivos</i>	<i>13</i>
<i>1.4.1 Objetivo general</i>	<i>13</i>
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i>	<i>14</i>
<i>1.5 Alcance</i>	<i>14</i>
<i>1.6 Metodología.</i>	<i>15</i>
2. Marco teórico.	18
<i>2.1 Máquinas herramientas.</i>	<i>18</i>
<i>2.1.1 Barrenadora portátil.</i>	<i>18</i>
<i>2.2 Teoría de corte, mandrilado, esfuerzos.</i>	<i>19</i>
<i>2.3 Diagrama de esfuerzos y diseño de ejes.</i>	<i>22</i>
<i>2.4 Transmisión de potencia [21].</i>	<i>23</i>
<i>2.5 Diseño con simulación y métodos finitos [22].</i>	<i>24</i>
3. Diseño.	25

3.1	<i>Requerimientos.....</i>	25
3.1.1	<i>Requerimientos de diseño.....</i>	25
3.1.2	<i>Requerimientos funcionales.....</i>	26
3.2	<i>Selección del diseño de la barrenadora portátil.....</i>	27
3.3	<i>Piezas de la barrenadora portátil.....</i>	30
3.3.1	<i>Total de piezas.....</i>	30
3.3.2	<i>Piezas a diseñar.....</i>	30
3.3.3	<i>Piezas a seleccionar.....</i>	31
3.4	<i>Cálculos de diseño.....</i>	32
3.4.1	<i>Escenario de corte.....</i>	32
3.4.2	<i>Diseño de caja reductora.....</i>	35
3.4.3	<i>Esfuerzos en el eje portaherramientas.....</i>	38
3.5	<i>Simulación y análisis.....</i>	48
3.5.1	<i>Simulación del eje portaherramientas.....</i>	48
3.5.2	<i>Simulación de la base.....</i>	54
3.6	<i>Selección de elementos y equipos.....</i>	61
3.6.1	<i>Motor eléctrico.....</i>	61
3.6.2	<i>Chumaceras.....</i>	62
3.6.3	<i>Correas y poleas.....</i>	62
3.6.4	<i>Ejes guía.....</i>	63
3.6.5	<i>Tornillo de avance.....</i>	64
3.6.6	<i>Rodamientos.....</i>	64
3.6.7	<i>Tornillos y arandelas.....</i>	65
3.6.8	<i>Torre de bloqueo.....</i>	66
4.	<i>Construcción y ensamble.....</i>	67
5.	<i>Puesta a punto.....</i>	74
6.	<i>Análisis y recomendaciones.....</i>	78

Conclusiones81

Anexos86

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 0-1. Torno portátil de la empresa	4
Figura 1-1. Pala excavadora DAVON	10
Figura 1-2. Motor utilizado por la empresa marca Siemens, potencia nominal 3 HP	10
Figura 1-3. Barrenadora comercial.	13
Figura 1-4. Diagrama de flujo de la metodología	17
Figura 2-1. Proceso de mandrinado	20
Figura 2-2. Diagrama esfuerzo cortante y momento	22
Figura 2-3. Tren de engranes compuesto	24
Figura 2-4. Modelado de biela	25
Figura 3-1. Chumacera de diseño alternativo 1	27
Figura 3-2. Diseño alternativo 1	28
Figura 3-3. Aleta de chumacera	29
Figura 3-4. Diseño seleccionado	29
Figura 3-5. Diámetro polea motriz	35
Figura 3-6. Diagrama caja reductora	38
Figura 3-7. Par tensional entre poleas	39
Figura 3-8. Eje x	40
Figura 3-9. Fuerzas aplicadas en el eje para el eje X	40
Figura 3-10. Diagrama esfuerzo cortante V(N) para el plano X	41
Figura 3-11. Diagrama de momentos (N.m) para el plano X	42
Figura 3-12. Fuerzas aplicadas en el eje Y	43

Figura 3-13. Diagrama esfuerzo cortante (N) en el eje Y	44
Figura 3-14. Diagrama de momentos (N.m) en el eje Y	45
Figura 3-15. Diagrama de torque	46
Figura 3-16. Tensión de von Mises en el eje portaherramientas	49
Figura 3-17. Desplazamientos resultantes en el eje portaherramientas	50
Figura 3-18. Deformación unitaria equivalente en el eje portaherramientas	51
Figura 3-19. Análisis estático en el eje portaherramientas	52
Figura 3-20. Comprobación de fatiga en el eje portaherramientas	53
Figura 3-21. Tensión de von Mises de la base	54
Figura 3-22. Desplazamientos resultantes de la base	55
Figura 3-23. Deformación unitaria equivalente de la base	56
Figura 3-24. Factor de seguridad de la base	57
Figura 3-25. Comprobación de pasador/perno de la base	58
Figura 3-26. Motor eléctrico Siemens	59
Figura 3-27. Chumacera seleccionada	59
Figura 3-28. Poleas seleccionadas	60
Figura 3-29. Correas seleccionadas	60
Figura 3-30. Eje guía seleccionado	61
Figura 3-31. Tornillo de avance seleccionado	61
Figura 3-32. Rodamientos seleccionados	62
Figura 3-33. Tornillo y arandela seleccionada	62
Figura 3-34. Torre de bloque seleccionada	63
Figura 4-1. Conos centradores	64

Figura 4-2. Chumacera de flanche F209	64
Figura 4-3. Rodamiento UC209-32	65
Figura 4-4. Eje portaherramientas mecanizado	66
Figura 4-5. Chumacera y aletas	67
Figura 4-6. Base motor con doblez	68
Figura 5-1. Ensamble total de la base	69
Figura 5-2. Puesta a punto barrenadora portátil	70

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 3.1 Tensión mínima y máxima de von Mises en el eje portaherramientas	49
Tabla 3.2 Desplazamientos resultantes mínimo y máximo en el eje portaherramientas	50
Tabla 3.3 Deformación unitaria equivalente mínima y máxima en el eje portaherramientas	51
Tabla 3.4 Análisis estático mínimo y máximo en el eje portaherramientas	52
Tabla 3.5 Tensión mínima y máxima de von Mises de la base	54
Tabla 3.6 Deformación unitaria equivalente mínima y máxima de la base	56
Tabla 3.7 Factor de seguridad mínimo y máximo de la base	57

Lista de Símbolos y Abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
a	Avance	mm/rev	Anexo 1
s	Profundidad de corte	mm	Anexo 1
V_c	Velocidad de corte	$\frac{m}{min}$	Ec 2
K_s	Fuerza específica de corte	$\frac{N}{mm^2}$	Anexo 1
S_{teo}	Sección de corte teórico	mm^2	Anexo 2
S_{re}	Sección de corte real	mm ² /rev	Anexo 2
P	Potencia para corte	HP	Anexo 2
F_c	Fuerza de corte	N	Ec. 1
d	Diámetro	mm	
N	Revoluciones en el eje	rpm	Pag 34
np	Velocidad de entrada	rpm	Pag 34
K_o	Factor de servicio	1	Pag 34 – 35
P_d	Potencia de diseño	HP	Anexo 3
R_v	Relación de velocidad	1	Anexo 5
D_1	Diámetro polea conducida	mm	
D_2	Diámetro polea motriz	mm	Figura 3.5

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
n_g	Velocidad de salida	rpm	Pag 36
C	Distancia entre centros	mm	Pag 37-38
L	Longitud de la correa	mm	Anexo 6
F_n	Fuerza impulsadora	N	
F_a	Fuerza flexionante	N	Ec 5
F_t	Fuerza transversal	N	Ec 3
R	Fuerza de reacción	N	Pag 41
V'	Fuerza cortante interna	N	Ec 4
M	Momento flector	N.m	[8]
S_T	Resistencia a la tensión	MPa	Anexo 10
S_y	Resistencia a la fluencia	MPa	Anexo 10
S_n	Resistencia a la fatiga	MPa	Anexo 10
C_m	Factor de material	1	Pag 46
C_{st}	Factor de tipo de esfuerzo	1	Pag 46
C_r	Factor de confiabilidad	1	Anexo 11
C_s	Factor de tamaño	1	Anexo 12
S'_n	Resistencia a la fatiga modificada	MPa	Pag 46
f_s	Factor de seguridad	1	Anexo 13
D	Diámetro del eje	mm	Ec 7

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
θ	Angulo de contacto	°	
T	Torque	N.m	

Agradecimientos

Gracias a Dios por ser el guía de nuestro proceso y poder concluir de manera exitosa la trayectoria durante estos años de estudio y dedicación en la carrera de ingeniería mecánica.

Grupo industrial INAMEC SAS quienes brindaron su confianza en nosotros para llevar a cabo este proyecto tan importante y gracias a sus conocimientos en el área de mecanizado y la oportunidad de poder trabajar con ellos, se pudo culminar una máquina que cumplió con los requerimientos planteados.

Nuestros padres quienes nos apoyaron desde el primer día, y estuvieron junto a nosotros en este proceso aconsejándonos y brindándonos lo mejor en cada momento.

Gracias a la institución, a la facultad FIMEB y de manera especial al Ing. Nicolás Giraldo Peralta, que nos colaboró y asesoró en cada una de las etapas de este proceso y de esta manera poder llevar los conocimientos adquiridos a problemáticas del día a día.

Resumen

En este documento se describe el diseño, construcción y puesta a punto de una barrenadora portátil de 3 HP de potencia, la cual cumple la función de realizar mecanizados en las orejas levantadoras de los baldes de excavadoras o cargadores para máquina pesada y agrícola. El fin es fabricar una máquina que sea eficiente y disminuya los tiempos de operación en la empresa, de esta misma manera, que sea liviana y de un costo de fabricación relativamente bajo.

En primera instancia, se realizan dos alternativas de diseño, en las que varían piezas y posición del motor que facilita la visualización del operario ubicando la caja reductora en la parte trasera de la base, esto es necesario para determinar el material de la base y su posición al momento de la operación.

Posteriormente, se levanta la información necesaria para realizar los cálculos de diseño como fueron los esfuerzos de tensión y flexión y el cálculo del eje de 2", teniendo en cuenta el diámetro del eje porta herramientas, el sistema de transferencia de potencia y la base de la máquina.

Finalmente se realiza la respectiva simulación en un programa de diseño en los cuales se encuentran una deformación total de 0.549mm y un desplazamiento máximo de $4,503 \times 10^{-1} mm$, considerablemente baja y segura, realizando así la fabricación de la máquina, la puesta a punto y su respectivo manual.

Palabras clave: Diseño mecánico, barrenadora portátil, resistencia de materiales, simulación, orejas levantadoras.

Abstract

This document describes the design, construction and commissioning of a 3 HP power portable drill, which fulfills the function of machining the lifting ears of the buckets of excavators or loaders for heavy and agricultural machinery. The purpose is to manufacture a machine that is efficient and reduces operating times in the company, in the same way, that is light and has a relatively low manufacturing cost.

In the first instance, two design alternatives are made, in which the parts and position of the motor vary, which facilitates the visualization of the operator by locating the gearbox in the rear part of the base, this is necessary to determine the material of the base and its position at the time of the operation.

Subsequently, the necessary information is collected to carry out the design calculations, such as the tensile and bending efforts and the calculation of the 2" axis, taking into account the diameter of the tool-holder axis, the power transfer system and the base of the tool. machine.

Finally, the respective simulation is carried out in a design program in which there is a maximum unitary deformation of 0.549mm and a maximum displacement of 4.503×10^{-1} mm, considerably low. and safe, thus carrying out the manufacture of the machine, the set-up and its respective manual.

Keywords: Mechanical design, portable rock drill, strength of materials, simulation, lifting ears.

Introducción

La empresa grupo industrial INAMEC S.A.S se encarga de realizar el mantenimiento a piezas y partes de maquinaria pesada en la ciudad de Bogotá, además de realizar mecanizados de estas mismas. Uno de estos mecanizados que realizan constantemente en la empresa, es el proceso de mandrinado en los orificios de las orejas levantadoras, en el cual es necesario el uso de una barrenadora portátil que es esencial para este tipo de trabajos.

Los operarios y trabajadores de la empresa realizan este proceso de mandrinado mediante la improvisación de un torno portátil (ver Figura 1-A), el cual cuenta de un motor eléctrico de 3 HP de potencia, una caja reductora de poleas y correas, el eje portaherramientas y las chumaceras que sirven de sujeción. A pesar de contar con una gran parte de las piezas que tiene una barrenadora portátil, se presentan muchas dificultades al momento operar esta máquina, la primera es el montaje de esta misma, la cual presenta problemas en el momento de centrar el eje portaherramientas con respecto a los agujeros de las orejas levantadoras, los operarios se ven en el trabajo de calibrar la altura de la máquina mediante una superficie en la cual le agregan o retiran platinas de acero que sirven para dar más exactitud, este proceso de hacer el montaje de la máquina, toma un tiempo alrededor de una jornada de trabajo (8 horas) para después solo tarda cuatro horas de operación con la máquina.

Figura 0-1. Torno portátil de la empresa



Fuente: Autores

Otro problema se presenta en el instante que la máquina que la empresa tiene, el cual es la vibración que está presente cuando se está realizando el maquinado, esto se debe a la misma calibración de la máquina, además como de la sujeción de esta, puesto a que las piezas que sirven como sujeción no son seguras y no abarcan el área suficiente para asegurar una buena estabilidad. Frente a esta problemática, se optó por realizar una barrenadora portátil que se ajuste a las necesidades de la empresa, como lo son reducir el tiempo de montaje y operación y además de costo reducido de operación.

Se realizaron distintos prototipos y diseños de barrenadoras portátiles o de máquinas parecidas, en algunas instituciones realizaron el diseño de barrenadoras portátil, así como la simulación de las piezas en herramientas de diseño, pero en estos trabajos de grado no se llegó a realizar la construcción de la máquina, por ejemplo, en la Universidad Tecnológica de Perú, dos estudiantes realizaron un diseño de prototipo de barrenadora portátil que diseñaron para una empresa de dicho país, ellos simularon las piezas e hicieron el diseño de la máquina en la herramienta de diseño *INVENTOR*. En la Universidad César Vallejo,

ubicada también en Perú, dos estudiantes realizaron como tesis de grado el diseño de una mandrinadora portátil, para mecanizar agujeros de diámetros 60 mm hasta 500 mm, en este caso no se realizó la simulación de las piezas.

El objetivo general del proyecto es diseñar, construir y poner a punto una barrenadora portátil de 3 HP para realizar mecanizados en grupo industrial INAMEC S.A.S y algunos objetivos específicos son:

- Determinar los requerimientos de uso y diseño de la barrenadora portátil que se va a construir. Entre ellos que sea de altura variable y manejar los rangos de mecanizado de cada material
- Diseñar la barrenadora, teniendo en cuenta los requerimientos establecidos y materiales y componentes que ya están fabricados
- Seleccionar sistemas de la caja de reductora como lo son poleas y correas, también el mecanismo de transmisión como lo es el motor y el eje portaherramientas y por último el sistema de sujeción, teniendo en cuenta el análisis y diseño resultante
- Construir la base de la barrenadora portátil y la carcasa protectora de la caja reductora, también como lo es el sistema de centrado rápido, teniendo en cuenta el análisis y diseño resultante
- Poner a punto la barrenadora construida dentro de los parámetros de operación
- Evaluar el desempeño de la barrenadora construida tomando como base los procedimientos realizados antes del proyecto
- Elaborar un manual de uso y mantenimiento de la barrenadora portátil para su correcto funcionamiento

El método para llevar a cabo el proyecto se comenzó desde el planteamiento del problema para así analizar los requerimientos funcionales y de diseño, posteriormente se realizaron los cálculos de diseño, el cual contiene los cálculos en las piezas más críticas e importantes de la máquina (eje porta herramientas, sujeción y base). Una vez hecho los cálculos de diseño, se realizó la simulación de las piezas en la herramienta de diseño *SolidWorks*, el cual se analizó los resultados para así entregar resultados confiables y óptimos, con la simulación hecha, se realizó los planos de la máquina y de cada pieza para así ser fabricada (base del motor, eje porta herramientas, aletas de chumacera y conos centradores), teniendo en cuenta que algunas partes se seleccionan en el mercado. Para finalizar se pone a punto la máquina una vez esté ensamblada y se realizó un manual de uso para los operarios.

Los cálculos que se realizaron para el eje portaherramientas, se hicieron basados en el diseño de ejes, específicamente del libro de diseño de elementos de máquinas de Mott [9], teniendo en cuenta los parámetros de diseño y escenario de corte, el diámetro del eje que corresponde para la potencia y rev/min de la barrenadora es la siguiente:

$$D=50,8 \text{ mm}= 2 \text{ in.}$$

El eje se debe realizar con AISI 1340 OQT 1000, de diámetro 50,8 mm y longitud 1500 mm.

En los siguientes capítulos se tratarán aspectos como lo son el planteamiento del problema, antecedentes, justificación, objetivo general y específico, el alcance y la metodología, todo en el capítulo 1 del documento. El capítulo 2 contiene el marco teórico, con el contenido necesario para poder realizar y entender los cálculos realizados. El capítulo

3 es el que contiene más información, dando así los cálculos de diseño, entre estos el escenario de corte, requerimientos de diseño, diseños alternativos, piezas de la barrenadora portátil, esfuerzos en el eje portaherramientas, simulación, análisis y selección de piezas y equipos.

En el capítulo 4 se ilustra y analiza la fabricación y ensamble de la máquina, para así dar paso al capítulo 5 que es la puesta a punto de la misma, para finalizar en el capítulo 6 se dan las recomendaciones y conclusiones del proyecto de grado.

1. Características del proyecto

1.1 Antecedentes

En la industria de la maquinaria pesada se requiere de orificios de gran precisión, la cual al desarrollar con un taladro convencional no son lo suficientemente precisas para ensamblar los bujes, pero estas piezas al ser tan grandes y pesadas no se pueden ser maquinadas en un torno, por lo cual se requiere de una máquina diseñada para que pueda ser armada y desarmada de manera fácil, la cual es la barrenadora portátil.

Existen distintos tipos de diseños de barrenadoras para estos tipos de trabajo, también distintas empresas que distribuyen esta máquina. En el año 2019 en la Universidad Tecnológica del Perú, dos estudiantes de la facultad de ingeniería realizaron una tesis de pre grado donde hicieron un diseño de prototipo de barrenadora portátil para mejorar el proceso de barrenado en la empresa RESER Javier.E.I.R.L-Arequipa [1] en el cual realizaron una simulación en tecnología CAD (*Inventor*) pero no se llegó a construir dicho proyecto y a poner a punto, los ingenieros Mayta y Ancalla (estudiantes de ingeniería en dicho año) diseñaron una máquina compacta y fácil de montar, lo cual esto llevó a una lluvia de ideas para realizar modificaciones en dicha máquina.

En la Universidad de la Laguna ubicada en Santa Cruz de Tenerife, España, un estudiante de ingeniería mecánica realizó una tesis de pre grado en donde desarrollan el diseño de una mandrinadora portátil en el cual realizó la simulación en el programa *Solidworks* y presento una maquina donde facilita el trabajo de rectificación de orificios para piezas que no pueden montarse en un torno convencional, el cual es el mismo problema que tenemos con las piezas que se desea mecanizar en Hidrosistemas Gil [2].

En el año 2017 en Perú, se fabricó un refrentador portátil para trabajos insitu en maquinaria pesada en la empresa ESCO Perú, presentado como tesis de pre grado por un estudiante de la Universidad César Vallejo de la escuela académico profesional de ingeniería en donde realizó el diseño de dicha máquina y además se construyó. La refrentadora facilitaba el trabajo del mecanizado en la empresa y además ayudó a reducir costos y tiempo [3].

Posteriormente en el año 2018, dos estudiantes de la misma Universidad (Universidad César Vallejo) realizaron el diseño de una máquina mandrinadora portátil, ligera y de fácil montaje, para mecanizar agujeros de diámetros 60 mm hasta 500 mm, los estudiantes José Novoa y Oscar Zapata realizaron los respectivos cálculos y planos de la máquina, pero la simulación en *Software* no se refleja en la tesis, aspecto que si realiza en el proyecto para la empresa grupo industrial INAMEC S.A.S [4].

De acuerdo a esta información, el proyecto pretende facilitar el trabajo del mecanizado además de ser eficiente y económico para la empresa, también se pretende realizar datos y cálculos que demuestren la eficiencia de la máquina a corto, mediano y largo plazo, siguiendo así un estudio que presente qué tan conveniente es el desarrollo del proyecto. A diferencia de los antecedentes presentados, este proyecto busca el desarrollo total de la máquina, siguiendo los parámetros, necesidades y presupuesto de la empresa.

1.2 Planteamiento del problema

En la empresa grupo industrial INAMEC S.A.S, se encuentra la necesidad de agilizar y facilitar el trabajo del mecanizado de orificios de las orejas levantadoras de cucharas, palas (ver Figura 1-1), martillos hidráulicos, etc.

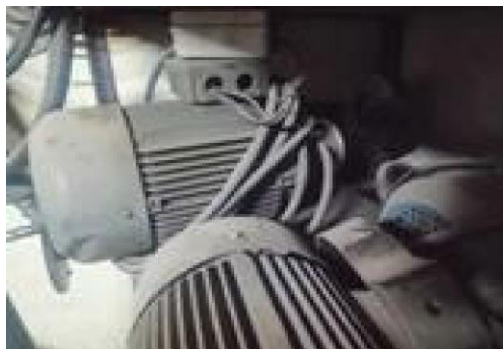
Figura 1-1. Pala excavadora DAVON



Fuente: [5]

Estos mecanizados lo realizan improvisando una barrenadora portátil, con el uso de un motor eléctrico de 3 HP (ver Figura 1-2) y un eje con orificios donde van ubicados los buriles, además el montaje de este conlleva mucho trabajo y tiempo.

Figura 1-2. Motor utilizado por la empresa marca Siemens, potencia nominal 3 HP



Fuente: Autores

De acuerdo a esto los empleados de la empresa se ven el trabajo de transportar el motor y los demás elementos a una base antes de ensamblar todo, una vez con las partes ubicadas se ven obligados a poner placas debajo del motor para obtener la altura indicada y esto requiere de tiempo. Además del peso de las partes, también se ven en el trabajo de soldar soportes cerca de los orificios a mecanizar, todo este proceso antes de mecanizar lleva aproximadamente de una jornada entera de trabajo (8 horas o más), algo que disminuye la eficacia de la empresa y también se ve en peligro los ingresos que aportan clientes nuevos. Además de tomar mucho tiempo solo con el montaje, la empresa requiere de más precisión en las medidas mientras se va mecanizando, cuentan con un avance de manivela pero que no indican las medidas (milímetros o pulgadas) que se están avanzando y requieren de un mejor confort al momento de operar la máquina [6].

Ante esta problemática, con el proyecto se pretende diseñar y construir una barrenadora portátil que cumpla con las necesidades de grupo industrial INAMEC S.A.S, donde se incorporan detalles y características que pide la empresa para obtener un trabajo más sencillo al momento de operar la máquina, detalles que diferencia esta barrenadora a otras que se encuentran en los mayores distribuidores [7].

Los requerimientos de diseño que tiene la barrenadora portátil son la base debe tener altura variable entre 40 y 130 cm, la caja de velocidad se debe fabricar mediante los rangos de mecanizado de los materiales acero HR, el cual tiene una resistencia a la tracción de 400-500 MPa el avance debe tener una longitud de 25cm.

Otro problema que debemos tener en cuenta es si el buril tiene un mal afilado, lo cual genera más vibración al momento de funcionamiento de la máquina. Este proyecto es un

gran aporte a la empresa a corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta los ingresos que puede aportar y el tiempo que se ahorrará la propia empresa.

1.3 Justificación

Las empresas colombianas que se encargan en el mantenimiento de la maquinaria pesada, se encuentran con un trabajo en específico de dichas máquinas, el cual consiste realizar mecanizados a los orificios de las orejas levantadoras de las palas como ya se mencionó anteriormente, donde son difíciles de realizar en un torno convencional. Esto se logra gracias al uso de una barrenadora portátil, que actualmente son sencillas de encontrar con distintos proveedores (ver Figura 1-3).

A diferencia de las barrenadoras portátiles de distintos distribuidores, el proyecto propone características modificadas con respecto a lo que requiere la empresa, por ejemplo, la base en la que se apoyara la máquina y además de la caja reductora que la requieren con dos o tres velocidades. Una clara diferencia es en el gasto, una barrenadora cuesta aproximadamente 45.000.000 COP, con respecto al proyecto contamos con el motor y algunas piezas y además de distintos vendedores [8].

Figura 1-3. Barrenadora comercial.



Fuente: [9]

Este proyecto, traerá beneficios a la empresa grupo industrial INAMEC S.A.S principalmente en el aprovechamiento del tiempo al momento de hacer el montaje de la barrenadora y también a mediano plazo considerando gastos e ingresos de los clientes. Esto se logrará con varios factores y características de la máquina, principalmente en el montaje donde se facilitará el trabajo con ajustes ya sea de imanes o una estructura que se fije al cilindro, también es importante recalcar que la barrenadora estará apoyada por una base similar a una torre de bloqueo, lo cual es uno de los factores que se le dificulta a la empresa en el momento de empezar el montaje.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar, construir y poner a punto una barrenadora portátil de 3 HP para realizar mecanizados en grupo industrial INAMEC S.A.S

1.4.2 *Objetivos específicos*

1. Determinar los requerimientos de uso y diseño de la barrenadora portátil que se va a construir. Entre ellos que sea de altura variable y manejar los rangos de mecanizado de cada material.
2. Diseñar la barrenadora, teniendo en cuenta los requerimientos establecidos y materiales y componentes que ya están fabricados.
3. Seleccionar sistemas de la caja reductora como lo son poleas y correas, también el mecanismo de transmisión como lo es el motor y el eje portaherramientas y por último el sistema de sujeción, teniendo en cuenta el análisis y diseño resultante.
4. Construir la base de la barrenadora portátil y la carcasa protectora de la caja reductora, también como lo es el sistema de centrado rápido, teniendo en cuenta el análisis y diseño resultante.
5. Poner a punto la barrenadora construida dentro de los parámetros de operación
6. Evaluar el desempeño de la barrenadora construida tomando como base los procedimientos realizados antes del proyecto.
7. Elaborar un manual de uso y mantenimiento de la barrenadora portátil para su correcto funcionamiento.

1.5 Alcance

Diseño, construcción y puesta a punto de una barrenadora portátil para realizar mecanizados en grupo industrial INAMEC S.A.S. Puesta a punto de la misma y evaluación

de su desempeño teniendo en cuenta la forma como se operaba antes del presente proyecto, en aspectos como una comparativa respecto a resultados de diseño mecánico, costos, facilidad de montaje, mantenimiento, etc. con barrenadoras que existen actualmente en el mercado. Y elaboración de un manual de uso y mantenimiento del sistema.

1.6 Metodología.

El diseño de esta investigación es experimental, donde se realizará unas medidas y se tendrá en cuenta los requerimientos necesarios para la construcción de la herramienta, y así realizar las pruebas pertinentes para el correcto funcionamiento de lo que la empresa requiere y compararlo con las barrenadoras que existen en el mercado (ver Figura 1-4).

A. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.

Se investigará sobre los diferentes diseños de barrenadoras portátiles que existen en el mercado, los cuales se analizan y comparan, para poder obtener el mejor diseño.

B. DISEÑO.

Se realizarán los cálculos respectivos, de la estructura, el eje porta herramienta, la caja reductora de velocidades, la velocidad de corte del material, estos determinarán las dimensiones y materiales de cada parte.

Simulación.

Por medio de la herramienta de diseño (*SolidWorks*) se dibujarán las piezas con sus dimensiones y materiales reales, así mismo se realizará la simulación con las cargas aplicadas, para analizar el comportamiento de esfuerzos de cada una.

C. SELECCIÓN.

Se buscará en el mercado, las piezas que comercialmente existen con las dimensiones y materiales anteriormente diseñados.

D. CONSTRUCCIÓN.

Se crearán los planos de las piezas diseñadas, que requieran construcción debido a que no son comerciales, a través de la herramienta de SolidWorks. Una vez las piezas de la barrenadora ya estén completas, se realizará el ensamblaje de la máquina.

E. PUESTA A PUNTO.

Se hará el montaje de la máquina anteriormente ensamblada en el punto de trabajo, revisando que cada parte está perfectamente asegurada y creando un campo de seguridad que controle los peligros que puedan suceder en caso de alguna falla.

F. PRUEBAS Y ANÁLISIS.

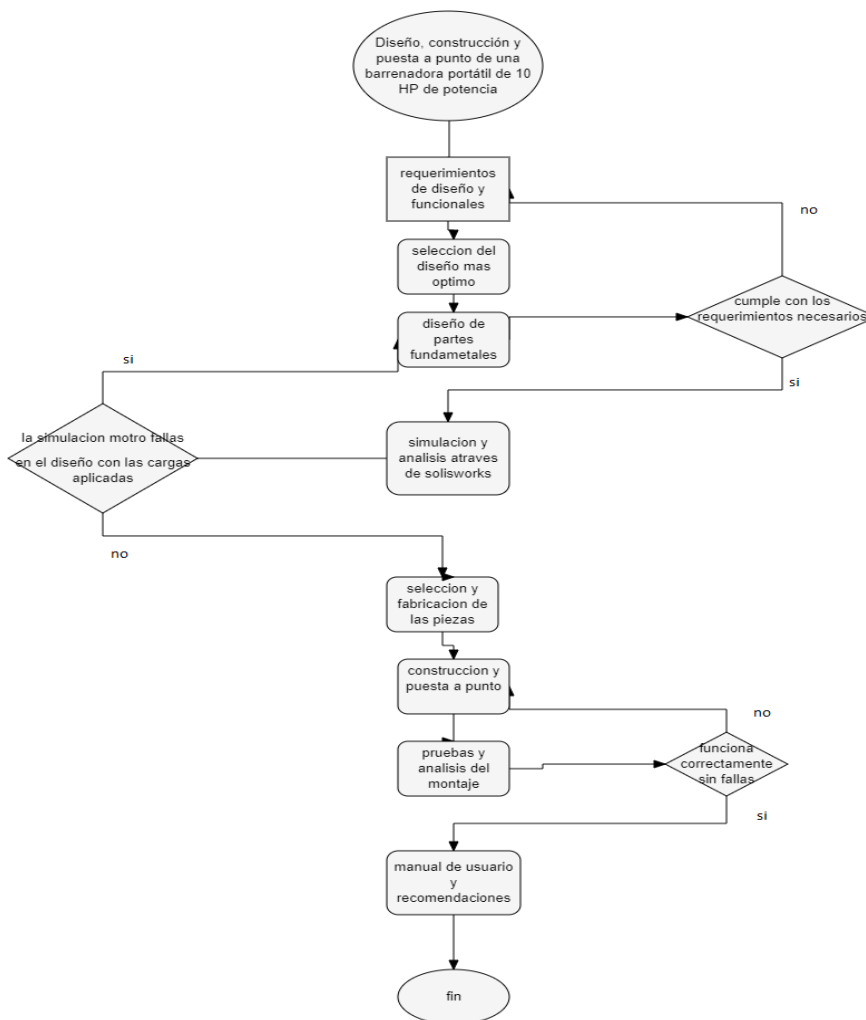
Se realizará una verificación de la máquina montada en las orejas levantadoras, de manera manual y verificando que todo esté en perfecto estado, luego se encenderá la máquina, para analizar que el maquinado sea correcto y la máquina no presente problemas en su estructura, ni deformaciones críticas que presente un riesgo para el operario.

G. MANUAL DE USO.

Se indicará al operario las medidas de seguridad que se deben tener cada vez que se utilice la máquina, y se le dará un breve resumen del uso de la máquina y los cuidados que esta requiere. Y se le entregará un manual de uso en físico el cual podrá leer si tiene algún inconveniente al momento de su funcionamiento.

En el diagrama de flujo de la metodología se enseña las cada una de las etapas del proyecto, desde identificar los requerimientos funciones y de diseño hasta el manual de usuario y las recomendaciones para el correcto funcionamiento de la máquina.

Figura 1-4. Diagrama de flujo de la metodología



2. Marco teórico.

2.1 Máquinas herramientas.

La principal función de las máquinas herramientas consiste en el desprendimiento de material para lograr una forma determinada de alguna pieza de trabajo. Uno de los procesos de mecanizados más importantes consiste en la función principal del torno, en donde la pieza de trabajo realiza un movimiento giratorio y una herramienta de corte se ubica en el borde de está, realizando un desprendimiento de material a lo largo de la pieza [10].

2.1.1 *Barrenadora portátil.*

Estas máquinas se usan principalmente para los trabajos de campo, su función es realizar mecanizados en orificios de diversos diámetros y longitudes, donde sea difícil llegar con un torno convencional. Los usos de estas facilitan el trabajo montando la máquina en un solo ensamble en cualquier estructura en la que se deba trabajar. Hay diversas piezas que conforman la barrenadora portátil, en este caso eléctrica: el motor eléctrico, que es el que transmite el torque y la potencia a la máquina, la caja reductora, que consta de correas y poleas y se encarga de reducir las revoluciones con respecto al material y trabajo que se desea realizar, el avance, que básicamente se encarga en realizar el avance con respecto al mecanizado hacia el eje portaherramientas, el eje portaherramientas, que su función es una de las más importantes ensamblando en el las herramientas de corte y soporta uno de los esfuerzos más grandes y por último los soportes, que se encargan en centrar el eje portaherramientas además de evitar vibraciones y esfuerzos críticos en la máquina y pieza de trabajo [11].

2.2 Teoría de corte, mandrilado, esfuerzos.

2.2.1 Teoría de corte [12].

La ecuación de corte se da en dos apartados para calcular los esfuerzos en el eje porta herramientas.

- **Fuerza de corte.**

La fuerza de corte se da en el momento que la herramienta de corte trabaja sobre el material, esta fuerza se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_c = k_s + a + s \dots\dots\dots (1)$$

K_s = fuerza específica de corte $\frac{N}{mm^2}$

a = profundidad de viruta en mm

s = avance en mm/rev

- **Velocidad de corte.**

La velocidad de corte se da con respecto a la herramienta de corte, la ecuación para esta velocidad se halla de la siguiente forma:

$$V_c = \frac{\pi dn}{1000} \text{ (m/min)} \dots\dots\dots (2)$$

2.2.2 Mandrinado o mandrilado [13].

El proceso de mandrinado es una operación de mecanizado que se usa para ampliar o mejorar la calidad de los agujeros que ya están hechos (ver Figura 2-1), este proceso es común cuando se requiere mayor precisión o el diseño tienen tolerancias muy específicas para el mecanizado que no es posible conseguir con un proceso de cilindrado común. En

nuestro caso, es adecuado realizar el mecanizado con gran precisión en los agujeros de las orejas levantadoras, debido a que son las guías para la articulación de un brazo hidráulico o un martillo hidráulico. El mandrinado también se puede realizar en un torno común, haciendo girar la pieza como se hace comúnmente y fijando la barra de mandrilar con el filo adecuado en el buril, también se pueden realizar mecanizados en cilindros de máquinas de vapor, soportes de bielas y en general piezas que deben permanecer fijas mientras gira la barra de mandrilar.

Figura 2-1. Proceso de mandrinado



Fuente: [14]

2.2.3 Esfuerzo [15].

El esfuerzo es la fuerza que se aplica a un área transversal de una pieza, esto se puede dar con la fuerza aplicada sobre el área transversal F/A . Los esfuerzos se pueden dividir en dos categorías:

- **Esfuerzo normal (σ):** es la intensidad de la fuerza que actúa sobre la dA , si el esfuerzo normal “jala” se denomina tensión y si el esfuerzo “empuja” se denomina compresión, el esfuerzo normal se determina por la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{dF}{dA} \quad (3)$$

- **Esfuerzo cortante:** Es la fuerza que actúa en la tangente de la dA , se denomina por la siguiente ecuación:

$$\tau_{zx} = \lim \frac{dF_x}{dA} \quad (4)$$

- **Esfuerzos de torsión y flexión** [1].

El esfuerzo de torsión es un momento que tiende a torcer la pieza, es bastante importante para determinar el diseño de ejes o los árboles de transmisión. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\tau_{\max} = \frac{Tc}{J} \text{ (N.m)} \dots \dots \dots (5)$$

τ_{\max} = esfuerzo cortante máximo que se produce en la superficie externa

T = par de torsión interno

C = radio exterior del eje

J = momento polar de inercia del área transversal

El esfuerzo de flexión se calcula con la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\max} = \frac{Mc}{I} \dots \dots \dots (6)$$

σ_{\max} = Esfuerzo de flexión

M = Momento interno resultante

c = Distancia desde el eje neutro hasta el punto más alejado del eje neutro

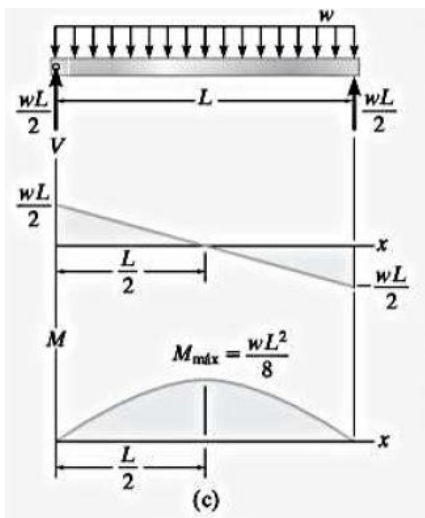
I = Momento de inercia del área de la sección transversal

2.3 Diagrama de esfuerzos y diseño de ejes.

2.3.1 Diagrama de esfuerzos [17].

Para desarrollar un eje correctamente se debe determinar los esfuerzos cortantes y los momentos máximos. Estos esfuerzos pueden ser representados gráficamente en los diagramas de esfuerzos cortante y de momentos, estos diagramas ayudan al diseñador a identificar los puntos en donde los esfuerzos tienen mayor importancia, para que posteriormente se llegue a una solución adecuada a esos puntos. Los diagramas se representan de la siguiente forma:

Figura 2-2. Diagrama esfuerzo cortante y momento



Fuente: [18]

2.3.2 Diseño de ejes [19].

En este apartado se enseña la ecuación que se utiliza para determinar el diámetro del eje a utilizar:

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{ \left[\frac{K_t}{S'_n} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2 } \right]^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (7)$$

N: Factor de diseño

K_t : Factor de concentración de esfuerzos

S'_n : resistencia a la fatiga según el material

T: Torque al que está sometido el eje

S_y : Esfuerzo de fluencia

2.3.3 *Esfuerzos normales fluctuantes (Goodman) [20].*

La ecuación para hallar los efectos normales fluctuantes (Goodman), es la siguiente:

$$\frac{k_t \sigma_a}{S'_n} + \frac{\sigma_m}{S_u} = \frac{1}{N} \dots\dots\dots (8)$$

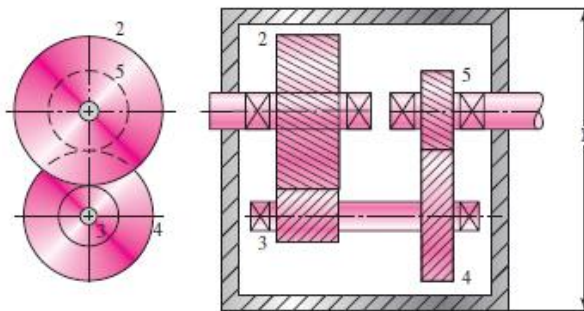
2.4 Transmisión de potencia [21].

Para realizar una transmisión de potencia, es necesario tener una fuente de entrada como un mecanismo o un motor, esto para tener impulso a la salida y es una de las tareas más comunes en una maquinaria. Uno de los medios más eficientes de transmitir la potencia, es mediante un eje que está soportado por cojinetes, chumaceras y rodamientos, a este eje se le agregan engranes, poleas o catarinas de cadenas ya sea para aumentar el torque o aumentar la velocidad en el transcurso de la transmisión.

Para diseñar un sistema de transmisión de potencia, se debe considerar la selección de los componentes para realizar un sistema óptimo. Otro tema a tener en cuenta con respecto al eje, es el diseño de este, consideramos los esfuerzos de torsión, de tensión y de flexión que se generan en este para así seleccionar el diámetro del eje. En los componentes como engranajes, se debe tener en cuenta si son engranes rectos o no, así como el número

de dientes y el diámetro de paso, en los ejes también se tienen en cuenta el cambio de sección (hombros) en el encaje de los cojinetes, los cuñeros para las poleas y engranajes y demás consideraciones. El conjunto de varios ejes y componentes, se conoce como tren de engranes (ver Figura 2-3), que se usan como reductores de velocidades o aumentar las velocidades como por ejemplo una caja de cambios de un automóvil.

Figura 2-3. Tren de engranes compuesto



Fuente: [21]

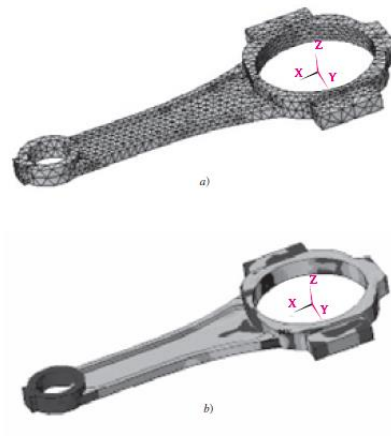
2.5 Diseño con simulación y métodos finitos [22].

“El análisis de elemento finito es una de las más importantes y se integra fácilmente dentro del ambiente de la ingeniería asistida por computadora. El software de modelado sólido CAD proporciona una excelente plataforma para la creación fácil de modelos de FEA”.

En el caso de este proyecto, usamos la herramienta de modelado sólido CAD *SolidWorks*, el cual este programa es un generador automático de mallas (ver Figura 9), la red de elementos y nodos que se producen en una región es conocido como malla, el objetivo de esta generación automática es reducir el proceso de modelación, así como el esfuerzo para llegar a una malla bien estructurada. Los resultados mejoran cuando la densidad de

mallado se incrementa en áreas de gradientes de esfuerzo alto y cuando se enmallan de manera uniformes, se conoce como mallado mixto en *SolidWorks*, mallado que aplicamos en cada una de las simulaciones de las piezas (capítulo 3.5).

Figura 2-4. Modelado de biela



Fuente: [23]

3. Diseño.

3.1 Requerimientos.

3.1.1 *Requerimientos de diseño.*

Se requiere un diseño para la máquina en el cual cumpla con ciertas características, en las cuales se reflejan:

- Rango de agujeros a maquinar entre 5 y 10 pulgadas de diámetro

- Avance con tornillo de rosca ordinaria y 10 pulgadas de longitud
- Agujeros del eje portaherramientas para las herramientas de corte (buriles) lo cual son de $\frac{3}{8}$ de pulgada y $\frac{1}{2}$ pulgada.
- Se requiere un tiempo de operación menos de 4 horas de funcionamiento y 5 veces al mes
- Un motor eléctrico trifásico de 3 HP de potencia
- El eje portaherramientas se requiere con una longitud de 150 cm.

3.1.2 Requerimientos funcionales.

Para los requerimientos funcionales, se requiere:

- Un diseño en donde la base de apoyo sea ajustable para facilitar el montaje de la máquina por un solo operario,
- Una herramienta que permita de manera rápida y con precisión centrar el eje portaherramientas como lo es el cono centrador.
- Se requiere una sujeción que permita variar su tamaño, esto para poder soldar los apoyos a los diferentes tamaños de las orejas levantadoras.

Con respecto a los requerimientos en la parte del corte del material:

- Se requiere de una caja reductora de dos velocidades con poleas y correas para facilitar su mantenimiento, las velocidades serán dadas por los materiales que se les realiza el mecanizado frecuentemente en la empresa como lo son el acero ASTM A36 (lamina HR) y el AISI 1018 (cold rolled).

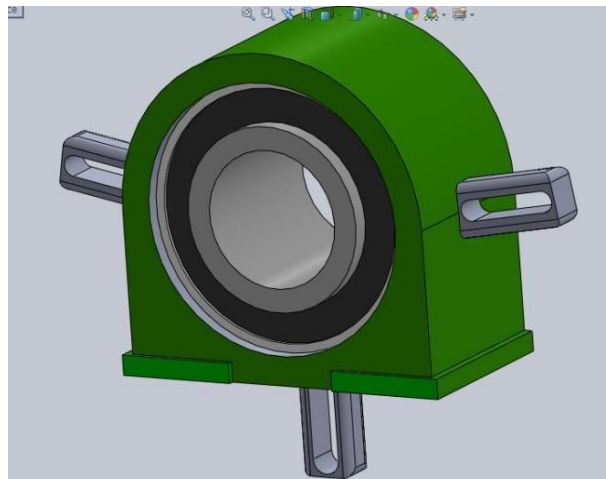
- Se requiere una instalación eléctrica para el motor, la cual debe quedar totalmente aislada y ubicada en un lugar donde sea de fácil acceso para el operario, en donde pueda apagar la máquina fácilmente en caso de emergencia.

3.2 Selección del diseño de la barrenadora portátil.

3.2.1 *Diseño alternativo 1.*

Se presentaron dos diseños a la compañía, el primero de ellos presenta variaciones tanto en la estética como en los factores que cada pieza presenta. En este primer diseño alternativo, se presenta chumaceras de forma rectangular con tres orificios en las cuales se ubican los tornillos con rosca interna para soldar alrededor de las orejas levantadoras, las chumaceras circulares tendrían el orificio de un diámetro de 2 pulgadas (ver Figura 3-1). Estas serían escogidas debido a que los ejes guían.

Figura 3-1. Chumacera de diseño alternativo 1

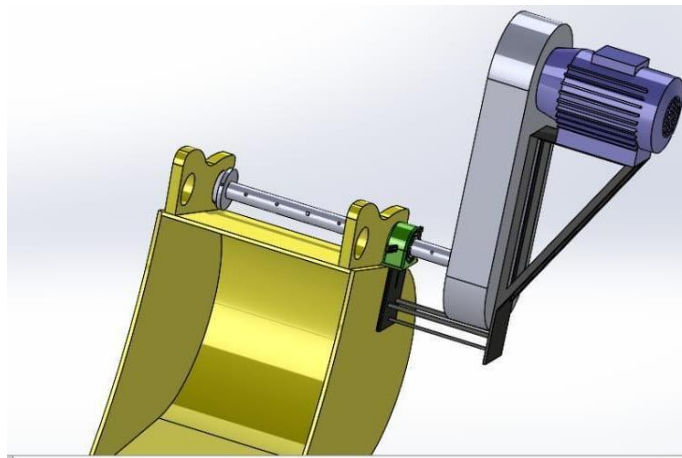


Fuente: Autores

La ubicación del motor se ubica a un en la parte superior con respecto de los ejes, conectando así la caja reductora en la que se usan poleas y correas. Esto lleva a usar dos

bases, una para el motor y otra para el avance y los ejes guía. Los agujeros del eje portaherramientas tienen medidas de 3/8 de pulgada y de 1/2", en un material de acero 1144 OQT 1000 (decisión tomada en los cálculos que se muestran en el numeral 3.5) y una longitud total de 150 cm para el eje portaherramientas. El tornillo de avance es un tornillo sin fin de rosca ordinaria paso estándar la cual se cortará a 10 pulgadas de largo, dando como resultado el primer diseño que se le presentó a grupo industrial INAMEC S.A.S dando como resultado el diseño alternativo 1 (ver Figura 3-2).

Figura 3-2. Diseño alternativo 1

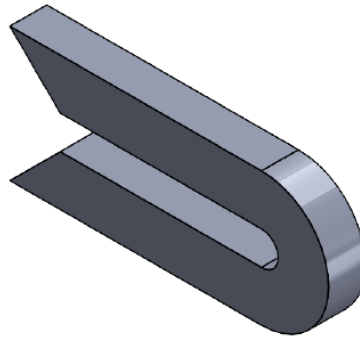


Fuente: Autores

3.2.2 *Diseño alternativo 2 (propuesta seleccionada).*

En este diseño, el primer cambio que se realizó es la forma de la chumacera, en donde está es de manera circular contando con tres “orejas” en los laterales y abajo (ver Figura 3-3), cuya función es la variación de la posición de los tornillos de sujeción, es decir, si las orejas levantadoras tienen diámetros más pequeños o grandes, esta también cuenta con un orificio de 2 pulgadas de diámetro para el eje porta herramientas.

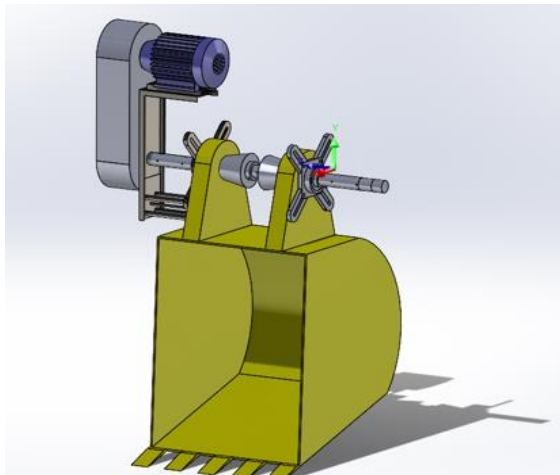
Figura 3-3. Aleta de chumacera



Fuente: Autores

La ubicación del motor, se ubica verticalmente con respecto a los ejes guía, esto con el fin de realizar una base para los ejes guía, la primera chumacera y el tornillo de avance, resultando así mismo la ubicación de la caja reductora. También contará con dos conos centrados que sirven para la precisión del barrenado, los componentes como los ejes guía y el tornillo de avance tienen las mismas características que en el diseño alternativo 1. Resultando así un diseño más resistente, confiable y compacto por el cual la empresa decidió escoger (ver Figura 3-4).

Figura 3-4. Diseño seleccionado



Fuente: Autores

3.3 Piezas de la barrenadora portátil.

3.3.1 *Total de piezas.*

La barrenadora portátil consta de las siguientes piezas y elementos, los cuales se van a seleccionar por dos categorías más adelante:

- Motor eléctrico de 3 HP trifásico
- Conos centradores
- Chumaceras
- Carcasa de la caja reductora
- Buriles
- Base del motor
- Correas y poleas de la caja reductora
- Eje porta herramientas
- Ejes guía
- Tornillo de avance
- Rodamientos
- Tornillos, arandelas y guasas
- Torre de bloqueo

3.3.2 *Piezas a diseñar.*

- **Conos centradores:** Estos se fabricarán en un torno, con medidas de 3 pulgadas en un extremo y 5 pulgadas al otro extremo con un agujero de la medida del eje

portaherramientas, se fabricará otro par de 5 pulgadas a 7,5 pulgadas y un último par de 7,5 a 10 pulgadas, esto para facilitar la fabricación y tamaño de estos conos.

- **Protector de la caja reductora:** Este se fabricará en forma de caja, en la cual una de las caras llevará una tapa fácil de quitar para cuando se necesite acceder a ella, ya sea para mantenimiento como para el cambio de velocidades.
- **Base del motor:** Este se fabricará de tal manera que sostenga el motor, a su vez tendrá los ejes guía, y con el tornillo avanzará o retrocederá junto al eje portaherramientas.
- **Eje porta herramientas:** Esta es la parte principal de la barrenadora, se fabricará con 150 cm de longitud y agujeros de ½ pulgadas que también contarán con agujeros de 5/16 pulgadas para los prisioneros, debido a que no es comercial en el mercado colombiano se deberá fabricar.

3.3.3 *Piezas a seleccionar.*

- **Motor eléctrico de 3 HP:** La compañía ya cuenta con un motor de estas características (ver Figura 1-2)
- **Chumaceras:** estas se comprarán ya que son muy comerciales y se encuentran de todos los tamaños, se escogen dependiendo del diseño realizado, luego de ello se le soldará a cada una 4 oreja las cuales llevarán una ranura que permita variar los tornillos de sujeción.
- **Buriles:** Se comprarán en el mercado con medidas de 3/8 y 1/2 pulgada.

- **Correas y poleas de la caja reductora:** Se comprarán en el mercado, dependiendo de los cálculos que se realicen en el diseño, el cual depende de los 2 materiales comúnmente utilizados en el maquinizado en esta empresa.
- **Ejes guía:** Estos son 4 ejes que se encargan de mantener la dirección en la que debe ir y volver el avance.
- **Tornillo de avance:** Se elegirá un tornillo sin fin rosca ordinaria o unc, la cual se cortará a 10 pulgadas de largo, el grosor se definirá en el diseño.
- **Rodamientos:** Se comprará un rodamiento, el cual irá en una de las chumaceras, esta tendrá el objetivo de dejar que gire el tornillo de avance de forma libre, para que avance la base sin problemas.
- **Tornillos, arandelas y guasas:** Se comprarán en el mercado, las medidas serán obtenidas mediante el diseño y simulaciones de fuerza.
- **Torre de bloqueo:** Se comprará en el mercado con una altura máxima de 120 cm, esta le permitirá a un solo operario hacer el montaje de la máquina más fácil.

3.4 Cálculos de diseño.

3.4.1 *Escenario de corte.*

Fuerzas de corte.

Al conocer con certeza el tipo de material que se mecaniza para las orejas levantadora y los rangos de diámetros en los agujeros de los mismos, con ayuda de las tablas para la industria metalúrgica de Herrmann Juzt se obtuvieron: la velocidad de corte, la fuerza de corte, la potencia del motor necesaria para realizar el mecanizado.

- El material que se utiliza para las orejas levantadas es acero sin alear, el avance y la profundidad de corte lo determinó el operario de la empresa el cual con los años de experiencia en el mecanizado conoce los valores máximos que se mecaniza en una pasada. Con estos datos se obtuvieron de la tabla valores de orientación para velocidad de corte (anexo 1) del libro tablas para la industria metalúrgica de Herrman Juzt los siguientes datos: velocidad de corte y fuerza específica de corte.

Avance: $a=0,2$ mm/rev.

Profundidad de corte: $s=3$ mm

Velocidad de corte: $V_c=60$ m/min

Fuerza específica de corte: $K_s=2600$ N/mm²

- Posteriormente de la tabla capacidad de mecanizado (anexo 2) del libro tablas para la industria metalúrgica de Juzt para 1 kW de potencia, velocidad de corte $V_c=60$ m/min y fuerza específica de corte $K_s=2600$ N/mm² se obtuvieron: sección de corte teórico.

Sección de corte teórico: $Steo= 0,29$ mm²

Sección de corte real: $Sre= a*s$

$$Sre = 0,2 * 3 = \frac{0,6 \text{ mm}^2}{\text{rev}}$$

Potencia necesaria para realizar el corte:

$$P = 1 * \frac{Sre}{Steo}$$

$$P = 1 * \frac{0,6}{0,29} = 2,07KW = 2,68HP$$

Con este cálculo, se observa que el motor que tiene la empresa es más que suficiente para realizar este corte.

Fuerza de corte:

$$F_c = K_s * a * s$$

$$F_c = 2600 * 0,2 * 3 = 1560N$$

$$F_t = 0,5 * F_c$$

$$F_t = 0,5 * 1560 = 780N$$

$$F_r = 0,5 * F_t$$

$$F_r = 0,5 * 780 = 390N$$

Revoluciones del eje:

$$n = 1000 * \frac{V_c}{\pi * d}$$

Como los materiales que se mecanizan son aceros sin aleación los cuales requieren la misma velocidad de corte y fuerza de corte se dejará la caja reductora con una sola velocidad.

Diámetro del agujero promedio a mecanizar 127mm (5")

$$n = 1000 * \frac{60}{\pi * 127} = 152 RPM$$

3.4.2 *Diseño de caja reductora*

Los datos del motor eléctrico necesarios para realizar este cálculo son:

$$P=3\text{HP}$$

$$n_p=500\text{rpm}$$

Con los resultados de corte, se debe tener en el eje una velocidad de $n_g=150$ rpm.

De la tabla factores de servicio para banda V, capítulo 7 (anexo 3) del libro diseño de elementos de máquinas de Mott se obtiene un factor de servicio $K_o=1,1$

Potencia de diseño: $P_d=K_o*P = 1.1*3= 3.3$ HP

De la gráfica para la selección de bandas en V (anexo 4) se selecciona el perfil de la banda en V corresponde, depende de la revolución más alta y la potencia de diseño: se selecciona banda 3V para este diseño.

Relación de velocidad:

$$RV=3.33$$

En la tabla diámetros mínimos (anexo 5), dice que para la potencia y las revoluciones del motor la polea más pequeña que se puede usar es de 115 mm, y en la tabla diámetros de poleas 3V donde se encuentran las dimensiones de las poleas, se encontró que esta dimensión está disponible para este perfil de banda, sin embargo, para no tener que colocar otro canal de polea, se elegirá 120 mm el cual genera mayor resistencia a la correa.

Teniendo este diámetro menor de la primera polea, se busca el diámetro de la polea mayor:

$$D_1=120 \text{ mm}$$

$$D2 = D1 * Rv1 = 120 * 3.33 = 390.6 \text{ mm.}$$

Se revisa la Figura 3-5, encontramos que el diámetro más cercano a este es de:

Figura 3-5. Diámetro polea motriz

Diámetro exterior de la Polea Motriz [en milímetros]											
230	235	250	260	275	285	300	315	335	355	380	405

Fuente: [24]

$$D2 = 380 \text{ mm.}$$

Se verifica que la velocidad de salida corresponda a la que necesita el eje.

$$n_g = n_p * \frac{D1}{D2}$$

$$n_g = 500 * \frac{120}{380} = 156.8 \text{ RPM}$$

Este dato indica que los diámetros de las poleas son correctos para este diseño. Ahora teniendo los diámetros de las poleas, se calculará la longitud de la correa y la cantidad que esta caja reductora necesita.

Longitud de la correa.

$$L = 2C + 1.53(D2 + D1) + \frac{(D2 - D1)^2}{4C}$$

$$D2 < C < 3(D2 + D1)$$

$$380 \text{ mm} < C < 1500 \text{ mm}$$

Esta distancia entre centros, se aproxima al valor que se requiere, debido a que se requiere lo más compacto posible se usará: $C=400$ mm

$$L = 2 * 400 + 1.53(380 + 120) + \frac{(380-120)^2}{4*400} = 1607,25 \text{ mm}$$

Revisando la tabla longitud estándar de correas (anexo 6), se encontró que la longitud de esta es de:

$$L = 1609 \text{ mm.}$$

Distancia entre centros.

$$B = 4 * L - 6.28(D2 + D1)$$

$$B = 4 * 1609 - 6.28(380 + 120) = 3296$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D2 - D1)^2}}{16}$$

$$C = \frac{3296 + \sqrt{3296^2 - 32(380 - 120)^2}}{16}$$

$$C = 390.35 \text{ mm}$$

Cantidad de correas.

Calcularemos la cantidad de correas necesarias que soporten la potencia transferida desde el motor.

$$\theta = 180 - \frac{\text{sen}^{-1}(D2 - D1)}{2C}$$

$$\theta = 180 - 2 * \text{sen}^{-1} \frac{(380-120)}{2*390.35} = 141^\circ$$

En la figura factor de corrección por ángulo de contacto (anexo 7) se obtiene:

$$C\theta = 0.92$$

En la figura factor de corrección por longitud de banda (anexo 7) se obtiene:

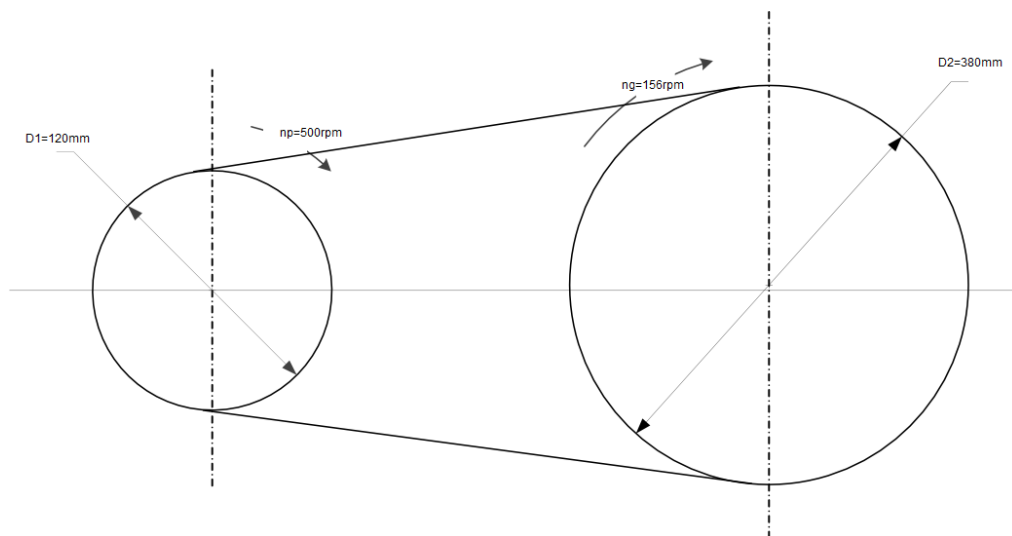
$$CL = 1.00$$

En la tabla capacidad de transmisión (anexo 8) se obtiene la potencia máxima que resiste cada correa. $P_r=6.06\text{HP}$.

$$P_c = P_r * C\theta * CL = 5.57\text{HP}$$

Se utilizarán 1 correas por cada tren de velocidad.

Figura 3-6. Diagrama caja reductora



Fuente: Autores

3.4.3 Esfuerzos en el eje portaherramientas.

Potencia: $P=3\text{ HP}$

Velocidad del eje: $n=150$ rpm

Diámetro de polea: $D=380$ mm

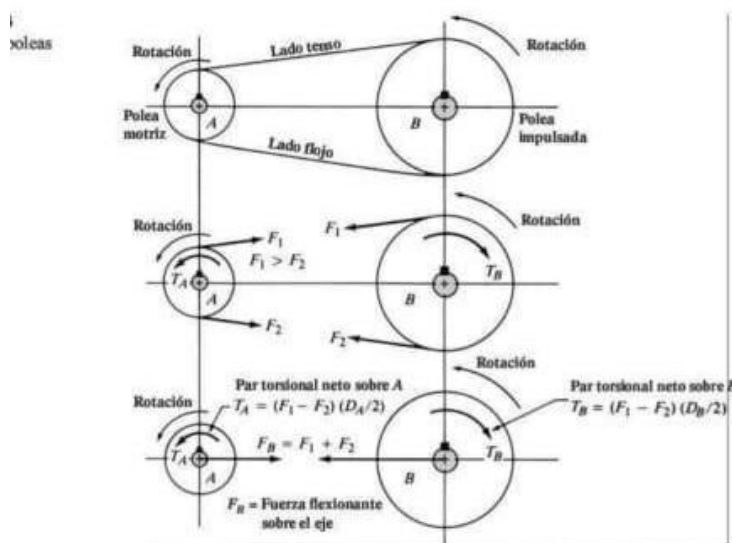
Teniendo los datos anteriores se calculará el torque, el cual servirá para calcular las fuerzas generadas en las poleas.

$$\text{Torque: } T = 7118 * \frac{P}{n} = T = 7118 * \frac{3}{150} = 142,36 \text{ Nm}$$

$$\text{Fuerza impulsadora: } F_n = \frac{T}{D/2} = \frac{142.36 \text{ Nm}}{0.38 \text{ m}/2} = 749,26 \text{ N}$$

$$\text{Fuerza flexionante: } F_a = 1.5 * F_n = 1.5 * 749,26 = 1123,89 \text{ N}$$

Figura 3-7. Par tensional entre poleas



Fuente: [25]

Se busca que el eje esté sometido a los máximos esfuerzos, por se distribuyen las fuerzas lo más lejos, dentro de los parámetros de corte de las bases de apoyo.

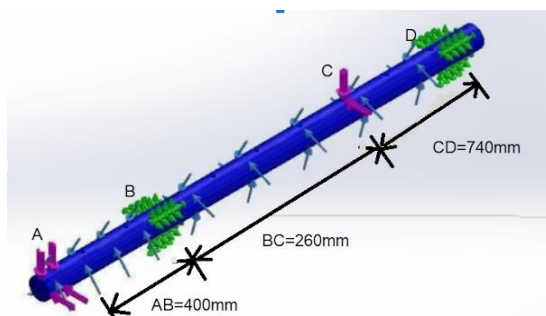
Longitud AB= 400 mm

Longitud BC= 260 mm

Longitud CD= 740 mm

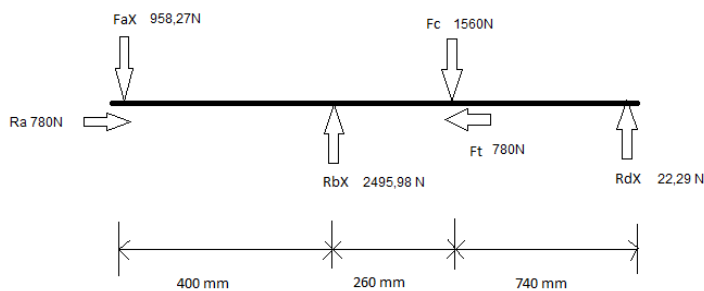
3.4.3.1 Eje x

Figura 3-8. Eje x



Fuente: Autores

Figura 3-9. Fuerzas aplicadas en el eje para el eje X



Fuente: Autores

Es necesario descomponer la fuerza flexionante, debido a que esta tiene una inclinación en el eje XY y dependerá de un ángulo generado entre los diámetros de las poleas, con las fuerzas que se generan en este eje, se calculará las fuerzas resultantes en las chumaceras.

Fuerza flexionante x: $F_{aX} = F_a \cdot \theta = 1123,89 \cdot 31.5 = 958,27 \text{ N}$

Fuerza de corte: $F_c = 1560 \text{ N}$

Fuerza transversal: $F_t = 780 \text{ N}$

Fuerza de reacción: $R_a = 780 \text{ N}$

Fuerza de reacción en D: R_{dX}

$$+M_{bx} = 0$$

$$F_{aX} \cdot AB - F_c \cdot BC + R_{dX} \cdot BD = 0$$

$$958,27 \cdot 0.4 - 1560 \cdot 0.26 + R_{dX} \cdot 1 = 0$$

$$R_{dX} = -958,27 \cdot 0.4 + 1560 \cdot 0.261 = 22,29 \text{ N}$$

Fuerza de reacción en B: R_{bX}

$$+F_x = 0$$

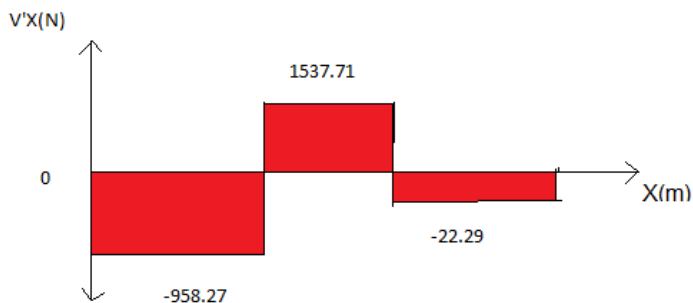
$$-F_{aX} + R_{bX} - F_c + R_{dX} = 0$$

$$-958,27 + R_{bX} - 1560 + 22,29 = 0$$

$$R_{bX} = 958,27 + 1560 - 22,29 = 2495,98 \text{ N}$$

Con todas las fuerzas ya calculadas se realiza el diagrama de fuerza cortante en el eje X (ver Figura 3-10).

Figura 3-10. Diagrama esfuerzo cortante V(N) para el plano X



Fuente: Autores

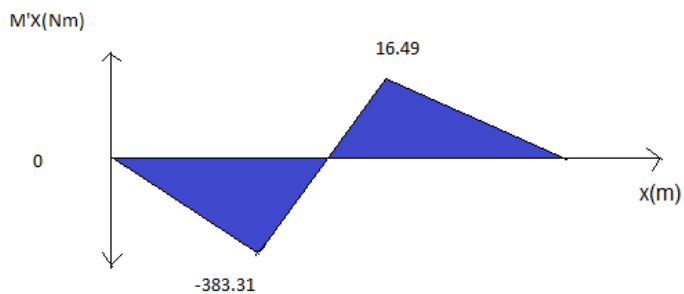
Fuerza cortante interna AB: $V'X_1 = FaX = -958.27 \text{ N}$

Fuerza cortante interna BC: $V'X_2 = V'X_1 + RbX = -958.27 + 2495.98 = 1537.71 \text{ N}$

Fuerza cortante interna CD: $V'X_3 = V'X_2 + FC = 1537.71 - 1560 = -22.29 \text{ N}$

Con las fuerzas de corte se calcula los momentos flexionante y se realiza su diagrama correspondiente (ver Figura 3-11).

Figura 3-11. Diagrama de momentos (N.m) para el plano X



Fuente: Autores

Momento flector interno AB:

$$M'X_1 = V'X_1 * AB = -958.27 * 0.4 = -383.31 \text{ Nm}$$

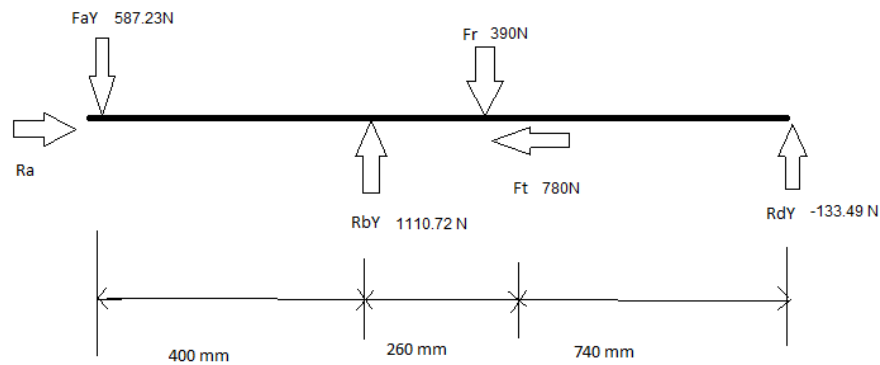
Momento flector interno BC:

$$M'X2 = M'X1 + (V'X2 * BC) = -383.31 + (1537.71 * 0.26) =$$

$$16.49 \text{ Nm}$$

$$\text{Momento flector interno CD: } M'X3 = M'X2 + (V'X3 * CD) = 16.49 + (-$$

$$22.29 * 0.74) = 0 \text{ Nm}$$

3.4.3.2 Eje Y**Figura 3-12.** Fuerzas aplicadas en el eje Y

Fuente: Autores

Se descompone la fuerza flexionante para el eje Y para conocer las fuerzas que actúan en el eje.

$$\text{Fuerza flexionante Y: } FaY = Fa * \text{sen}\theta = 1123.89 * \text{sen}31.5 = 587.23 \text{ N}$$

$$\text{Fuerza de corte: } Fr = 390 \text{ N}$$

$$\text{Fuerza transversal: } Ft = 780 \text{ N}$$

$$\text{Fuerza de reacción: } Ra = 780 \text{ N}$$

Fuerza de reacción en B: RbY

Se calcula las fuerzas resultantes en las chumaceras en el eje Y.

$$+Mdy = 0$$

$$FaY * AD + Fr * CD + RbY * BD = 0$$

$$587.23 * 1.4 + 390 * 0.74 - RbY * 1 = 0$$

$$RbY = \frac{587.23 * 1.4 + 390 * 0.74}{1} = 1110.72 \text{ N}$$

Fuerza de reacción en D: RdY

$$+FY = 0$$

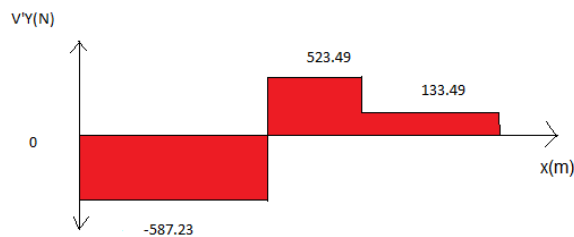
$$-FaY + RbY - Fr + RdY = 0$$

$$-587.23 + 1110.72 - 390 + RdY = 0$$

$$RdY = 587.23 - 1110.72 + 390 = -133.49 \text{ N}$$

Se calcula y realiza el diagrama de fuerza cortante en el eje Y.

Figura 3-13. Diagrama esfuerzo cortante (N) en el eje Y



Fuente: Autores

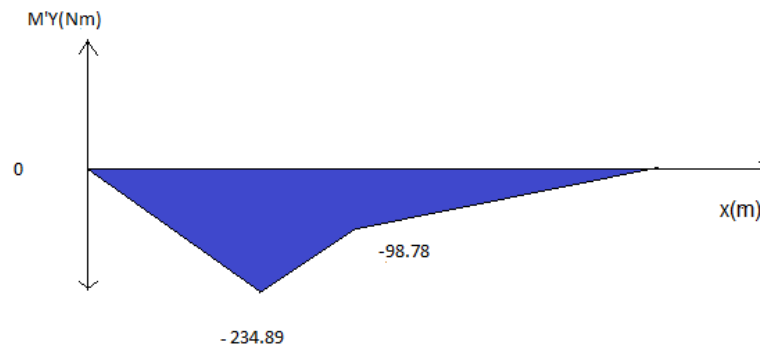
Fuerza cortante interna AB: $V'Y1 = FaY = -587.23 \text{ N}$

Fuerza cortante interna BC: $V'Y2 = V'Y1 + RbY = -587.23 + 1110.72 = 523.49 \text{ N}$

Fuerza cortante interna CD: $V'Y3 = V'Y2 + Fr = 523.49 - 390 = 133.49 \text{ N}$

Con las fuerzas de corte, se calcula y realiza el diagrama de momento flector en el eje Y (ver Figura 3-14).

Figura 3-14. Diagrama de momentos (N.m) en el eje Y



Fuente: Autores

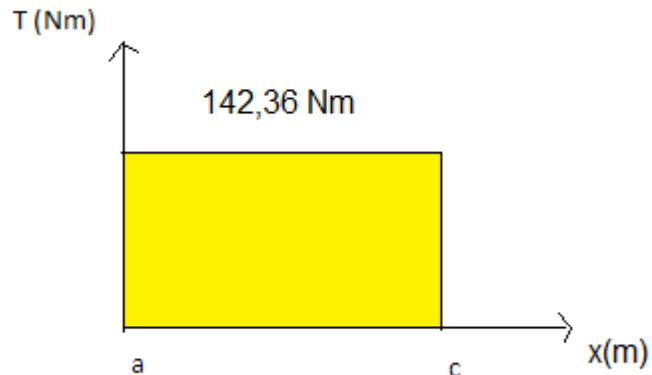
Momento flector interno AB: $M'Y_1 = V'Y_1 * AB = -587.23 * 0.4 = -234.89 \text{ N.m}$

Momento flector interno BC: $M'Y_2 = M'Y_1 + (V'Y_2 * BC) = -$
 $234.89 + (523.49 * 0.26)$
 $= -98.78 \text{ N.m}$

Momento flector interno CD: $M'Y_3 = M'Y_2 + (V'Y_3 * CD) = -$
 $98.78 + (133.49 * 0.74) = 0 \text{ N.m}$

Torque

Se realiza un diagrama de torque para saber con certeza la acción de torque transmitida en el eje (ver Figura 3-15).

Figura 3-15. Diagrama de torque

Fuente: Autores

Después de haber obtenido todas las fuerzas y momentos que actúan en el eje portaherramientas, tanto en el eje x como en el eje Y , se elegirá el material del cual estará fabricado el eje, en el libro diseño de elementos de máquinas de Mott, se especifican 3 materiales apropiados para ejes, en el cual se eligió AISI 1340 OQT 1000, el cual tiene una elongación del 17% la cual es buena para utilizar en un eje. Resistencia a la tensión de 1020 MPa y resistencia a la fluencia de 910 MPa.

$$S_t = 1020 \text{ MPa}$$

$$S_y = 910 \text{ MPa}$$

Se obtiene a través de la gráfica (anexo 10), la resistencia a la fatiga, la cual está en función de la resistencia a la tensión, con un material maquinado. Resistencia a la fatiga de 483 MPa.

$$S_n = 483 \text{ MPa.}$$

La resistencia a la fatiga corregida dependerá de factores de geometría, seguridad, tipo de esfuerzo y tipo de material.

$$S'_n = S_n * C_m * C_{st} * C_r * C_s \quad (9)$$

Factor de material: $C_m = 1.0$ para acero forjado.

Factor de tipo de esfuerzo: $C_{st} = 1.0$ para esfuerzo flexionante.

Factor de confiabilidad: $C_r = 0.81$ confiabilidad de 99% tabla (anexo 11)

Factor de tamaño: $C_s = 0.81$ diámetro de 50 mm gráfica (anexo 12)

$$S'_n = 483 * 1 * 1 * 0.81 * 0.81 = 317 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad: $f_s = 3$. (Anexo 13)

Después de haber obtenido estos datos se utilizará la fórmula de diseño de ejes del libro diseño de elementos de máquinas de Mott [9]:

$$D = \left(f_s * \frac{32}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{KtM'}{S'_n}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right)^{1/3} \quad \text{Ec 7}$$

La parte crítica del eje se encuentra en la chumacera (punto B) por lo cual se aplica esta ecuación en este punto para calcular el diámetro del eje.

Los agujeros no se tienen en cuenta debido a la distancia que existe entre cada uno.

$$D = \left(3 * \frac{32}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{1 * \sqrt{383.31^2 + 234.89^2}}{3.17e8}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{142.36}{9.10e8}\right)^2} \right)^{1/3} = 0.0456 \text{ m}$$

$$D = 50.8 \text{ mm} = 2 \text{ in.}$$

El eje se debe realizar con AISI 1340 OQT 1000, de diámetro 50.8 mm y longitud 1500 mm.

3.5 Simulación y análisis.

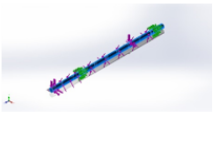
Las respectivas simulaciones se realizaron en *SolidWorks*, se eligió este *software* debido a los conocimientos y experiencia usándolo. Como ya se eligió un diseño de la barrenadora, la cual se adapta a las condiciones de la empresa y se realizaron los cálculos más importantes de la máquina, se procedió a realizar el dibujo CAD de cada una de las piezas.

3.5.1 Simulación del eje portaherramientas.

El eje portaherramientas es una pieza fundamental de la barrenadora, debido a que es la encargada de sostener el buril, por lo cual, este eje no puede tener deformación permanente y su deformación plástica debe ser mínima para tener una gran precisión en el maquinado. Anteriormente se realizaron los respectivos cálculos de las fuerzas ejercidas en este eje, las cuales usaremos en esta simulación, la idea de la simulación es que a través del *software* comprobar que los cálculos para determinar el diámetro sean correctos, y al aplicar los esfuerzos máximos, el eje se comporte de manera adecuada.

Al dibujar la pieza con el diámetro, longitud y material obtenidos en los cálculos, se realizó la simulación con los esfuerzos máximos en cada punto del eje, con lo cual se generaron los siguientes resultados:

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: 1.8519 (31CrMoV9) Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 8,00594e+08 N/m ² Límite de tracción: 1,00083e+09 N/m ² Módulo elástico: 1,9e+11 N/m ² Coeficiente de Poisson: 0,28 Densidad: 7,800 kg/m ³ Módulo cortante: 7,9e+10 N/m ² Coeficiente de dilatación térmica: 1,1e-05 /Kelvin	Sólido 1(Cortar-Extruir5)(eje)
Datos de curva:N/A		

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño de elementos	21,3697 mm
Tolerancia	1,06848 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	10816
Número total de elementos	6010
Cociente máximo de aspecto	34,391
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	80,8
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0,283
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:01
Nombre de computadora:	

a) Tensión de von mises máxima

$$\sigma_{\text{vonMises}} = \{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2] / 2\}^{1/2} \dots\dots\dots (10)$$

También conocida como teoría de energía de distorsión máxima, la teoría expone que un material dúctil sufrirá fallo de ruptura si la tensión de von mises máxima es superior al límite elástico del material. Con la simulación se puede observar la tensión máxima que sufrirá la pieza con la cual se analizará el punto crítico de la pieza y calcular si esta tensión se encuentra en un rango permisible para el diseño correcto de la pieza o si es necesario hacer una modificación en el diseño de la misma.

Se eligió el esfuerzo combinado de von Mises ya que este criterio al ser combinado toma en cuenta el esfuerzo de tracción como esfuerzo cortante que se ejerza en la pieza, este

criterio describe el comportamiento de metales dúctiles. En la Figura 3-16 se observa que el esfuerzo máximo se genera cerca de la primera chumacera, la cual obtiene un esfuerzo máximo de 116 MPa, este valor es un 85% inferior al límite elástico del material el cual es de 800 MPa, estos datos obtenidos garantizan que el eje no sufrirá ruptura.

Tabla 3.1 Tensión mínima y máxima de von Mises en el eje portaherramientas

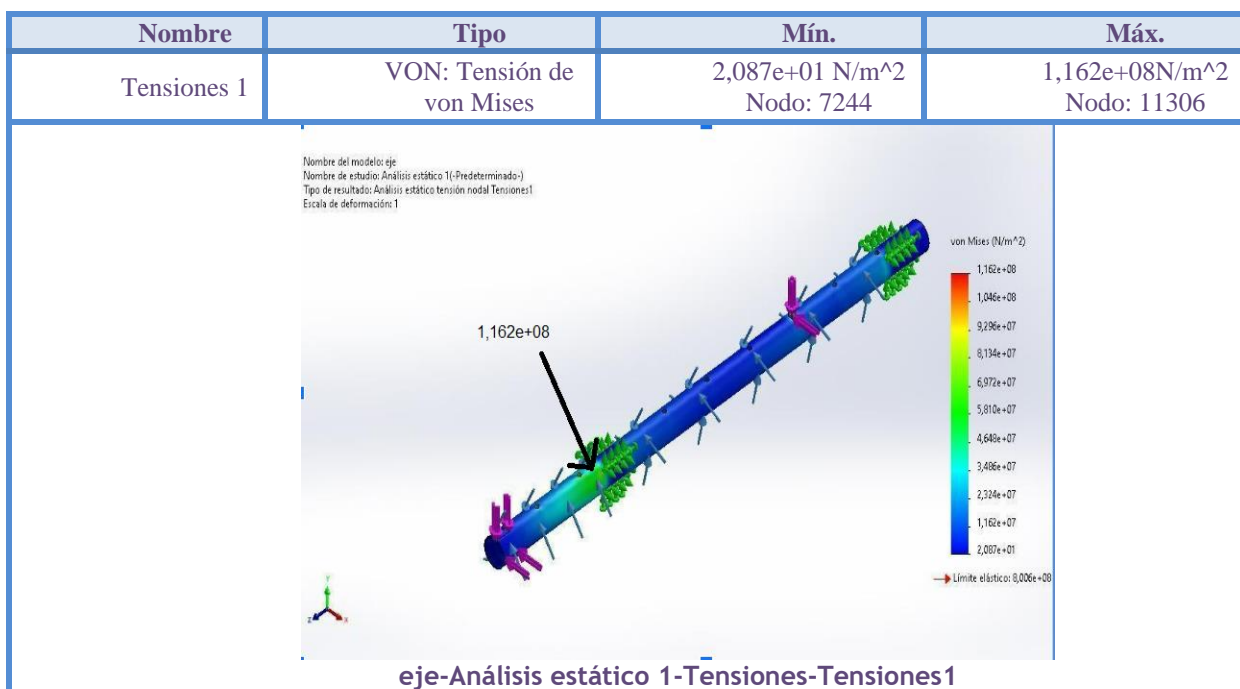


Figura 3-16. Tensión de von Mises en el eje portaherramientas

Fuente: Autores

b). Desplazamiento resultante

Este resultado Figura 3-17 permite analizar el desplazamiento que tendrá el eje al momento de su funcionamiento. Como desplazamiento máximo se tiene un valor de 0.45 mm este se encuentra en la punta donde está la polea, para una precisión moderada se recomienda un límite entre 0.000254 mm/mm longitud y 0.00127 mm/mm, en el cual para este caso 0,45mm/1500mm de longitud se obtiene 0,0003 mm/mm de longitud, como este

máximo desplazamiento no se encuentra dónde va el buril, este valor está dentro de lo esperado.

Tabla 3.2 Desplazamientos resultantes mínimo y máximo en el eje portaherramientas

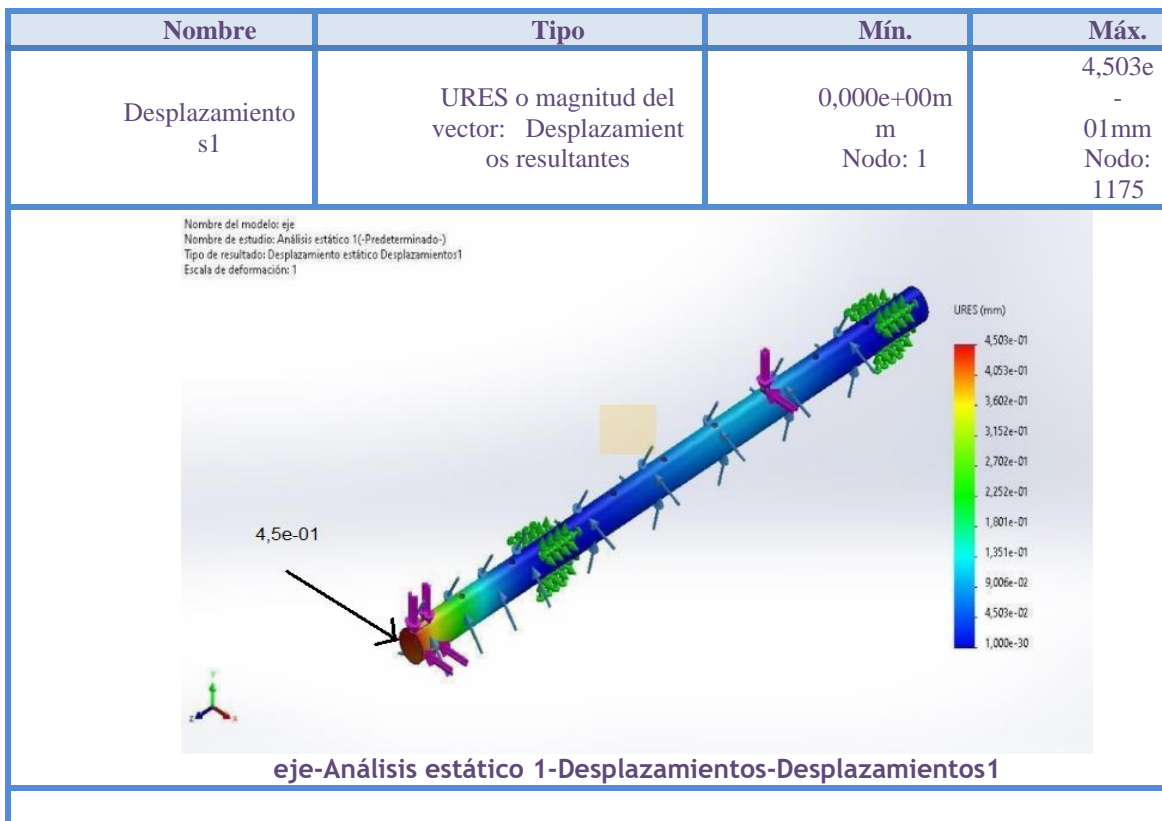


Figura 3-17. Desplazamientos resultantes en el eje portaherramientas

Fuente: Autores

c) Deformación unitaria.

La deformación unitaria es la medida que determina la elongación o deformación que sufrirá la pieza después de ejercer las fuerzas respectivas.

Este análisis Figura 3-18 permite observar la deformación permanente que tendrá la pieza, este valor es adimensional, ya que es el cambio de longitud por unidad de longitud

$\epsilon = \delta / L$. Donde ϵ es la deformación unitaria, δ es la deformación total y L es la longitud inicial.

$$\delta = \epsilon * L = 3,66E-4 * 1500\text{mm} = 0.549\text{mm}$$

observando la gráfica de esfuerzo vs deformación del acero 1340 (anexo 14), se puede analizar que esta deformación se encuentra dentro de la zona elástica, por lo cual el material no sufre deformación permanente. Lo que garantiza un correcto funcionamiento de la pieza.

Tabla 3.3 Deformación unitaria equivalente mínima y máxima en el eje portaherramientas

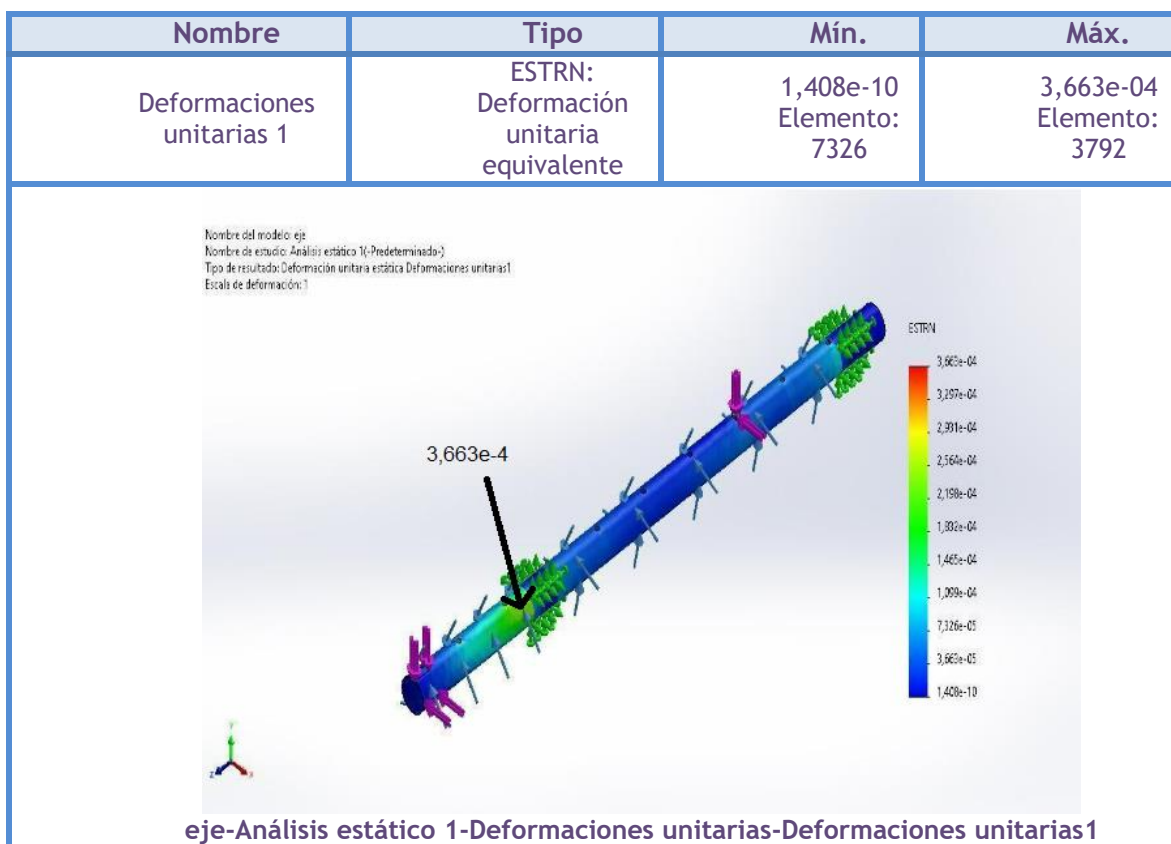


Figura 3-18. Deformación unitaria equivalente en el eje portaherramientas

Fuente: Autores

d) Factor de seguridad.

El factor estático Figura 3-19 permite determinar el rango de fallo que puede soportar la pieza a las fuerzas ejercidas, en el caso del eje, tenemos un factor de seguridad mínimo de 6.89 lo cual es muy alto, sin embargo, como esta pieza está expuesta a cargas fluctuantes, el factor de seguridad lo determina el análisis de fatiga.

Tabla 3.4 Análisis estático mínimo y máximo en el eje portaherramientas

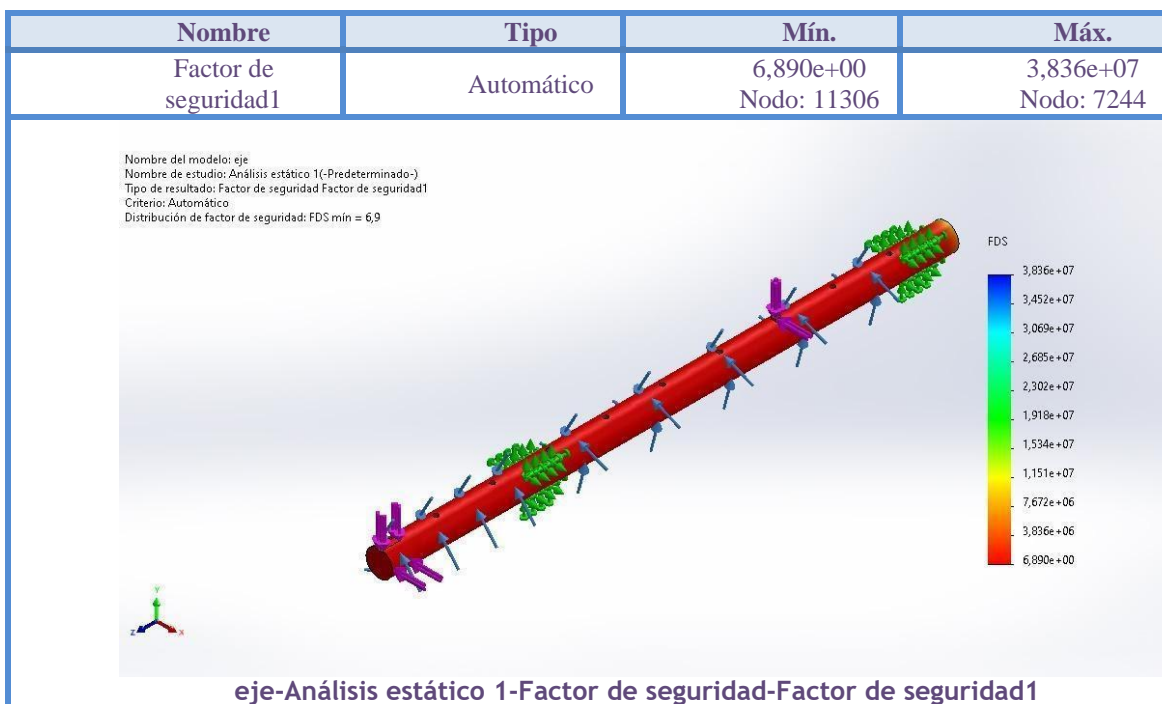


Figura 3-19. Análisis estático en el eje portaherramientas

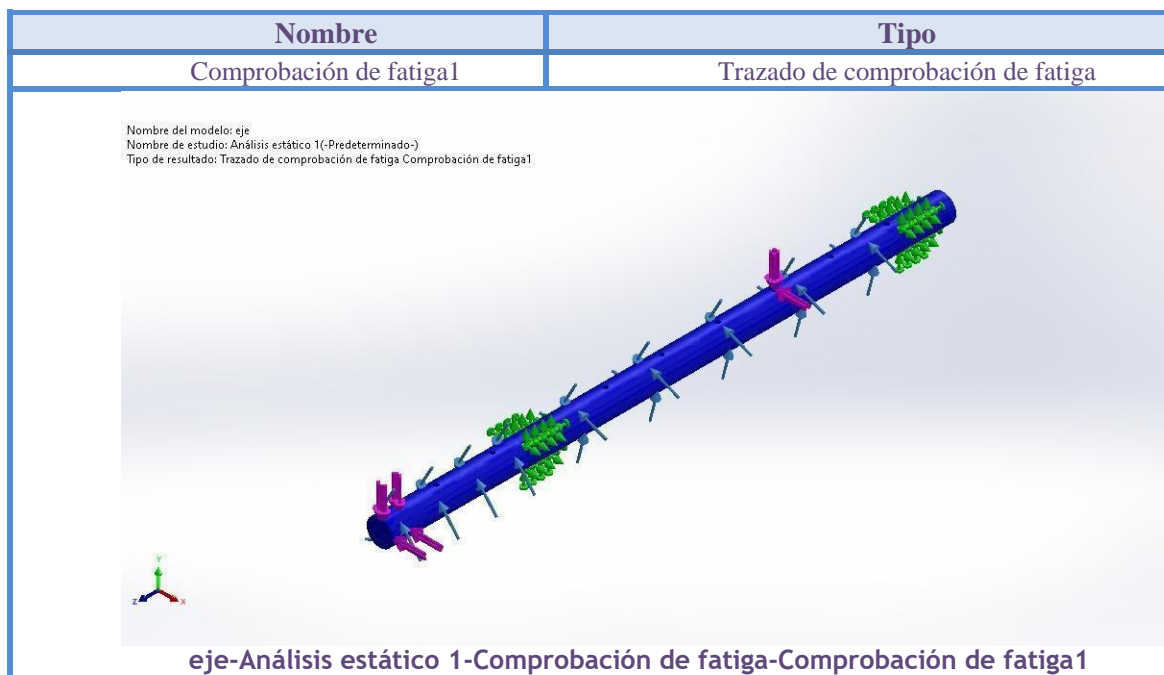
Fuente: Autores

e) Fatiga.

La fatiga Figura 3-20 se genera cuando un material es sometido a cargas que fluctúan, en el caso del eje las cargas fluctúan desde un valor 0 hasta un valor máximo, para el diseño de ejes, la fórmula general, se basa en la energía de distorsión del material, esta teoría se basa en el tipo de cargas fluctuantes.

Para realizar este estudio se debe ingresar el factor de seguridad, en este caso se colocó $N=3$, ya que, revisando el libro de diseño de elementos de máquinas, este dice que, “Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.”. Con lo cual el resultado de este estudio muestra el 100% de la pieza en color azul, lo que indica que todos los nodos de esta pieza se encuentran con un factor de seguridad igual o mayor a $N=3$.

Figura 3-20. Comprobación de fatiga en el eje portaherramientas



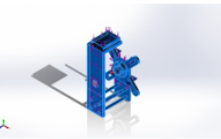
Fuente: Autores

3.5.2 Simulación de la base.

La base es otra parte fundamental de la máquina, para esta simulación se diseñó un solo elemento, donde se tuvo en cuenta las dimensiones donde se presentará mayor esfuerzo al momento de aplicar las cargas.

En este elemento la simulación nos sirvió para determinar los espesores de algunas piezas donde los cálculos son más complicados de realizar de forma tradicional, por lo cual, al realizar la simulación con espesores aproximados por experiencia, se generaba la simulación y si había alguna falla crítica se corregía el espesor de la pieza para así generar el correcto diseño de la estructura.

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1020</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 3,51571e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4,20507e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,29</p> <p>Densidad: 7.900 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7,7e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1,5e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir13)(chumacera base)
Datos de curva:N/A		

Información de malla

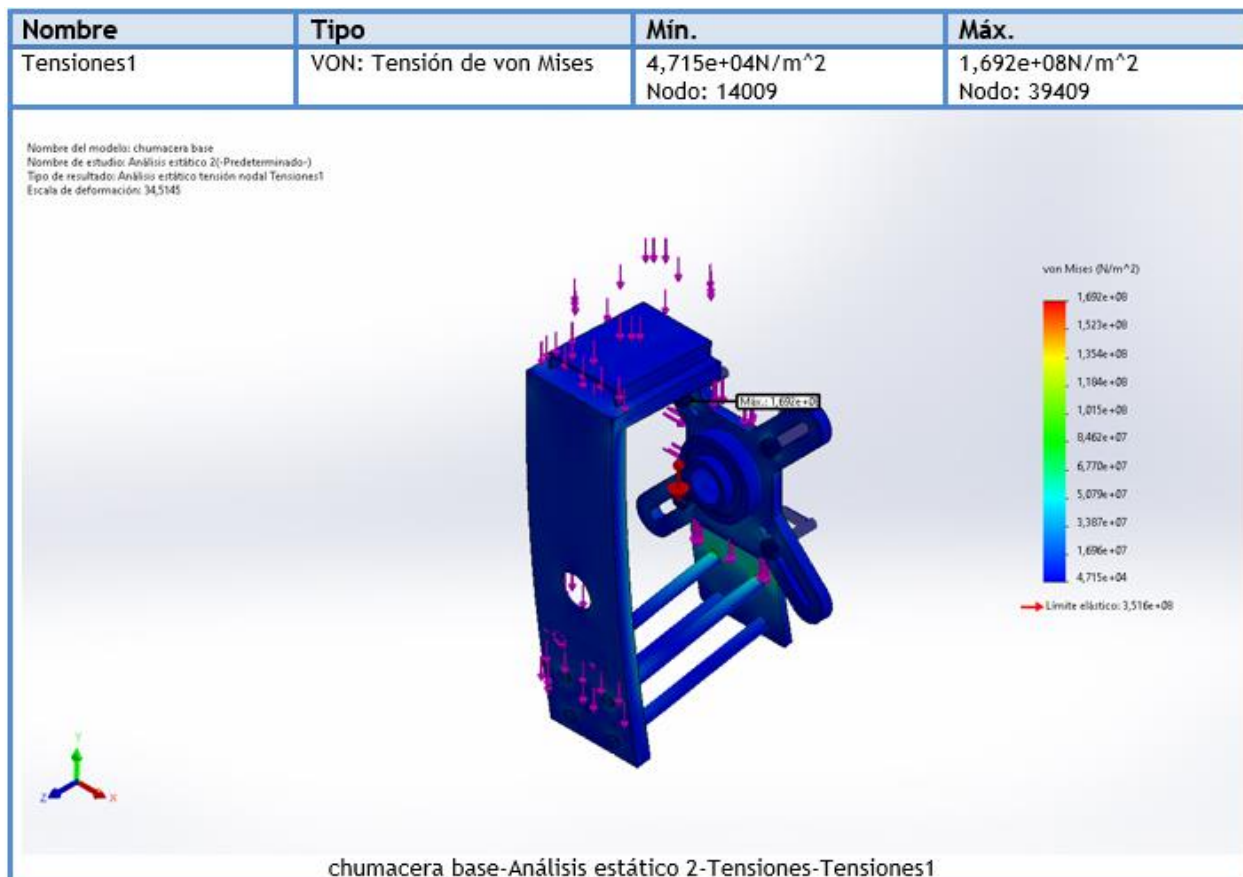
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño máximo de elemento	31,1579 mm
Tamaño mínimo del elemento	5,19397 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	260851
Número total de elementos	159949
Cociente máximo de aspecto	21,344
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	93,8
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0,216
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:30
Nombre de computadora:	

a) Tensión de von mises máximo

En la Figura 3-21 podemos observar que el esfuerzo máximo de la estructura es de 169,2 MPa el cual se encuentra en la planchuela dónde está sujeta la chumacera. Este esfuerzo máximo es aceptable ya que el material tiene un límite elástico de 351 MPa.

Tabla 3.5 Tensión mínima y máxima de von Mises de la base**Figura 3-21.** Tensión de von Mises de la base

Fuente: Autores

b) Desplazamiento resultante

El desplazamiento de la base Figura 3-22 tiene un valor máximo de 2.375 mm en la base del motor, este valor no tiene consecuencias debido a que la longitud de esta base es de 500 mm por lo cual este valor no es crítico para el funcionamiento de la máquina.

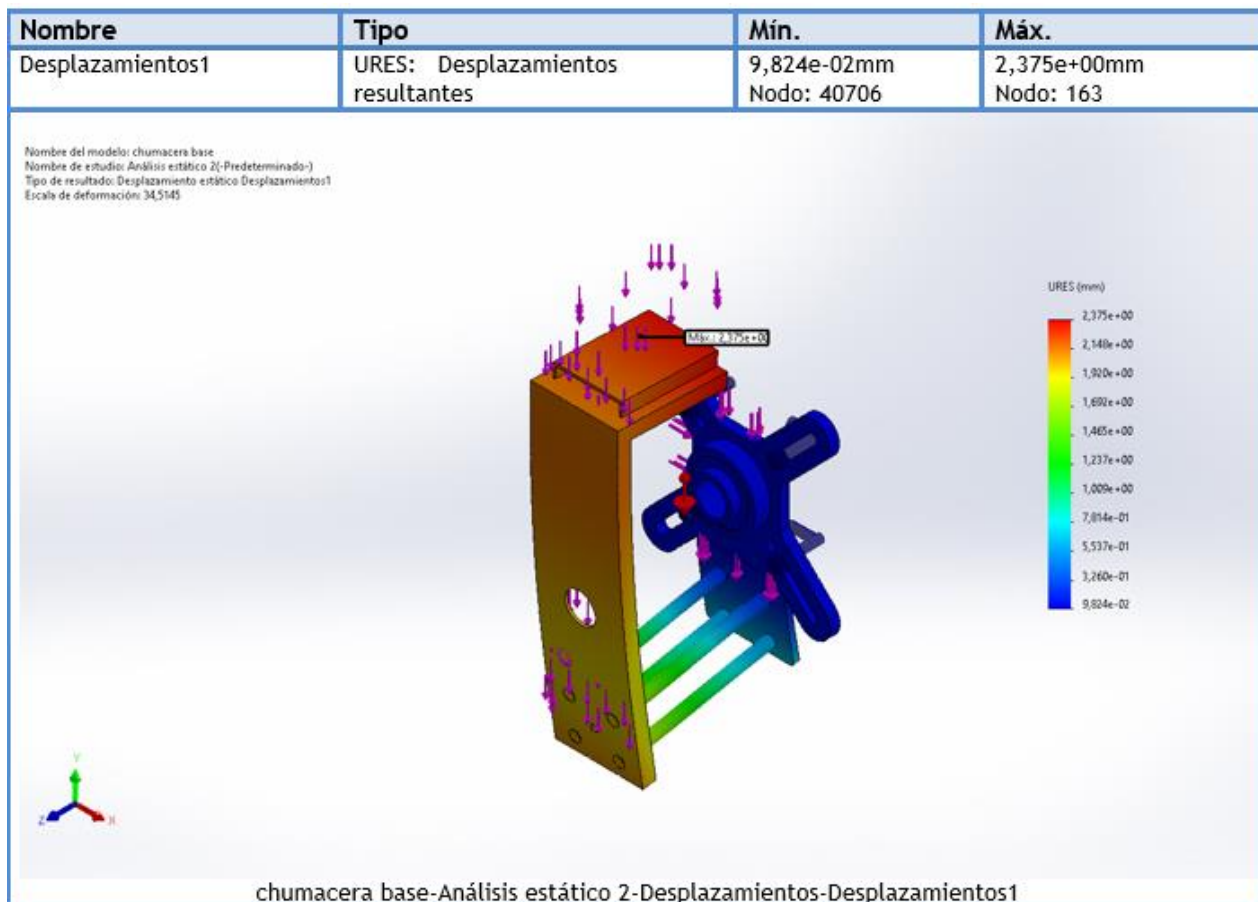
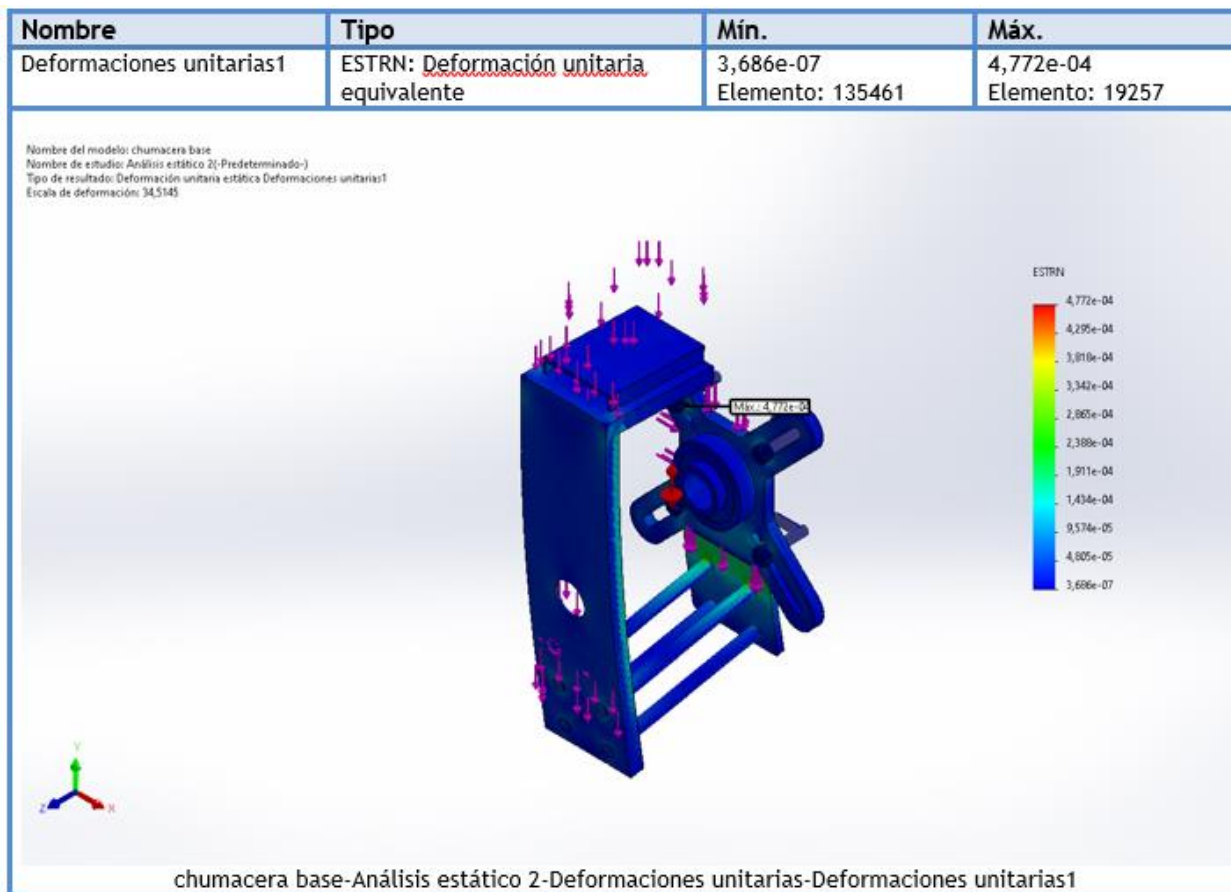


Figura 3-22. Desplazamientos resultantes de la base

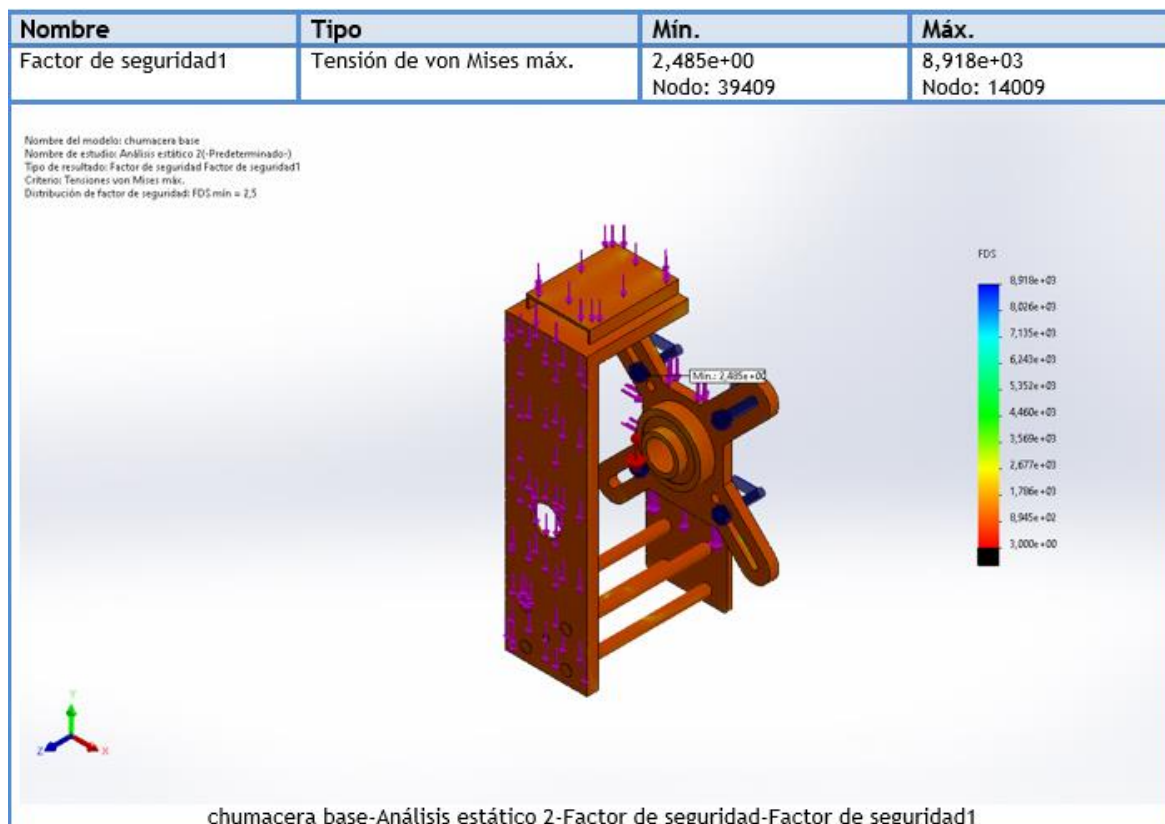
Fuente: Autores

c) Deformación unitaria

La deformación unitaria de la base Figura 3-23, tiene una deformación unitaria máxima de 4.72×10^{-4} y se encuentra en la planchuela sujeta a la chumacera, esto no genera consecuencias críticas para la máquina.

Tabla 3.6 Deformación unitaria equivalente mínima y máxima de la base**Figura 3-23.** Deformación unitaria equivalente de la base*Fuente: Autores***d) Factor de seguridad**

En la Figura 3-24 se muestra que la base tiene un factor de seguridad mínimo de 2.48, este se genera en la zona de soldadura de la chumacera con las orejas de sujeción, al ver la máquina, y la escala de colores, notamos que solo es un nodo el que tiene este valor, el resto de la base se encuentra por encima de 3, lo cual nos garantiza que la máquina funcionara correctamente sin sufrir ningún daño en sus partes.

Tabla 3.7 Factor de seguridad mínimo y máximo de la base**Figura 3-24.** Factor de seguridad de la base

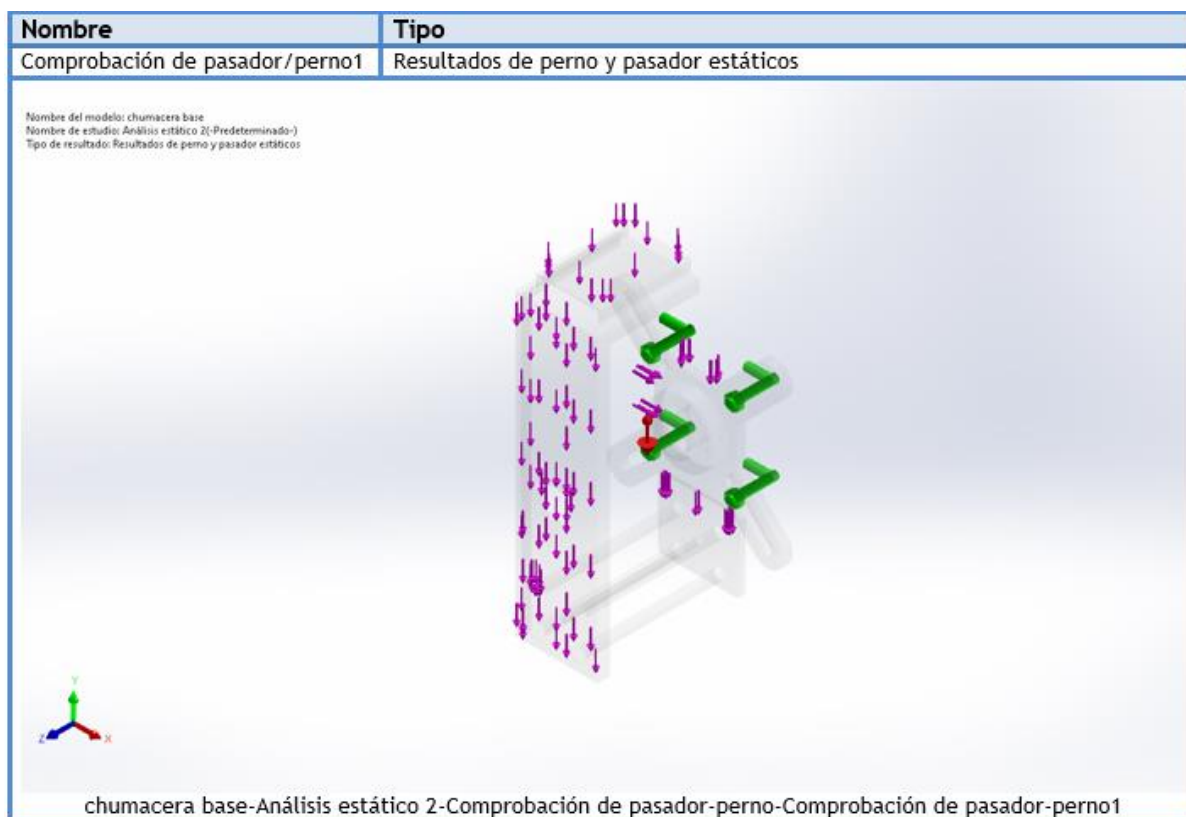
Fuente: Autores

e) Comprobación de pernos

SOLIDWORKS tiene la opción de poder analizar el comportamiento de los tornillos de sujeción, esta herramienta ayuda a calcular de manera certera y fácil, si los pernos soportan las cargas a las cuales serán sometidos, se basan en cálculos de momento flector y esfuerzo cortante, el software calcula automáticamente con las medidas del perno y la resistencia del material utilizado para su fabricación si es seguro o inseguro el perno utilizado, en este caso se escogió 4 tornillos M20 con grado 8.8.

Al ejecutar el análisis del mallado realizado, se determinó un factor de seguridad mínimo de 3, lo cual como podemos observar en Figura 3-25 todos los tornillos de sujeción cumplen con esta condición lo cual nos garantiza que los tornillos resistirán las fuerzas aplicadas. Al ejecutar el análisis del enmallado realizó, se determinó un factor de seguridad mínimo de 3, lo cual como podemos observar en Figura 3-25 todos los tornillos de sujeción cumplen con esta condición lo cual nos garantiza que los tornillos resistirán las fuerzas aplicadas.

Figura 3-25. Comprobación de pasador/perno de la base



Fuente: Autores

3.6 Selección de elementos y equipos.

3.6.1 Motor eléctrico.

El motor a usar es un Siemens de 3 HP de potencia (ver Figura 3-26), el cual ya se encuentra en la empresa y era utilizado en el torno portátil con el cual realizaban los mecanizados de las orejas levantadoras. El cual es obtenido debido a que la potencia necesaria para realizar el corte en este tipo de material es de 2,68 HP, por lo tanto, es un motor ideal tanto para el escenario del corte y para el peso de la máquina.

Figura 3-26. Motor eléctrico Siemens



Fuente: Autores

3.6.2 Chumaceras.

Figura 3-27. Chumacera seleccionada



Fuente: [26]

Se seleccionó una chumacera tipo flanche de 2" se seleccionó esta chumacera ya que al tener 4 agujeros brinda mayor agarre (ver Figura 3-27) y así asegurar que la estructura no se caerá al momento de su funcionamiento, además, el diámetro interior es ideal para que el eje portaherramientas deslice por él.

3.6.3 Correas y poleas.

Figura 3-28. Poleas seleccionadas



Fuente: [27]

Figura 3-29. Correas seleccionadas



Fuente: [28]

Se seleccionó 1 polea de 120mm sección 3V, se seleccionaron 2 poleas con dos diámetros uno con 120mm y el segundo de 380 mm ambos de sección 3V, Las correas son 3V con longitud de 1609 mm.

3.6.4 Ejes guía

En los ejes guías se usó varilla de 1" de diámetro.

Figura 3-30. Eje guía seleccionado



Fuente: [29]

Para los ejes guía se seleccionó 4 ejes de 1" de diámetro y 500 mm de longitud, estos de material AISI 1045.

3.6.5 Tornillo de avance.

Figura 3-31. Tornillo de avance seleccionado



Fuente: [30]

El tornillo de avance es un eje roscado 5/8" rosca UNC de 600mm de longitud grado 5, se elige este grado, debido a que tiene la resistencia suficiente para los esfuerzos que ejerce el peso de la base y también la vibración de la máquina al momento de operarla.

3.6.6 Rodamientos.

Figura 3-32. Rodamientos seleccionados



Fuente: [31]

Se eligió un rodamiento 6901 para sujetar el tornillo de avance a la base soldada a la chumacera para que solo avance la planchuela que sostiene el motor (ver Figura 3-32), que

cuenta con una medida interna de 24 mm, fabricado en acero inoxidable de alta resistencia y calidad.

3.6.7 Tornillos y arandelas

Figura 3-33. Tornillo y arandela seleccionada



Fuente: [32]

Se requieren 8 tornillos de sujeción M20 grado 8.8 con una longitud de 3” estos son los encargados de sostener toda la estructura y garantizar seguridad al operario, se escoge dicho grado debido a que son de alta resistencia a esfuerzos cortantes, ideales para aguantar los esfuerzos generados al momento de trabajar la barrenadora portátil.

3.6.8 Torre de bloqueo

Figura 3-34. Torre de bloque seleccionada



Fuente: [33]

Se selecciona esta torre de bloque con una altura entre 50 a 80 cm, debido a que las alturas de los baldes con los que trabaja la compañía, tienen una altura máxima de 1 metro, por lo tanto, la torre de bloque aproxima el centro de las orejas levantadoras con el eje porta herramientas.

4. Construcción y ensamble.

4.1 Conos centradores.

Para los conos centradores, se seleccionó un eje redondo de 5" de AISI 1045 para realizar las piezas, los planos de los conos centradores (ver Anexo A.8) al área de mecanizado de la empresa.

Este proceso tardó aproximadamente 5 horas para lograr los conos centradores, podría ser menos, pero es necesario tener en cuenta distintas variables y contratiempos que ocurren dentro de la empresa, como lo es la disponibilidad de la máquina para realizar trabajos, la habilidad del operario para realizar trabajos en el torno. Al finalizar las piezas (ver Figura 4-1), se almacenan para el momento en que se va a realizar la prueba total de la máquina.

Figura 4-1. Conos centradores



Fuente: Autores

4.2 Ensamble chumacera y rodamiento.

Mediante pruebas con un eje de 2", se seleccionó de referencia F 209 (ver Figura 4-2) para la chumacera, sin embargo, se debió sustituir el rodamiento esto es debido a que el eje portaherramientas entraba a presión con la referencia antes mencionada, esto no es útil ya que el eje se está ensamblando constantemente y deberá deslizarse suavemente sobre el rodamiento para no sufrir un desgaste, ni el operario de la máquina requiera hacer mucha fuerza para que avance el eje, y el operario pueda manipular el montaje fácilmente para las distintas etapas de funcionamiento de la barrenadora portátil.

Figura 4-2. Chumacera de flanche F209



Fuente: Autores

Con respecto al rodamiento, se ensambló la referencia más adecuada para este tipo de chumaceras, la cual es UC209-32 (ver Figura 4-3), el diámetro interno del rodamiento tiene una tolerancia de 1.5 mm de más para lograr que el eje no entre a presión y quede correctamente ajustado en la chumacera, este rodamiento se ensambló con ayuda de una prensa hidráulica y un soplete para calentar la pieza y dilatar el material de esta manera el rodamiento entra de manera más suave. Una vez las dos chumaceras ensambladas, se ubica

la primera en la base la cual será la encargada de soportar la mayor carga, y la segunda en el soporte móvil la cual se encargará de mantener el eje recto y dejar desplazar el eje la transmisión y el motor

Figura 4-3. Rodamiento UC209-32



Fuente: Autores

4.3 Eje porta herramientas.

En primera instancia, se utilizó un tramo de eje redondo de 2" AISI 1340 con el cual contaba la empresa en el inventario de materia prima, este tiene una longitud de 6000 mm se pasó a la máquina de corte que utiliza una sierra sin fin y se cortó a la medida específica de 1500 mm, posteriormente se llevó el eje a la zona de mecanizado donde se realizó el refrentado y el cilindrado, esto para quitar impurezas rugosas del material.

Una vez se realizado el acabado de la pieza, se taladran los agujeros para los prisioneros y para los buriles, los cuales se realizaron con un taladro de arbol y una broca de 3/8" para los buriles el cual era pasante, y una broca de 1/4" para los prisioneros los cuales

posteriormente con un machuelo 5/16" se realizó rosca al eje el cual solo es hasta la mitad del eje donde va a realizar la función de presionar el buril y este no se suelte.

En una de las puntas se redujo el eje a 1.9in para que la polea entre de manera correcta y con ayuda de una fresadora se mecaniza el chavetero de cuña cuadrada.

El eje se probó con la medida de los rodamientos de las chumaceras y también con el diámetro de los ejes centradores, una vez verificado que estos encajen de la manera correcta, limpiamos la pieza y retiramos viruta que pueda causar cortes (ver Figura 4-4).

Figura 4-4. Eje portaherramientas mecanizado



Fuente: Autores

Luego de tener la pieza completamente mecanizada, se lleva a un tratamiento de templeado en aceite a 1000°F OQT 1000, para darle las propiedades mecánicas con las que se realizaron los cálculos, y así garantizar el correcto funcionamiento de la máquina.

4.4 Base y chumacera.

4.4.1 Ensamble chumacera y aletas.

Para el ensamble de las chumaceras con las aletas, es necesario tener en cuenta que no se puede realizar una soldadura entre estos dos materiales diferentes como lo son la fundición gris y el acero SAE 1020, por lo tanto, se realizó una calza para la chumacera en

lámina HR de ½” pulgada, siguiendo la forma y la distancia entre centros de la chumacera, los cuales fue necesario el uso de un pantógrafo y oxicorte, se realizó una plantilla en cartón y luego se cortó el material, esto para evitar pérdidas de material o fallas en las medidas, luego con ayuda de un esmeril angular se retiró viruta y residuos del corte, para dejar la pieza limpia y con un acabado liso. Del mismo modo se cortaron las aletas con oxicorte y se retiró las impurezas del corte y se soldaron a la calza con soldadura mig, posteriormente se unieron las chumaceras y calzas con tornillos 5/8” grado 8 y tuercas (ver Figura 4-5).

Figura 4-5. Chumacera y aletas



Fuente: Autores

4.4.2 Ejes guías y placas.

Con los planos de las aletas, y ya al haber realizado la simulación, se cortaron las piezas con sus respectivas medidas, estas se dejan listas para poder soldarlas a la chumacera, se fabricaron 8 aletas en acero AISI 1018 (cold rolled).

De la misma manera, con los planos de la base ya diseñados, se cortaron las planchuelas con sus respectivas medidas en acero AISI 1018 (cold rolled), los ejes guía en acero AISI 1020, en una de las planchuelas se realizaron 4 agujeros con una broca de 1” en

los cuales se soldó con mig los ejes guías a la planchuela esto para que los ejes tengan mejor resistencia y no se desoldan, se insertó un rodamiento el cual se soldó a la planchuela en la parte externa, este rodamiento tiene soldada la varilla roscada en la parte interna encargada del avance. A la segunda planchuela se le realizaron 4 agujeros con las medidas que se utilizaron en la simulación con broca 1” estos agujeros son los encargados de mantener la base del motor y permitir que este se deslice sobre los ejes guía, se realizó otro agujero en medio de los ejes este con medida de $\frac{3}{4}$ para no tener obstrucciones de funcionamiento, el cual se le soldó una tuerca de manera que cuando la varilla roscada gire, la planchuela se mueva para delante o para atrás sobre los ejes guía, para que la varilla no se salga de la chumacera fija, se colocaron dos topes para que la varilla no se salga de la planchuela, y así no tener problemas al momento de utilizar la máquina y genere mayor seguridad al operario.

4.4.3 Base de motor

Para la base del motor, se realizó un corte en una lámina HR de $\frac{1}{4}$ ” de espesor, el corte se realizó en una máquina de corte plasma CNC, la cual se realizó con unas pestañas que se doblaron con una dobladora hidráulica para no realizar soldaduras de más, la base quedó de una anchura de 200 mm y se le realizó un agujero concéntrico con oxicorte al agujero de la chumacera para ayudar con el centro del eje porta herramientas además de los conos centradores, se realizaron las pruebas con puntos de soldadura para probar la altura del agujero de la base, al igual que con el dobles y los puntos que se ensambla la base con el motor para probar la misma línea vertical de las poleas (ver Figura 4-6), finalmente se mecanizan las poleas y es necesario tener en cuenta que el eje portaherramientas se desliza con las chumaceras para poder realizar el avance.

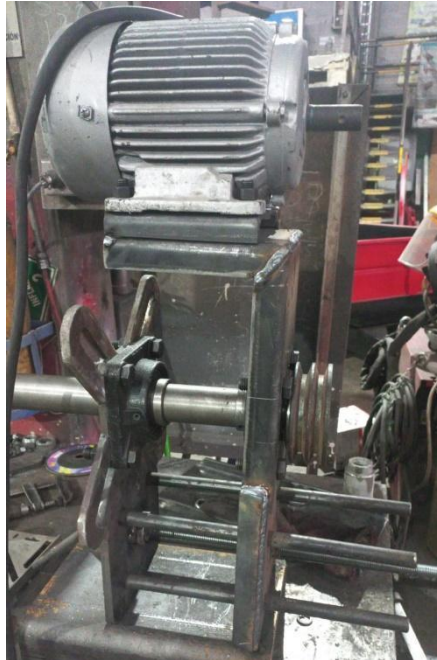
Figura 4-6. Base motor con doblez



Fuente: Autores

A la placa se le agregó una chumacera para que el eje portaherramientas no genere un juego en el momento de ensamblar las poleas y las correas, esta base no genera demasiado peso en la estructura final, debido a el espesor de la lámina y las “pestañas” que se realizaron con los dobleces generan gran resistencia, la base inferior sirvió para centrar el eje portaherramientas y alinear los ejes guías al igual que terminar las soldaduras de toda la estructura (ver Figura 4.7).

Figura 4.7. Ensamble total de la base



5. Puesta a punto

Se realizó la prueba de la barrenadora portátil, teniendo en cuenta la rigidez de la base y además el correcto funcionamiento del eje portaherramientas (ver Video 1), con el fin de poder ajustar y soldar la máquina a los elementos los cuales se van a mecanizar como lo son las orejas levantadoras de los baldes de las excavadoras. Una vez se ensamblan las poleas y el motor en la base, se realiza el encendido del motor y con esto aseguramos que los rodamientos estén en buen estado y además que el eje portaherramientas esté totalmente centrado.

La barrenadora portátil se probó solo con una correa para verificar el estado de los rodamientos y además el deslizamiento del eje portaherramientas en las chumaceras (ver

Figura 5-2), la puesta a punto se realizó ensamblando con una base en la parte inferior como se mencionó anteriormente, se hicieron pruebas con un eje de solo 500 mm para hacer el alineamiento de la máquina, para que posteriormente se corte y se mecanice el eje portaherramientas de 1500 mm.

Figura 5-2. Puesta a punto barrenadora portátil



Fuente: Autores

Es necesario saber la importancia de los conos centradores, debido a que es la pieza principal para alinear el eje, evitando tiempos muertos y reprocesos con respecto a la

soldadura cuando se realiza este trabajo sin estas piezas, una vez teniendo esto claro se realizaron los siguientes pasos para el montaje de la máquina:

- Se traslada la máquina sin el motor en la base, esto reducirá en gran magnitud el peso de esta misma y con ayuda de otra persona, se ubicó la barrenadora a una altura aproximada al centro de las orejas levantadoras, soportando en una torre de bloqueo.
- Se ensambló el motor a la base, al igual que las poleas y las correas, posteriormente, con ayuda de los conos centradores, se ubicó el eje portaherramientas hasta lograr concetricidad entre el agujero de las orejas levantadas y el eje, una vez realizado esto, se realizó los puntos de soldadura entre la placa de la chumacera y el balde.
- Los tornillos de sujeción se soldaron a la superficie del balde y las orejas levantadoras, quedando así la barrenadora portátil con gran rigidez y centrada, posteriormente, se desajusta el eje de las chumaceras y la polea, para así retirar los conos centradores y de nuevo, ensamblar el eje portaherramientas
- Una vez estaba la máquina lista para operar, se avanza el eje con ayuda del tornillo sin fin, para lograr un roce del buril con la superficie interna del agujero de las orejas levantadoras, se encendió el motor y se acerca el buril hasta arrancar poca viruta, con esto se evitó accidentes con el operario y la máquina, una vez esto, se realiza el trabajo de mandrinado en cada una de las orejas levantadoras.

- Se analizó el acabado de este proceso y se concluyó con satisfacción que la barrenadora portátil cumple con las funciones requeridas.

Al momento de finalizar la prueba, se siguió los mismos pasos que el montaje, en este caso, sí es necesario realizarlo con dos operarios, debido a la rigidez que genera la soldadura en los puntos de ensamble entre la barrenadora y el balde, retirando la soldadura con una pulidora para posteriormente poder bajar la máquina al suelo o llevarla directamente al lugar donde se almacena.

Con respecto a los pasos que se siguieron para el montaje de la máquina, se tomaron en cuenta para realizar el manual de usuario (ver Anexos), el cual debe ser revisado antes de realizar dicho montaje. En la puesta a punto, se pudo analizar que el peso del implemento es mucho menor (llegando a la mitad) del torno portátil con el que contaba la compañía, también que se redujo el tiempo de operación en un 57%, teniendo en cuenta desde el transporte de la máquina hasta el acabado final del proceso de mandrinado, se reduce aproximadamente 4 horas de trabajo, esto es importante debido a que se logra el requerimiento de la compañía, generando así, más ganancias y garantía con respecto al cumplimiento que se realizan.

Cuando se realizó el desmontaje de la máquina, se pudo evidenciar que es necesario realizar la respectiva lubricación de las partes mecánicas motrices de la barrenadora portátil, esto para evitar desgastes en rodamientos y ejes, también, beneficia el resultado obtenido y evita accidentes a largo plazo con los esfuerzos cortantes que genera el buril al momento de retirar la viruta.

6. Análisis y recomendaciones

Es necesario tener en cuenta que el motor con el que cuenta INAMEC es de baja potencia y poco peso, por lo tanto, la estructura de la base de la barrenadora es suficiente para soportar el peso de este mismo durante el momento de operación, esto lo determinamos con ayuda de la simulación realizada en *SolidWorks* en los cuales se agrega la masa del motor en el diseño realizado, en el cual los resultados fueron satisfactorios. Las aletas adaptadas a las chumaceras, permiten ubicar de manera horizontal los pernos de sujeción, es decir, facilita el momento de realizar la soldadura en la calza de la chumacera y en el balde, evitando esfuerzos de flexión elevados comparándolas con una ubicación diagonal de los pernos, también al insertar estas aletas permitimos variar la ubicación de los pernos de sujeción lo cual es favorable cuando se necesita maquinar una pieza de mayor o menor tamaño.

Se tienen en cuenta 3 longitudes para el eje portaherramientas, entre estas medidas están los ejes de 1.5 metros de longitud, 1 metro de longitud y 50 cm de longitud, todos contando con un diámetro de 2", en la mayoría de los casos, se requiere del eje portaherramientas de un metro de longitud, debido a que los baldes de las excavadoras y los cargadores no son demasiado grandes, dentro de la empresa se manejan excavadoras y cargadores más comunes que son de categoría 2 (REXI-3, REXI 4 y CFI-4), que tienen una medida entre centros de las orejas levantadoras de menos de un metro de distancia, el eje portaherramientas de 50 cm de longitud se usa para estos mismos implementos de categoría 1.

Es prioritario que el operario lea el manual de usuario antes de hacer uso de la máquina, se debe de realizar la instalación con mínimo dos personas, para evitar accidentes en el personal y, además, realizar una mejor instalación al momento de centrar el eje y la máquina, tenga en cuenta que puede trasladar solo la base del equipo sin ubicar el motor, las chumaceras y el eje porta herramientas. Otras recomendaciones para el operario, se encontrarán en el manual de usuario, al igual que el mantenimiento de la barrenadora portátil y el ensamble de esta misma.

Se pudo analizar la importancia de la elección del buril, esto es debido a que, si consideramos la velocidad del eje, la mejor opción es realizar el mandrinado con un buril con punta para roscar, con esto el operario se evita la tarea de realizar el cambio de esta herramienta con respecto al sentido (izquierda o derecha) con el que se desea realizar el trabajo, se recomienda el uso de buriles de tungsteno con filo para roscar cuando el eje gira a alta revoluciones por minuto, y los buriles en acero rápido se recomiendan usarlos para revoluciones bajas.

Con respecto al mantenimiento de la máquina, se recomienda lubricar las partes mecánicas con movimiento a través de los puntos de engrase cada 24 horas, ya que la forma más sencilla de extender la vida útil de la barrenadora portátil y evitar interrupciones durante el mecanizado, es realizar una lubricación de forma adecuada, también, los buriles deben de ser constantemente afilados o reemplazados para evitar quiebres en el eje portaherramientas y obtener trabajos de mayor calidad.

Después de haber realizado la simulación, la construcción, puesta a punto y funcionamiento de la máquina, se evidencio un correcto funcionamiento de esta, donde

evidenciamos que los cálculos realizados fueron los correctos, la simulación nos permitió pronosticar el comportamiento de las piezas al momento de ejercer las fuerzas tanto de corte como de reacción y la masa de la estructura con el motor. con lo cual comprobamos que la máquina tendrá un funcionamiento correcto y resistirá correctamente los esfuerzos máximos.

Conclusiones

- Se analizó el procedimiento necesario de diseño mecánico para lograr una acertada selección de material y medidas de piezas, generando así confianza al propietario de la máquina al momento de adquirirla, con respecto a esto, se verifica que el diámetro del eje es más que suficiente para realizar la labor de barrenado o mandrinado en las orejas levantadas, también teniendo en cuenta que el diámetro de los agujeros de las orejas disminuyen con respecto a las categorías de los equipos antes mencionados en el capítulo 6.
- Se estudió los resultados obtenidos en las simulaciones de cada pieza, obteniendo resultados de esfuerzos y deformaciones por debajo de los límites, un ejemplo claro es la deformación unitaria en la base con un valor de 4.72×10^{-4} que puede ser despreciado debido a su valor cerca al cero, también se tiene en cuenta la tensión de Von Mises generada en el eje porta herramientas, la cual su valor máximo es de 116 MPa y el material tiene un límite elástico de 800 MPa. La simulación fue esencial para la fabricación de la máquina, al momento de realizar ensayos de prueba y error y elevar los costos y tiempos de fabricación del proyecto.
- Se utilizaron las fórmulas, cálculos y diseños aprendidos durante la carrera con el fin de garantizar y demostrar de manera práctica la forma correcta de aplicarlos y así demostrar que estos cálculos nos generan confianza al realizar cualquier tipo de diseño, tanto para una máquina como una estructura.
- Con la simulación y cálculos realizados se puede garantizar de manera certera que la máquina tendrá un funcionamiento correcto, y con los mantenimientos necesarios y el uso correcto la máquina tendrá una vida útil bastante larga sin que esta genere

inseguridad al operario, debido a que los materiales utilizados fueron de buena calidad y nuevos, ya que los materiales usados suelen tener fracturas en su estructura lo que genera que el material se fracture con el uso en poco tiempo y puede causar un accidente.

Referencias.

- [1] F. Mayta Nina y E. Ancalla Ayma, «Diseño de prototipo de barrenadora portátil para mejorar el proceso de barrenado en la empresa RESEJAVIERSEIRI-Arequipa,» Arequipa, 2019.
- [2] E. Hernández China, «Diseño de una mandrinadora portátil,» Santa Cruz de Tenerife.
- [3] S. J. Paz Vigo, «Diseño y fabricación de un refrentador portátil para trabajos insitu en maquinaria pesada en la empresa ESCO Perú,» Cajamarca, 2017.
- [4] «DISEÑO DE MAQUINA MANDRINADORA PORTÁTIL, LIGERA Y DE FÁCIL MONTAJE, PARA MECANIZADO AGUJEROS DE DIAMETROS 60MM HASTA 500MM,» Trujillo, 2018.
- [5] Davon, «Davon Company,» Davon, 2021. [En línea]. Available: <https://davoncompany.com/es>. [Último acceso: Enero 2021].
- [6] A. L. Casillas, MÁQUINAS Cálculos de taller.
- [7] MaucoTools, «MaucoTools,» 2021. [En línea]. Available: <https://maucotools.com/es/>. [Último acceso: 2021].
- [8] W. Ordoñez, «OLX,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.olx.com.co/item/torno-portatil-iid-1108031900>. [Último acceso: Enero 2021].
- [9] L. Shenzhen DTH Machines Co., «Alibaba,» Shenzhen DTH Machines Co., Ltd., 2021. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/tdh-tdg60-portable-machines-boring-and-barrenadora-portatil-china-60784793040.html>. [Último acceso: Enero 2021].
- [10] J. R. WALKER y B. DIXON, Machining Fundamentals, vol. Decima edición, The Goodheart-Wilcox, Company.
- [11] Climax, «Climax Portable,» Climax, 2019. [En línea]. Available: <https://www.climaxportable.com/>. [Último acceso: 2021].
- [12] A. Casillas, «Velocidades y avances,» de *MAQUINAS CALCULOS DE TALLER*, pp. 592-594.
- [13] MANUFACTURAS LOZANO, «Procesos y Manufacturas,» MANUFACTURAS LOZANO, 3 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://procesosymanufacturas.com.mx/mnadrinado-o-mandrillado/>. [Último acceso: 2021].
- [14] A. Dexmack, «slideshare,» 10 Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/DEXMACK/mandrinado>. [Último acceso: 2021].
- [15] R. HIBBELER, «ESFUERZO,» de *MECÁNICA DE MATERIALES*, vol. Octava edición, PEARSON, 2011, pp. 22-46.
- [16] R. Hibbeler, Mecánica de materiales, Octava edición ed., Pearson.

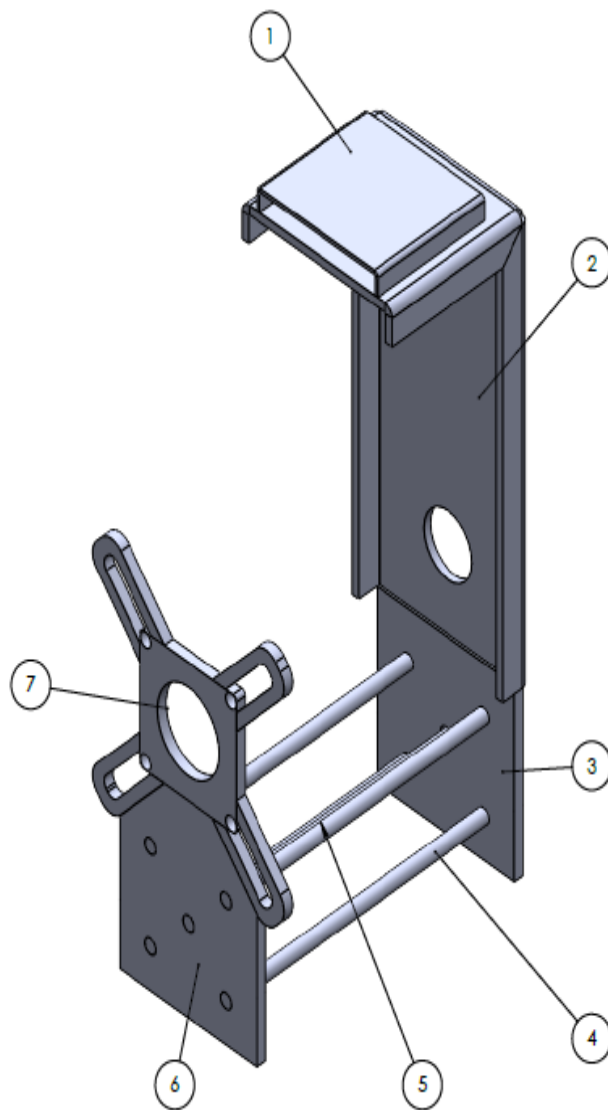
- [17] R. HIBBELER, «Flexión,» de *MECÁNICA DE MATERIALES*, PEARSON, 2011, pp. 255-262.
- [18] R. HIBBELER, «FLEXIÓN,» de *Mecánica de materiales*, Octava ed., 2011, p. 258.
- [19] R. L. MOTT, «Diseño de ejes,» de *Diseño de elementos de maquinas*, Cuarta ed., Pearson, 2006, pp. 530-562.
- [20] R. L. MOTT, «Diseño para diferentes tipos de cargas,» de *Diseño de elementos de maquinas*, Cuarta ed., Pearson, 2006, pp. 190-191.
- [21] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, de *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Octava ed., McGraw-Hill, 2008, p. 914.
- [22] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, de *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Octava ed., Mc Graw Hill, 2008, pp. 935, 952-953.
- [23] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, de *Diseño en ingeniería mecánica de Shigly*, Octava ed., Mc Graw Hill, 2008, p. 934.
- [24] Intermec, «Intermec.com.co,» 2021. [En línea]. Available: https://www.intermec.com.co/pdf/Catalogo_productos_Intermec.pdf. [Último acceso: Septiembre 2021].
- [25] R. L. Mott, de *Diseño de elementos de máquinas*, Cuarta ed., Pearson, 2006, pp. 268-272.
- [26] O. Tovar, «Mercado Libre,» 2021. [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-809555171-ucf211-32-cgt-2-chumacera-flanche-para-eje-de-2-pulgadas-_JM?matt_tool=70147493&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14633851809&matt_ad_group_id=122277564930&matt_match_type=&matt_network=g&mat. [Último acceso: Septiembre 2021].
- [27] Poleas & Mangueras, «Poleas & Mangueras,» 2021. [En línea]. Available: http://polmangueras.com/index.php?main_page=index&cPath=151_152_175_166_168. [Último acceso: Septiembre 2021].
- [28] Walmart, «Walmart,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.walmart.com/ip/A58-Type-Rubber-Machine-Transmission-Band-Drive-Vee-V-Belt-58-x-1-2-Black/120609579>. [Último acceso: Septiembre 2021].
- [29] BRICO DEPOT, «BRICO DEPOT es lo tuyo,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.bricodepot.es/varilla-redonda-108923>. [Último acceso: Septiembre 2021].
- [30] Ferreteria Industrial, «Mercado Libre,» Ferreteria industrial, 2021. [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.uy/MLU-465982852-varilla-roscada-zinc-unc-14-ryc-tornillos-10-unidades-_JM. [Último acceso: Septiembre 2021].
- [31] REP XPERT, «REXPERT,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.repxpert.mx/es-mx/products>. [Último acceso: Septiembre 2021].
- [32] Ardisa, «ARDISA,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.ardisa.com/accesorios-drywall/tornillo-con-tuerca-y-arandela>. [Último acceso: Septiembre 2021].

[33] Comercializadora D&M, «Mercadolibre,» Comercializadora D&M, 2021. [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-540414780-2-unidades-torre-de-bloqueo-6-toneladas-automotriz-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=c53ec00c-7bd5-4687-9bee-0aefe2213611. [Último acceso: 2021].

Anexos

A. Planos de la barrenadora portátil en SolidWorks

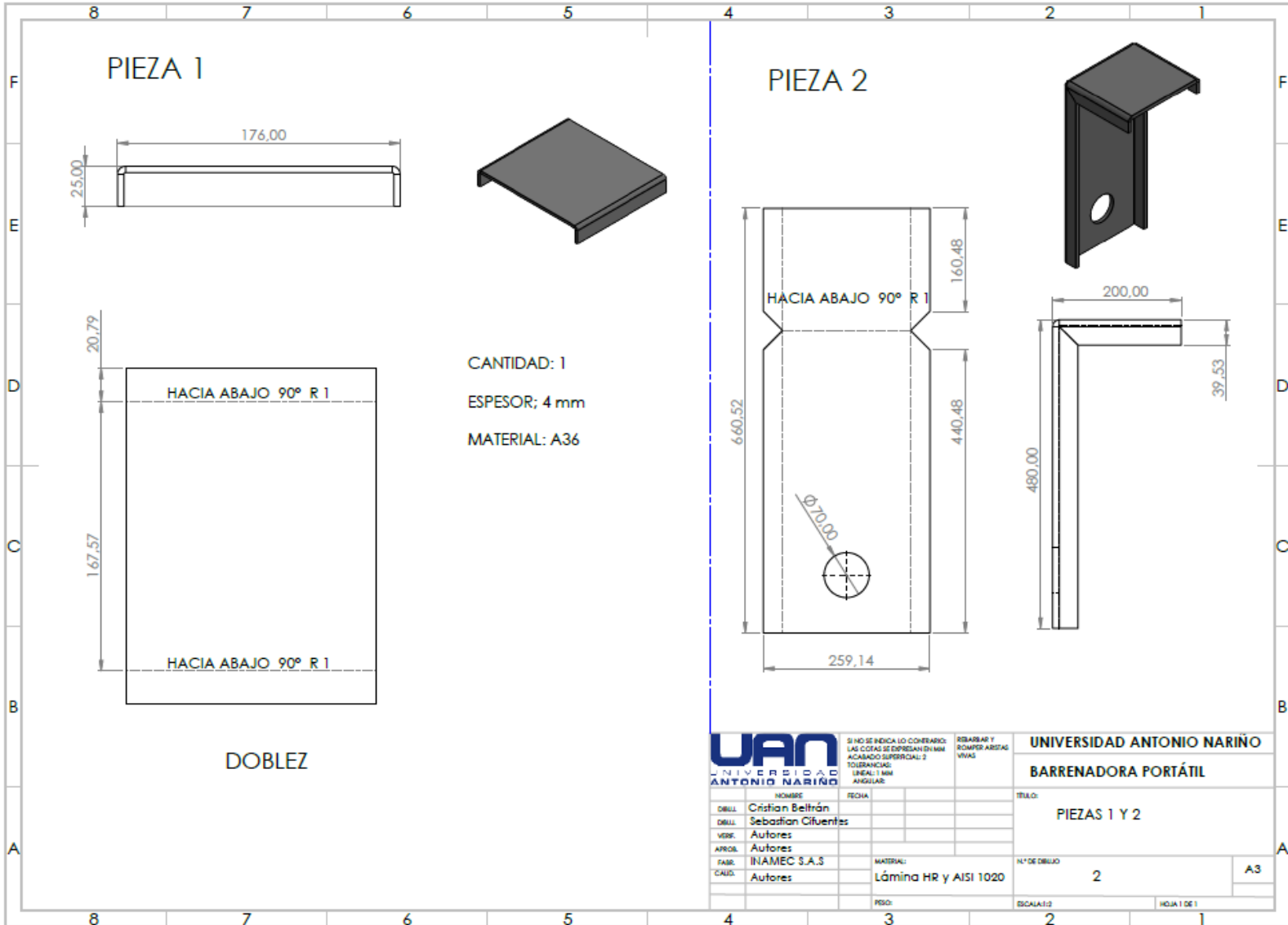
A.1 Plano base y chumacera 1



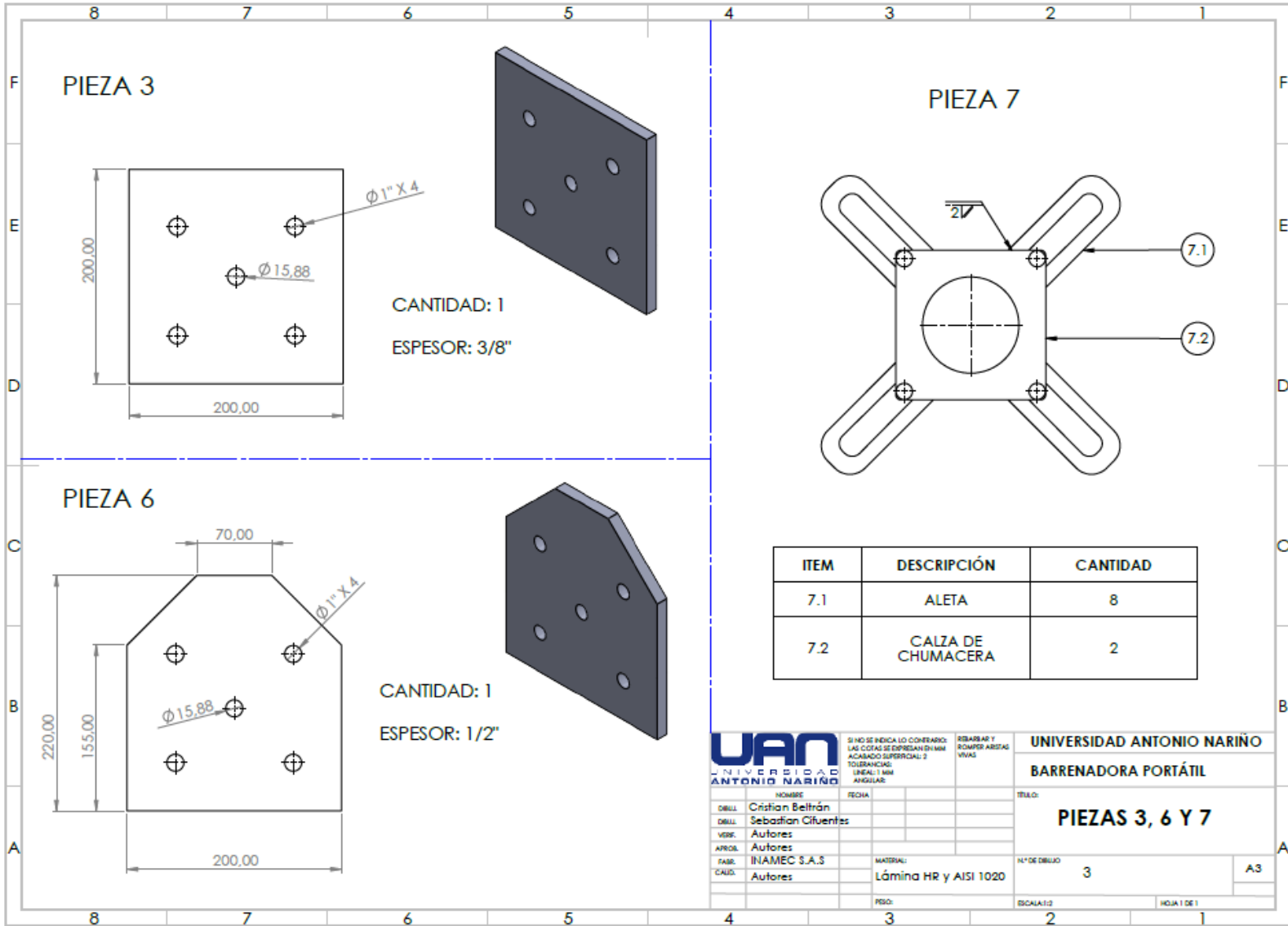
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	PLACA BASE DE MOTOR	1
2	DOBLEZ PARA BASE DE MOTOR	1
3	PLACA SOPORTE BASE	1
4	EJE DE 1" X 392 mm	4
5	TORNILLO DE AVANCE DE 3/8" X 400 mm	1
6	PLACA SOPORTE CHUMACERA	1
7	PLACA SOPORTE ALETAS	2

		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: 2 TOLERANCIAS: LINEAL: ± 0.1 mm ANGULAR:	DESARROLAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO BARRENADORA PORTÁTIL
NOMBRE: CRISTIAN BELTRÁN	FECHA:	TÍTULO: ENSAMBLE BASE		
DIBUJÓ: SEBASTIÁN CIFUENTES				
VESICÓ: AUTORES				
APROBÓ: AUTORES				
FABR.: INAMEC S.A.S	MATERIAL: Lámina HR y AISI 1020	N° DE DIBUJO: 1	A3	
CALIF.: AUTORES	PESO:	ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1	

A.2 Plano piezas base motor y doblez



A.3 Plano placas y calza de chumacera



UAN
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

SINO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE DIBUJAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL: 2
TOLERANCIAS:
LINEAL: 1 MM
ANGULAR:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
BARRENADORA PORTÁTIL

TÍTULO:
PIEZAS 3, 6 Y 7

NOMBRE: _____ FECHA: _____
DIBUJ: Cristian Beltrán
DIBUJ: Sebastian Cifuentes
VERB: Autores
APROB: Autores
FABR: INAMEC S.A.S
CALIB: Autores

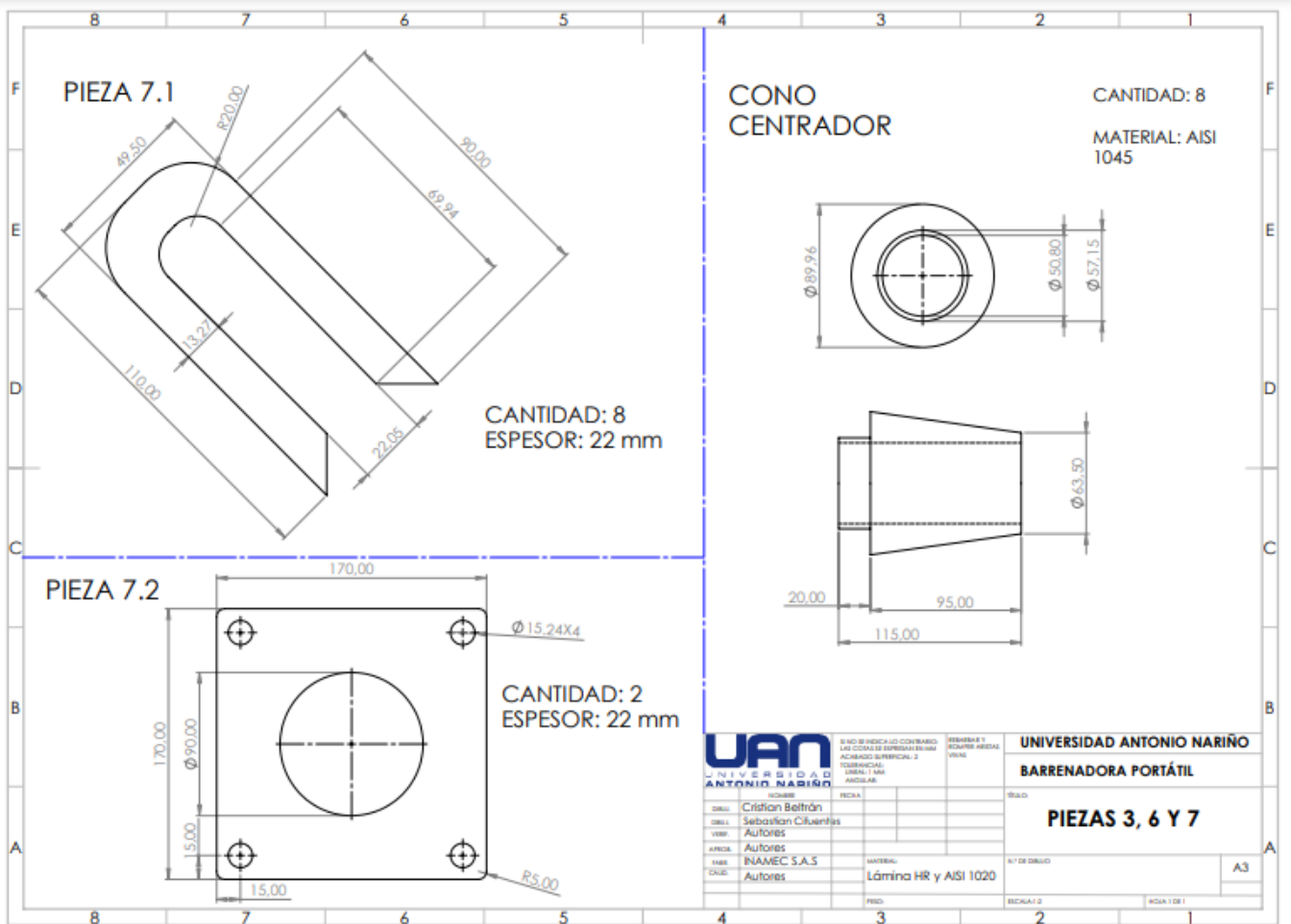
MATERIAL:
Lámina HR y AISI 1020

Nº DE DIBUJO: 3

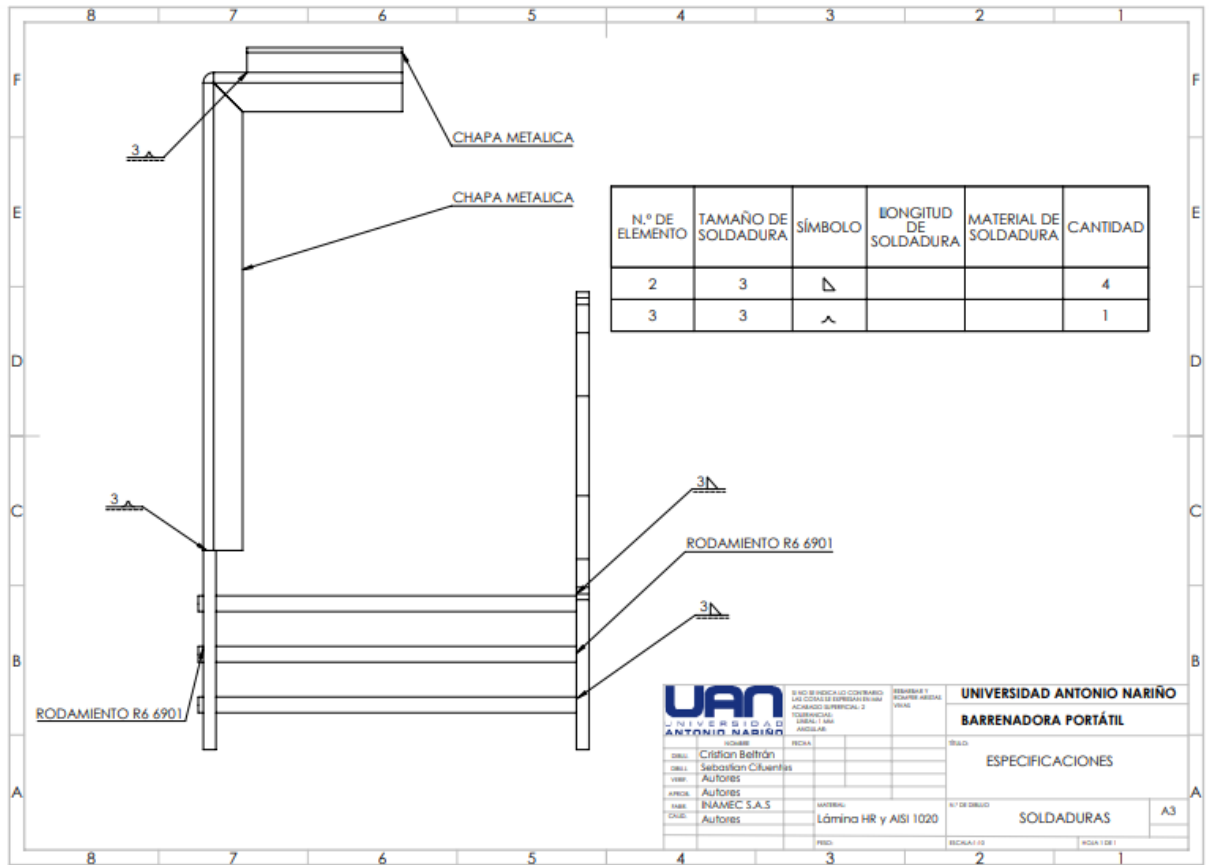
ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1

A.4 Planos aletas y cono centrador

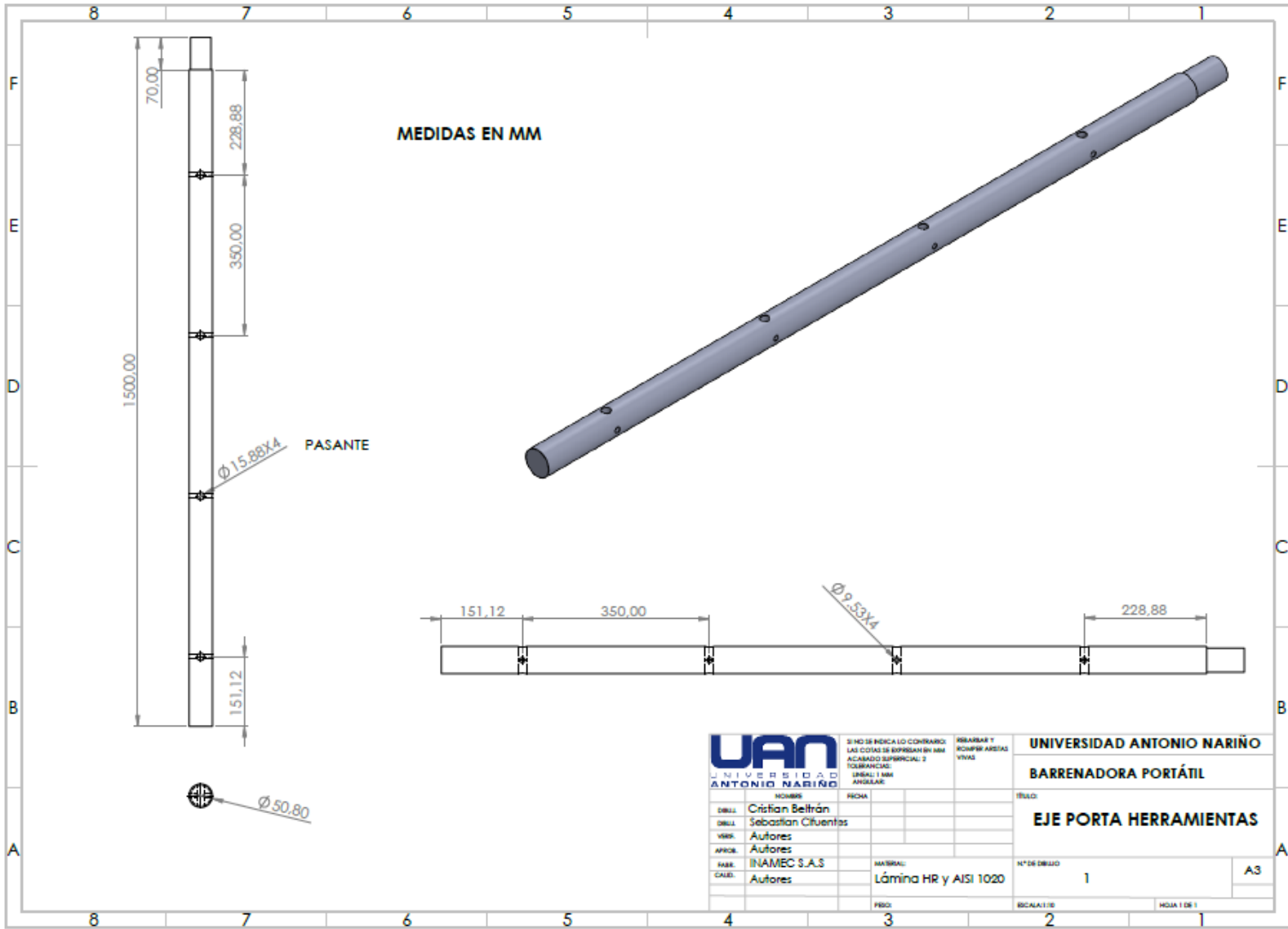


A.5. Especificaciones.



UAN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA	B. NO. DE INGENIERO CONTRATADO: LAS COORDENADAS DEPARTAMENTALES ACERCA DEL BARRIO DE LA TORREONCILLO TORREONCILLO AREA 1 SUR ANTIOQUIA	RESUMEN Y RESULTADOS DE LA VISITA	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO BARRENADORA PORTÁTIL
	NOMBRE: _____ FECHA: _____ DISEÑO: Cristian Beltrán SEBASTIÁN CILUANTAS AUTORES: Autores	MATERIAL: Lámina HR y AISI 1020 Nº DE DIBUJO: SOLDADURAS	ESCALA: _____ HOJA 1 DE 1

A.6. Eje porta herramientas.



UAN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL 2 TOLERANCIAS: LINEAL: 1 MM ANGULAR:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	
NOMBRE: _____		FECHA: _____		TÍTULO: BARRENADORA PORTÁTIL	
DISEÑ: Cristian Beltrán				EJE PORTA HERRAMIENTAS	
DISEÑ: Sebastian Cifuentes				N° DE DIBUJO: 1	
MATER: Lámina HR y AISI 1020				ESCALA: 1:1	
APROB: Autores				HOJA 1 DE 1	
FABR: INAMEC S.A.S				A3	
CAUS: Autores					

esfuerzo de tensión A_s de la varilla roscada; los valores de A_s se presentan en ambas tablas.

Existen dos series principales de roscas unificadas de uso común: UN y UNR. La diferencia entre ellas es simplemente que en la serie UNR se usa un radio de la raíz. Debido a los factores reducidos de concentración de esfuerzo en la rosca, las roscas de serie UNR presentan resistencias a la fatiga mayores. Las roscas unificadas se especifican enunciando el diámetro mayor nominal, el número de roscas por pulgada y la serie de rosca, por ejemplo $\frac{1}{2}$ pulg-18 UNRF o 0.625 pulg-18 UNRF.

Las roscas métricas se especifican mediante el diámetro y el paso en milímetros, en ese orden. Así, M12 \times 1.75 mm es una rosca que tiene un diámetro mayor nominal de 12 mm y un paso de 1.75 mm. Observe que la letra M, que precede al diámetro, es la clave de la designación métrica.

Tabla 8-1

Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino*

Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_s , mm ²	Área del diámetro menor A_n , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_s , mm ²	Área del diámetro menor A_n , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.8	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 390	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080

*Las ecuaciones y los datos utilizados para obtener esta tabla se obtienen de la norma ANSI B1.1-1974 y B18.1-1978. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación $d - d = 1.2248 p$, y el diámetro de paso o pitch de $d_p = d - 0.649519p$. La media del diámetro de paso y el diámetro menor se usaron para calcular el área de esfuerzo de tensión.

En las figuras 8-3*a* y *b* se ilustran las roscas cuadradas y Acme, respectivamente, que se emplean cuando se va a transmitir potencia. En la tabla 8-3 se listan los pasos preferidos para roscas Acme de la serie en pulgadas. Sin embargo, con frecuencia pueden usarse otros pasos, puesto que no existe la necesidad de una norma para tales roscas.

A menudo se hacen modificaciones a las roscas Acme y cuadradas. Por ejemplo, la rosca cuadrada algunas veces se modifica cortando el espacio entre los dientes para incluir un ángulo de 10 a 15°. Esta tarea no es difícil, puesto que de todos modos dichas roscas se cortan usualmente con una herramienta que tiene una sola punta de corte; en gran medida, la modificación retiene la alta eficiencia inherente de las roscas cuadradas y simplifica el corte. Alguno

Tabla 8-2

Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC y UNF*

Designación de tamaño	Diámetro mayor nominal pulg	Serie gruesa-UNC			Serie fina-UNF		
		Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión A_s , pulg ²	Área del diámetro menor A_n , pulg ²	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión A_s , pulg ²	Área del diámetro menor A_n , pulg ²
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 51	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6

A325, tipo 1	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{4}$ -1 $\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero de medio carbono, T y R	
A325, tipo 2	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{4}$ -1 $\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
A325, tipo 3	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{4}$ -1 $\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero no temperizado, T y R	
A354, grado BC	$\frac{1}{2}$ -2 $\frac{1}{2}$ 2 $\frac{1}{4}$ -4	105 95	125 115	109 99	Acero aleado, T y R	
A354, grado BD	$\frac{1}{2}$ -4	120	150	130	Acero aleado, T y R	
A449	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{4}$ -1 $\frac{1}{2}$ $1\frac{3}{4}$ -3	85 74 55	120 105 90	92 81 58	Acero de medio carbono, T y R	
A490, tipo 1	$\frac{1}{2}$ -1 $\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero aleado, T y R	
A490, tipo 3	$\frac{1}{2}$ -1 $\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero no temperizado, T y R	

*Las resistencias mínimas son las resistencias que excede 99% de los sujetadores.

Tabla 8-11

Closos métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero*

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, [†] MPa	Resistencia mínima a la tensión, [†] MPa	Resistencia mínima a la fluencia, [†] MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M1.6-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

*La longitud de la rosca de pernos y tornillos de cabeza es

$$l_r = \begin{cases} 2d + 6 & l \leq 125 \\ 2d + 12 & 125 < l \leq 200 \\ 2d + 25 & l > 200 \end{cases}$$

donde l es la longitud del perno. La longitud de la rosca de pernos estructurales es ligeramente menor que la indicada.

[†]Las resistencias mínimas son las resistencias que excede 99% de los sujetadores.

tiene un hombro estándar debajo de la cabeza, un valor de K_f de 2.1 a 2.3 y este filete del hombro está protegido de mellas y rayaduras mediante una arandela. Si la terminación de la rosca tiene un ángulo del semicono de 15° o menor, el esfuerzo resulta mayor en la primera rosca acoplada en la tuerca. Los pernos se dimensionan mediante el examen de la carga en el plano de la cara de la arandela de la tuerca, que es la parte más débil del perno si y solo si se satisfacen las condiciones anteriores (la protección de la arandela del filete del hombro y terminación de la rosca $\leq 15^\circ$). La falta de atención a este requisito provoca una falla por fatiga de 15% debajo de la cabeza, 20% en la terminación de la rosca y 65% donde el diseñador enfoca su atención. No vale la pena concentrarse en el plano de la cara de la arandela de la tuerca si ésta no es la ubicación más débil.

180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
200	224	22,4	2000	196	212	630	560	63	710	5600	491	531				
234	224	22,4	2000	219	237	710	560	63	710	5600	551	596				
250	250	250	2800	246	266	800	900	90		8000	618	669				
280	280	2800	2800	276	299	900	900	90		8000	694	750				
											778	842				
											873	945				

Las series pueden proseguirse o ampliarse dividiendo o multiplicando por 10 y por 100 respectivamente.

Cálculo del tiempo principal

Las líneas directrices para determinación del tiempo de trabajo han sido establecidas por Rfpa (Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung = Comisión Estatal para Determinación de Tiempos de Trabajo). Según este organismo el tiempo de ejecución de una pieza se distribuye como sigue:

Tiempo de preparación	Tiempo base	Tiempo accesorio	Tiempo pérdidas o paratacas
-----------------------	-------------	------------------	-----------------------------

Preparación de la máquina, buscar la herramienta, interpretar el plano

Tiempo de funcionamiento de la máquina (tiempo de corte = tiempo de torneado)

Sujetar y soltar la pieza, aplicar el útil, medición

Engrosamiento de la máquina, perturbaciones de funcionamiento

Cilindrado

Se conoce el n.º de revoluciones n		No se conoce el número de revoluciones n
<p>l = long. a torner en mm</p> <p>s = avance en mm/rev</p> <p>n = n.º de revol. p. min.</p> <p>Avance por minuto $s^* = s \cdot n$</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $t_s = \frac{l}{s \cdot n} \text{ en min}$ </div> <p>Ejemplo: $l = 600 \text{ mm}$ $s = 0,5 \text{ mm/rev}$ $n = 50 \text{ revol/min}$</p> $t_s = \frac{600 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm/rev} \cdot 50 \text{ revol/min}} = 24 \text{ min}$		<p>d = diámetro en m</p> <p>u = velocidad en m/min</p> <p>s = avance en mm/rev</p> <p>l = long. a torner en mm</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $t_s = \frac{l \cdot \pi \cdot d}{s \cdot u} \text{ en min}$ </div> <p>Ejemplo: $d = 0,125 \text{ m}$ $u = 20 \text{ m/min}$ $s = 0,5 \text{ mm/rev}$ $l = 600 \text{ mm}$</p> $t_s = \frac{600 \text{ mm} \cdot 3,14 \cdot 0,125 \text{ m}}{0,5 \text{ mm/rev} \cdot 20 \text{ m/min}} = 23,5 \text{ min}$

El número de revoluciones calculada no coincide siempre con el que se puede elegir para el reglaje

Refrentado

<p>$n = \frac{v}{\pi \cdot d}$</p> <p>$t_s = \frac{r}{s \cdot n}$</p> <p>Si la velocidad de corte es constante hay que considerar para n el número de revoluciones medio</p>	<p>En el refrentado entra en juego el radio r en vez de la longitud a torner</p>	<p>Ejemplo: $d = 0,250 \text{ m}$ $u = 20 \text{ m/min}$ $s = 0,5 \text{ mm/rev}$</p> $n = \frac{u}{\pi \cdot d} = \frac{20 \text{ m/min}}{3,14 \cdot 0,25 \text{ m}} = 25 \text{ revol/min}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $t_s = \frac{r}{s \cdot n} = \frac{1,25 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm} \cdot 25 \text{ revol/min}} = 10 \text{ min}$ </div>

Herramientas para torno con plaquitas de metal duro

DIN 4971-4978 (ago. 63)
4980, 4981

ISO 1 DIN 4971	ISO 2 DIN 4972	ISO 3 DIN 4978	ISO 4 DIN 4976	ISO 5 DIN 4977

Avance →

$P = 1 \text{ kW}$ se tiene $S = 0,98 \text{ mm}^2$ (tabla) 0,06 | 0,09 | 0,13
 $P = 2 \text{ kW}$ se tiene $S = 0,98 \text{ mm}^2$ para $d = 0,4 \text{ mm/rev.}$ 0,04 | 0,06 | 0,09
 puede tenerse: $d = 1,04 ; 0,4 = 4,9 \text{ mm}$

Ø en mm d	Nº revoluciones n — Velocidad de corte v — Diámetro d											
	Velocidad de corte v en m/min											
	8	10	15	20	25	30	35	40	50	60	100	150
	Número de revoluciones por minuto											
10	255	316	478	637	796	956	1125	1274	1590	2550	3180	4800
11	231	289	434	580	724	868	1013	1157	1445	2310	2890	4350
12	212	265	398	531	663	796	928	1060	1325	2130	2660	4000
14	182	228	341	455	568	682	796	910	1136	1820	2280	3410
16	159	199	298	398	497	597	695	796	995	1590	1990	2980
18	142	177	265	354	443	530	620	708	885	1420	1770	2660
20	128	159	239	319	398	478	558	637	795	1270	1590	2390
22	116	145	217	290	362	434	506	579	723	1150	1450	2170
25	102	128	192	255	319	383	446	510	638	1020	1280	1910
28	91	114	171	227	284	341	398	455	568	910	1140	1710
32	80	100	149	199	249	298	348	398	498	800	1000	1490
36	71	89	133	177	221	265	310	354	442	710	890	1330
40	64	80	119	159	199	239	278	318	393	640	800	1200
45	57	71	106	142	177	214	248	283	354	570	710	1060
50	51	64	96	127	159	191	223	255	318	510	640	950
55	46	58	87	116	145	174	203	231	298	460	580	870
60	43	53	80	106	133	159	186	212	265	420	530	800
70	36	46	68	91	114	136	169	182	227	360	450	680
80	32	40	60	80	100	119	139	159	199	320	400	600
90	28	35	53	71	89	106	124	142	177	285	355	530
100	26	32	48	64	80	96	111	127	159	255	320	480
110	23	29	43	58	73	87	101	116	145	232	290	435
125	20	26	38	51	64	76	89	102	127	200	255	380
140	18	23	34	46	57	68	80	91	114	180	228	340
160	16	20	30	40	50	60	70	80	100	160	200	300
180	14	17	27	35	44	53	62	71	88	140	175	265
200	12	16	24	32	40	48	56	64	80	125	160	240
220	11,6	14	22	29	36	43	50	57	71	114	143	210
250	10,2	12,7	19	25	32	38	44	51	64	100	125	190
275	9,2	11,6	17	23	29	35	40	47	58	93	115	175
300	8,5	10,6	16	21	26	32	37	43	53	85	105	160
350	7,2	9,1	14	18	22	28	32	36	45	73	91	135
400	6,3	7,9	12	16	20	24	28	32	40	64	80	120

Los núm. en negrita se encuentran dentro de los valores lím. para la vel. en carga de las máquinas-herramienta

Velocidades en carga para máq.-herram.											DIN 804 (Nov. 68)	
Número de revoluciones 1/min												
Serie básica R 20	Serie 2	Serie 3		Valores lím. Serie 1		Serie básica R 20	Serie 2	Serie 3		Valores lím. Serie 1		
				-2%	+6%					-2%	+6%	
100				98	106	315				310	335	
112	112	11,2		110	119	355	355			348	376	
125			125	123	133	400				390	422	
140	140		1400	138	150	450	450	45		438	473	
160		16		155	168	500				491	531	
180	180		180	174	188	560	560		500	551	596	
200			2000	196	212	630		63		618	689	
224	224	22,4		219	237	710	710		710	694	750	
250			250	246	266	800				778	842	
280	280		2800	276	299	900	900	90		873	945	

Las series pueden proseguirse o ampliarse dividiendo o multiplicando por 10 y por 100 respectivamente.

Extracto AWF 158

Valores de orientación para vel. de corte-ángulo de corte-fuerza esp. de corte

Los valores se refieren a corte en seco con:
 Útiles de ac. rápido para vel. de corte v_{20} (durac. herram. 60 min.)
 Útiles de metal duro para vel. de corte v_{20} (durac. herram. 240 min.)
 Áng. de posición $\kappa = 45^\circ$, áng. punta $\epsilon = 90^\circ$, áng. inclinac. $\lambda = 0 \dots 8^\circ$
 con metales ligeros y materiales sintético y prensados $\lambda = 5 \dots 10^\circ$

Los valores de orientación sirven para profund. de corte hasta 5 mm, para > 5 mm la velocidad de corte es un 10... 20% menor.

Los val. de vel. esp. de corte son para una profund. de corte de 2...10 veces al avance

Material	Util	Ángulos corte		Avance a en (mm rev)						Avance a en mm rev			
		λ	κ	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	0,1	0,2	0,4	0,8
<p>Velocidad de corte v en m/min</p> <p>Fuerza específica de corte en Sección de tensiones f_{cut}/a (N/mm²)</p>													
Acero sin alea.	SS	8	14	60	45	34	25	19	5800	2500	1900	1350	
Sr 34, Sr 37, Sr 42	S	5	10	280	236	200	170	* 67	* 56				
SS	8	14	44	32	24	18	14	4100	2950	2150	1540		
Sr 50, Sr 60	S	5	10	240	205	175	145	* 50	* 42				
SS	8	14	32	24	18	13	10	4400	3150	2300	1640		
Sr 70	S	5	10	200	170	132	106	* 34	* 27				
Acero moldeado	SS	8	10	34	25	19	14	11	3600	2600	1900	1380	
S	5	6	118	100	85	71	* 24	* 20					
Aceros aleados	SS	8	10	24	17	12	8,5	16	5000	3800	2600	1850	
S	5	6	150	118	95	75	* 24	* 20					
Ac. Mn. ac. Cr-Ni	SS	8	6	16	11	8	5,6		5300	3800	2750	2000	
Ac. Cr-Mn	S	5	6	93	75	60	50	* 16	* 13				
y otros aceros aleados	SS	8	6	9,5	6				5700	4100	3000	2160	
S	5	6	60	48	38	32	* 10	* 8					
Ac. de herramientas	SS	8	6						5700	4100	3000	2150	
S	5	6	50	40	32	27	* 8,5	* 6,7					
Ac. duro al Mn	SS								6600	4800	3500	2520	
S	5	6	40	32	25	20	* 6,7	* 5,3					
Hierro fundido	SS	8	0	48	27	18	14	9,5	1900	1380	1000	720	
GG-10, GG-15	G	5	0	140	118	95	80	67					
SS	8	0	32	18	13	9,5	6,3	2900	2080	1500	1080		
GG-20, GG-25	H	5	0	106	90	75	63	53					
Fund. maleable	SS	8	10	43	28	20	13	9	2400	1750	1250	920	
S	5	10	106	90	75	62	53						
Aleaciones de Cu latón	SS	8	0	125	85	56	36		1800	1150	850	600	
G	5	6	400	320	400	355							
Latón rojo	SS	8	0	85	63	48	34	24	1400	1000	700	520	
G	5	6	500	450	375	335	300						
Fund. de bronce	SS	8	0	63	53	43	36	28	2400	2450	1800	1280	
G	5	6	355	280	236	200	180						
Metales ligeros	SS	12	30	400	300	200	118	75	1050	780	580	400	
Aluminio técnico	G	12	30	1220	1120	950	850	710					
Aleaciones de Al (11... 13% Si)	SS	12	18	100	67	45	30		1450	1000	700	520	
G	12	18	224	190	160	140	118						
Aleac. para ámbulos	SS	12	14						1250	900	650	480	
GAI-Si (11... 13% Si)	G	12	14	25	22	20	18	17					
Aleaciones de magnesio	SS	8	6	1000	900	800	750	710	580	420	300	220	
G	5	6	1800	1500	1250	1060	900						
Mat. sintét. y prens. Goma dura	SS	12	10						480	350	250	180	
G	12	10	300	280	250	224	200						
Masa prens. baquelita Novotext. Pertinax	SS	12	14						480	350	250	180	
G	12	14	280	212	170	132	100						

1: SS = acero rápido (Schneidstoff); S, H, G = metal duro según DIN
 * ver 5)

100

Anexo 1

CAPACIDAD DE MECANIZADO		POTENCIA DE ACCIONAMIENTO												
Sección viruta $f = a \cdot s$ en mm ²		a = profundidad viruta en mm												
Volumen viruta $V = a \cdot s \cdot v$ en cm ³ /min		s = avance en mm/rev												
Fuerza de corte $F = a \cdot s \cdot k_s$ en N/mm ²		v = velocidad de corte en m/min												
Potencia motor $P = \frac{a \cdot s \cdot k_s \cdot v}{60 \cdot 10^2 \cdot \eta}$ en W		k_s = fuerza específica de corte en N/mm ²												
		η = rendimiento												
Ej: Material S137, $a = 4$ mm, $s = 0,4$ mm/rev, $k_s = 1900$ N/mm ² , $v = 45$ m/min, $\eta = 0,75$														
Se busca la potencia necesario P (kW): $P = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 1900 \cdot 45}{60 \cdot 0,75} = 3030$ W \approx 3 kW														
SECCION DE VIRUTA POSIBLE PARA POTENCIA ACCIONAMIENTO $P = 1$ kW														
Velocidad corte m/min	Fuerza específica de corte en N/mm ²													
	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360
5	1,39	1,61	1,83	1,91	2,23	2,55	3,06	3,53	4,27	4,59	4,83	5,73	6,55	7,34
6	1,15	1,34	1,53	1,59	1,86	2,12	2,53	2,94	3,55	3,82	4,02	4,78	5,46	6,12
8	0,87	1,00	1,14	1,19	1,39	1,59	1,91	2,20	2,68	2,86	3,02	3,56	4,09	4,59
10	0,69	0,80	0,91	0,95	1,11	1,27	1,53	1,76	2,13	2,29	2,41	2,86	3,27	3,67
13	0,53	0,61	0,70	0,73	0,83	0,98	1,17	1,33	1,64	1,76	1,85	2,20	2,52	2,82
14	0,49	0,57	0,65	0,68	0,79	0,91	1,09	1,26	1,57	1,64	1,72	2,04	2,36	2,62
15	0,46	0,53	0,61	0,63	0,74	0,85	1,02	1,17	1,42	1,53	1,61	1,91	2,18	2,44
18	0,38	0,44	0,51	0,53	0,62	0,70	0,85	0,98	1,18	1,26	1,34	1,59	1,82	2,04
20	0,34	0,40	0,45	0,47	0,55	0,63	0,76	0,88	1,06	1,14	1,20	1,43	1,63	1,83
24	0,29	0,33	0,38	0,39	0,46	0,53	0,63	0,73	0,88	0,95	1,00	1,19	1,36	1,53
25	0,27	0,32	0,36	0,38	0,44	0,51	0,61	0,70	0,85	0,91	0,96	1,14	1,31	1,46
27	0,25	0,29	0,34	0,35	0,41	0,47	0,57	0,65	0,79	0,85	0,89	1,06	1,21	1,36
32	0,21	0,25	0,28	0,29	0,35	0,39	0,47	0,55	0,66	0,71	0,75	0,89	1,02	1,14
34	0,20	0,23	0,26	0,28	0,33	0,37	0,45	0,52	0,62	0,67	0,71	0,84	0,96	1,08
40	0,17	0,20	0,22	0,23	0,27	0,31	0,38	0,44	0,53	0,57	0,60	0,71	0,81	0,91
45	0,15	0,18	0,20	0,21	0,25	0,28	0,34	0,38	0,47	0,51	0,53	0,63	0,72	0,81
50	0,13	0,16	0,18	0,19	0,22	0,25	0,30	0,35	0,42	0,46	0,49	0,57	0,65	0,73
53	0,13	0,17	0,18	0,21	0,24	0,28	0,33	0,40	0,43	0,46	0,54	0,61	0,69	0,86
60	0,13	0,15	0,16	0,18	0,21	0,25	0,29	0,35	0,38	0,40	0,47	0,54	0,61	0,76
63	0,12	0,14	0,15	0,17	0,20	0,24	0,28	0,33	0,36	0,38	0,45	0,52	0,58	0,73
67	0,11	0,13	0,14	0,16	0,19	0,22	0,26	0,31	0,34	0,36	0,42	0,49	0,54	0,68
75	0,10	0,12	0,13	0,14	0,17	0,20	0,23	0,28	0,30	0,32	0,38	0,42	0,48	0,60
85	0,10	0,11	0,12	0,15	0,18	0,20	0,25	0,27	0,28	0,33	0,38	0,43	0,54	0,67
95	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,18	0,22	0,24	0,25	0,30	0,34	0,38	0,48	0,69
100	$P = 1$ kW	0,09	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,21	0,23	0,24	0,28	0,32	0,36	0,45
106	$s = 0,4$	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,21	0,22	0,27	0,30	0,34	0,43
118	$v = 0,4$ m/min	0,07	0,08	0,09	0,10	0,13	0,15	0,18	0,19	0,20	0,24	0,28	0,31	0,38
150	$f = 0,6$ mm ² /rev	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,14	0,15	0,16	0,19	0,21	0,24	0,30	0,43
170	$v = 32$ m/min	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	0,19	0,21	0,27	0,38
200	$s = 0,4$ mm	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,22	0,32
274	$P = 1$ kW se tiene	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,20	0,29	0,40
236	$S = 0,66$ mm ² (tabla)	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,19	0,27	0,38
250	$para S = 0,4 \cdot 4 = 1,6$ mm ²	0,04	0,04	0,05	0,07	0,08	0,08	0,09	0,11	0,13	0,14	0,18	0,26	0,36
280	$se tiene$	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,10	0,11	0,13	0,16	0,23	0,32
300	$f = \frac{1,6}{0,66} = 2,4$ kW	0,03	0,05	0,05	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,21	0,30	0,43
400		0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,16	0,22	0,32
500	Sección viruta $S = 1$ mm ²	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,13	0,18	0,26	0,36
600	$v = 25$ m/min	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,10	0,15	0,21	0,27
850	$k_s = 1900$ N/mm ² , $P = 2$ kW	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,16	0,22
1000	$Para P = 1$ kW se tiene $S = 0,96$ mm ² (tabla)												0,06	0,09
1500	$Para P = 2$ kW se tiene $S = 0,96 \cdot 2 = 1,92$ mm ² para $s = 0,4$ mm/rev, puede tenerse $f = 1,04 \cdot 0,4 = 4,9$ mm												0,04	0,06

FIGURA 7-14 Factor de corrección por ángulo de contacto, C_4

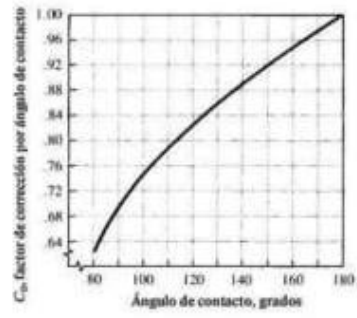
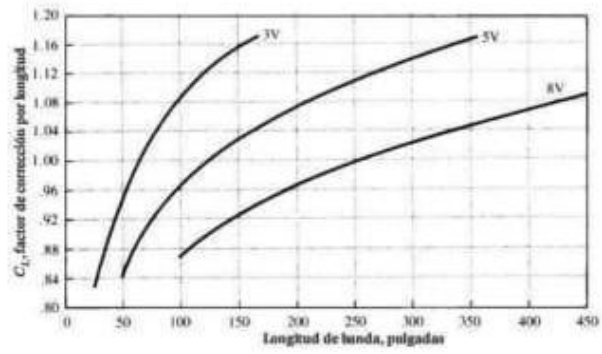


FIGURA 7-15 Factor de corrección por longitud de banda, C_1



$$(N\sigma/s'_t)^2 + (N\tau\sqrt{3}/s_y)^2 = 1$$

Ahora se puede introducir un factor de concentración de esfuerzos para flexión, sólo en el primer término, porque este esfuerzo es repetitivo. No se necesita factor en el término del esfuerzo cortante torsional, porque se supone constante, y las concentraciones de esfuerzo tienen poco o ningún efecto sobre el potencial de falla. Entonces

$$(K_f N\sigma/s'_t)^2 + (N\tau\sqrt{3}/s_y)^2 = 1 \quad (12-19)$$

Para ejes redondos sólidos, giratorios, el esfuerzo flexionante debido a un momento flexionante M es

$$\sigma = M/S \quad (12-20)$$

donde $S = \pi D^3/32$ es el módulo de sección rectangular. El esfuerzo cortante torsional es

$$\tau = T/Z_p \quad (12-21)$$

donde $Z_p = \pi D^3/16$ es el módulo de sección polar.

Observe que $Z_p = 2S$, y por consiguiente

$$\tau = T/(2S)$$

Estas relaciones se sustituyen en la ecuación (12-19), para llegar a

$$\left[\frac{K_f N M}{S s'_t} \right]^2 + \left[\frac{N T \sqrt{3}}{2 S s_y} \right]^2 = 1 \quad (12-22)$$

De aquí se pueden extraer los términos N y S como factores comunes, y los términos $\sqrt{3}$ y 2 se extraen de los corchetes del término de la torsión:

$$\left[\frac{N}{S} \right]^2 \left[\frac{K_f M}{s'_t} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{s_y} \right]^2 = 1$$

Se considera raíz cuadrada de toda la ecuación:

$$\frac{N}{S} \sqrt{\left[\frac{K_f M}{s'_t} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{s_y} \right]^2} = 1$$

Si $S = \pi D^3/32$ para un eje circular sólido,

$$\frac{32N}{\pi D^3} \sqrt{\left[\frac{K_f M}{s'_t} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{s_y} \right]^2} = 1 \quad (12-23)$$

Capítulo 12 • Diseño de ejes

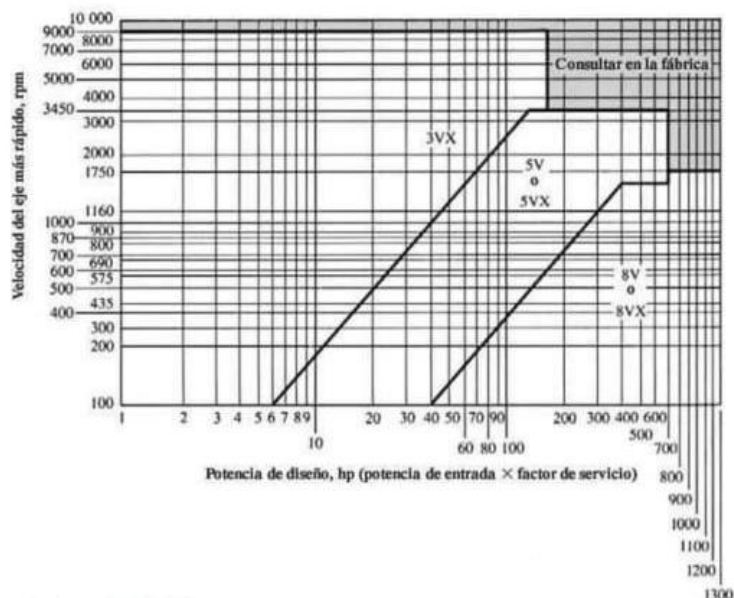
Entonces ya se puede despejar el diámetro D :

Ecuación
de diseño
para ejes

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{K_f M}{s'_t} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{s_y} \right]^2} \right]^{1/3} \quad (12-24)$$

La ecuación (12-24) se usa para el diseño de ejes en este libro. Esto es compatible con la norma ANSI B106.1M-1985. (Vea la Referencia 1.) Observe que la ecuación (12-24) también se puede usar para flexión pura o torsión pura.

Capítulo 7 ■ Transmisiones por bandas y por cadenas



anexo 4

Materiales dúctiles

1. **$N = 1.25$ a 2.0** El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2. **$N = 2.0$ a 2.5** Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.
3. **$N = 2.5$ a 4.0** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4. **$N = 4.0$ o más** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

Capítulo 5 ■ Diseño para diferentes tipos de carga

Materiales frágiles

5. **$N = 3.0$ a 4.0** Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.
6. **$N = 4.0$ a 8.0** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

anexo 13

TABLA 5-1
Factores de confiabilidad
aproximados C_R

Confiabilidad deseada C_R	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

TABLA 5-2 Factores de tamaño

Unidades del Sistema Estadounidense Tradicional	
Rango de tamaño	Para D en pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_S = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_S = (D/0.3)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_S = 0.859 - 0.02125D$
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para D en mm
$D \leq 7.62$	$C_S = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_S = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_S = 0.859 - 0.000837D$

anexo 11

TABLA 7-1 Factores de servicio para bandas V

1300

Tipo de máquina impulsada	Tipo de impulsor					
	Motores de CA: par torsional normal ^a Motores de CD: bobinado en derivación Motores de combustión: múltiples cilindros			Motores de CA: Alto par torsional ^b Motores de CD: bobinado en serie, bobinado compuesto Motores de combustión: 4 cilindros o menos		
	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día
Agitadores, sopladores, ventiladores, bombas centrifugas, transportadores ligeros	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Generadores, máquinas herramienta, mezcladores, transportadores de grava	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Elevadores de canchales, máquinas textiles, molinos de martillos, transportadores pesados	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Tritadoras, molinos de bolas, malacates, extrusoras de hule	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Toda máquina que se pueda ahogar	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

^aSíncronos, fase dividida, trifásicos con par de torsión de arranque o par de torsión al paro máximo menor que 175% de par torsional con carga total.
^bMonofásicos, trifásicos con par de torsión de arranque o par de torsión al paro máximo menor que 175% de par torsional con carga total.

anexo 3

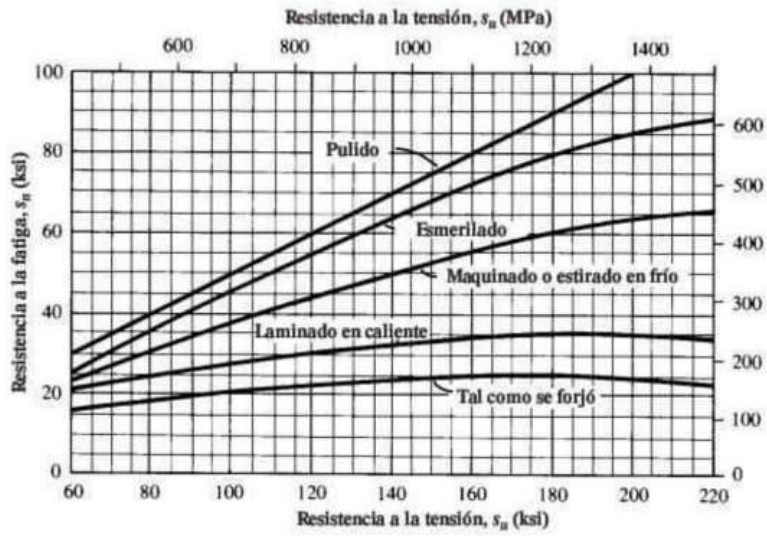


FIGURA 5-8 Resistencia a la fatiga s_n en función de la resistencia a la tensión, para acero forjado con varias condiciones de superficie

anexo 10

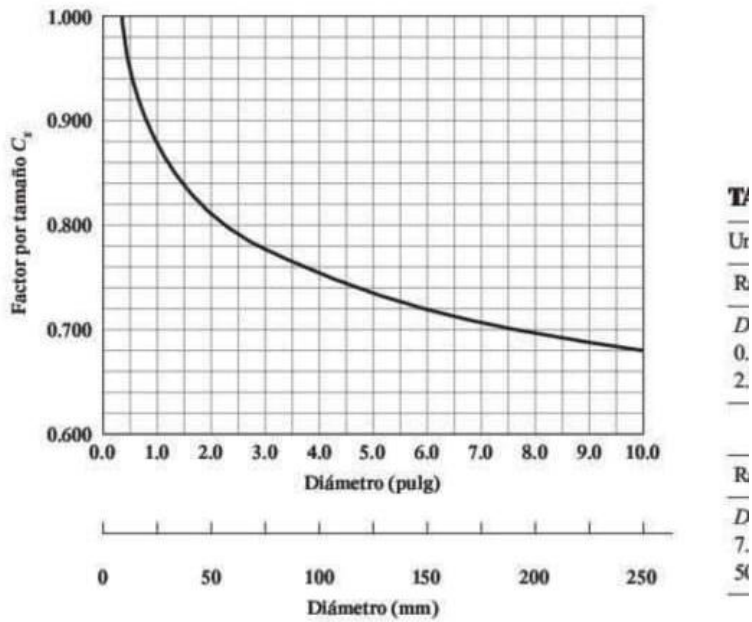


FIGURA 5-9 Factor por tamaño

anexo 12

VELOCIDADES MÁXIMAS SEGÚN MATERIAL

MATERIAL		VELOCIDAD
Fundición gris	GG 20	33 m/s
Fundición nodular	GGG 40	41 m/s
Aluminio	A329	33 m/s
Fundición de acero	1020	45 m/s
Acero laminado	1020	61 m/s



tenci
ment
cubie

Diámetros mínimos en mm				
Caballos de fuerza (HP)	RPM de Motor			
	900	1200	1800	3600
0.50	65	-	-	-
0.75	65	65	-	-
1.00	65	65	60	-
1.50	75	65	65	60
2.00	75	65	65	65
3.00	75	75	65	65
5.00	100	75	75	65
7.50	115	100	75	75
10.00	115	115	100	75
15.00	135	115	115	100
20.00	155	135	115	115
25.00	170	155	115	115
30.00	170	170	135	-
40.00	210	170	155	-
50.00	230	210	170	-
60.00	260	230	190	-
75.00	260	260	230	-
100.00	350	350	250	-
125.00	380	350	280	-
150.00	465	350	-	-
200.00	550	-	-	-
250.00	-	-	-	-
300.00	-	-	-	-

anexo 5

3V	
Referencia Código RMA	Le = longitud exterior (mm)
3V 250	641
3V 265	673
3V 280	701
3V 300	761
3V 315	800
3V 335	847
3V 355	899
3V 375	960,5
3V 400	1022
3V 425	1085
3V 450	1142
3V 475	1210
3V 500	1270
3V 530	1349
3V 560	1410
3V 600	1523
3V 630	1609
3V 670	1709
3V 710	1808
3V 750	1908
3V 800	2028
3V 850	2150
3V 900	2300
3V 950	2413
3V1000	2538
3V1060	2688
3V1120	2843
3V1180	3013
3V1250	3173
3V1320	3363
3V1400	3543

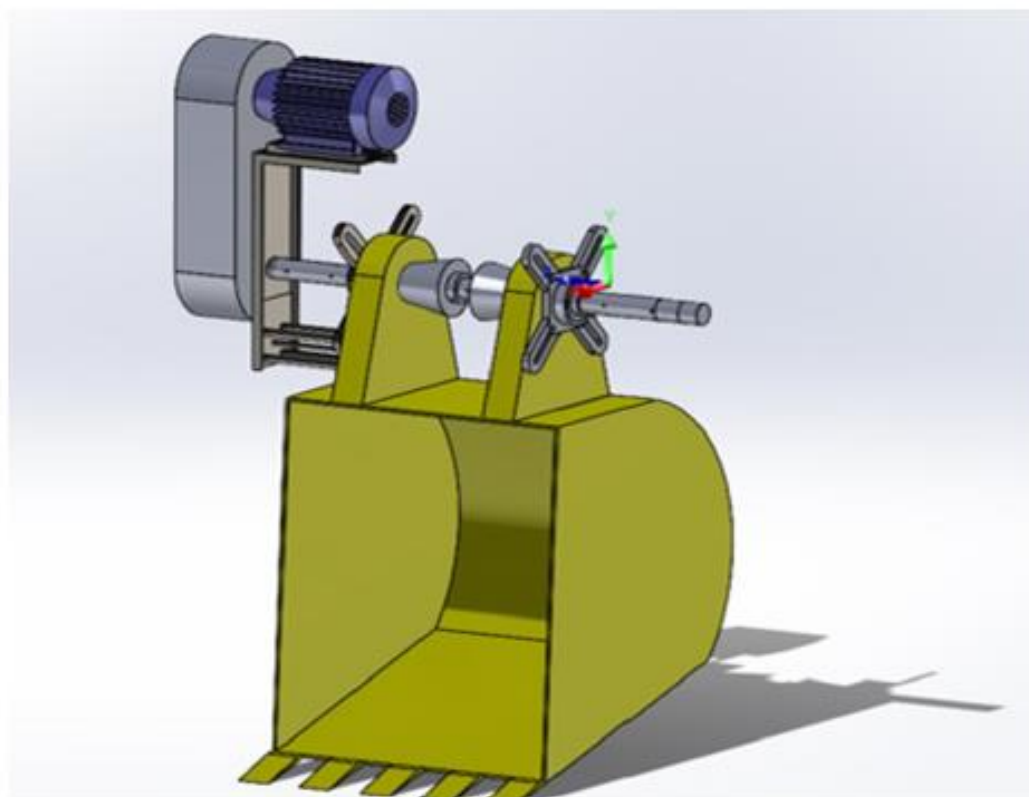
anexo 6

TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)										CORREAS TIPO 3VX
Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)										RPM del Eje más Rápido
115	120	125	135	140	150	165	175	200	270	
0,39	0,42	0,45	0,48	0,52	0,56	0,62	0,67	0,79	1,08	100
0,74	0,80	0,85	0,92	0,98	1,07	1,18	1,27	1,50	2,05	200
1,07	1,16	1,24	1,33	1,43	1,56	1,70	1,84	2,18	2,98	300
1,40	1,50	1,60	1,73	1,86	2,03	2,23	2,40	2,85	3,90	400
1,70	1,84	1,97	2,13	2,28	2,48	2,74	2,94	3,50	4,77	500
1,94	2,10	2,24	2,40	2,60	2,82	3,10	3,34	3,97	5,42	575
2,02	2,17	2,33	2,50	2,70	2,93	3,23	3,47	4,13	5,63	600
2,30	2,47	2,64	2,85	3,06	3,33	3,67	3,95	4,70	6,40	680
2,32	2,50	2,68	2,90	3,10	3,38	3,72	4,00	4,75	6,48	700
2,40	2,58	2,76	2,98	3,20	3,49	3,84	4,13	4,90	6,70	725
2,62	2,82	3,02	3,26	3,50	3,80	4,20	4,50	5,36	7,30	800
2,82	3,04	3,26	3,50	3,77	4,10	4,53	4,87	5,78	7,87	870
2,90	3,13	3,36	3,62	3,90	4,24	4,67	5,02	5,96	8,10	900
3,06	3,30	3,52	3,80	4,08	4,45	4,90	5,27	6,25	8,50	950
3,20	3,45	3,70	3,98	4,27	4,66	5,14	5,52	6,55	8,90	1000
3,48	3,75	4,02	4,34	4,65	5,07	5,59	6,00	7,13	9,68	1100
3,65	3,93	4,20	4,55	4,88	5,32	5,87	6,30	7,47	10,13	1160
3,76	4,05	4,34	4,70	5,03	5,48	6,04	6,50	7,70	10,43	1200
4,04	4,35	4,66	5,03	5,40	5,90	6,50	6,97	8,25	11,16	1300
4,32	4,65	4,98	5,37	5,77	6,30	6,93	7,43	8,80	11,88	1400
4,38	4,72	5,06	5,46	5,86	6,38	7,03	7,55	8,94	12,05	1425
4,60	4,94	5,30	5,70	6,13	6,68	7,36	7,89	9,34	12,57	1500
4,85	5,23	5,60	6,04	6,48	7,06	7,78	8,35	9,87	13,25	1600
5,12	5,50	5,90	6,37	6,83	7,45	8,20	8,80	10,40	13,90	1700
5,25	5,65	6,06	6,53	7,00	7,63	8,40	9,00	10,64	14,22	1750
5,38	5,80	6,20	6,70	7,18	7,82	8,60	9,23	10,90	14,53	1800
5,64	6,07	6,50	7,00	7,52	8,20	9,00	9,66	11,40	15,14	1900
6,90	6,34	6,80	7,33	7,86	8,55	9,40	10,08	11,87	15,72	2000
6,14	6,60	7,08	7,64	8,20	8,90	9,80	10,50	12,34	16,28	2100

anexo 8

Anexo 14. Manual de usuario

MANUAL DE USUARIO BARRENADORA PORTÁTIL



CONTENIDO

PORTADA	1
CONTENIDO	2
1. AL PROPIETARIO	3
2. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD	4
2.1. EQUIPO DE PROTECCIÓN	4
3. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	5
3.1. PARTES Y PROPIEDADES	5
4. ENSAMBLAJE	6
5. MANTENIMIENTO	8

1. AL PROPIETARIO

Este manual lo ira orientando en los procedimientos necesarios que debe llevar a cabo antes, durante y después de la operación del implemento; así como normas de seguridad que debe tener en cuenta en la operación y mantenimiento de la maquina.

La Universidad Antonio Nariño y FIMEB (facultad de ingeniería mecánica, electrónica y biomédica) garantiza que le ha entregado al distribuidor esta máquina completa y en perfectas condiciones. Al adquirir esta maquina se obtiene un excelente producto diseñado para cumplir de forma eficiente, cómoda y rápida, con la labor para la cual fue diseñada dando al operario muchas ventajas que se verán representadas en mayor productividad y ahorro de tiempo y dinero.

Este manual ha sido preparado para que usted, como propietario de esta maquina, o para que el encargado asignado, logren ensamblarlo, ajustarlo y ponerlo en funcionamiento de acuerdo a sus necesidades y a las especificaciones del diámetro de las orejas levantadoras.

2. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Para evitar cualquier tipo de inconveniente acate las siguientes recomendaciones

1. Lea detalladamente este manual teniendo en cuenta las instrucciones.
2. Tenga en cuenta las etiquetas de prevención que tiene la maquina.
3. No permita que nadie opere el equipo sin antes leer las siguientes recomendaciones de seguridad:
 - El operador debe estar familiarizado con todas las operaciones.
 - Opere la maquina con un acompañante.
 - Mantenga las manos y pies lejos del eje portaherramientas y del motor.
 - Use ropa ajustada para evitar que se enrede en algún eje de la maquina.
 - Verifique que no haya personas en el área de trabajo.
4. Separar y almacenar preferiblemente en un área donde no haya niños.
5. Verificar el ajuste de la caja protectora
6. Deje la máquina en un lugar bajo, ya sea en el suelo en una estantería.

3.1. EQUIPO DE PROTECCIÓN



- Utilice implementos de protección personal para el trabajo
- Use ropa de protección, evite la ropa suelta
- La exposición prolongada a ruidos fuertes puede causar la pérdida de la audición, utilizar protector de oídos
- La operación del implemento requiere de toda la atención, evite usar auriculares mientras opera la máquina

3. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Estas máquinas se usan principalmente para los trabajos de campo, su función es realizar mecanizados en orificios de diversos diámetros y longitudes, donde sea difícil llegar con un torno convencional. Los usos de estas facilitan el trabajo montando la máquina en un solo ensamble en cualquier estructura en la que se deba trabajar.

3.1. PARTES Y PROPIEDADES

Base del Motor: Pieza fabricada en lámina de acero de alta resistencia, diseñada de tal manera que, sea posible ubicar el eje de manera estratégica y cómoda para el operario, resiste el peso del motor y une toda la maquina.

Eje porta herramientas: Es la pieza principal de la maquina, la cual porta los buriles de 5/8" y realiza el movimiento giratorio que permite realizar el mandrinado de las orejas levantadoras.

Conos centradores: Piezas fabricadas en acero de alta resistencia, cumplen la función de centrar el eje porta herramientas y soldar los pernos, antes poner en funcionamiento la maquina.

Ejes guía: Son piezas que cumplen la función de guiar a la base por un solo eje en el momento de realizar el avance, se ubican de manera estratégica para que no obstruya la vista del operario y sea sencillo de realizar algún tipo de cambio o mantenimiento.

Caja reductora: Fabricada en lamina de acero de bajo un calibre delgado, cumple la función de proteger el sistema de transferencia de potencia (poleas y correas) y además de evitar accidentes en el momento de operar la maquina.

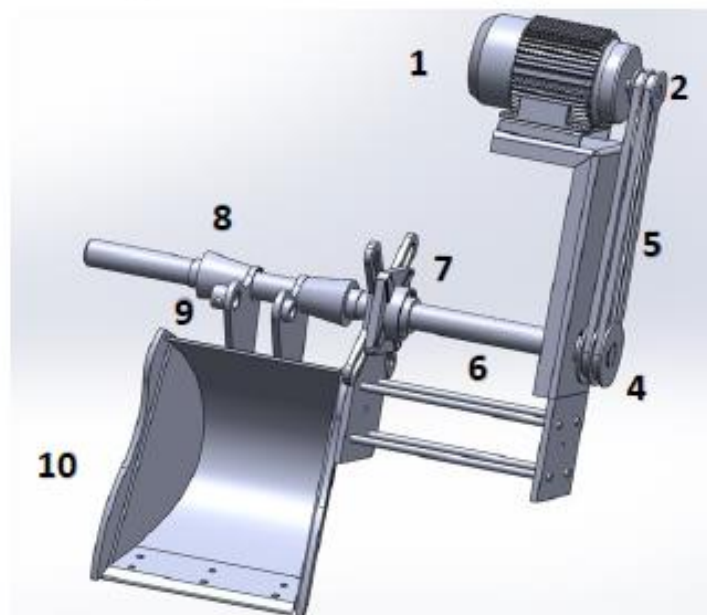
Pernos: Piezas fabricadas en acero de alta resistencia, las cuales cumplen la función de sujetar la maquina al balde, mediante cordones y puntos de soldadura, esto evita vibraciones al momento de operar el sistema y además da seguridad al operario de esta misma.

4. ENSAMBLAJE

Siga las instrucciones detalladamente para evitar errores al momento de la puesta a punto de la **BARRENADORA PORTÁTIL**, tenga en cuenta que siempre que se recomienda instalar y operar la maquina con mínimo dos operarios de esta.

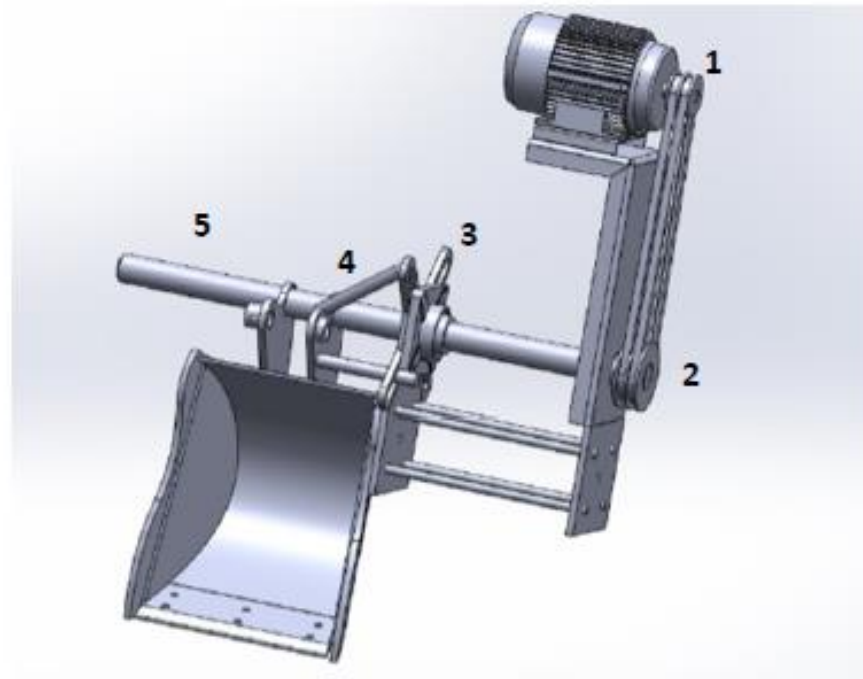
Tenga en cuenta que se recomienda instalar y operar la maquina con dos personas, se debe de evitar accidente y además recuerde usar los EPP correctamente y en todo momento.

4.1. CENTRAR MAQUINA Y EJE PORTA HERRAMIENTAS



Ensamble el eje porta herramientas (6) con la polea inferior (4) y la chumacera de la basé (7), ubique la base (5) cerca del balde (10) y centre los conos centrados (8) en las orejas levantadoras (9) , posteriormente, pase el eje por los conos y con ayuda de otro operario, centre el eje y pruébalo con el buril (crear tangencia el buril con el material a mecanizar), finalmente, soldé la placa base de la chumacera y retire el eje porta herramientas junto con los conos centrados.

4.2 SOLDAR PERNOS, AJUSTAR EJE PORTA HERRAMIENTAS Y BURIL



Ingrese de nuevo el eje porta herramientas (5) en las chumaceras (3) y las orejas levantadoras, ajuste con la polea (2) y posteriormente soldé los pernos (4) en las orejas levantadoras y partes sencillas del balde, verifique cada una de las soldaduras y ubique el buril en el eje porta herramientas, finalmente, encienda el motor eléctrico (1) y empiece a realizar el mecanizado respectivo.

Una vez realizado el trabajo, apague el motor. Desajuste el eje portaherramientas para posteriormente retirarlo y rompa la soldadura de los pernos y retírelos, rompa la soldadura restante de la base de la barrenadora y con ayuda de otro operario, ubican la maquina en el suelo o una base resistente.

5. MANTENIMIENTO

Póngase lubricante en las partes mecánicas que tienen movimiento, rodamiento, el eje porta herramientas, etc.

La forma más sencilla de extender la vida de su barrenadora portátil y evitar interrupciones durante el presente trabajo es realizar una lubricación adecuada, como se describe a continuación:

1. Cada 24 horas, lubricar las partes mecánicas con movimiento través de los puntos de engrase, de la siguiente manera:
 - Asegúrese de la calidad del lubricante, la eficiencia y la pureza, evitando el uso de productos contaminados.
 - Retire la corona de grasa vieja alrededor de las partes mecánicas con movimiento.
 - Limpie la grasera con un paño antes de insertar el lubricante y reemplazar los defectuosos.
 - Introducir una cantidad suficiente de grasa nueva
2. La lubricación de la grasa para rodamientos debe ser el mismo período antes mencionado. (24 horas).

Antes de iniciar el trabajo, revise completamente el implemento y verifique que no tenga piezas con demasiado desgaste o averiadas, si es así, repare o sustituya por nuevas piezas.

En los períodos de inactividad del equipo realice lavado, retoque de pintura, lubri-que todos los puntos de engrase y guárdelo en un lugar seco y cubierto.

Los buriles deben de ser constantemente afilados o cambiados para evitar quiebres en el eje porta herramientas y obtener trabajos de mayor calidad.