



CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA POLICHAR ROCAS POR EL MÉTODO  
DE TUMBLING.  
Proyecto de investigación

Jhon Aleiser León Villarreal.  
1.096.218.831  
Wiston Julián Riveros Gil  
1.096.208.573

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías  
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico  
Barrancabermeja 28 de noviembre de 2020



**CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA POLICHAR ROCAS POR EL  
MÉTODO DE TUMBLING.**  
Proyecto de investigación

Jhon Aleiser León Villarreal.  
1.096.218.831  
Wiston Julián Riveros Gil  
1.096.208.573

**Trabajo de Grado para optar al título de**  
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico

**DIRECTOR**  
Luis Omar Sarmiento Álvarez

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías  
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico  
Barrancabermeja 28 de noviembre de 2020

Nota de Aceptación

APROBADO

---

---

---

---



Firma del Evaluador



Firma del director

## DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el nuestro inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Es un orgullo y gran privilegio de ser sus hijos, son los mejores padres.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres Aleiser León Arguello y Zoila Villarreal Sanabria; Victor Riveros y Nancy Gil Ayala por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Unidades Tecnológicas de Santander, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al maestro Luis Omar Sarmiento Álvarez director de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, y al señor Nelson Santiago por su valioso aporte en su taller, abriendo sus puertas para la fabricación de nuestra máquina y así sacar adelante nuestra investigación.

**TABLA DE CONTENIDO**

**RESUMEN EJECUTIVO ..... 12**

**INTRODUCCIÓN ..... 13**

**1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ..... 14**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 14

1.2 JUSTIFICACIÓN ..... 14

1.3 OBJETIVOS..... 15

1.3.1 OBJETIVO GENERAL ..... 15

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 15

1.4 ESTADO DEL ARTE ..... 16

**2 MARCO REFERENCIAL..... 17**

2.2 MARCO TEÓRICO..... 17

2.2.1 MOTOR MONOFASICO. .... 17

2.2.2 VARIACIÓN DE VELOCIDAD ..... 22

2.2.3 TRANSMISIÓN MECÁNICA DE POTENCIA..... 23

2.2.4 TRANSMISIÓN POR CORREAS Y POLEAS..... 23

2.2.5 PROTECCIÓN TÉRMICA PARA MOTORES ..... 24

2.3 MARCO CONCEPTUAL ..... 27

2.3.1 POLICHADO DE ROCAS..... 27

<b>2.3.2</b>	<b>DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR CAD.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.3</b>	<b>MEDIOS DE PULIDO Y RELLENO PARA POLICHAR ROCAS.....</b>	<b>28</b>
<b><u>3</u></b>	<b><u>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</u></b>	<b><u>29</u></b>
<b><u>4</u></b>	<b><u>DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u></b>	<b><u>29</u></b>
<b>4.1.</b>	<b>PARÁMETROS DE DISEÑO.....</b>	<b>29</b>
4.1.1.	BASE DE LA MÁQUINA.....	30
4.1.2.	ESTRUCTURA BASE DEL SISTEMA.....	30
4.1.3.	EJES DE ROTACIÓN.....	31
4.1.4.	COJINETE DE BLOQUE DE ALMOHADA .....	32
4.1.5.	SISTEMA DE POLEAS.....	33
4.1.6.	CORREA EN V TIPO A.....	34
4.1.7.	MOTOR. ....	35
4.1.8.	SOPORTE DEL TAMBOR.....	36
4.1.9.	TAMBOR DE LA MÁQUINA.....	36
4.1.10.	TAPA DEL TAMBOR.....	37
<b>4.2.</b>	<b>PRUEBA Y PROCEDIMIENTO DEL POLICHADO.....</b>	<b>39</b>
<b><u>5</u></b>	<b><u>RESULTADOS.....</u></b>	<b><u>50</u></b>
<b><u>6</u></b>	<b><u>CONCLUSIONES.....</u></b>	<b><u>54</u></b>
<b><u>7</u></b>	<b><u>RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b><u>55</u></b>

<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u></b>	<b><u>56</u></b>
<b><u>ANEXOS.....</u></b>	<b><u>59</u></b>
<b>ANEXO 1. BASE DE LA MAQUINA. ....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO 2. ESTRUCTURA BASE DEL SISTEMA.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 3. EJE DE ROTACIÓN. ....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO 4. COJINETES DE BLOQUE DE ALMOHADA.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO 5. POLEA DE 2 IN.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO 6. POLEA DE 10IN. ....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO 7. MOTOR.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO 8. SOPORTE DEL TAMBOR. ....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO 9. TAMBOR DE LA MÁQUINA. ....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO 10. TAPA DEL TAMBOR. ....</b>	<b>68</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Partes de un motor monofasico.</i> .....	18
<b>Figura 2.</b> Esquema del funcionamiento del motor monofásico. ....	20
<b>Figura 3.</b> Circuito simplificado de un motor monofásico. ....	21
<b>Figura 4.</b> Sistema de poleas y correas planas.....	23
<b>Figura 5.</b> Diseño de la base del motor.....	30
<b>Figura 6.</b> Diseño de la estructura del sistema.....	31
<b>Figura 7.</b> Diseño de los ejes de rotación.....	32
<b>Figura 8.</b> Diseño del cojinete de bloque de almohada.....	32
<b>Figura 9.</b> Diseño de polea de 2 In.....	33
<b>Figura 10.</b> Diseño de polea de 10 In.....	34
<b>Figura 11.</b> Correa en V tipo A.....	34
<b>Figura 12.</b> Diseño del motor. ....	35
<b>Figura 13.</b> Diseño del soporte del tambor.....	36
<b>Figura 14.</b> Diseño del tambor. ....	37
<b>Figura 15.</b> Diseño de la tapa del tambor.....	38
<b>Figura 16.</b> Diseño del ensamble de la máquina de polichado. ....	39
<b>Figura 17.</b> Tambor de 8 caras. ....	40
<b>Figura 18.</b> Tambor limpio con la tapa instalada. ....	41

**Figura 19.** Ensamble del rodamiento sobre la estructura base de la máquina de polichado de rocas, vista superior. .... 42

**Figura 20.** Ensamble del rodamiento sobre la estructura base de la máquina de polichado de rocas, vista lateral. .... 42

**Figura 21.** Ensamble completo de la máquina de polichado de rocas, vista lateral. .... 43

**Figura 22.** Ensamble completo de la máquina de polichado de rocas, vista frontal. .... 43

**Figura 23.** Materia prima extraída del río. .... 44

**Figura 24.** Rocas dentro del recipiente del tambor. .... 45

**Figura 25.** Solución líquida para el polichado. .... 46

**Figura 26.** Vertimiento de la solución en el tambor. .... 47

**Figura 27.** Sellado de la tapa del tambor. .... 48

**Figura 28.** Instalación del tambor y conexión de la máquina a la red. .... 49

**Figura 29.** Extracción de líquidos del tambor y lavado de rocas. .... 50

**Figura 30.** Resultado final de las rocas polichadas. .... 51

**Figura 31.** Roca polichada, antes y después de pasar por la máquina. .... 52

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Características, ventajas y desventajas de los relés.....</i>	<b>25</b>
<b>Tabla 2.</b> <i>Datos de placa del Motor USA.....</i>	<b>35</b>

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de grado, se pretende implementar una máquina de bajo costo para polichar rocas de río con propósitos decorativos empleando el método de tumbling. Para el caso de estudio, se diseñaron todas las piezas correspondientes a la maquina empleando diseño asistido por SolidWork, posteriormente, los diseños fueron llevados al taller para la construcción y montaje del sistema de polichado. Como resultado, se obtuvo un prototipo que cumple con las expectativas ya que el método tumbling funciona en la práctica y la maquina presenta un buen funcionamiento, además, se destaca lo económica que es la construcción de la maquina con respecto a las encontradas en el mercado y que los materiales son de fácil acceso para la comunidad.

**PALABRAS CLAVE.** Método tumbling, polichado, SolidWork, diseño, CAD

## ABSTRACT

In the present degree work, it is intended to implement a low cost machine to polish river rocks for decorative purposes using the tumbling method. For the case study, all the pieces corresponding to the machine were designed using SolidWork assisted design, later, the designs were taken to the workshop for the construction and assembly of the polichating system. As a result, a prototype was obtained that meets the expectations since the tumbling method works in practice and the machine has an excellent performance, in addition, it highlights how economical the construction of the machine is compared to those found in the market and that the materials are easily accessible to the community.

**KEYWORDS.:** Tumbling method, polishing, SolidWork, design, machine.

## INTRODUCCIÓN

El polichado de rocas, es un método artesanal que requiere de tiempo y dedicación ya que los procesos para darle una tonalidad decorativa a las rocas comunes son muy extensos. Este tipo de polichado, es muy poco común y su remuneración es muy baja, comparado con el esfuerzo que se requiere para pulir rocas, generando una desmotivación de los artesanos hacia esta actividad. En la región del Magdalena Medio, las familias de algunos sectores aledaños al río ejercen estas prácticas de forma generacional, pues cuentan con la materia prima y los conocimientos básicos para poder labrarla.

Luego de analizar la problemática presente, surge la necesidad de desarrollar un proyecto con el fin de beneficiar a esta comunidad. De esta forma, se opta por la ejecución y construcción con un motor de bajo costo que permita el polichado de rocas en un menor tiempo con propósitos decorativos empleando el método tumbling. Para esto, se buscarán materiales para crear un prototipo de máquina tumbling que sea asequible, de fácil construcción y que impulse el mercado artesanal relacionado con este tipo de actividades.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las principales problemáticas que se presentan en las familias del Magdalena Medio que laboran en las actividades de polichado de rocas, es que no cuentan con las herramientas necesarias como lo son un tallador de roca eléctrico o un motor eléctrico. En la mayoría de las ocasiones son familias de bajos recursos y se les hace difícil adquirir este tipo de herramientas.

El polichado a mano es una alternativa artesanal, que en la mayoría de casos es de labor generacional, algo que se enseña a muy pocas personas debido a que es un proceso que requiere bastante tiempo y es muy poco remunerado. Por este motivo, se requiere una máquina que pueda procesar altas cantidades de rocas a un bajo precio, disminuyendo despilfarros de materia prima, mano de obra y aumentando las ganancias para las familias que desempeñan esta labor, mientras aprovechan estos recursos obtenidos del río, ciénagas y quebradas de Barrancabermeja.

Por otro lado, es necesario generar una nueva fuente de ingresos para estas familias y de este modo, seguir fortaleciendo la economía local. Para la comercialización de este tipo de rocas es precisa la penetración de mercados tanto locales, regionales y el mercado nacional.

¿Qué parámetros y elementos de bajo costo deben tenerse en cuenta para el diseño e implementación de una máquina de polichado de rocas de río y que esta opere de forma continua y por largos periodos de tiempo?

### 1.2 JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de grado es planteado para que las familias aledañas a la orilla del río Magdalena se puedan beneficiar adquiriendo el proyecto a un bajo costo, gracias a la elaboración de una máquina de polichado eficiente y muy económica.

El desarrollo de esta máquina le permitirá a este grupo de personas abrirse a nuevas posibilidades de mercados a nivel nacional e internacional. Todo esto,

poniendo en uso el método de tumbling y aprovechando al máximo el personal y el recurso con el que se cuenta.

Por otro lado, la ventaja con la que cuenta la población aledaña al río Magdalena es la facilidad de poder extraer las rocas de forma manual. Durante generaciones, estas familias han polichado las rocas que sacan del río, ya sea para artesanía o para conservarlas. El uso de este motor, empleando el método tumbling facilita el polichado y permite contar con una mayor cantidad de rocas para tallar en un menor tiempo.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar una máquina de bajo costo para polichar rocas de río con propósitos decorativos empleando el método de tumbling.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diseñar una máquina para polichar rocas de río amorfas de 2 a 6 cm de diámetro por el método de tumbling con capacidad mínima de 10 kilogramos atendiendo variables medioambientales propias de la región del Magdalena Medio.
2. Modelar en SolidWork las piezas de la máquina diseñada realizando análisis de esfuerzos y planos de construcción.
3. Construir la máquina para polichar piedras de río siguiendo los planos de construcción empleando materiales durables y de bajo costo.
4. Verificar el correcto funcionamiento de la máquina haciendo pruebas con duración mínima de 5 días empleando diferentes medios de pulido y relleno.

## 1.4 ESTADO DEL ARTE

El método tumbling para polichado de rocas se lleva a cabo empleando máquinas rotativas, en las cuales se hace girar un barril que contiene las rocas con una solución acuosa. Este barril se apoya sobre una ranura compuesta por dos correas espaciadas que se extienden a lo largo de un compartimiento y están acopladas para rotar a través de cojinetes (Christensen, 1973).

Domenic Mucciacciaro y Alvin Blum (2001), trabajaron sobre el diseño de una máquina tumbling para polichar piezas pequeñas y rocas, en la cual se cuenta con un contenedor en forma cilíndrica con un extremo abierto con una tapa. Para sellar la tapa, se emplea un disco rígido con el fin de no dejar cavidades que dejen salir los líquidos de polichado. Finalmente, este cilindro gira sobre una banda elástica que se mantiene entre un par de discos.

Por otro lado, se emplea un sistema de polichado ultra silencioso en el cual el barril se apoya en un soporte el cual tiene dos montajes extendidos desde la base rotativa. En este caso, el barril está compuesto por un barril interior en el cual se encuentran las rocas junto con la solución líquida cerrada con una tapa extraíble. Esta tapa encaja dentro de un barril central que conecta se encuentra encajado dentro del barril exterior el cual también tiene una tapa extraíble. Para la absorción de energía y de ruido, se cubren los barriles internos y el central con espuma (Yu, 2016).

Por otra parte, se encuentra la tesis doctoral realizada por María Elena Blanc Romero y que lleva por título “Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo”, en dicha investigación se propone una metodología que tiene como objetivo principal añadir un análisis oportuno del contexto de los procesos de diseño de máquinas agrícolas convencionales, todo esto a través de la observación de las fases iniciales de diseño, el cual se le incorpora una etapa nueva como lo es la identificación propia del análisis de los procesos. Otro de los factores importantes de implementar este tipo de metodología, es que es una herramienta que es amigable con el medio ambiente, los usuarios y las infraestructuras del entorno en el cuál se va a desarrollar el proceso agrícola que desarrollará la máquina (Blanco, 2018).

Seguidamente, en cuanto a construcción de maquinarias de pulido se encuentra la tesis de Medina y Rivadeneira (2010), en la cual encontraron la falencia principal de la construcción de engranajes como lo es que en la mayoría de veces no se cuenta con una máquina de transmisión de movimiento rotatorio en los talleres, esto permitió la realización pertinente de la investigación y seguidamente de la

ejecución de la máquina con el fin de mejorar la fabricación de engranajes industriales y disminuir costos finales en la construcción de los mismos (Betancourt y Rivadeneira, 2010).

Continuando, se encuentra la investigación realizada por Luis Ángel Aranda Arzayuz y John Bernanrd Ghitis Hoffstadt y que lleva como título “Diseño y construcción de una máquina pulidora de pisos”, en la cual se realizó la construcción de una máquina que constaba de un motor eléctrico y un juego de engranaje con una sola reducción, dicho motor es que el procede a transmitir la potencia a los discos giratorios que hacen el contacto con el suelo a través de las piedras pulidoras. Esta investigación, se hizo con el fin de producir maquinaria para el sector construcción para proceder a traer beneficios de disminución de despilfarros y aumento de utilizades.

En cuestiones de estudio, los educadores sugieren la implementación de la máquina tumbling para cursos introductorios a la geología con los cuales pueden simular la meteorización de los clastos. Sin embargo, estos aparatos también son útiles para cursos avanzados de geología, ya que con el modo de uso de estos aparatos pueden determinar la pérdida de masa en función del tipo de roca, grado de litificación y efectos sobre la forma del grano en cursos de sedimentología (Videtch; Dalman' and Koeman. 2010).

## **2 MARCO REFERENCIAL**

### **2.2 MARCO TEÓRICO**

#### **2.2.1 MOTOR MONOFASICO.**

Un motor monofásico, es una maquina eléctrica capaz de convertir la energía que proviene de la red de electricidad, en energía mecánica. El funcionamiento de esta máquina es idéntico al del motor trifásico, ya que cuenta con una composición y sencillez idéntica y solo difieren en el devanado auxiliar para dar inicio al giro del motor. Por otra parte, al existir una atracción y repulsión entre el imán y el núcleo de la máquina, se puede generar energía eléctrica (Soler, 2019).

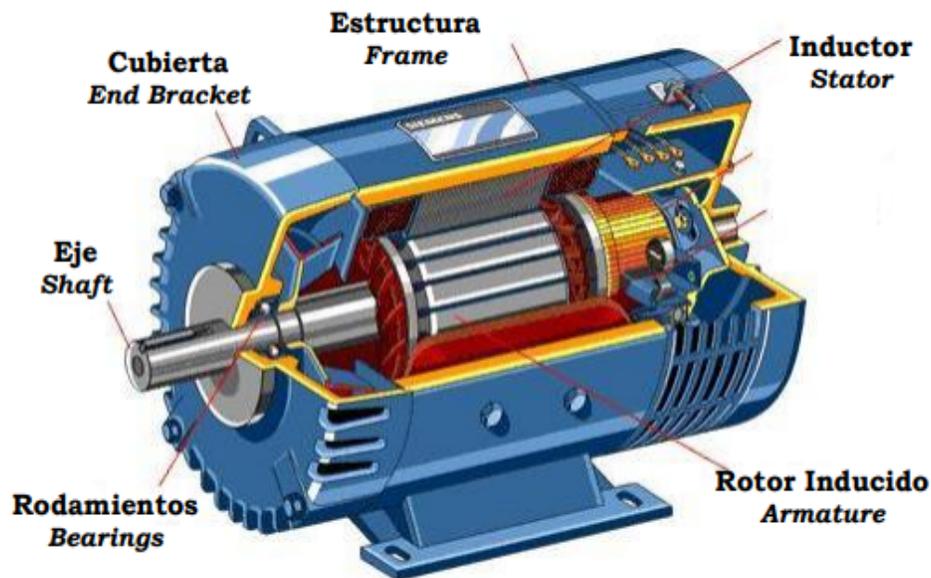
En cuanto al arranque, el motor monofásico de inducción no inicia por sí solo, por lo que se requiere acondicionarlo. Es por esto, que estos motores en su mayoría, son construidos con un rango de potencias fraccionada con una capacidad de hasta 10hp. Además, un motor de corriente continua (cc) puede operar con corriente alterna (ca) cuando su construcción interna está bien implementada, siendo este conocido como un motor universal, pues estos desarrollan velocidades relativamente altas y son implementados en aparatos tales como sistemas de calefacción, enfriamiento y ventilación (Gurú y Hiziroglu, 2002).

Con respecto al tipo de motor, existen tres tipos de motores monofásicos, los cuales son:

- Devanados de fase partida.
- Devanados con capacitor.
- Polos estáticos sombreados.

En la figura 1 se presenta una vista interna de un motor monofásico diseñado con devanados con condensador.

**Figura 1.**Partes de un motor monofásico.



Nota: adaptado de: SIEMENS. Electrical Training Courses - Power Distribution, Motors and Control: Basic of DC Motors. [online]. [cited 25 february 2010]. recuperado de: <http://www3.sea.siemens.com/step/templates/lesson.mason7dcd:1:1:1>.

Se debe tener en cuenta, los tipos de caballajes de los motores monofásicos, se cuenta con una variedad de potencias contando las maquinas fabricadas con tamaños normales, las cuales cuentan con 1,5; 2; 3; 5; 7,5 y 10 hp para operar a tensiones monofásicas de 115V y 230V, mientras que, cuando se tiene una tensión de servicio de 440V, los límites de potencia en caballos de fuerza son de 7,5 a 10 hp. Cuando se realizan trabajos de carga mayores a estos, es recomendable implementar motores trifásicos, sin embargo, existen motores monofásicos más robustos de corriente alterna, como los empleados en servicio de locomotoras (Catarina, s.f.).

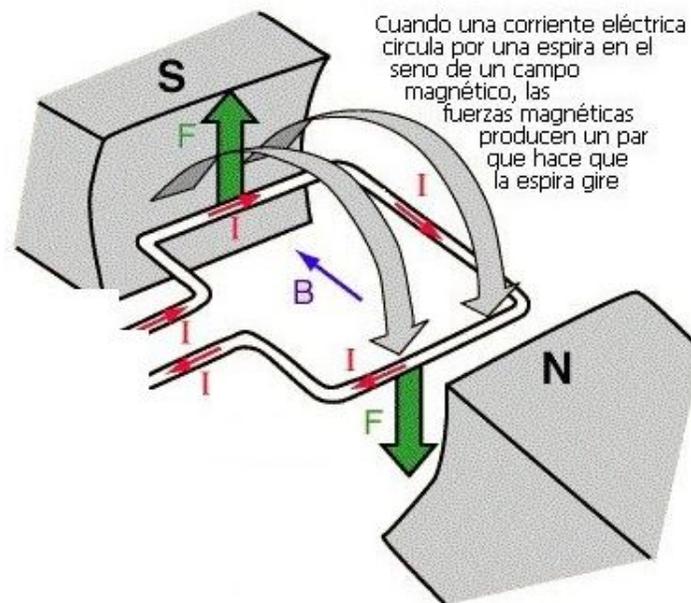
Por otra parte, los elementos más importantes del motor según Soler (2019), son:

Inicialmente se cuenta con la parte fija del motor denominada estator, este usualmente es diseñado con capas de acero formando el núcleo y en el cual se apoya el mismo, además cuenta con ranuras y dos arrollamientos de cobre, el primero para realizar el trabajo, y el segundo es el llamado auxiliar, o de arranque.

Seguidamente, se encuentra la parte giratoria del motor, llamada rotor. El funcionamiento de este aparato se da a través del campo magnético generado por el estator. En esta parte de la máquina, se puede apreciar la transformación de energía eléctrica en energía mecánica, pues dependiendo de la intensidad de campo magnético generado en el estator, va a variar la velocidad de giro en el rotor.

Hasta el momento, cabe resaltar que el estator es conocido también como inductor, pues es la parte eléctrica del motor, la cual recibe la corriente de la red a la cual se conecta, para generar una inducción de campo magnético y el rotor es el inducido, generalmente construido con partes metálicas a las cuales se les induce el movimiento giratorio. En la Figura 2, se puede apreciar el funcionamiento.

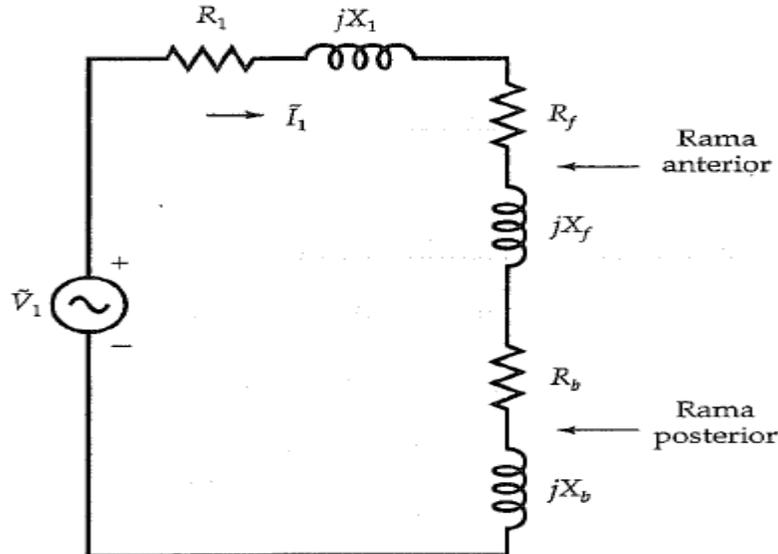
**Figura 2.** Esquema del funcionamiento del motor monofásico.



Nota: Área tecnología. Motores monofásicos. recuperado de:  
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/motores-monofasicos.html>

Finalmente, se encuentran los elementos encargados de mantener en posición los ejes del rotor, conocidos como los escudos, que se encuentran ubicados en los extremos del estator. La carcasa del motor, también es una parte esencial de esta máquina, pues es la que la protege de cualquier perturbación o daños que provengan del exterior del motor (Soler, 2019).

Figura 3. Circuito simplificado de un motor monofásico.



Nota: Adaptado de: Gurú, Hiziroglu. (2002). Máquinas eléctricas y transformadores tercera edición. Oxford, Nueva York. Estados Unidos.

En la Figura 3, se presenta un esquema del circuito simplificado de la maquina monofásica, en donde:

- $I_1$ : Es la corriente que circula por el motor,
- $R_1 + jX_1$ : representa la impedancia del estator,
- $R_b + jX_b$ : impedancia efectiva de la rama posterior
- $R_f + jX_f$ : Impedancia efectiva de la rama anterior.

Por otra parte, para el cálculo de la potencia mecánica desarrollada interviene la potencia neta en el entrehierro  $P_{ag}$  del motor, el deslizamiento  $S$ , la velocidad del rotor de la maquina  $\omega_m$  y la velocidad síncrona del motor  $\omega_s$ .

$$P_d = P_{ag}(1 - S) = T_d \omega_m = T_d(1 - S)\omega_s \quad (1)$$

## 2.2.2 Variación de velocidad

Un variador de velocidad, es un sistema empleado para el control de la velocidad de giro en sistemas de accionamiento electromecánicos o motores de corriente alterna (CA), a través del control de la frecuencia de alimentación que se suministra al motor. Los variadores de velocidad también son conocidos como drivers de frecuencia o drivers de CA, y pueden ser: eléctricos, hidráulicos, mecánicos o electrónicos, siendo estos con los cuales se puede controlar la velocidad de un motor de forma precisa y constante (CLR, 2020).

Para el caso de reductores de velocidad para motores monofásicos, se encuentran una serie de ventajas al momento de implementarlos, como lo son: prolongar la vida útil del motor evitando realizar operaciones bruscas, además de poder utilizar el motor con una eficiencia elevada teniendo un máximo rendimiento. Por otro lado, se tiene que el control de las variaciones de velocidad permite el ahorro de energía y facilita poder realizar comprobaciones y ajustes, permitiendo reducir las revoluciones de los motores (CLR, 2020).

Particularmente existen cuatro tipos de variadores de velocidad, entre los cuales se encuentran: variadores de velocidad por corrientes de Eddy, variadores de deslizamiento y variadores para motores de c.a. una característica importante de estos tres primeros es que se emplean en motores trifásicos y finalmente se encuentran los variadores para motores de c.c., con los cuales se controla la velocidad de motores en serie, derivación, compound y de imanes permanente (EcuRed, s.f). De este modo, análisis de la variación de velocidad en motores monofásicos, se puede realizar a través de la Ecuación 2:

$$n = \frac{120 f (1 - S)}{P} \quad (2)$$

Por otra parte, el control de voltaje incide en la velocidad, pues el par desarrollado es directamente proporcional al cuadrado del voltaje aplicado en los bornes de la máquina, por lo que el suministro de voltaje logra controlar el aumento o reducción de la velocidad de operación del motor. Asimismo, el control se puede hacer a través de la variación de la resistencia del rotor, al implementar una resistencia externa en el circuito del motor, sin embargo, este método no puede implementarse a menudo, pues con este, se puede generar aumento en pérdidas en el cobre del rotor, aumento de temperatura del motor o incluso reducción en la eficiencia del motor (Gurú y Hiziroglu, 2002).

### 2.2.3 Transmisión mecánica de potencia

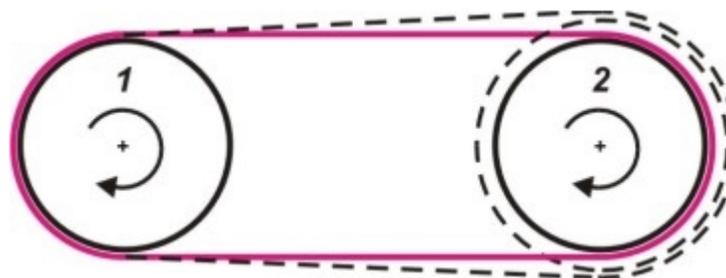
La transmisión mecánica de potencia es aquella que se emite mediante unos mecanismos empleados desde una fuente de potencia a una máquina mecánica o elemento motor, aumentando, manteniendo o disminuyendo la velocidad y el toque aplicado. La potencia es la cantidad de energía que se consume en un tiempo determinado en las máquinas mecánicas, en este tipo de sistemas esta no puede variar si no se utiliza algún método eléctrico de variación (Flores, 2012).

Por otra parte, es necesario en las aplicaciones en la industria que la maquinaria sea alimentada de potencia a través de una fuente, en la mayoría de casos esta transmisión mecánica de potencia se genera eficientemente, donde la fuente de potencia cuando necesita que la velocidad sea menor que la suministrada por el motor se emplea un reductor de velocidad, el cuál de forma práctica transmite la potencia con la energía necesaria para que el motor funcione y en consecuencia se incrementa el toque ejercido (Mott, 2006).

### 2.2.4 Transmisión por correas y poleas.

El sistema de poleas y correas es empleado para transmitir potencia cuando existe una alta velocidad tangencial o torque entre dos ejes de rotación. Este tipo de sistemas de transmisión de potencia tiene la particularidad de que en cualquier caso puede existir deslizamiento entre la correa y las poleas, ya que a diferencia de los sistemas de cadenas o engranajes no cuenta con dientes sincronizados. Las correas pueden ser planas, trapezoidales, múltiples en V y dentadas, cada una empleada en diferentes disposiciones de poleas (Gutiérrez, 2010).

**Figura 4.** Sistema de poleas y correas planas.



Nota: Adaptado de: Gutiérrez, A. (2010). Transmisión por correas y poleas. 358 - máquinas.  
 Recuperado de: <https://sites.google.com/site/358maquinas/transmision-por-correas-y-poleas>

Para determinar la velocidad de transmisión de giro de un sistema de poleas cuando se conecta por correas planas, se tiene que:

$$D1*N1=D2*N2 \quad (3)$$

En donde:

D1: Diámetro de la polea 1

D2: Diámetro de la Polea 2

N1: Velocidad de la polea 1

N2: Velocidad de la polea 2

### 2.2.5 Protección térmica para motores

Es necesario tener el conocimiento y la necesidad de contar con protección para los motores eléctricos que se pongan en funcionamiento. Al instante de poner en uso un motor, se hace obligatorio proveer de seguridad suficiente tanto al motor, a la red y al operador del mismo, todo esto con el fin de evitar y prevenir accidentes. Toda esta necesidad nace de la misma esencia del trabajo que se va a realizar con el motor eléctrico.

Durante la manipulación de los motores eléctricos se pueden presentar fallas de operaciones, que se han vuelto cada vez más comunes debido a la falta de capacitación o de conocimiento hacia el motor que se está usando. Las fallas más comunes que se pueden encontrar son bloqueos del rotor y sobrecarga mecánica, que contribuyen a que se eleve el consumo de corriente promedio por parte del motor, trayendo consigo que se eleve la temperatura dentro del motor y la red eléctrica (Contreras et al, 2010).

Es importante para el lector reconocer que el procedimiento de arranque de un motor eléctrico con el método directo (across the line) produce corrientes del 600% de la corriente nominal y aún mayores, según el modelo de motor, pero estas se conocen como sobrecargas temporales y no son procesos anómalos para el motor, por el contrario, son el resultado del proceso de aceleración del mismo

que puede tardar alrededor de 8 segundos (SIEMENS, s.f.). En la Tabla 1 se presentan ventajas y desventajas de las protecciones eléctricas.

**Tabla 1.**

Características, ventajas y desventajas de los relés.

Relé Electromecánico	
Características	<p>Usado para conmutar circuitos de alta potencia, con bajos voltajes y corrientes.</p> <p>La conmutación se hace a través de contactos mecánicos.</p>
Ventajas y desventajas	<p>Bajo precio comparado con los relés de estado sólido.</p> <p>Posibilidad de ionización del gas circulante durante la conmutación.</p> <p>Desgaste prematuro en los contactos, generan ruido.</p>

---

## Relé de Estado Sólido

Características	Usado para conmutar circuitos de alta potencia, con bajos voltajes y corrientes, empleando componentes de estado sólido como TRIAC o SCR en lugar de contactos mecánicos.
Ventajas y desventajas	Livianos, rápidos y silenciosos. No ionizan gas durante la conmutación.  Alto precio, comparado con los relés electromecánicos.

---

NOTA: Contreras, Sánchez. (2010). Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos, como apoyo a la asignatura de diseño de máquinas LL. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. recuperado de:  
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133923.pdf>

Por otro lado, los relés térmicos que se emplean para la protección de motores son:

**Relé térmico:** Encargado de vigilar la temperatura del devanado del motor, a través de termistores los cuales se instalan durante la construcción de la máquina.

A los motores trifásicos, se le instala un termistor en cada fase.

**Relé térmico de sobrecarga:** Estos se actúan por efecto del calor generado por una sobrecarga, para el caso de este relé se emplean materiales bimetálicos (Contreras, Sánchez. 2010).

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.3.1 Polichado de rocas.**

El polichado de rocas sirve para transformar rocas naturales, en otras que puedan tener un uso decorativo y emplearse en fachadas de edificios, pisos tales como cubiertas para áreas de siembra y otros lugares similares, ya sea para mejorar el paisaje, o dar un aspecto lujoso a una edificación. Usualmente, se buscan métodos de polichado con el que se tenga un resultado similar a las piedras fabricadas por las grandes industrias, ya que en muchas ocasiones estas pueden ser demasiado costosas. Además de esto, el uso de máquinas convencionales de polichado es indispensable, ya que pulir una roca y darle un aspecto decorativo requiere de bastante tiempo y esfuerzo físico para lograrlo (Rose et al, 2004).

### **2.3.2 Diseño asistido por computador CAD**

Es un modelo o sistema de software que engloba el concepto de diseño computacional que quiere describir un ente. Este sistema ayuda a la reducción de tiempos invertidos en los ciclos de exploración, implementando el uso de gráficos con los cuales se pueden interactuar y modificar según lo deseado, ampliando las capacidades de edición tanto en 2D Y 3D (Paredes, 2012).

### **2.3.3 Medios de pulido y relleno para polichar rocas.**

Existen dos métodos de pulido y relleno de rocas, uno es por rotación y el otro es por vibración. El primero consiste en un barril lleno de rocas, piezas cerámicas y esmalte de polichado, el cual estará sellado y se acuesta y gira sobre una correa que se mueve por acción un acoplamiento entre dos ejes de rotación a través de la misma correa.

Por otra parte, en el segundo método se tiene un recipiente sellado y relleno con las rocas, el esmalte y piezas cerámicas el cual está apoyado sobre una base vibratoria, dicha base puede conformarse por pasos de vibración y según la cantidad de estos, puede variar la intensidad con la que puede vibrar la máquina. Los esmaltes son mezclas o disoluciones con materiales como óxido de aluminio, óxido de cerio, Trípoli, óxido de titanio, entre otros. Asimismo, las piezas cerámicas pueden ser grandes o pequeñas, según sea el uso, en algunos casos reemplazadas por pellet de plástico (RockTumbler, 2020).

### **3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para la ejecución de este estudio se llevó a cabo una investigación aplicada lo cual, para Murillo (2008) recibe en nombre de “investigación práctica o empírica” y se caracteriza porque se basa los conocimientos adquiridos, con el objetivo de poder encontrar algún tipo de estrategia que pueda ser utilizada en la solución de un problema específico. Por otro lado, en cuanto a desarrollo de este tipo de investigaciones, sigue una estructura general que basada en un enfoque de investigación de orden práctico, lo cual está estrechamente ligada a la investigación básica, ya que depende de principios científicos para su ejecución. El presente trabajo de grado, conllevó la labor de primeramente organizar ideas, conceptos y preferencias y así, poder proceder a definir los materiales e implementarlos para la construcción del motor AC.

### **4 DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO**

En el presente trabajo de grado, se presenta el desarrollo de una máquina de bajo costo para el polichado de rocas de río implementando el método tumbling, es por esto que se requiere diseñar y ensamblar la máquina para dar cumplimiento de los objetivos de este trabajo de grado. A continuación, se presenta el diseño en SolidWorks de cada una de las piezas de la máquina y posteriormente el ensamble del motor junto con todo el equipo de rodamiento.

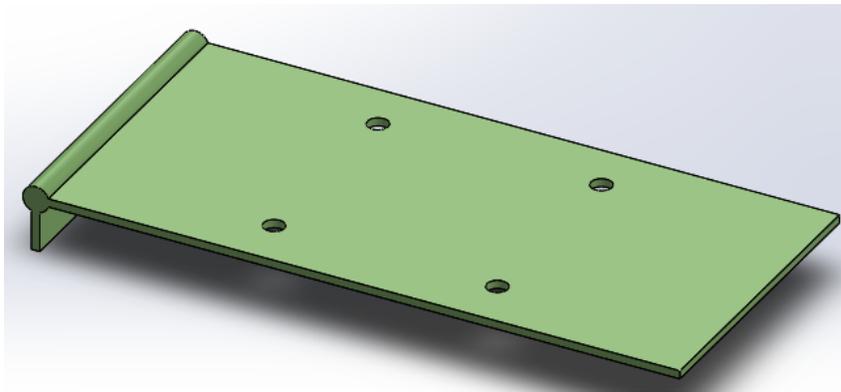
#### **4.1. Parámetros de diseño.**

Para definir los parámetros del diseño, se tuvo en cuenta el diseño de la máquina tumbling para polichado de rocas desarrollado anteriormente por Gary Christensen (1973), en el cual emplea un sistema de rotación con dos ejes para sostener al tambor con la carga. Estos dos ejes son impulsados por un par de poleas, la primera acoplada a los ejes de rotación del tambor, y la segunda acoplada al eje del motor. El acoplamiento entre las dos poleas se produce a través de una correa y todo el sistema está apoyado sobre una estructura base que soporta, tanto al motor, como al tambor sobre los ejes y la descripción del diseño se presenta de la siguiente forma:

#### **4.1.1. Base de la máquina.**

En la Figura 5 se presenta un sistema que funciona como soporte manteniendo el sistema equilibrado, garantizando una transmisión de energía constante que mantiene la tensión ideal de la correa aumentando la vida útil de las poleas y ahorrando energía eléctrica.

**Figura 5.** Diseño de la base del motor.

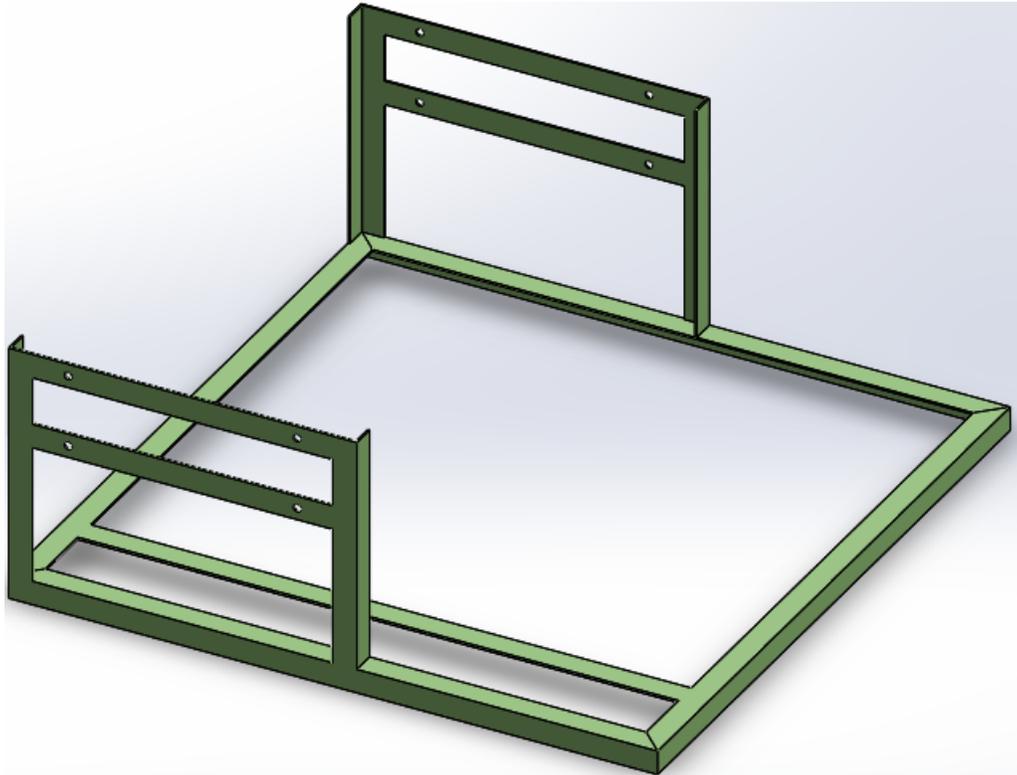


Fuente: Autores del proyecto.

#### **4.1.2. Estructura base del sistema.**

La estructura presentada en la Figura 6, se diseñó a través de Angulo de 1/8 x 1 1/2 milimétrico por 6 ML el cual es una figura angular de material acero con lados iguales, Platina o placa de metal con sección transversal rectangular de las siguientes especificaciones 1/8 x 1 1/2, creando un cuadrado con dos laterales verticales paralelos para instalar los cojinetes y los ejes.

**Figura 6.** *Diseño de la estructura del sistema.*

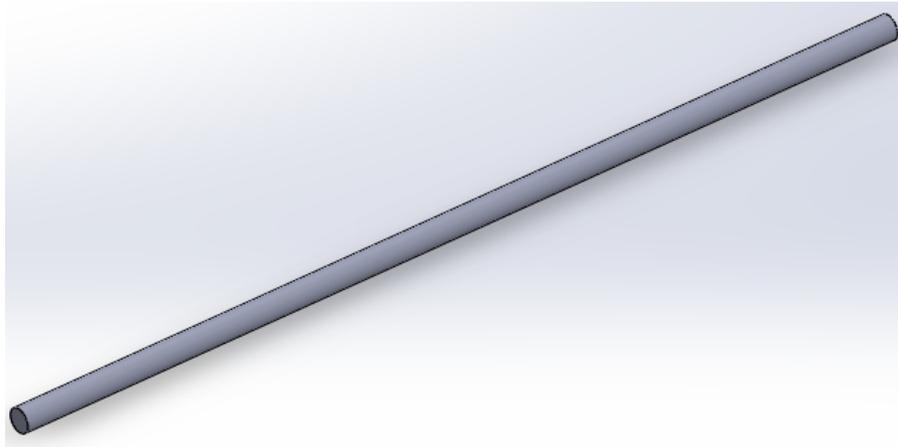


Fuente: Autores del proyecto.

#### **4.1.3. Ejes de rotación.**

Los ejes del sistema mostrados en la Figura 7 se obtuvieron de una varilla de acero para pozos, la cual se cortó en dos partes de igual longitud para crear un eje principal conectado al sistema de transmisión y un eje secundario paralelo al eje principal los cuales se llevaron al torno para su respectiva rectificación con el fin de lograr un correcto alineamiento al ubicar el tambor y permitir el funcionamiento del sistema.

**Figura 7.** *Diseño de los ejes de rotación.*

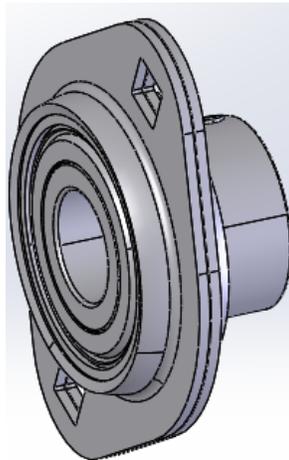


Fuente: Autores del proyecto.

#### **4.1.4. Cojinete de bloque de almohada**

El cojinete utilizado para la fabricación de la maquina es tipo bloque de almohada el cual es un rodamiento utilizado para ofrecer soporte a los ejes paralelos giratorios, estos cojinetes usados en el diseño son de  $\frac{3}{4}$  "en material de hierro fundido.

**Figura 8.** *Diseño del cojinete de bloque de almohada.*



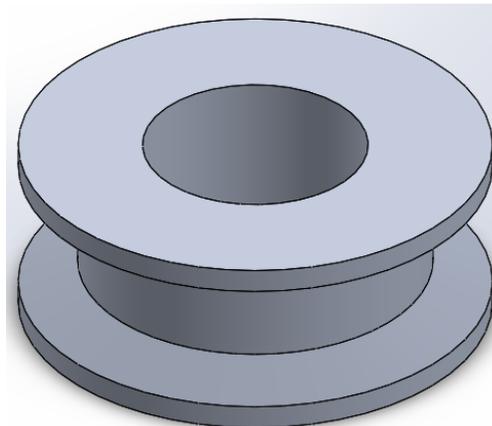
Fuente: Autores del proyecto

Los agujeros que se observan en la Figura 8, permiten ajustarlos y montarlos fácilmente a la estructura, es importante resaltar que para un buen funcionamiento los ejes deben coincidir con sus medidas, lo cual permite que el rodamiento se deslice en el eje y en la posición, permitiendo asegurar en el sistema de bloqueo.

#### **4.1.5. Sistema de poleas.**

Como se observa en el diseño, el sistema de transmisión está formado por un par de poleas situadas a cierta distancia. En la Figura 9, se presenta la polea motriz o conductora de 2 in está conectada a la salida de un eje movido por el motor.

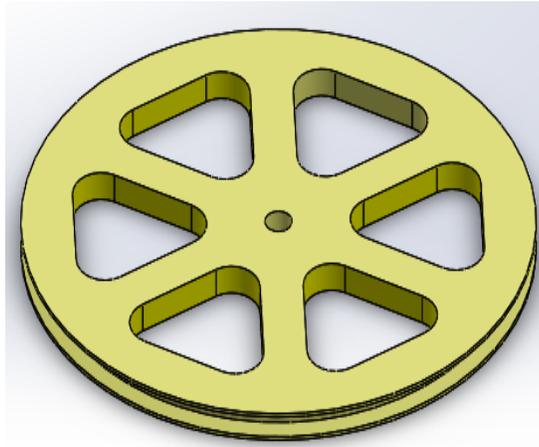
**Figura 9.** Diseño de polea de 2 In.



Fuente: Autores del proyecto.

El sistema cuenta con la polea dirigida o conducida de 10 in (Figura 10), está conectada a al eje principal en el cual encontramos la resistencia que se tiene que vencer transmitiendo el movimiento desde el eje de entrada o motriz hasta el eje de salida o dirigido mediante una correa.

**Figura 10.** *Diseño de polea de 10 In.*



Fuente: Autores del proyecto.

#### **4.1.6. Correa en V tipo A.**

Para transferir energía del eje motriz o conductor al eje dirigido o conducido se utiliza una correa en V tipo A con código 038 (Figura 11), esta es una correa altamente flexible y eficiente que tiene su sección transversal en forma de trapecio.

La ventaja de escoger este tipo de correa es que no requieren mantenimiento ni lubricación resolviendo problemas de deslizamiento y alineación.

**Figura 11.** *Correa en V tipo A*

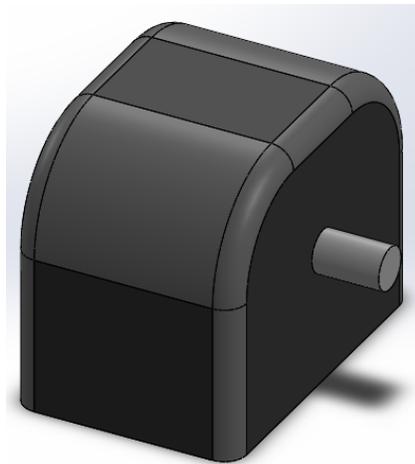


Fuente: Autores del proyecto.

#### 4.1.7. Motor.

La máquina de rotación implementada, es un Motor USA (Figura 12), que requiere una conexión a la red de 110V en corriente alterna, con una potencia de 0,5 hp y opera a 60Hz.

Figura 12. Diseño del motor.



Fuente: Autores del proyecto.

Por otra parte, el motor cuenta con una protección térmica, clase de aislamiento (CL) tipo B, lo cual significa que su temperatura máxima admisible es de 130°C. al mismo tiempo, está diseñado para una temperatura ambiente máxima de 40°C y condensador de arranque de 189 – 227 MFDy tiene las siguientes especificaciones:

Tabla 2.  
 Datos de placa del Motor USA.

Motor USA		
Voltaje [V]	RPM	Potencia [hp]
115	1725	0,5
Corriente [A]		Frecuencia [Hz]
9,3		60

Protección Térmica	Condensador de arranque
L CL. BAMB 40°C	189 -227 MFD

Fuente: Autores del proyecto.

#### **4.1.8. Soporte del tambor.**

En la Figura 13, se presenta el soporte del tambor el cual se diseña siguiendo la funcionalidad del perno, que es un tornillo con una parte liza y otra enroscada al remache usado, para sujetar piezas a una estructura como el tambor, garantizando el giro los ejes evitando desalinearse la carga. Este soporte, lleva un recubrimiento por medio de un corte milimétrico de una manguera de lavado de  $\frac{3}{4}$  x 300 psi, protegiendo los ejes y el tambor del rozamiento, armonizando la funcionalidad de la máquina.

**Figura 13.** Diseño del soporte del tambor.



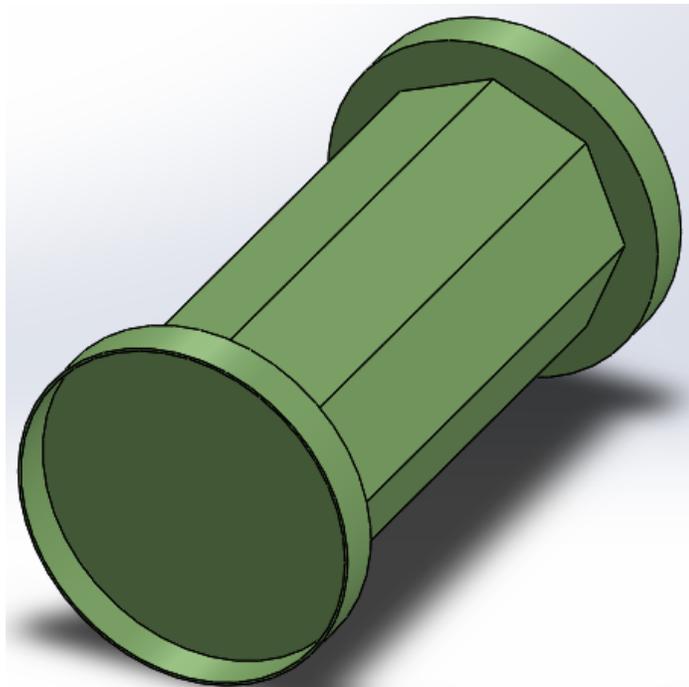
Fuente: Autores del proyecto.

#### **4.1.9. Tambor de la máquina.**

El tambor es diseñado con lamina de acero HR, el cual es un producto plano de acero obtenido por laminación en caliente de planchones. Cabe resaltar que, la lámina es de  $\frac{1}{8}$  " (120 x 240) con medidas de 30 x 30, por 2 unidades donde se

cortaron en forma de circunferencia los dos extremos del tambor, luego se fabrica las 8 caras, como se muestra en la Figura 14, que componen el giro total del tambor y al implementar soldadura se hace el armado, conviene subrayar que ante las imperfecciones se hace una limpieza con pulidora y al finalizar con masilla metálica de 125 gr se pule para obtener un buen acabado liso sobre el armado del tambor.

**Figura 14.** *Diseño del tambor.*

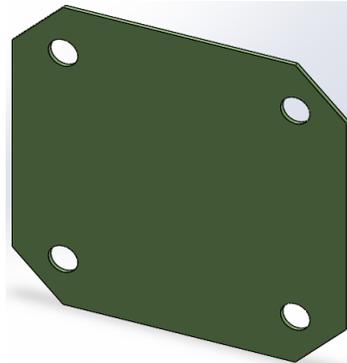


Fuente: Autores del proyecto.

#### **4.1.10. Tapa del tambor.**

La tapa del tambor se fabrica con lamina HR de 1/8 “(120 x 240) y se presenta en la Figura 15, a la cual se le hacen 4 hendiduras en los extremos, con el fin de sellarla medio de 4 tornillos sujetos por soldadura al tambor.

**Figura 15.** *Diseño de la tapa del tambor.*

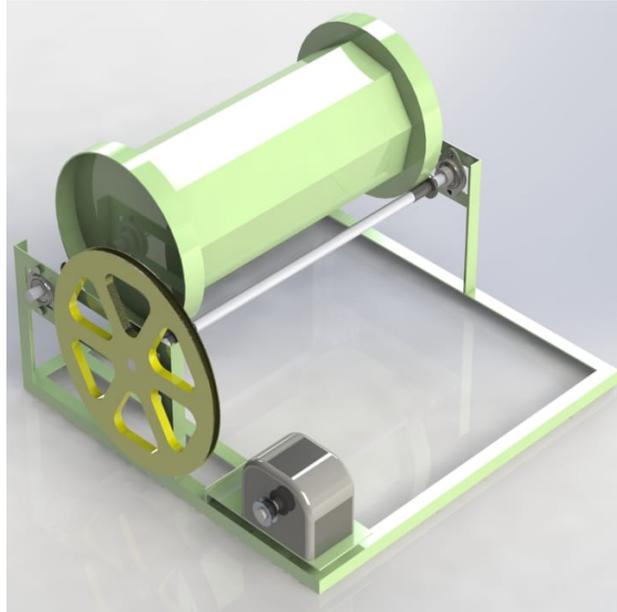


Fuente: Autores del proyecto.

Es importante mencionar, que esta tapa tiene un empaque de presión, que presenta un gran rendimiento al no permitir que se derrame la solución para polichar las piedras.

Finalmente, el diseño asistido por SolidWork completo y ensamblado se encuentra presente en la Figura 16.

**Figura 16.** *Diseño del ensamble de la máquina de polichado.*



Fuente: Autores del proyecto.

## 4.2. Prueba y procedimiento del polichado.

En esta sección, se presentan las imágenes correspondientes a la implementación del diseño final y el procedimiento para el polichado de rocas. Inicialmente, en la Figura 17 se presenta el resultado del tambor de 8 caras, el cual estando vacío tiene un peso de 9kg.

**Figura 17.** *Tambor de 8 caras.*



Fuente: Autores del proyecto.

Por otra parte, el recipiente del tambor tiene un radio de 15cm y una profundidad de 49,9cm. Asimismo, los apoyos del tambor sobre el rodamiento tienen un radio de 30cm. Luego de la limpieza y pintado el tambor presentado en la Figura 18, se le atornilla la tapa en los 4 puntos.

**Figura 18.** Tambor limpio con la tapa instalada.



Fuente: Autores del proyecto.

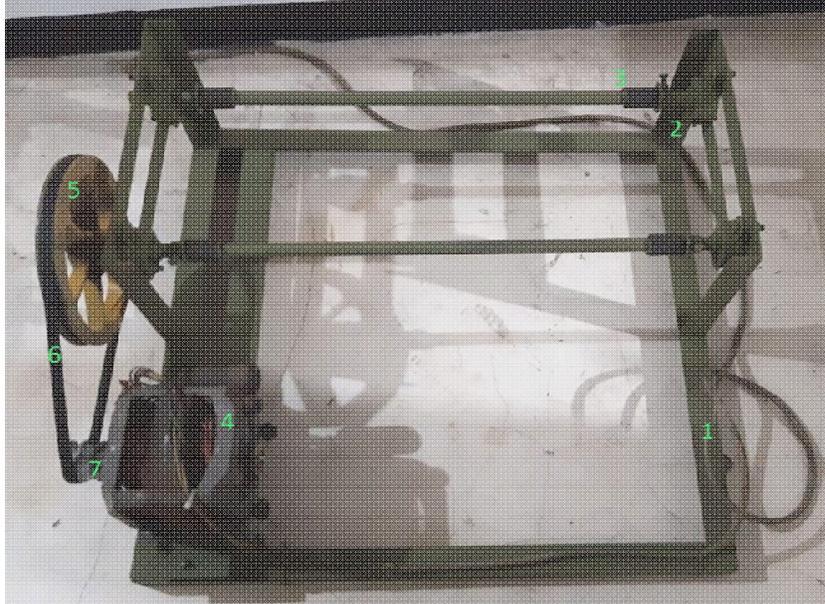
El diseño de la tapa es el presentado en la sección 4.1.10 y es elaborada con lamina HR, atornillada en 4 puntos y tiene un caucho en los bordes del tambor para que quede herméticamente cerrada.

Por otra parte, el ensamble de todas las piezas de la estructura base se muestra en las Figuras 19y 20 en donde se muestra lo siguiente:

- 1 - Platinas de la base
- 2 - Cojinetes ovaladas de  $\frac{3}{4}$
- 3 - Ejes de rotación
- 4 - Motor
- 5 - Polea de 10 pulgadas

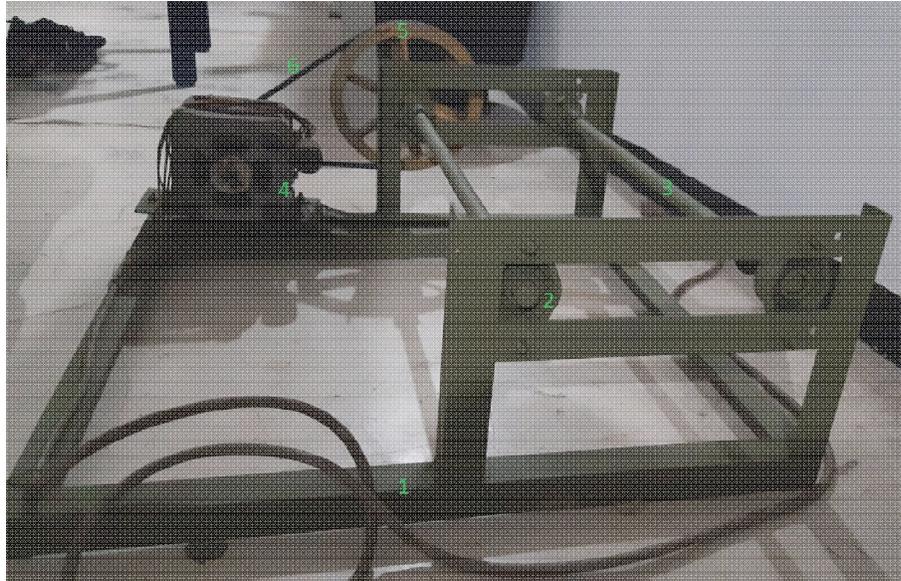
- 6 - Correa en V tipo A038
- 7 - Polea de 2 pulgadas en aluminio

**Figura 19.** *Ensamble del rodamiento sobre la estructura base de la máquina de polichado de rocas, vista superior.*



Fuente: Autores del proyecto.

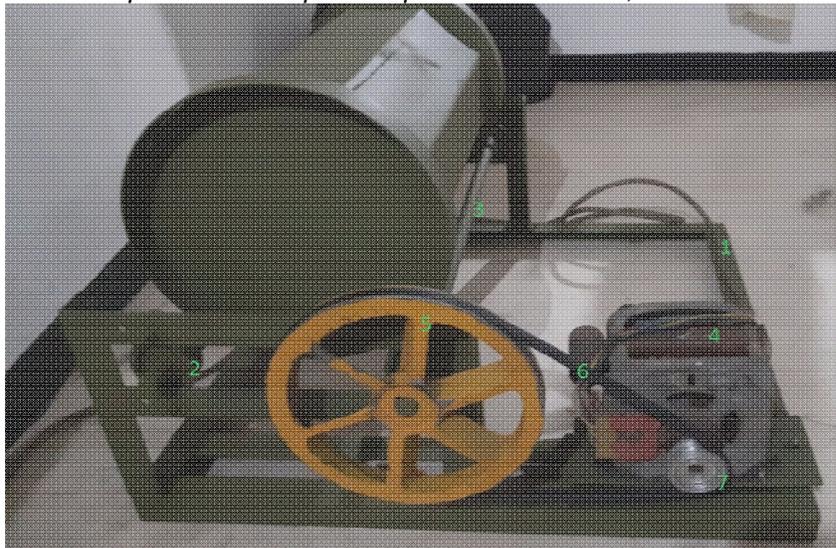
**Figura 20.** *Ensamblaje del rodamiento sobre la estructura base de la máquina de polichado de rocas, vista lateral.*



Fuente: Autores del proyecto.

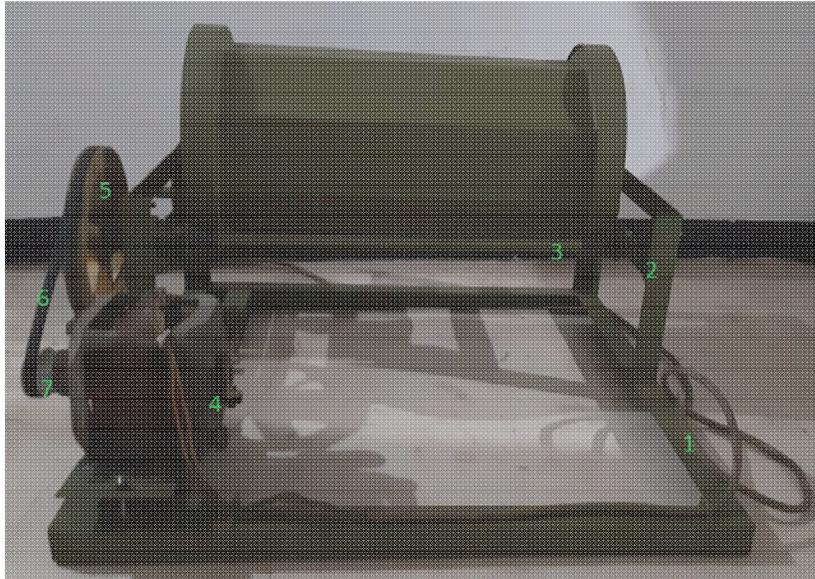
Asimismo, en las figuras 21 y 22, se presenta el ensamblaje final de piezas de la máquina para polichar rocas, con el tambor montado sobre los ejes de rotación.

**Figura 21.** *Ensamblaje completo de la máquina de polichado de rocas, vista lateral.*



Fuente: Autores del proyecto.

**Figura 22.** *Ensamblaje completo de la máquina de polichado de rocas, vista frontal.*



Fuente: Autores del proyecto.

En cuanto al procedimiento para polichado de rocas, inicialmente se tomaron alrededor de 30 libras en piedras extraídas del río, a las cuales se les realizó el polichado (Figura 23).

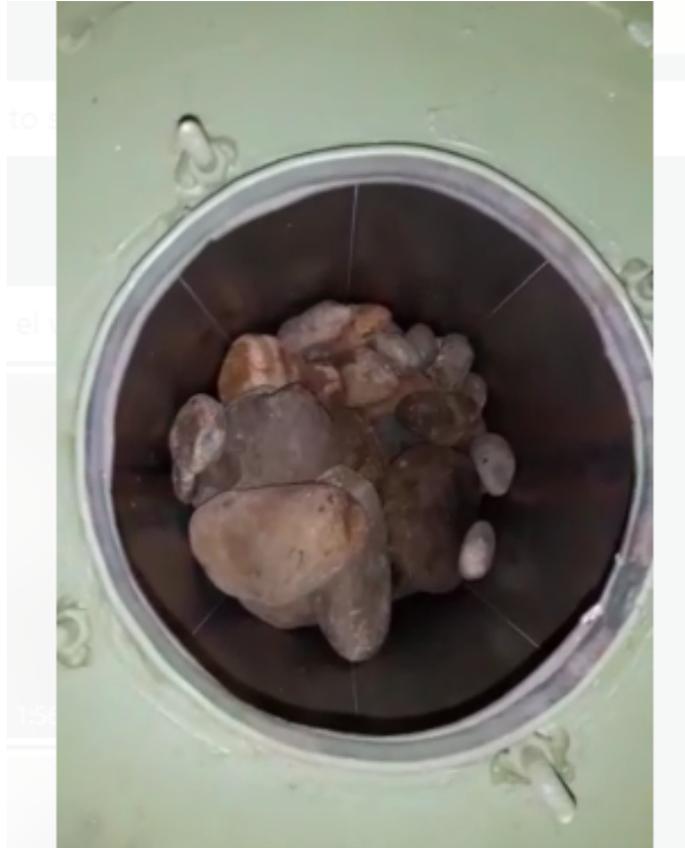
**Figura 23.** *Materia prima extraída del río.*



Fuente: Autores del proyecto.

Para el proceso de polichado de rocas por el método tumbling, se seleccionaron aleatoriamente, rocas que juntas pesan 10,5kg (Figura 24). Se debe tener en cuenta que las piedras recogidas no tienen ningún tipo de lavado en particular antes de introducirlas al tambor, simplemente se les sacude para remover el exceso de tierra.

**Figura 24.** Rocas dentro del recipiente del tambor.



Fuente: Autores del proyecto.

Seguidamente, en un recipiente aparte se disuelven 250 gr de bicarbonato y jabón detergente, en 3 lt de agua (Figura 25). Se debe procurar revolver hasta que quede totalmente disuelto y procurar hacerlo con las manos protegidas para evitar la corrosión en la piel. Después de verificar que la solución líquida está lista, se vierte dentro del tambor como se muestra en la Figura 26.

**Figura 25.** Solución líquida para el polichado.



Fuente: Autores del proyecto.

**Figura 26.** Vertimiento de la solución en el tambor.



Fuente: Autores del proyecto.

En el siguiente paso, se procede a sellar el tambor. Este cuenta con un caucho en el borde por donde se introducen las piedras y el líquido, para cerrarlo se atornilla la tapa en cuatro puntos, como se muestra en la Figura 27. Todo esto con el fin de evitar filtraciones de líquidos en el tambor, ya sea que este se encuentre detenido o en funcionamiento.

**Figura 27.** Sellado de la tapa del tambor.



Fuente: Autores del proyecto.

Finalmente, el tambor cargado se lleva y se instala en la máquina sobre los ejes de rotación y el motor se conecta a la red de energía eléctrica a una tensión monofásica de 110V, como se presenta en la Figura 28.

**Figura 28.** *Instalación del tambor y conexión de la máquina a la red.*



Fuente: Autores del proyecto.

Finalmente, el proceso de polichado de las rocas dura alrededor de 5 días, en los cuales el tambor gira sobre los ejes, de forma continua (sin apagar la máquina en ningún momento) con un contenido de 18 lb de rocas y 3 lt de la solución líquida y de acuerdo con la Ecuación 2 su giro es de aproximadamente 540 rpm.

## 5 RESULTADOS

En concordancia con los procedimientos expuestos en el capítulo anterior, los resultados de la construcción de una máquina para polichar rocas por el método de tumbling, se presentan, exponiendo el producto final después de 5 días de funcionamiento de forma continua. Inicialmente, al bajar el tambor del sistema de rotación inicia el proceso de extracción de líquidos, en el cual, al retirar la tapa del borde superior filtra el líquido de polichado y de igual forma se le vierte agua al interior del tambor para lavar las rocas, como se presenta en la Figura 29.

**Figura 29.** *Extracción de líquidos del tambor y lavado de rocas.*



Fuente: Autores del proyecto.

Posteriormente, al vaciar el tambor completamente, las rocas polichadas pasan a un proceso de limpieza en el cual se le remueven los residuos que quedaron del polichado.

En la Figura 30, se puede apreciar que las rocas tomaron una tonalidad brillante, a lo que se le llama polichado, en estas se resaltan características como los colores y capas que conforman cada una de las piedras y detalles tales como orificios, variedad de morfología en cada una de las rocas, baja rigidez, entre otros aspectos que resaltan los atributos de cada una.

**Figura 30.** Resultado final de las rocas polichadas.



Fuente: Autores del proyecto.

También es importante mencionar que a los ejes se le hicieron prueba de resistencia con el tambor a su máximo peso el cual sobrepasa los 30 kg, analizando el funcionamiento del sistema de transmisión y movimientos de los ejes con máxima carga.

Por otro lado, al tambor se le hicieron pruebas de sellado con la tapa para verificar que no hubiera derrames cuando esta entrara en funcionamiento, al tambor se le lleno por completo de agua y se ubicó en los ejes donde al encender la maquina los resultados fueron satisfactorios confirmando el correcto sellado de la tapa.

En la Figura 31, se puede apreciar una roca antes y después de pasar por el procedimiento de polichado en la máquina, podemos observar el contraste en su morfología, observando los diferentes colores, apreciando su verdadera forma y asimetría con cavidades que no sobresalen a primera vista o sin antes pasar por una limpieza.

**Figura 31.** Roca polichada, antes y después de pasar por la máquina.



Fuente: Autores del proyecto.

finalmente, según la descripción anterior se puede afirmar que el prototipo cumple con las expectativas y tiene un excelente funcionamiento para el polichado de rocas. Uno de los aspectos positivos de esta práctica, es que la construcción de esta máquina es muy económica con respecto a las expuestas en el mercado, ya que los materiales son de fácil acceso para la comunidad.

## 6 CONCLUSIONES

En definitiva, se cumplen con satisfacción los objetivos propuestos en este trabajo de grado, ya que el prototipo creado emplea las variables requeridas dentro de lo establecido en los objetivos, además de que se emplearon materiales con alta durabilidad y de muy bajo costo. Además, al verificar el funcionamiento de la máquina se obtuvo una roca polichada con rasgos físicos sobresalientes como su brillo, el resalto de detalles de la misma y otros atributos que la caracterizan.

Por otra parte, se presenta una alternativa no solo para el polichado de rocas, sino también para hacerle limpieza y recuperación a tuercas, tornillos o herramientas de trabajo que cuenten con un estado de oxidación considerable, o lavado de minerales y piedras preciosas.

Finalmente, implementar máquinas de tumbling en regiones como el Magdalena Medio resulta una idea interesante ya que, las familias que se albergan a orillas del Rio Magdalena, cuentan con la materia prima para este tipo de actividades artesanales. Además, al implementar una máquina con un costo bajo en construcción representa una ganancia tanto en tiempo de trabajo, como en dinero ya que resulta fácil polichar rocas y llevarlas al mercado para la venta.

## 7 RECOMENDACIONES

Reducir el impacto auditivo acondicionando el rodamiento y el tambor con membranas plásticas, como es el caso de llantas de vehículos y tratar de llenar el tanque reduciendo la zona de impacto entre las rocas y las paredes metálicas del tambor.

Analizar el consumo energético por horas de la máquina, lo cual representaría un costo por el uso de la red y tener una base de datos en la cual se lleve un histórico del consumo de la máquina, pues en caso tal de consumir más de normal podrían ser indicios de fallas en la parte eléctrica del motor.

Implementar un sistema de filtrado, en el cual se facilite la extracción de las rocas al finalizar el tiempo de polichado, sin necesidad de bajar el tambor del rodamiento, el sistema podría ser a través de una ventana lateral adaptada a una de las paredes del tambor, de tal forma que se extraigan los líquidos proceso y posteriormente se evacuen las rocas polichadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda Arzayus, L.A. y Ghitis Hoffstadt, J. B. (1989). Diseño y construcción de una máquina pulidora de pisos. Universidad Autónoma de Occidente. Recuperado de: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/3599/1/T0001489.pdf>

Área tecnología. (s.f.). Motor monofásico. Recuperado de: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/motores-monofasicos.html>

Blanco Romero, M.L. (2018). Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/121027/TMEBR1de1.pdf;jsessionid=72FA556AB4B2591FE21EA88755C3EDDA?sequence=1>

Castañeda. (1998). Estudio de las máquinas eléctricas para el ingreso para el ingeniero electrónica. Universidad Autónoma de Nuevo León. recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/7222/1/1080087055.PDF>

Catarina (s.f.). Motoro monofasico de inducción. Universidad de las Americas Puebla. Puebla, Mexico. Recuperado de: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/salvatori\\_a\\_m/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/salvatori_a_m/capitulo2.pdf)

CLR (2020). Variadores de velocidad: todo lo que necesitas saber sobre las cajas reductoras. Compañía Levantina de reductores. Recuperado de: <https://clr.es/blog/es/variadores-de-velocidad/>

Christensen, Gary T. (1973). Rock Tumbler. United States patent. United States of America. Recuperado de: <https://patentimages.storage.googleapis.com/67/36/bd/797b840ea575dc/US3765131.pdf>

Contreras, Sánchez. (2010). Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos, como apoyo a la asignatura de diseño de máquinas LL. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. recuperado de: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133923.pdf>

Florez García, J.C. (2012). Sistema de transmisión mecánica. (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado de: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15454/EG-1080->

%20Flores%20Garc%C3%ADa%2C%20Juan%20Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gurú, Hiziroglu. (2002). Máquinas eléctricas y transformadores tercera edición. Oxford, Nueva York. Estados Unidos.

Gutierrez, A. (2010). Transmisión por correas y poleas. 358 - máquinas. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/358maquinas/transmision-por-correas-y-poleas>

Medina Betancourt, R.I. y Rivadeneira Romero, R. P. (2010). Diseño y construcción de una máquina pulidora de engranes para el laboratorio de máquinas herramientas de la facultad de ingeniería mecánica. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2203/1/CD-2963.pdf>

MOTT, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson education

Mucciacciaro, D; Blum, A. (2001). Abrading and polishing tumbler. United States Patent. United States Of America. Recuperado de: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ac/a7/0a/8f992dcc581acc/US6254466.pdf>

Paredes Chicaiza, J. A. (2012). El diseño asistido por computadora (cad) y su incidencia en el proceso de interaprendizaje de la asignatura de dibujo técnico en los estudiantes de décimo año de educación básica del instituto superior tecnológico docente guayaquil de la ciudad de ambato. (Tesis de maestría). Universidad técnica de Ámbito. Recuperado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7149/1/Mg.DCEv.Ed.1639.pdf>

RockTumbler. (2020). Everything you need for rock tumbling. Recuperado de: <https://rocktumbler.com/>

Rose, B. and Pauletto, M. (2004). *Rock and Stone Tumbling Apparatus*. United States Patent Application and Publication. Recuperado de: <https://patentimages.storage.googleapis.com/c0/29/b0/09132277efc4b8/US20040140381A1.pdf>

SIEMENS. Eléctrica Training Courses - Basic of Control Componets. Recuperado de: <http://www3.sea.siemens.com/step/flash/components/index.htm>

Soler, P. (2019). ¿Qué es un motor monofásico? Características, topologías y aplicaciones. S&P. Recuperado de: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-monofasico/>

Videtich; Dalman; Koeman. (2010). Using a Rock Tumbler in Sedimentology Courses to Simulate Weathering and Erosional Processes. Grand Valley State University. Unite State Of America. Recuperado de: <https://scholarworks.gvsu.edu/fsdg/84/>

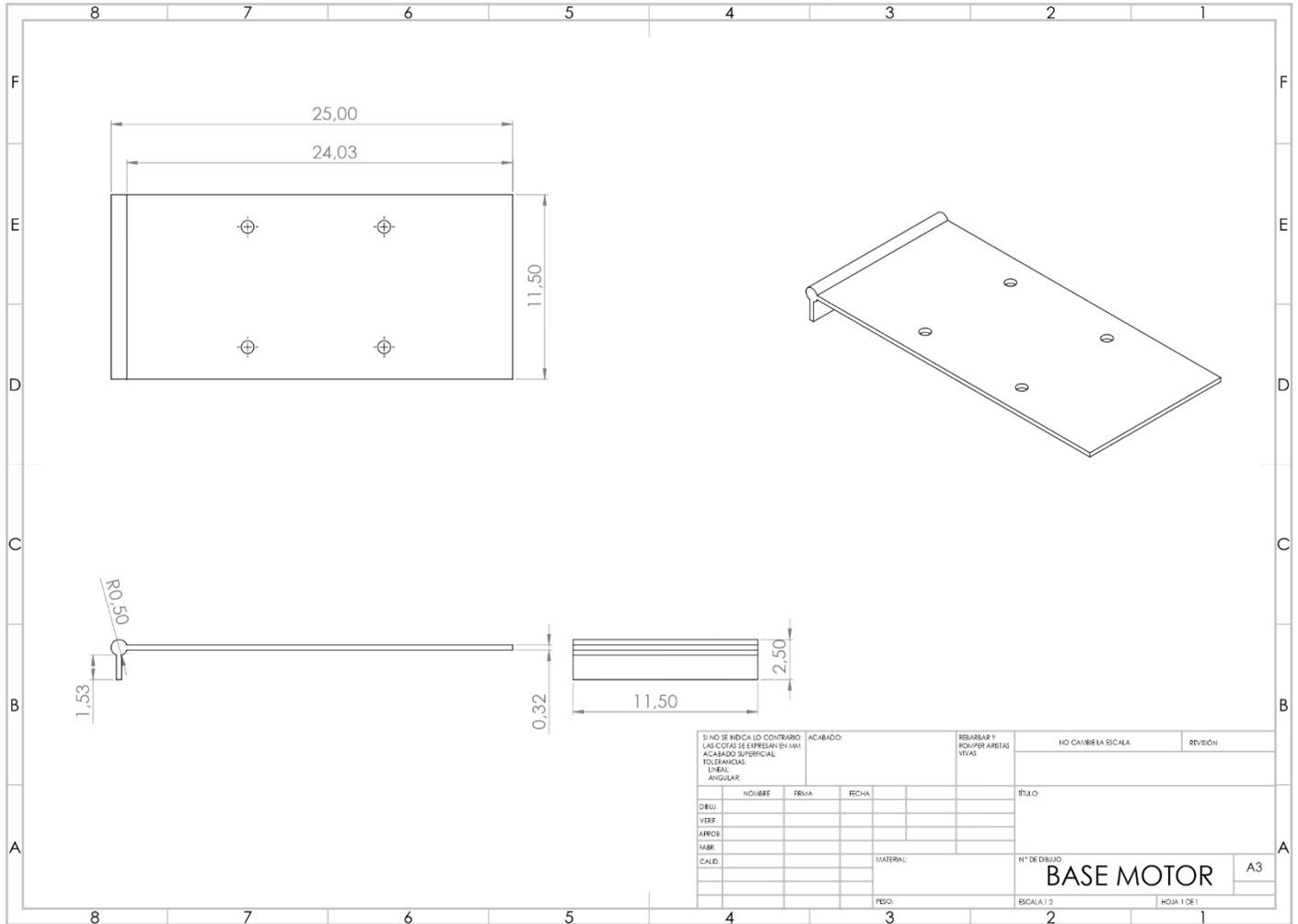
Villegas. (2019). Artefactos, objetos artesanales de Colombia. recuperado de: <https://villegaseditores.com/artefactos-objetos-artesanales-de-colombia-piedra>

Villajulca J. (2010). Variadores de velocidad de motores DC: Fundamentos. Instrumentación y control. portal web. Recuperado de: <https://instrumentacionycontrol.net/variadores-de-velocidad-de-motores-dc-fundamentos>

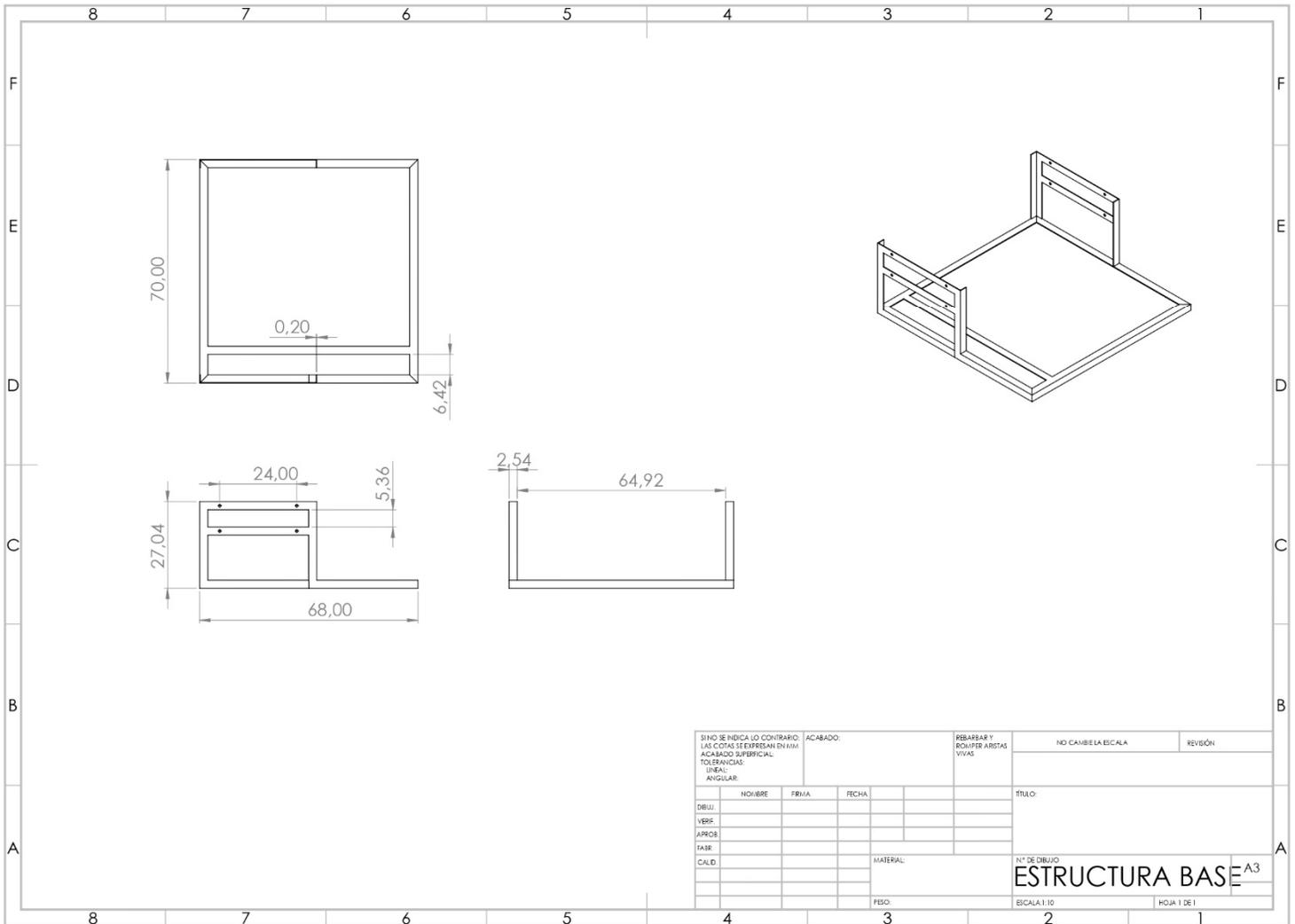
Yu, F. (2016). TABLE TOP ROCK TUMBLER. United States Patent. United States Of America. Recuperado de: <https://patentimages.storage.googleapis.com/09/a3/ba/47e97fc862d131/US9421664.pdf>

ANEXOS

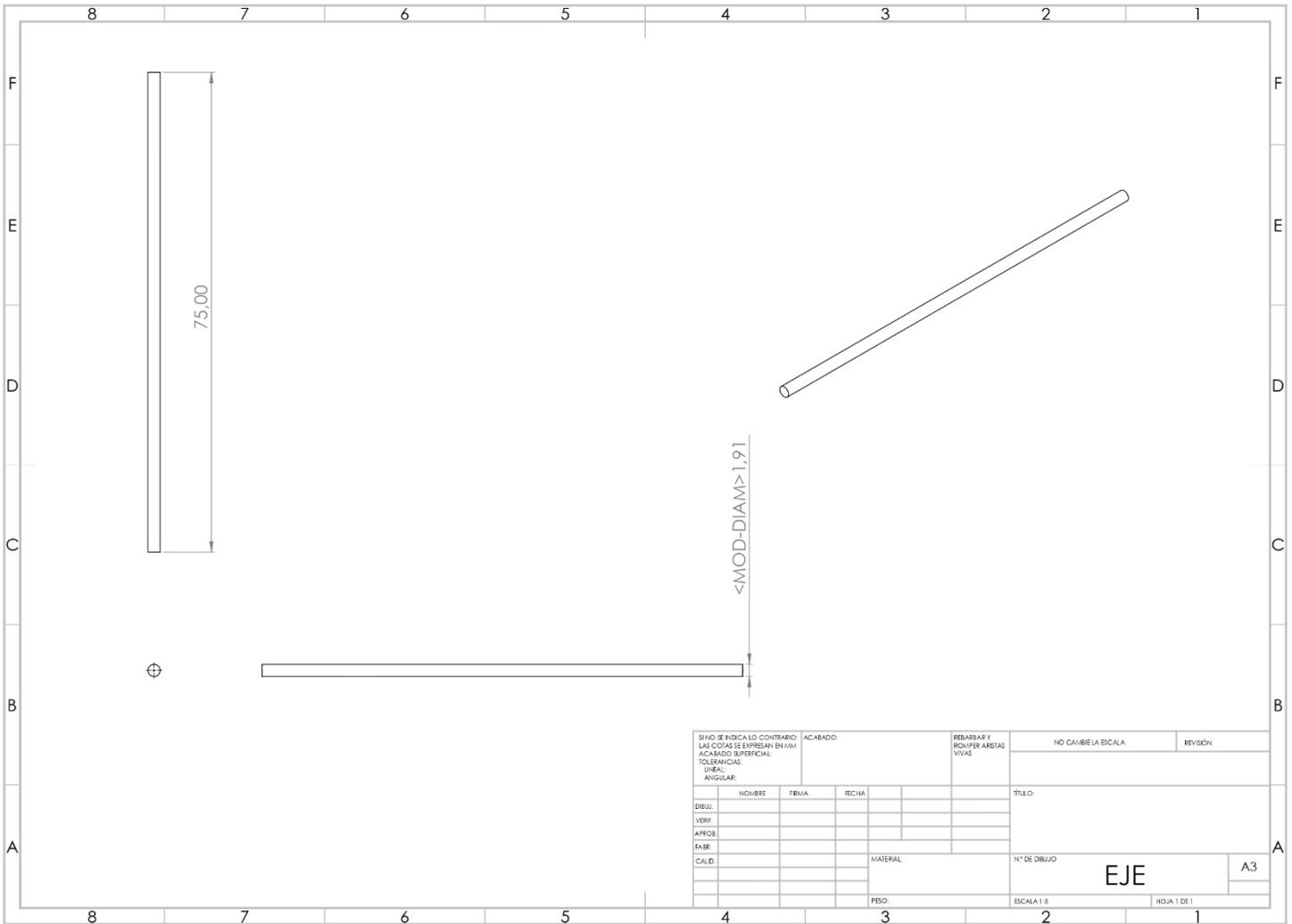
Anexo 1. Base de la Maquina.



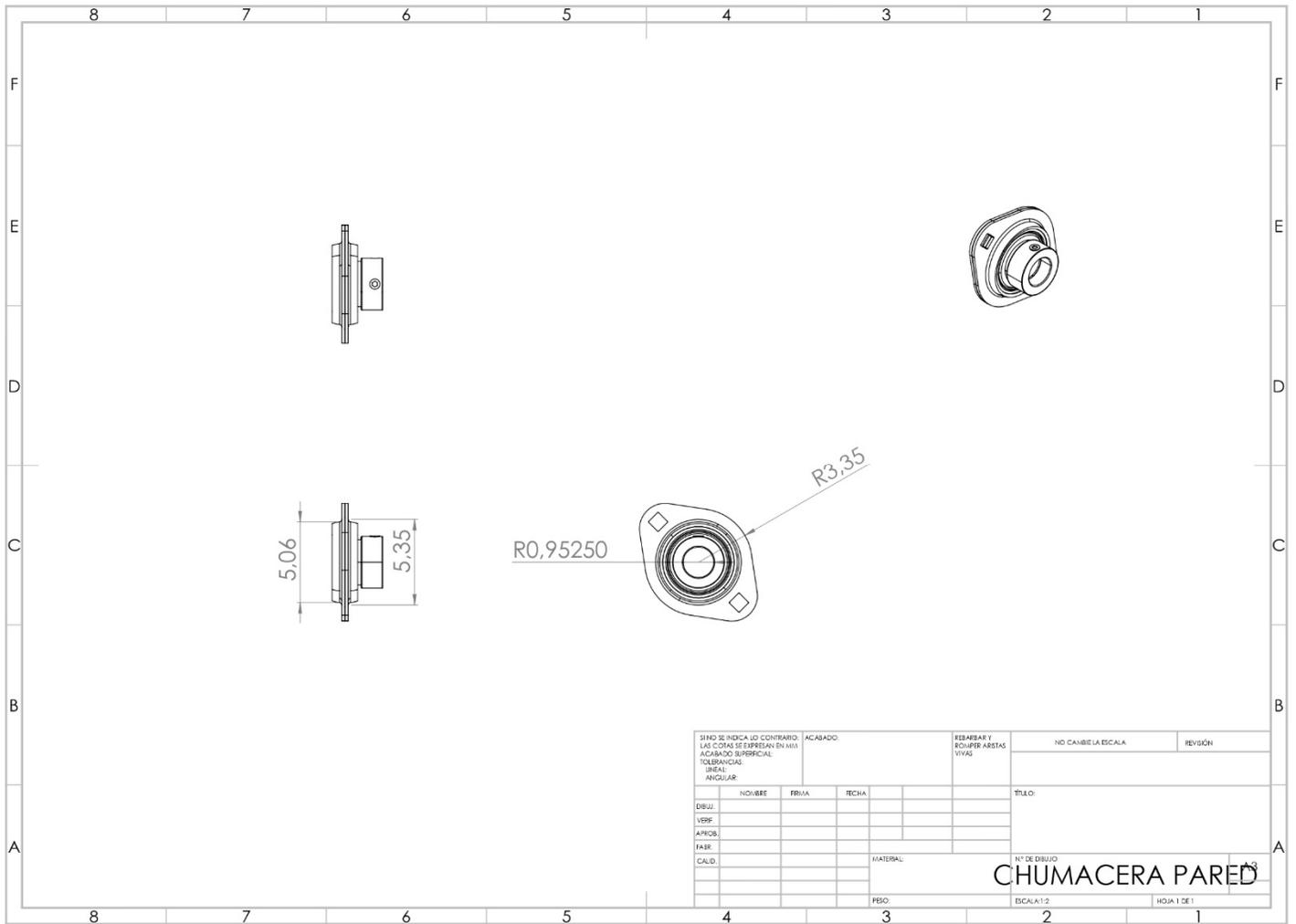
**Anexo 2. Estructura base del sistema.**



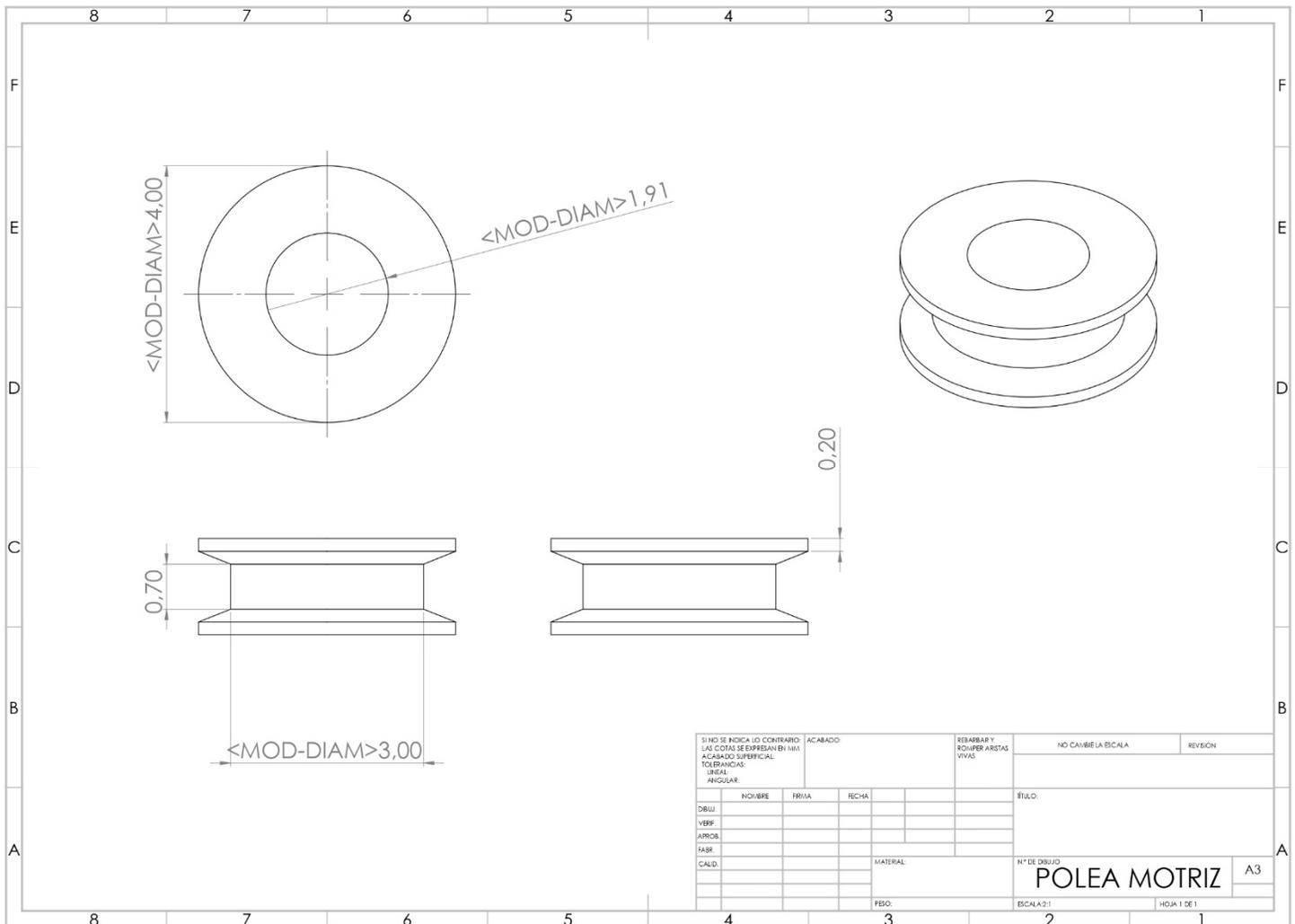
**Anexo 3. Eje de rotación.**



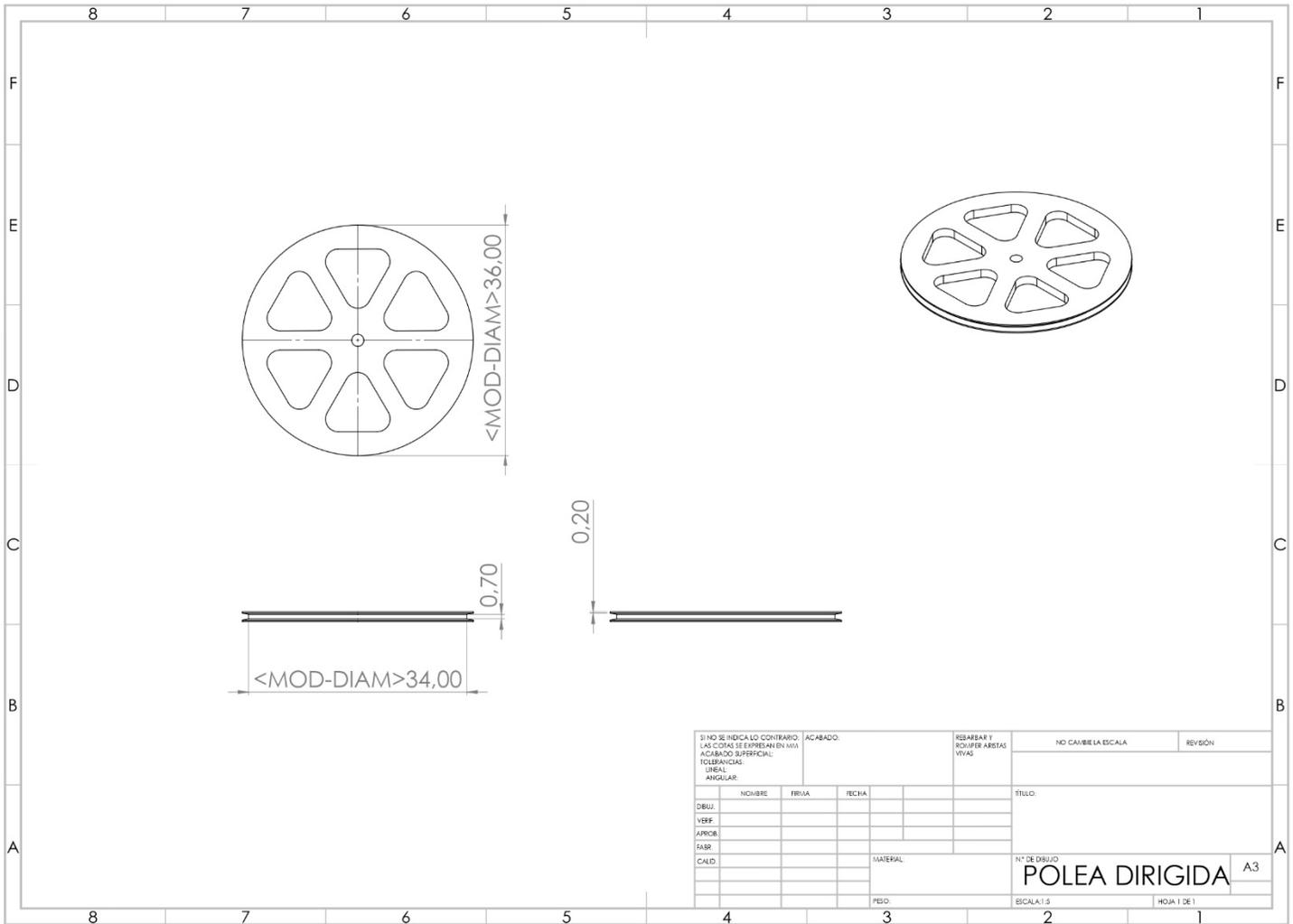
**Anexo 4. Cojinetes de bloque de almohada.**



**Anexo 5. Polea de 2 in.**

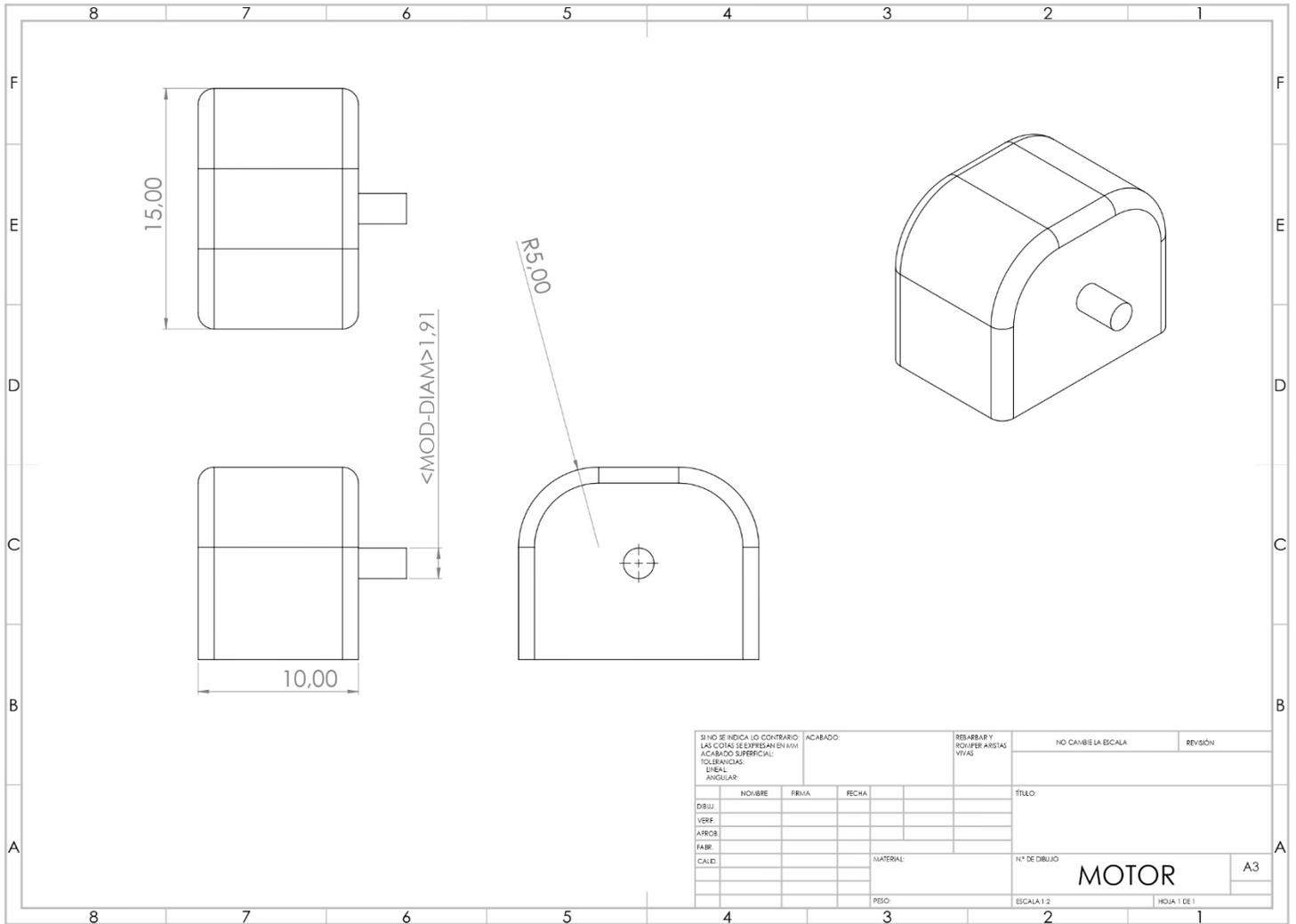


**Anexo 6. Polea de 10in.**

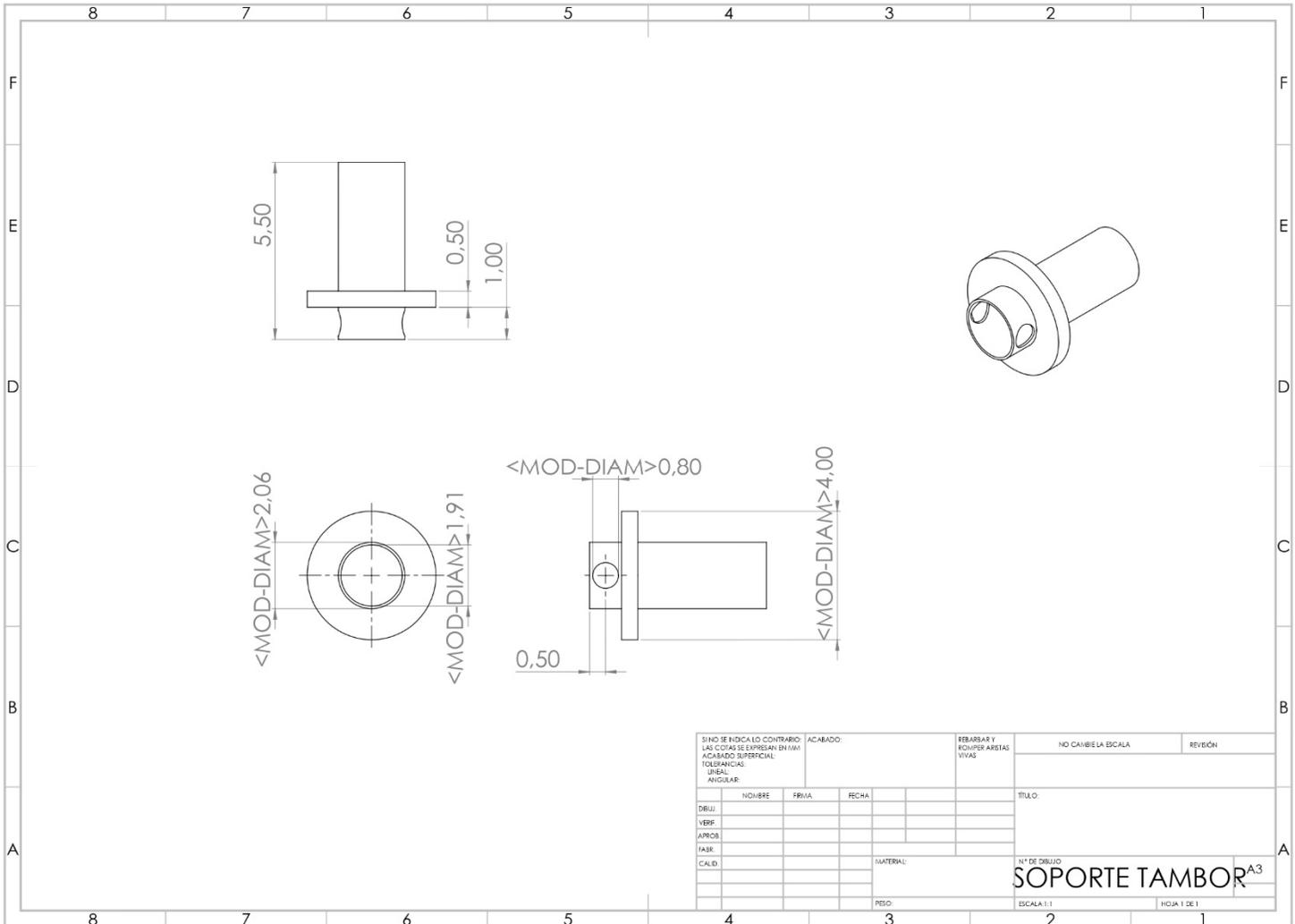


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM				ACABADO:		RESARBAR Y RCHUFER ARISTAS VIVAS		NO CAUBELA ESCALA		REVISIÓN	
ACABADO SUPERFICIAL:				TOLERANCIAS:		ANGULAR:		TÍTULO:			
DEBU:	NOMBRE	TRVAA	FECHA								
VERIF:											
APROB:											
FABR:											
CAUD:						MATERIAL:		Nº DE DIBUJO		A3	
								POLEA DIRIGIDA			
						PESO:		ESCALA: 1:1		HOJA 1 DE 1	

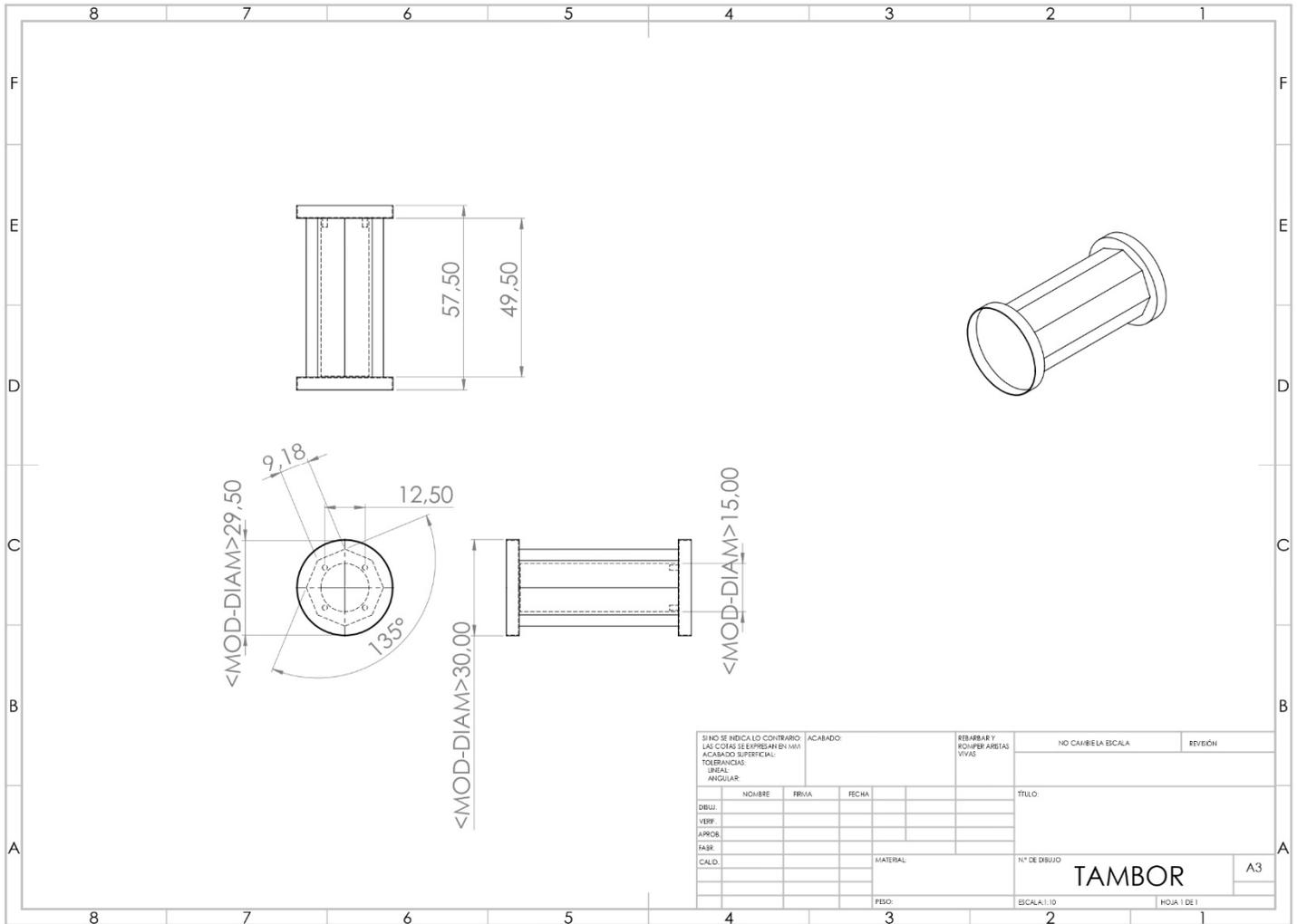
**Anexo 7. Motor.**



**Anexo 8. Soporte del tambor.**



Anexo 9. Tambor de la máquina.



**Anexo 10. Tapa del tambor.**

