

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PULIDORA METALOGRÁFICA PARA EL
LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO
TOMAS SECCIONAL TUNJA



YORDAN ANDREY PORTILLA GUERRERO
CRISTIAN DANILO PINZÓN COY



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS TUNJA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA
2018

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PULIDORA METALOGRÁFICA PARA EL
LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO
TOMAS SECCIONAL TUNJA

YORDAN ANDREY PORTILLA GUERRERO
CRISTIAN DANILO PINZÓN COY

Informe de Trabajo de grado académico para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director: Juan Rodrigo Salamanca Sarmiento, Ingeniero Metalúrgico.

Codirector: Luis Fernando Acosta Joya, Ingeniero Mecánico.

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS TUNJA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA
2018

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, 30 de mayo de 2018

Tunja, 2018

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Mecánico a Dios porque gracias a su protección y luz, guío mi camino en cada etapa recorrida para llegar a este punto de haber culminado mis estudios.

A mi mamá porque gracias a su esfuerzo, dedicación y amor logró formarme como un ser integro, por demostrarme que el esfuerzo trae su recompensa y que hacer las cosas con gusto genera una satisfacción inmensa; a mis hermanas porque cada una de ellas estuvo pendiente de mí en todo momento brindando su apoyo y solución para cualquier situación que se presentase; a mis familiares más cercanos porque cada uno de ellos me ofreció de manera desinteresada su apoyo y tiempo para hacer esto posible.

A mi director y codirector de trabajo de grado por haber sido guías en el desarrollo de este proyecto; a los docentes de la facultad porque cada uno de ellos aportó conocimiento esencial para mi formación como estudiante de Ingeniería Mecánica; A mi novia porque su amor, apoyo y motivación fueron esenciales durante esta etapa; a mis amigos por haber brindado momentos inolvidables.

CRISTIAN DANILO PINZON COY

Dedico este trabajo de grado para obtener el título de ingeniero mecánico, principalmente a Dios por ser mi guía e iluminarme con sabiduría y paciencia, para poder llegar a culminar mis estudios en ingeniería mecánica.

A mi abuelita por ser un ejemplo de perseverancia y paciencia, la cual me demostró que por mas difícil o complicada que sea la situación hay que salir adelante; a mi abuelito por sus consejos de sabiduría e inteligencia; a mi madre por demostrarme que el esfuerzo tiene sus recompensas; a mi hermana por darme apoyo en todos los momentos difíciles de nuestras vidas y siempre tener un consejo para ellos; A mi hermano por ser luz y esperanza en mi vida; a mis demás familiares que participaron directa o indirectamente en el desarrollo de este proyecto.

A mi director y codirector de trabajo de grado por ser guía y motivación en el desarrollo de este proyecto; a mis docentes por el conocimiento ofrecido a lo largo de mi formación como estudiante de Ingeniería Mecánica. A mi novia por el apoyo incondicional que me brindo a lo largo de este proceso; a mis amigos por ayudarme y compartir buenos momentos.

YORDAN ANDREY PORTILLA GUERRERO

Contenido

	Pag.
GLOSARIO	11
RESUMEN	13
ABSTRACT	15
INTRODUCCION	17
1. OBJETIVOS	18
1.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2. MARCO REFERENCIAL	19
2.1. REVISION BIBLIOGRAFICA DE PROYECTOS	19
3. MARCO TEÓRICO	24
3.1. METALOGRAFIA	24
3.1.1. Prueba Metalográfica	24
3.1.2. Pulidoras Metalográficas	25
3.1.2.1. Tipos De Pulidoras Metalográficas.	25
3.1.2.1.1. Máquinas de cintas.	26
3.1.2.1.2. Máquinas de discos.	26
3.1.2.1.3. Comparación de los dos tipos de máquina	27
3.2 . COMPONENTES	28
3.2.1. Estructura.	28
3.2.2. Carcasa.	28
3.2.3. Motor eléctrico trifásico	28
3.2.4. Componentes eléctricos	28
3.2.5. Variador de frecuencia	28
3.2.6. Sistema de refrigeración.	29
3.2.7. Transmisión	29
3.2.8. Poleas.	29
3.2.9. Correas	30
3.2.10. Cálculo de los componentes de la máquina	30
3.2.10. Rodamientos	32

4. METODOLOGÍA.....	33
4.1. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	33
4.1.1. Dimensionamiento de la máquina de pulido metalográfico.	33
4.1.2. Modelado de alternativas más aptas para el proyecto.	34
4.1.3. Selección del diseño más adecuado de la maquina según beneficio-costos.	37
4.1.4. Cálculos de componentes mecánicos.	39
4.1.5. Selección de materiales, componentes y equipos.....	49
4.2. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LAS COMPONENTES MECÁNICAS SEGÚN REQUERIMIENTOS.	59
4.2.1. Estructura.	59
4.2.2. Soporte.	60
4.2.3. Transmisión.	62
4.2.4. Platero.	63
4.2.5. Discos.	64
4.2.6. Carcasa.	65
4.2.7. Pintura.66	66
4.2.8. Montaje de circuito de fuerza y control de la máquina.	66
4.2.9. Montaje de sistema de lubricación de los discos.	67
4.3. PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO. LOS AUTORES DEL PROYECTO.	69
5. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	72
5.1. VELOCIDAD.	72
5.4. FLUJO.....	77
5.5. PRUEBAS DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS.	77
6. CONCLUSIONES.....	78
7. REFERENCIAS.....	79

LISTA DE FIGURAS

Pag.

Figura 1. Máquina de pulido rotativa para piezas planas.....	18
Figura 2. Máquina de pulido metalográfico de doble disco.....	20
Figura 3. Pulidora tipo cintas para probetas con paño	21
Figura 4. Pulidora marca strues	22
Figura 5. Modelado de la máquina, realizada en software de diseño.....	33
Figura 6. Modelado alternativa 1, en software de diseño.....	33
Figura 7. Modelado 1 alternativa 2, en software de diseño.....	35
Figura 8. Modelado 1 alternativa 2, en software de diseño.....	35
Figura 9. Modelado 1 de alternativa 3, en software de diseño.....	36
Figura 10. Modelado 2 de alternativa 3, en software de diseño	36
Figura 11. Planos finales pulidora metalográfica	38
Figura 12. Despiece pulidora metalografica.....	38
Figura 13. Transmisión por correas.....	45
Figura 14. Angulo de la estructura.....	50
Figura 15. Platina de los soportes de la estructura.....	50
Figura 16. Lamina de acero inoxidable.....	51
Figura 17. Lamina de fibra de vidrio.....	51
Figura 18. Eje acero inoxidable.....	52
Figura 19. Polea 6" tipo A.....	52
Figura 20. Polea 2" tipo A	53
Figura 21. Chumacera cuadradas planas	54
Figura 22. Correas en V tipo A.....	54
Figura 23. Teflón industrial cilíndrico.....	55
Figura 24. Motor eléctrico trifásico.....	55
Figura 25. Variador de frecuencia.....	56
Figura 26. Cableado para variador.....	56

Figura 27. Pulsador ON/OFF.....	57
Figura 28. Pulsador RUN-PARE.....	57
Figura 29. potenciómetro.....	58
Figura 30. Manguera.....	58
Figura 31. Llaves o válvulas.....	59
Figura 32. Corte y soldado de angulo.....	59
Figura 33. Pulido de las uniones de la soldadura.....	60
Figura 34. Soporte.....	60
Figura 35. Taladrado de platinas.....	61
Figura 36. Fijación de chumaceras.....	61
Figura 37. Fijación del motor.....	62
Figura 38. Fijación de ejes con chumaceras.....	62
Figura 39. Transmisión por poleas y correas.....	63
Figura 40. Doblado y perforado del platero.....	63
Figura 41. Fijación del platero con remaches.....	64
Figura 42. Corte, taladrado y maquinado de discos de teflón.....	64
Figura 43. Corte y fijación de fibra de vidrio.....	65
Figura 44. Montaje carcasa fibra de vidrio.....	65
Figura 45. Conexión del motor, variador y potenciómetro.....	66
Figura 46. Conexión del motor y variador.....	67
Figura 47. Manguera y válvulas.....	67
Figura 48. Máquina de pulido metalográfico.....	68
Figura 49. Máquina de pulido metalográfico.....	68
Figura 50. Pruebas con medidor de tacómetro.....	69
Figura 51. Pruebas con medidor de tacómetro.....	69
Figura 52. Pruebas con medidor de tacómetro.....	70
Figura 53. Prueba térmica 1.....	70
Figura 54. Prueba térmica 2.....	71
Figura 55. Prueba de velocidad de salida.....	72
Figura 56. Prueba de velocidad de disco 1.....	73

Figura 57. Prueba de velocidad de disco 2.....	74
Figura 58. Ventilación de la máquina de pulido metalográfico.....	74
Figura 59. Resultados de temperatura.....	75
Figura 60. Zona de pulido 1.....	75
Figura 61. Zona de pulido 2.....	76
Figura 62. Zona de pulido 3.....	66
Figura 63. Probeta metalográfica.....	77

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Características de operación de la maquina.....	21
Tabla 2. Tipos de desbaste.....	25
Tabla 3. Tipos de pulidoras según fabricantes.....	27
Tabla 4. Selección de alternativas.....	37
Tabla 5. Datos para tipos de goteo.....	48
Tabla 6. Resultados de velocidad del motor.....	72
Tabla 7. Resultados velocidad del disco 1.....	73
Tabla 8. Resultados velocidad del disco 2.....	73
Tabla 9. Resultados de flujo de agua.....	77

LISTA DE ANEXOS

Anexos A. Catálogos.....	83
Anexos B. Planos	100
Anexos C. Manuales de operación.....	111

GLOSARIO

METALOGRAFÍA: parte de la metalurgia que estudia la estructura y constitución de los metales sólidos y sus aleaciones.

PROBETA METALOGRÁFICA: pieza sometida a diversos ensayos mecánicos para estudiar la resistencia de un material

PULIDORA METALOGRÁFICA: dispositivo que permite terminar los diversos tipos de muestras. Su disco de pulir contiene varios gramos, combinados con diversas rotaciones, permite diversas aplicaciones.

TRANSMISIÓN MECÁNICA: un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina

MÁQUINA HERRAMIENTA: es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a piezas sólidas, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias

ASTM: Asociación Americana de Ensayo de Materiales. Esta asociación radicada en Estados Unidos se encarga de probar la resistencia de los materiales para la construcción de bienes.

HORSE POWER: esta unidad de medida corresponde a una unidad de fuerza o trabajo, que en sistema métrico corresponde al equivalente de la fuerza.

TORQUE: puede entenderse como el momento de fuerza o momento dinámico. Se trata de una magnitud vectorial que se obtiene a partir del punto de aplicación de la fuerza.

VELOCIDAD PERIFÉRICA: Al girar el eje se produce una fricción entre este y el retén, desarrollándose calor. Cuando más rápido gira el eje mayor será el calor producido por la fricción. Cuando se alcanza la temperatura máxima admisible del labio se ha llegado a la velocidad periférica máxima permitida del eje.

R.P.M: revoluciones por minuto, la cantidad de vueltas que un cuerpo giratorio completa alrededor de su eje cada sesenta segundos.

COEFICIENTE DE DESLIZAMIENTO: coeficiente de fricción vincula la oposición al deslizamiento que ofrecen las superficies de dos cuerpos en contacto según la intensidad del apoyo mutuo que experimentan.

POTENCIA: La potencia es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Puede asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un

sistema, o al tiempo que demora la concreción de un trabajo. Por lo tanto, es posible afirmar que la potencia resulta igual a la energía total dividida por el tiempo.

FLUJO: es la cantidad de volumen o de agua que pasa por un tubo o conducto a través de un tiempo determinado. Es la cantidad de masa de un líquido que fluye a través de una tubería en un segundo

DENSIDAD: Es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo (m/v); es decir, es la cantidad de materia (masa) que tiene un cuerpo en una unidad de volumen.

RESUMEN

El laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomas Tunja tiene acceso limitado al ensayo de metalografía, debido a que los equipos existentes en diversas entidades permanecen ocupados, estar a la vanguardia en este tipo de prácticas permite a los estudiantes tener una mayor comprensión acerca de los materiales y estructuras existentes. La Universidad Santo Tomas Seccional Tunja posee en los laboratorios un equipo de metalografía básico, que exige una actualización tecnológica, con el objetivo de facilitar el desarrollo del proceso de pulido de probetas, dando resultados de pulido acordes al ensayo que exigen una superficie especular de mayor precisión.

Teniendo en cuenta que la Universidad debe velar por la seguridad y calidad de las actividades prácticas de sus estudiantes y docentes, es importante que en el laboratorio se tengan las herramientas idóneas para prevenir accidentes y permitir un buen desempeño del ejercicio académico para el cual fue creado, por lo tanto, se hace necesaria la existencia de un equipo como el que se propone en el presente trabajo. En el proyecto se refleja la aplicación de los conocimientos adquiridos por parte de los ejecutores como estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás de Tunja a lo largo de toda la carrera, poniendo en práctica las cátedras recibidas como son: el diseño, la resistencia de materiales, el mantenimiento, la automatización y control, entre otras; de forma tal que el resultado obtenido mediante la culminación del proyecto es una máquina plenamente funcional, que se adapta a las condiciones impuestas por el medio, cuyo diseño y construcción se realizó teniendo en cuenta parámetros de economía y seguridad.

Para optimizar las operaciones de preparación metalográfica, es necesario contar con una máquina que permita desarrollar un mejor proceso de pulido. Por esto, se diseñó y construyó una nueva máquina, en la que se pueda tener un control de la velocidad de pulido, que cuente con mejor fijación de los discos, más ergonómica, que sea portátil y que permita realizar una preparación metalográfica de muestras que cumpla con los requerimientos de la norma ASTM E-3-01¹.

Para lograr lo antes mencionado se plantearon unos objetivos específicos que pretenden describir las características del equipo de laboratorio, realizar un circuito eléctrico y de control del equipo, generar los planos, construir el equipo y elaborar un manual de operación y mantenimiento para éste.

¹ ASTM Standard E3, 2007, "Practice for Preparation of Metallographic Specimens , " ASTM International, West Conshohocken. [en línea] < <http://nhml.com/wp-content/uploads/2015/10/Mechanical-ASTM-E3.pdf>>[citado en 31de mayo 2017]

El diseño de las piezas se realizó teniendo en cuenta la función que cumple cada una de ellas, para que la máquina permita desarrollar un buen proceso de pulido. La máquina dispone de una bandeja con dos discos para pulir manualmente, control de velocidad, control de flujo de lubricante y con respecto a la máquina ya existente, se realizó una mejora en la selección de materiales de su construcción, los cuales son similares a los equipos disponibles en el mercado de la industria de pulidoras metalográficas de Cundinamarca (IMOCOM)².

La construcción del equipo se realizó en las instalaciones del laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomas Seccional Tunja, en el espacio del taller de máquinas herramientas, y además se utilizaron servicios técnicos externos, como mecanizado, doblado y soldadura. La máquina de pulido metalográfico cuenta con un variador de velocidades para un mayor control del tiempo de trabajo, aumento en la precisión de desbaste en las probetas de metalografía, además, esta máquina cuenta con una cubierta en fibra de vidrio y chasis rectangular que sostiene la estructura y brinda menor peso que la máquina ya existente en el laboratorio.

La máquina desarrollada en este trabajo posee las siguientes características: dos discos de teflón para el pulido de probetas de metalografía, transmisión de potencia por medio de poleas y correas, estas movidas por un motor trifásico de 0,6 hp, un variador de frecuencia(velocidad), el cual pone a disposición un rango de velocidades entre 300-600 rpm, posee un sistema de lubricación con dos válvulas de dispersión de agua y finalmente una cubierta en fibra de vidrio que permitió reducir peso y ruido de la máquina, dando una superficie mas estética.

Palabras clave: máquina pulidora, metalografía, desbaste, probeta, laboratorio, frecuencia, ensayos metalográficos.

² IMOCOM. Metalografía e interferometría. Página principal [en línea] <
<http://www.imocom.com/control-de-calidad/metalografia-e-interferometria/equipo-para-preparacion-demuestras-metalograficas-/equipo-para-preparacion-de-muestras-metalograficas->> [citado en 30 de mayo de 2017]

ABSTRACT

The laboratory of the Faculty of Mechanical Engineering of the Santo Tomas Tunja University has limited access to this essay, because the existing teams in various entities remain busy, being at the forefront in this type of practice allows students to have a greater understanding about existing materials and structures. The Universidad Santo Tomás Seccional Tunja has a basic metallography equipment in the laboratories, which requires a technological update, with the aim of facilitating the development of the polishing process of specimens, giving polishing results according to the test that demand a specular surface of greater precision.

Taking into account that the University must ensure the safety and quality of the practical activities of its students and teachers, it is important that the laboratory has the appropriate tools to prevent accidents and allow a good performance of the academic year for which it was created. , therefore, the existence of a team like the one proposed in the present work is necessary. The project reflects the application of the knowledge acquired by the executors as students of Mechanical Engineering of the University of Santo Tomás de Tunja throughout the entire career, putting into practice the received chairs such as: design, resistance of materials, maintenance, automation and control, among others; in such a way that the result obtained through the completion of the project is a fully functional machine, which adapts to the conditions imposed by the environment, whose design and construction was made taking into account parameters of economy and safety.

To optimize metallographic preparation operations, it is necessary to have a machine that allows to develop a better polishing process. For this, a new machine was designed and built, in which it is possible to have a control of the polishing speed, that has better fixation of the discs, more ergonomic, that is portable and that allows to carry out a metallographic preparation of samples that comply with the requirements of ASTM E-3-01.

In order to achieve the aforementioned, specific objectives were established that aim to describe the characteristics of the laboratory equipment, perform an electrical circuit and control the equipment, generate the plans, build the equipment and prepare an operation and maintenance manual for it.

The design of the pieces was made taking into account the function that each one of them fulfills, so that the machine allows to develop a good polishing process. The machine has a tray with two discs for manual polishing, speed control, lubricant flow control and with respect to the existing machine, an improvement was made in the selection of materials of its construction, which are similar to the equipment available in the market of the metallographic polishing industry of Cundinamarca (IMOCOM).

The construction of the equipment was carried out in the facilities of the Mechanical Engineering laboratory of the Santo Tomas Tunica Sectional University, in the workshop space of machine tools, and also external technical services were used, such as machining, bending and welding. The metallographic polishing machine has a speed variator for greater control of the working time, increase in the precision of roughing in the metallography specimens, in addition, this machine has a fiberglass cover and rectangular chassis that supports the structure and provides less weight than the existing machine in the laboratory.

The machine developed in this work has the following characteristics: two Teflon discs for the polishing of metallography specimens, power transmission by means of pulleys and belts, these are driven by a 0.6 hp three-phase motor, a frequency inverter (speed), which makes available a range of speeds between 300-600 rpm, has a lubrication system with two water dispersion valves and finally a fiberglass cover that allowed to reduce weight and noise of the machine, giving a more aesthetic surface.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de materiales es necesaria para garantizar la integridad de los montajes en infraestructura, para ello se realizan ensayos metalográficos, con el objetivo de determinar los componentes presentes en una muestra de metal, siendo un recurso importante en este propósito ya que se realiza apoyado en equipos especialmente fabricados para este fin, como lo son las pulidoras metalográficas.³ Los ensayos metalográficos brindan amplia información sobre la calidad estructural presente en un material para su uso posterior. Por esta razón este ensayo ha ganado importancia en la evaluación de materiales de manera que el desarrollo en este campo genera ventajas tanto técnicas, económicas, como de tiempo.

Las pruebas de metalografía o de características son una herramienta esencial en todo tipo de proceso industrial en el cual se le cambie la forma a un metal (laminación, embutido, perfilado, etc.). Dichas pruebas son realizadas con el fin evaluar su composición, microestructura y sus características térmicas. Las empresas de metalmecánica y de acerías a nivel nacional y departamental se ven en la obligación de realizar pruebas de metalografía en su inspección de calidad con el fin de verificar que el material ha sido procesado de manera correcta o para la determinación de fallas, generando confiabilidad del producto.

Este proyecto presenta un reflejo de las actividades que se llevan a cabo para la construcción de una máquina, de forma tal que se partió de los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad, para luego pasar por un proceso constructivo y finalizar con la operación del equipo, de esta forma representa un proceso importante en el que se muestran las capacidades adquiridas por los estudiantes a cargo del proyecto a lo largo de sus carreras.

³ ENTREVISTA con Juan Salamanca, Ingeniero Metalúrgico de la Universidad Santo Tomas Seccional Tunja. Tunja, 30 de mayo de 2017.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una máquina de pulido metalográfico con controlador electrónico de velocidad para el laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomas seccional Tunja.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer y seleccionar alternativas de diseño de la máquina de pulido.
- Modelar y diseñar la máquina de pulido metalográfico de acuerdo con las alternativas seleccionadas, empleando software de modelado.
- Diseñar, construir y seleccionar los componentes de la máquina de pulido metalográfica.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la máquina mediante preparación metalográfica de muestras.

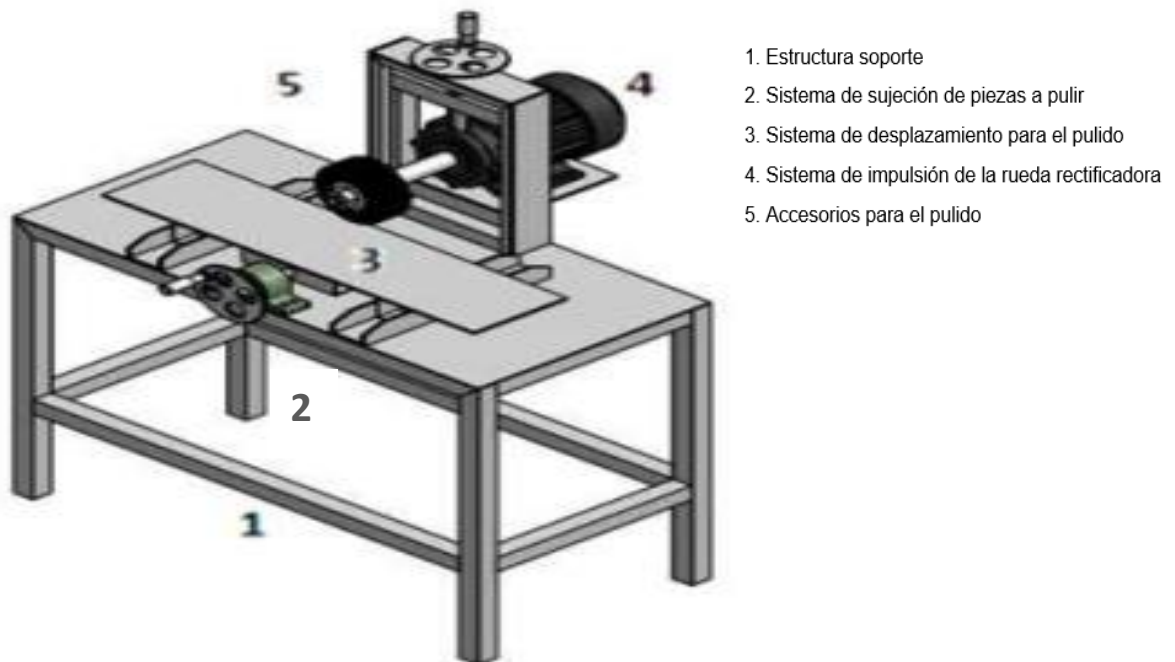
2. MARCO REFERENCIAL

2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE PROYECTOS

Debido a la importancia del pulido metalográfico en el ámbito industrial y a nivel investigativo, se presentan a continuación diversos equipos construidos para cumplir los requerimientos a lo largo del desarrollo del campo metalográfico.

En el desarrollo del proyecto “Diseño y construcción de una máquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable”, se explica cómo se solucionó el problema de acondicionar el acabado superficial posterior al mecanizado de diferentes formas y figuras, elaboradas en planchas de acero inoxidable laminadas en frío o caliente con varios tipos de espesor. El diseño y construcción del prototipo fue realizado bajo normas y catálogos que garantizan la funcionalidad, seguridad y estética de la máquina.⁴ En la figura 1 se pueden apreciar las diferentes partes encontradas en una pulidora rotativa para piezas planas.

Figura 1. Máquina de pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable



Fuente: Repositorio Escuela Politécnica Nacional.

⁴ MARTINEZ, José. Diseño y construcción de una máquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable. Disponible en línea:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3805/1/CD-3605.pdf>. p.xxii

En la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar⁵ se construyó una máquina, cuyo objetivo es realizar las operaciones de desbaste en el proceso de preparación de probetas metalográficas, esencialmente en la etapa crítica (desbaste fino), remplazando así el proceso manual realizado hasta ahora en el laboratorio de metalografía.

En este proyecto de “Equipos para la preparación mecánica de probetas para desbastadora de metales”, se desarrolló un equipo que cuenta con dos partes esenciales, una es el sistema que se encarga de dar movimiento a los platos que soportan los discos abrasivos y otra parte es la que tiene que ver con el sistema que da movimiento a las probetas y el sistema que las soporta. Se debe tener presente que esta máquina funcione como desbastadora o pulidora. En este trabajo fue mostrado el procedimiento que se siguió para el diseño y construcción del sistema que da movimiento a los platos, después se describió el sistema de movimiento de las probetas y por último la forma como estos dos sistemas se ensamblan para dar forma a la máquina definitiva.⁶ Estos equipos se construyeron con el propósito de facilitar y mejorar la técnica metalográfica. Deben cumplir los mismos objetivos que los propuestos con el tratamiento manual. Estos equipos son semiautomáticos y su acción se realiza ya sea por medio de cintas abrasivas o por platos giratorios donde se dispone un disco abrasivo, los cuales se mueven a una velocidad adecuada en contacto con la pieza a pulir o desbastar.⁷

La máquina de cintas es más sencilla y de fácil construcción que la máquina de discos, sin embargo, esta última ofrece mejores ventajas en cuanto permite controlar de mejor forma las variables del proceso, lo cual repercutirá en la obtención de mejores superficies. Durante el desbaste en la máquina de cinta la probeta se debe mantener en una sola posición, da como resultado rayas en una determinada dirección, lo cual puede ocasionar concentración de esfuerzos en alguna zona de la probeta (grietas, huecos, límites de grano, etc.), produciendo deformación excesiva y mala calidad en el resultado final. Con la máquina de disco no sucede esto pues la probeta y el disco abrasivo se encuentran en constante movimiento relativo. La dosificación de los líquidos lubricantes y refrigerantes se puede controlar más fácil en las máquinas de disco que en las de cinta, esto tiene gran influencia en la calidad de superficie pulida final.⁸

⁵LOPEZ, Andrés y TORRES, Yony. Diseño y construcción de una desbastadora de metales para la preparación de probetas metalográficas Disponible en catálogo en línea: <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0057990.pdf>. p.20.

⁶ Ibid.p.20

⁷ Ibid.p.21

⁸ Ibid.p.22

Otro proyecto presenta el diseño y construcción de una pulidora metalográfica bajo los lineamientos de la norma técnica ASTM E – 3, para preparación de probetas de materiales ferrosos y no ferrosos.⁹ El equipo diseñado y construido es una desbastadora de cintas abrasivas, bajo los lineamientos de la norma técnica ASTM E-3, el sistema de sujeción se realiza por medio de mordazas y el giro de la probeta se realiza de forma manual, las características de operación de la máquina se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Características de operación de la máquina.

OPERACIÓN	CONFIGURACIÓN
Desbaste	Cintas abrasivas
Sujeción de la probeta	Sistema de mordazas
Giro de la probeta	Manual
Lubricación	Directa(agua)
Refrigeración	Directa(agua)

Fuente: Ingeniería mecánica Universidad Tecnológica de Pereira.

Un desarrollo comparativo en este tema se realizó en la Universidad técnica de Ambato, en esta se construyeron dos sistemas de pulido de probetas. Una vez analizados los sistemas se obtuvo datos reales de un problema real, dando como resultado datos que permitieron establecer una solución viable al problema en estudio y haciendo visible una necesidad del apoyo innovador en maquinaria que contribuya al mejoramiento de los procesos para el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.¹⁰ La figura 2 muestra pulidora metalográfica con doble disco.

Figura 2. Máquina de pulido metalográfico de doble disco.



Fuente: laboratorio de materiales de la carrera de ingeniería mecánica de la universidad tecnica de Ambato.

⁹. REYES, José. Diseño y construcción de una desbastadora metalográfica bajo la norma ASTM E-3. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/436> ISSN: 0122-1701 pp.41-42

¹⁰ MERINO, Christian. Estudio de sistemas de pulido de probetas metalográficas y su incidencia en la calidad de pulido en el laboratorio de materiales de la carrera de ingeniería mecánica de la universidad técnica de Ambato. Disponible en línea: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8328/1/Tesis%20I.%20M.%20227%20-%20Merino%20Freire%20Christian%20Renato.pdf>. 61

La investigación tuvo un propósito primordial, que es dar el apoyo innovador en procesos de ejecución de tareas dentro del laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.¹¹ Esta máquina pulidora de probetas con paño fue instalada en el laboratorio de metalografía de la institución politécnica Salesiana; este proyecto consistió en la elaboración de planos de fabricación, selección de materiales según especificaciones técnicas, desarrollo de cálculos y la construcción de la misma. Con esto se redujo el tiempo que conlleva la preparación de las probetas y aumentar la capacidad del laboratorio¹² La figura 3 muestra una pulidora tipo cintas con paño a implementar.

Figura 3. Pulidora tipo cintas para probetas con paño a implementar



Fuente: Laboratorio de metalografía de la Universidad Politécnica Salesiana.

En la UAM de Azcapotzalco se desarrolló una máquina diseñada con base en el concepto de instrumentos para desgaste de espiga y disco. El motor para rotación del disco fue proporcionado por una pulidora para preparación metalográfica marca Struers con una variación en la velocidad de hasta 1500 rpm. El mecanismo para fijar la punta sobre el disco fue un dispositivo para pulido mecánico marca Struers al cual se le adaptó la flecha para puntas intercambiables. El mecanismo se fijó a la pulidora en la zona elegida para el contacto entre las superficies a desgastarse.¹³ La figura 4 representa una pulidora marca strues de un disco.

¹¹ Ibid.p.62

¹² Ibid.p.2

¹³ CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERIA MECANICA. (8: 2007: Cusco). Memorias del XIII congreso iberoamericano de ingeniería mecánica. Cusco: UAM Azcapotzalco. Departamento de Materiales. 2007. cod.1363. p.9

Figura 4. Pulidora marca Strues.



Fuente: Memorias del XIII Congreso Iberoamericano De Ingeniería Mecánica

3. MARCO TEÓRICO

3.1. METALOGRAFÍA

La metalografía es una herramienta importante que proporciona pistas sobre la tecnología de fabricación del objeto o puede ayudar a responder preguntas que surgen durante el tratamiento de un objeto por un conservador. Puede ser posible proporcionar Información sobre la siguiente gama de temas:

- Los procesos de fabricación utilizados para producir el objeto. Por ejemplo, si fue fundido o conformado por laminación o por forja
- Los tratamientos térmicos o termoquímicos realizados a un material: temple, recocido, normalizado, etc.
- La naturaleza del metal o aleación empleado para hacer el objeto. Por ejemplo, muchos objetos degradados de plata están hechos de aleaciones de plata-cobre y ambos constituyentes son claramente visibles en la sección pulida y grabada; ellos enseñan una fase rica en cobre y una fase rica en plata.
- La naturaleza de los productos de corrosión. Es muy útil y se puede obtener información variada de fragmentos corroídos (costras), así como formas y tipos de corrosión.¹⁴

3.1.1. Prueba Metalográfica

Es la evidencia del estado de la microestructura de un material, que se realiza para evaluar condición actual, posibles tratamientos o procesos a aplicarle.

En el laboratorio de Metalografía se estudia las características micro estructurales o constitutivas de los materiales, especialmente de los metales y aleaciones; la información que puede suministrar de un análisis metalográfico es muy amplio; se obtiene mediante la extracción y preparación de muestras que posteriormente son estudiadas y analizadas; las máquinas, equipos e instrumentos utilizados en esta rama son los microscopios metalográficos, máquinas pulidoras, durómetros, micro durómetro, desbastadora, cortadora de disco, montador de probetas, equipo de lavado ultrasónico que ayudan a cumplir con todos los procedimientos necesarios para realizar un estudio metalográfico de la muestra de una manera eficiente y eficaz¹⁵. Durante el montaje de muestras generalmente el objeto de estudio es solamente una superficie, los tipos de preparación son:

¹⁴ A, David. Metallography and microstructure of ancient and historic. California: Archetype books, 1991. [en línea] [Citado 30, 05, 2017]. ISBN 0-89236-195-6 p. 57-59.

¹⁵ PAÑAFIEL, Carlos. Diseño e implementación de un manual de mantenimiento para los laboratorios de resistencia de materiales, metalografía, ensayos no destructivos y tratamientos

- Maquinado: Uso de herramientas con filos de diferentes formas, ejemplo, torneado y fresado.
- Rectificado Y Abrasión: Arreglo de partículas abrasivas fijas que actúan como herramientas de corte.
- Pulimento: Arreglo de partículas abrasivas suspendidas entre las fibras de un paño. Para la preparación de superficies típicamente se utiliza una secuencia de maquinado o rectificado y luego de pulimento. La operación se compone de distintas etapas que van incrementando su fineza para proporcionar un mejor acabado con distintos abrasivos.¹⁶

Tabla 2. Tipos de desbaste.

ETAPA	ABRASIVO	LUBRICANTE	PAÑO
Desbaste grueso	Papeles abrasivos Grano 60-240	Agua	
Desbaste fino	Papeles abrasivos Grano 320-600	Agua	
Pulido previo	Diamante 6 micras	Aceite o pasta	Nylon
Pulido final	Alúmina	Agua destilada	Rayón sintético y/o paño billar

Fuente. Biblioteca Unitecnologica.

3.1.2. Pulidoras Metalográficas.

Cuando se trata de corregir o eliminar, este es un equipo de trabajo que se utiliza para pulir superficies de diferentes materiales mediante el movimiento rotatorio de un material abrasivo.¹⁷

3.1.2.1. Tipos De Pulidoras Metalográficas.

Pulidoras rotatorias (circular) o de doble acción (orbital). Si bien las pulidoras rotatorias son las más comunes y tradicionales, su manejo requiere

térmicos de la facultad de ingeniería mecánica. Disponible en línea:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3146/1/15T00559.pdf>. P.5

¹⁶ Ibíd. p.13.

¹⁷Ibíd. p.14.

gran experiencia y pericia. En vista de ello, comenzaron a comercializarse las pulidoras de doble acción, que son mucho más sencillas y logran un acabado perfecto aún en manos de principiantes, pero su gama de prestaciones es más estrecha y no están disponibles en todos los países.¹⁸

3.1.2.1.1. Máquinas de cintas.

Estas máquinas constan de una cinta continua, obligada a moverse rápidamente en la proximidad y paralelamente a una superficie plana de soporte en la zona de trabajo. La probeta se debe mantener firme sin rotarla mientras se encuentra en una cinta determinada, la sujeción de la probeta puede ser manual o mecánica. Después del tratamiento en la anterior cinta se rota 90° y se pasa a otra cinta de menor tamaño de grano y así sucesivamente hasta completar el desbaste. Normalmente, la cinta va montada sobre tres rodillos, de los cuales uno es motor, el otro hace de guía y el tercero es tensor, esta cinta presenta en la superficie que no está en contacto con los 34 rodillos un recubrimiento de sustancia abrasiva. La cinta puede estar dispuesta de forma horizontal o vertical según sea el trabajo a realizar.¹⁹

3.1.2.1.2. Máquinas de discos.

Son de acción frontal y el sostenimiento de las probetas puede ser manual, semiautomático, programables y/o controladas por microprocesador. Se programa el tiempo de tratamiento, la fuerza aplicada (presión sobre el disco abrasivo), velocidad de los platos, cantidad y tipo de fluido. Están constituidas por un motor eléctrico sostenido por una columna cuyo árbol muy alargado lleva en los extremos dos discos que así pueden girar a la velocidad adecuada, por su acoplamiento al motor por medio de un sistema de transmisión de potencia. Estos equipos trabajan con la superficie frontal del disco recubierto con el material abrasivo (discos abrasivos de granulometría entre 60-600). La probeta se mueve alternativamente en sentido radial, girando en sentido contrario al disco, para evitar que se formen rayas o huecos debido a las trayectorias de los granos abrasivos.²⁰

¹⁸ DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. En: Herramientas y accesorios. [10, agosto, 2012], [en línea] < <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/pulidoras-tipos-y-usos> > [citado 17, 05, 2017].

¹⁹ LOPEZ, Andrés y TORRES, Yony. Diseño y construcción de una desbastadora de metales para la preparación de probetas metalográficas: Cartagena, 1999, 86h. Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Disponible en catalogo en línea: <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0057990.pdf>. p.33

²⁰ Ibid.p.34

3.1.2.1.3. Comparación de los dos tipos de máquina (discos-cintas).

La máquina de cintas es más sencilla y de fácil construcción que la máquina de discos, sin embargo, esta última ofrece mejores ventajas en cuanto permite controlar de mejor forma las variables del proceso, lo cual repercutirá en la obtención de mejores superficies. Durante el desbaste en la máquina de cinta la probeta al ser mantenida en una sola posición, da como resultado rayas en una determinada dirección, lo cual puede ocasionar concentración de esfuerzos en alguna zona de la probeta (grietas, huecos, límites de grano, etc.), produciendo deformación excesiva y mala calidad en el resultado final. Con la máquina de disco no sucede esto pues la probeta y el disco abrasivo se encuentran en constante movimiento relativo. La dosificación de los líquidos lubricantes y refrigerantes se puede controlar más fácil en las máquinas de disco que en las de cinta, esto tiene gran influencia en la calidad de la superficie pulida final.²¹

En el mundo de los fabricantes se ven diferentes tipos de maquinaria, con sus respectivas características, en el caso de las pulidoras metalográficas no es la excepción ya que se encuentran modelos con funciones específicas de acuerdo al trabajo a realizar, entre los mejores fabricantes de este tipo de maquinaria se encuentran: Neurtek, Tecnimetal y CMSmetrology, los cuales manejan los siguientes rangos de velocidades ver tabla 3:

Tabla 3. Tipos de pulidoras según fabricantes.

FABRICANTE	MODELO DE MÁQUINA	PESO	VELOCIDAD EN RPM
NEURTEK	Saphir 330, doble disco.	44Kg.	Velocidad fija de 150 rpm.
NEURTEK	Saphir 360, doble disco.	47Kg.	50 - 600 rpm, ajuste continuo
TECNIMETAL	PRESI MECAPOL P 220 & P 255 S de un disco.	21Kg.	150 a 300 rpm.
TECNIMETAL	PRESI MECAPOL P 230 - P 260 - P 262 de doble disco.	33Kg.	20 a 600 rpm.
CMSMETROLOGY	PG-2B, doble disco.	55Kg.	650 a 700 r.p.m.

Fuente. Los autores

²¹ Ibid.p.34

3.2. COMPONENTES

La pulidora de pulido metalográfico cuenta con componentes mecánicos y eléctricos, para su correcto funcionamiento, como lo son:

3.2.1. Estructura.

Se utiliza para dar soporte y forma a la máquina, ya que esta cuenta con componentes mecánicos y eléctricos, esta estructura debe soportar vibraciones y ser portable.

3.2.2. Carcasa.

Se utiliza para dar protección a las partes mecánicas y eléctricas de la máquina, también ayuda absorber vibraciones y ruido, con una ventaja en la parte estética.

3.2.3. Motor eléctrico trifásico.

Los motores de inducción (asíncronos) trifásicos son los más empleados en la industria, entre sus características se encuentra que son resistentes, simples y fáciles de mantener. Su velocidad depende de la frecuencia y funcionan a velocidades esencialmente constantes hasta la carga completa.²²

3.2.4. Componentes eléctricos.

Son conocidos por ser los que le dieron cambio a la industria y especialmente al control de máquinas eléctricas, entre los cuales se destacan: Transistores, tiristores, triacs y diodos principalmente. Están formados por materiales semiconductores y al formar un conjunto de varios de ellos, logran desarrollar mejoras en máquinas eléctricas.²³

3.2.5. Variador de frecuencia.

También conocido como variador de velocidad, hace parte del control de la velocidad rotacional en un motor de corriente alterna por medio de diferentes elementos electrónicos. El uso de estos variadores trae consigo importantes

²² ORTEGA, Luis. Maquinas eléctricas y de potencia [en línea]. Mexico: Pearson, 2017.p.263. Disponible en <<https://books.google.com.co/books?id=ehxKXip1j6EC&pg=PA263&dq=motor+trifasico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewipsiSuqHaAhVNwlkKHec-BCoQ6AEILDAB#v=onepage&q=motor%20trifasico&f=false>>Sexta edición.

²³ HENRIQUEZ, Gilberto. El ABC del control electrónico de las maquinas eléctricas. [en línea.]. primera edición. Mexico: Limusa.(03 de abril de 2018) disponible en <https://books.google.com.co/books?id=2Jp7EpxiMbwC&printsec=frontcover&dq=COMPONENTES+ELECTRICOS+Y+ELECTRONICOS&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewi_u4j7vaHaAhXDwFkKHQJdDA4Q6AEIODAD#v=onepage&q=COMPONENTES%20ELECTRICOS%20Y%20ELECTRONICOS&f=false>

ventajas como lo son: Permitir un control en las cargas variables, permitir la integración de los sistemas de control, mando y protección, son robustos por tal razón son más durables y su mantenimiento es mínimo.²⁴

3.2.6. Sistema de refrigeración.

Es una tubería simple, este está formado por varios segmentos de diferentes diámetros, según sea el caso del proyecto, este cuenta con cambios de dirección y puede estar a diferentes alturas entre la entrada y salida del líquido.²⁵

Ecuaciones de flujo:

$$Flujo = \frac{masa}{tiempo} \text{ o } Flujo = Gp \text{ (gasto * densidad)} \quad (1)$$

$$\left(\frac{nlitros}{s}\right) \left(\frac{1m^3}{1000l}\right) = \left(\frac{nl}{sl} m^3\right) = G \frac{kg}{s}.$$

$$F = Gp. \quad (2)$$

Cálculo por gotas

1 mililitro = 20 gotas²⁶

3.2.7. Transmisión.

Polea-correa, utilizado para transmisiones suaves, sin choques y poco ruido, cuentan con un diseño sencillo y un costo bajo.

3.2.8. Poleas.

Su función es transmitir movimiento de rotación a su eje de modo indirecto. Las grandes poleas de transmisión constan de cubo, llanta y brazos de fundición, estas

²⁴ YUSTA, LOPEZ, Jose, Rodolfo. Tecnología eléctrica. [en línea]. Disponible en <https://books.google.com.co/books?id=_6foDAAAQBAJ&pg=PA287&dq=variador+de+velocidad&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjhhYTYu6HaAhWiwVkkHRBLBP4ChDoAQhSMAg#v=onepage&q=variador%20de%20velocidad&f=false> primera edición. Zaragoza: UNE, 2011.p 287.

²⁵ KUSZCZEWSKI, Antoni. Redes industriales de tubería(bombas para agua, ventiladores y compresores), [en línea]. Primera edición. San Luis de Potosí: Reverte.(03 de abril de 2018) . Disponible en <https://books.google.com.co/books?id=1k3qRVvyFRcC&pg=PT106&dq=sistema+de+tuberias+para+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjM6puB0cfaAhXGq1kKHargB_EQ6AEIPzAG#v=onepage&q=sistema%20de%20tuberias%20para%20agua&f=false>

²⁶ HERNANDEZ, Henriqueta. Hidrodinámica. [en línea] Universidad Autónoma de Hidalgo, 2014, (03 de abril de 2018). Disponible en <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16715/LECT147.pdf?sequence=1&isAllowed=y>yp.5.

pueden ser en acero, aluminio o madera y existen para diferentes tipos de correas, como lo es correas planas, para cables o cuerdas de cáñamo, para cables de acero y también correas trapezoidales (canales en cuña).²⁷

3.2.9. Correas.

Son utilizadas para transmitir potencia entre dos ejes paralelos, entre los cuales no es preciso mantener una relación de transmisión exacta y constante debido al deslizamiento de las correas sobre las poleas. Las transmisiones por medio de correas y poleas son de tipo flexible por que absorben vibraciones y choques de los que solo transmiten un mínimo al eje conducido. constan de las siguientes características se utilizan para largas distancias entre centros, es necesario un ajuste de la distancia entre centros, la razón de sus velocidades angulares no es constante, son adecuadas actuando bajo condiciones extremas de trabajo (polvo, humedad, calor) y a su vez son silenciosas y tienen una larga vida útil sin fallos ni problemas de funcionamiento. Las correas trapezoidales o en “V”, son elaboradas con tejido de algodón con nylon e impregnadas con caucho, una de sus grandes ventajas es que pueden ser utilizadas con poleas más pequeñas acanaladas, distancias más cortas y se pueden utilizar varias de ellas con una sola polea acanalada. Las secciones rectas cuentan con una denominación designada con una letra del alfabeto.²⁸

3.2.10. Calculo de los componentes de la máquina.

Potencia: $P = T \cdot w$ (3)

Dónde: $T = \text{Torque, expresado en } N \cdot m$

$w = \text{Velocidad angular, expresada en } \frac{rad}{s}$

Torque: $T = F_f \cdot r$ (4)

Dónde se tiene $F_f = \text{Fuerza de fricción}$

$r = \text{Radio máximo del disco en metros}$

²⁷ SAPPERT, Schneider. Manual práctico de dibujo técnico, [en línea]. Tercera edición. Barcelona: Reverte.(03 de abril de 2018) , disponible en https://books.google.com.co/books?id=4efEeWToJY4C&pg=PA248&dq=transmision+con+poleas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewiC-_7s757aAhWNvIMKHxDUD_YQ6AEILTAB#v=onepage&q=transmision%20con%20poleas&f=false. p. 248.

²⁸ MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas, [en línea]. Cuarta edición. Piura: Pearson. (03 de abril de 2018), disponible en <http://www.eumed.net/libros-gratis/ciencia/2013/14/14.pdf> p. 135.

Fuerza de fricción: $F_f = \mu * F$ (5)

Se tiene $\mu =$ *Coefficiente de fricción*

$F =$ *Fuerza aplicada al disco en Newtons*

Potencia máxima del motor: $P_{max} = T \cdot w$ (6)

Dónde: $T =$ *Torquemax, expresado en N.*

$w =$ *Velocidadmax angular, expresada en $\frac{rad}{s}$*

Para hallar la velocidad lineal se remite a la siguiente fórmula:

$$V = w * r^{29} \quad (7)$$

Dónde $w =$ *Velocidad angular, cuyas unidades son $\frac{rad}{s}$*

$r =$ *radio, en el caso de la pulidora emplearemos 3 radios (1,5cm, 3cm y 7,5cm)*

Diseño de transmisión por correas:

$$Pd = P_{motor} * K_s. \quad (8)$$

Cálculo de los diámetros de las poleas:

$$D_2 = i * D_1 * (1 - K). \quad (9)$$

Cálculo de la velocidad periférica:

$$V_p = \pi * D_1 * n. \quad (10)$$

Cálculo distancia entre centros:

$$D_{recomendada} = 1,5[D + d]. \quad (11)$$

²⁹. AREADECIENCIAS. Velocidad lineal. [en línea](20 de mayo de 2018), Disponible en <<http://www.areaciencias.com/fisica/velocidad-lineal.html>>

Longitud de la correa:

$$Lp = 2C + 1,57[D + d] + \frac{[D+d]^2}{4C} \cdot ^{30} \quad (12)$$

3.2.10. Rodamientos.

Son una clase de apoyo o soporte de ejes, en los cuales la carga es transmitida a través de elementos que están en contacto rodante, y no deslizante, estos permiten cierto ángulo de giro entre el aro interior y el aro exterior (especialmente los oscilantes). Estos son clasificados según los tipos de elementos rodantes (bolas o esferas, rodillos cilíndricos, rodillos cónicos, rodillos abombados asimétricos y simétricos), la dirección de la carga (radial o axial) a someterse y para las cuales están diseñados.³¹

³⁰ INTERMEC. Poleas en V (transmisión de potencia), [en línea]. Manual. (03 de abril de 2018), disponible en <http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manua-poleas-en-v-intermec.pdf>. P.p. 225-234.

³¹ CORTIZO, RICO, José, José. Elementos de máquinas (teoría y problemas). [en línea]. Universidad De Oviedo. (03 de abril de 2018) Disponible en https://books.google.com.co/books?id=LD5jNSKwqhoC&pg=PA93&dq=rodamientos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjOwuS_8Z7aAhXOuVMKHYOSCxAQ6AEIJzAA#v=onepage&q=rodamientos&f=false. P.98.

4. METODOLOGÍA

4.1. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

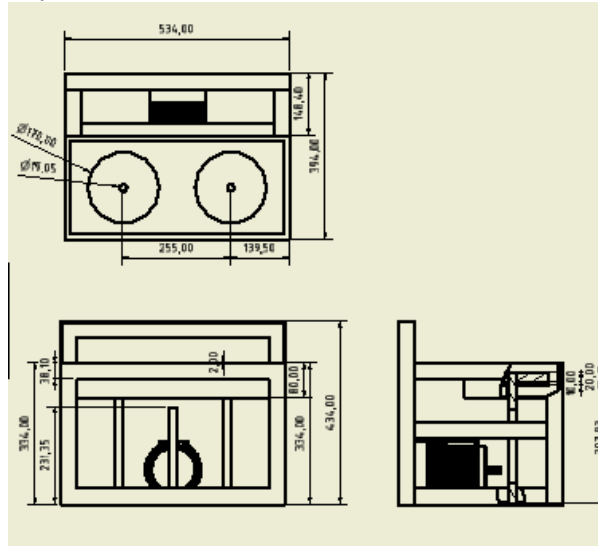
Recolección de información (estado del arte). Se realizó la respectiva recolección de información (contenida en bases de datos) necesaria para el estudio de la metalografía, sus herramientas de uso y campos de aplicación, mediante equipos de cómputo. Según la información recolectada se tuvo en cuenta las siguientes características:

- El tipo de máquina que se debe construir es el de discos giratorios.
- Con el propósito de poder controlar la velocidad de rotación se utilizó un variador de frecuencia, el cual amplía el rango de velocidades de 300 a 600 rpm.
- La máquina debe disponer de una fuente reguladora de fluido refrigerante.
- La parte crítica de la máquina es el soporte de los ejes de los discos, teniendo en cuenta que no debe existir ningún tipo de desplazamiento durante la operación.
- La máquina se debe construir garantizando un bajo grado de vibración, teniendo en cuenta que se pueden generar superficies mal desbastadas imposibles de analizar metalográficamente.
- La máquina pulidora presenta una variedad de velocidades que mantienen la fuerza del motor facilitando el trabajo con materiales de diferente dureza.
- El equipo garantiza una fuerza constante sin importar la velocidad a la que trabajen los discos, permitiendo el desarrollo del pulido metalográfico de manera constante aun con aplicación de una fuerza mayor a la permitida en la probeta.

4.1.1. Dimensionamiento de la máquina de pulido metalográfico.

El dimensionamiento de la máquina de pulido metalográfico se obtuvo del resultado de los datos obtenidos en los de los antecedentes y la evaluación de la máquina de pulido existente en el laboratorio de Ingeniería Mecánica y con el uso de software CAD como se visualiza en la figura 5. Para una mejor visualización ver anexo B6.

Figura 5. Modelado de máquina, realizado en software de diseño Autodesk Inventor.



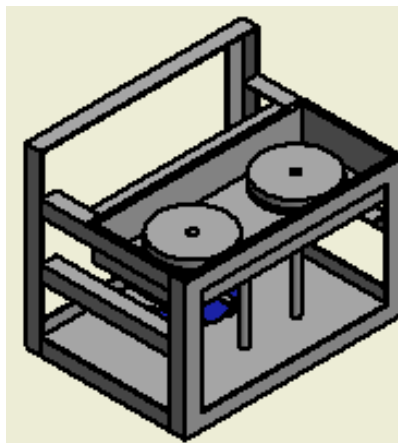
Fuente: Autores

4.1.2. Modelado de alternativas más aptas para el proyecto.

Se realizó el diseño a partir de las alternativas seleccionadas de acuerdo a dimensionamiento, funcionalidad y estética del proyecto empleando software CAD.

El primer diseño (ver figura 6) consta de un sistema de transmisión de engranajes (cónicos-motriz y rectos-motores) y el motor en posición horizontal, montado sobre una estructura de ángulo ($1\frac{1}{2}$ " x 178) y lamina de calibre 3mm para el soporte de las partes mecánicas, la cual da un mayor soporte a la máquina, sin embargo, genera una mayor altura y hace complicado el montaje, así como el mantenimiento, costo y peso de la máquina. Para una mejor visualización ver plano en anexo B.6.

Figura 6. Modelado alternativa 1.

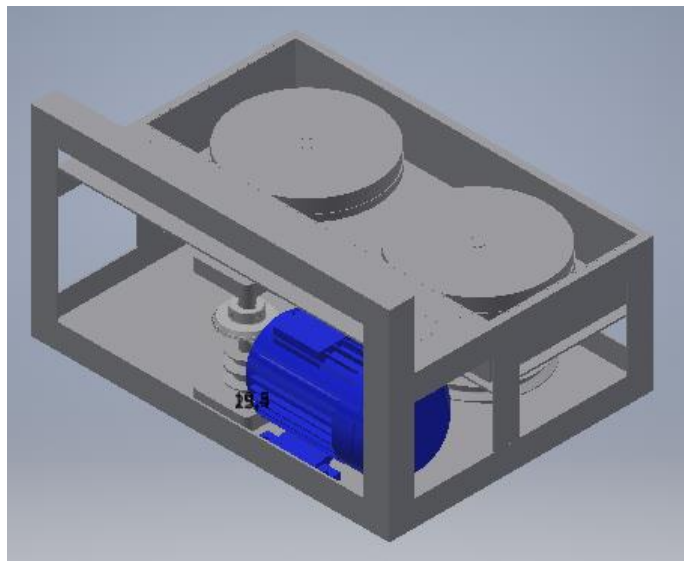


Fuente: los Autores

El segundo diseño (ver figura 7) se basó en el primer modelo realizado, contando con cambios en la transmisión y en la altura de la máquina, el motor dispuesto horizontalmente, se articula con engranajes cónicos que transmiten el movimiento a un sistema de poleas, empleando la misma estructura y soportes del primer diseño.

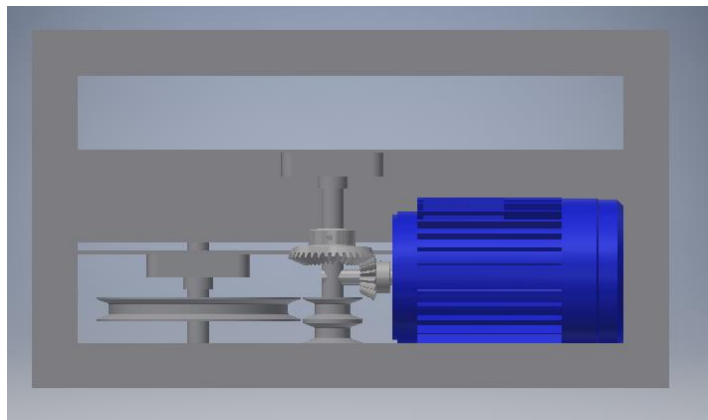
El montaje de los engranajes cónicos genera inconvenientes debido a la complejidad en la fabricación de los piñones y precisión en el ensamblado, sin garantizar la disminución de ruidos y vibraciones en el funcionamiento de la máquina. Para una mejor visualización ver plano en anexo B.7.

Figura 7. Modelado alternativa 2.



Fuente: Los Autores.

Figura 8. Modelado alternativa 2.

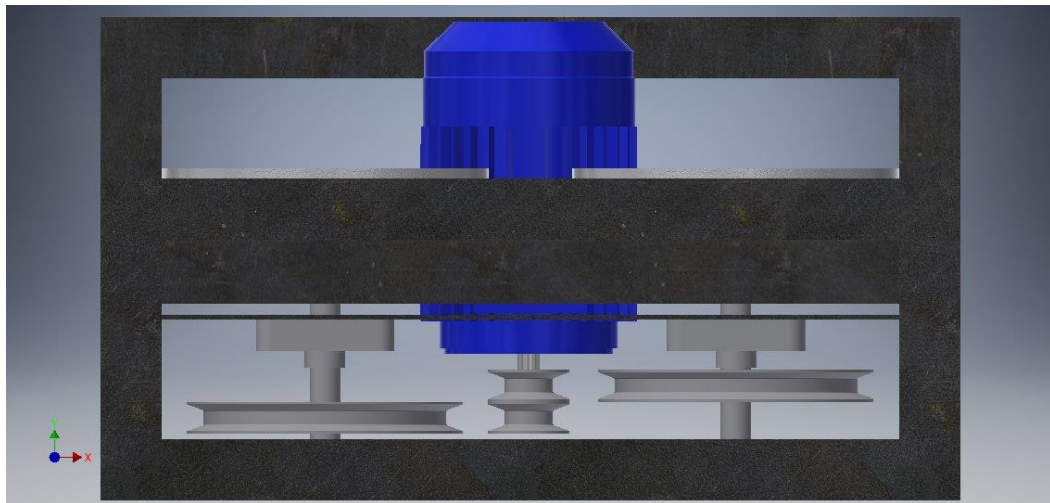


Fuente: Los Autores.

En el tercer modelo se incluyeron las mejoras de los anteriores diseños, disminuyendo peso, operaciones de mantenimiento y montaje, al igual que los costos generados.

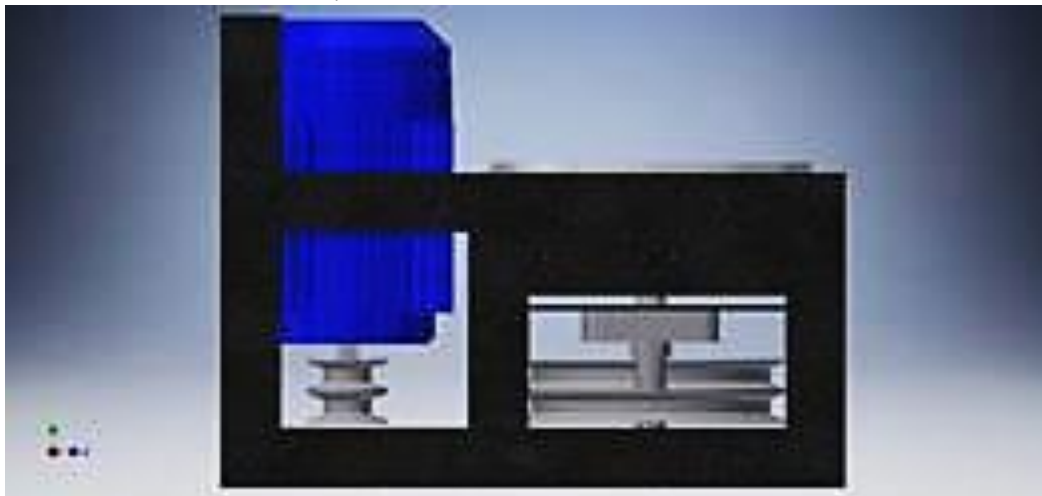
Este modelo se diseñó con una transmisión por correas y poleas, posicionando el motor de manera vertical, de esta forma se eliminaron los engranajes cónicos y se aumentó el espacio para la ubicación de los demás elementos de la máquina, este utiliza una polea doble en el eje del motor y una polea sencilla en cada uno de los ejes de los discos de la máquina, los soportes de las partes mecánicas se construyeron con platinas de $1\frac{1}{2}'' \times \frac{1}{8}''$ como se visualiza en la figura 8. Para una mejor visualización ver plano en anexo B.8.

Figura 9. Modelado alternativa 3, en software Autodesk Inventor.



Fuente: Autores.

Figura 10. Modelado alternativa 3, en software Autodesk Inventor.



Fuente: Autores.

4.1.3. Selección del diseño más adecuado de la maquina según beneficio-costo.

Las alternativas fueron evaluadas a partir de las siguientes características, con una valoración de 1 a 10, dónde 1 es el valor más bajo y 10 el valor máximo. La alternativa con mayor puntuación fue la seleccionada a continuación.

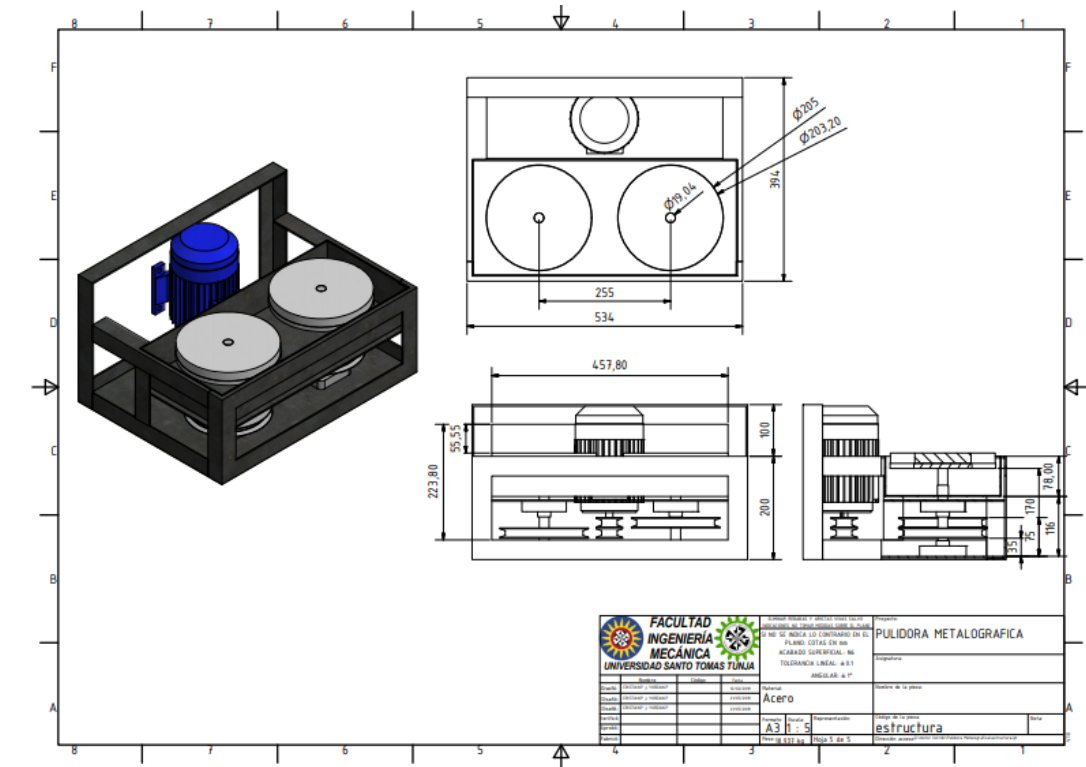
Tabla 4. selección de alternativas.

Alternativas Ítems a evaluar	Opción 1	Opción 2	Opción 3
PESO	3	5	8
MANTENIMIENTO	3	4	7
COSTO	2	3	8
PORTABILIDAD	6	6	8
VIBRACIONES	4	4	6
RUIDOS	4	5	7
TOTAL	22	27	44

Fuente. Los autores.

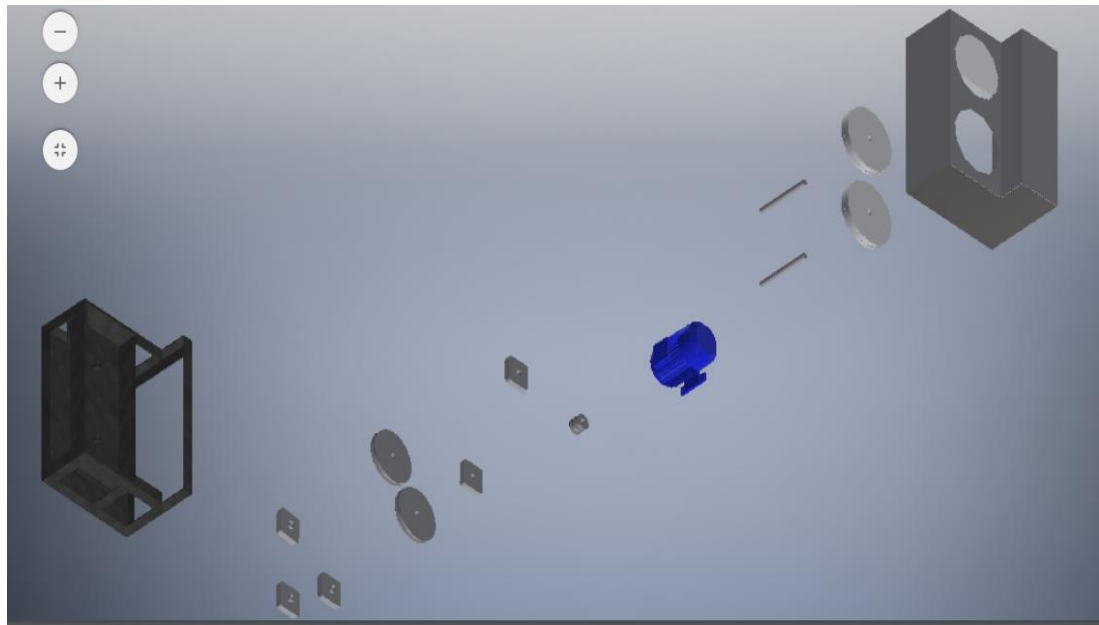
Se realizó el diseño más adecuado de la máquina según beneficio-costo (presentado en la figura 9), el modelo que cumplió con los objetivos del proyecto fue la tercera opción, para esto se recolectó información de los diferentes componentes mecánicos y eléctricos del modelo seleccionado anteriormente y con medidas exactas según catálogos eléctricos, infografía, libros y artículos, de los componentes que se venden comercialmente. Para una mejor visualización del plano, ver anexo B.9.

Figura 11. Planos finales de la pulidora metalográfica.



Fuente: Los Autores.

Figura 12. Despiece pulidora metalográfica.



Fuente: Los Autores.

4.1.4. Cálculos de componentes mecánicos.

Para el desarrollo de la máquina, se tomaron las siguientes ecuaciones, para la respectiva selección de componentes.

Para hallar la potencia necesaria del motor a utilizar en la máquina de pulido metalográfico, es necesario realizar una serie de cálculos para encontrar valores como son: Torque, fuerza de fricción, velocidad angular, fuerza aplicada, etc.

Para hallar el torque mínimo que necesitamos al momento de seleccionar el motor debemos realizar una serie de cálculos los cuales poseen variables y datos que van a ser mostrados a continuación:

Potencia: *segun ecuacion (3)*

Dónde: $T = \text{Torque, expresado en N.m}$

Se tiene $w = \text{Velocidad angular, expresada en } \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

$\left(600 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)$, valor aproximado en el disco para el buen funcionamiento.

$$w = \left(600 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right) * \left(\frac{2\pi}{\text{rev}}\right) * \left(\frac{1\text{min}}{60\text{s}}\right)$$

Como resultado se obtuvo $w = 62,83 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

Torque:

Según ecuación (4).

$$T = F_f * r$$

Dónde se tiene $F_f = \text{Fuerza de fricción}$

también $r = \text{Radio máximo del disco en metros}$

Fuerza de fricción:

Según ecuación (5)

$$F_f = \mu * F$$

Dónde se tiene $\mu = \text{Coeficiente de fricción}$

también $F = \text{Fuerza aplicada al disco en Newtons}$

Al resolver la ecuación de fuerza de fricción, se utiliza como coeficiente 0,94 ya que este será el máximo a utilizar en la máquina y que corresponde a la relación

de fricción entre el papel esmeril y el acero. Se utilizan 30N que equivalen a 3 Kilogramos de fuerza para expresar el mínimo esfuerzo a soportar en el disco.

En la ecuación (5) se reemplaza los valores:

$$F_F = (0,94) * (30N)$$

como resultado:

$$F_F = 28,2 N$$

Esta será la fuerza de fricción máxima a soportar en el disco.

Radio: r , en el caso del disco será 0,09m ya que el diámetro del mismo es de 0,18m.

Al tener los valores fijos se reemplazan en la ecuación:

$$T = (28,2N) * (0,09m)$$

como resultado:

$$T = 2,538N.m$$

Torque mínimo a soportar en el disco.

Hallando los valores de torque y velocidad angular que son necesarios para hallar la potencia, se dispone a realizar el reemplazo de dichos valores en la ecuación.

$$\text{Por tanto: } P = T * \omega$$

$$\text{Reemplazando los valores en la ecuación (3): } P = (2,538N.m) * (62,83 \frac{rad}{s})$$

$$\text{Se obtiene como resultado: } P = 159,46 \text{ watts.}$$

Pero para saber la potencia en caballos de fuerza es necesario hacer conversión de unidades.

$$\text{Por tal razón: } (159,46watts) * (\frac{1hp}{746watts})$$

$$\text{como resultado: } 0,2137Hp$$

Esta potencia será la mínima requerida en nuestro motor.

Potencia máxima del motor: según ecuación (3)

$$P = T \cdot w$$

Dónde: $T = \text{Torque, expresado en } N.m$

Se tiene que $w = \text{Velocidad angular, expresada en } \frac{rad}{s}$

$$\left(600 \frac{rev}{min}\right),$$

valor aproximado en el disco para el buen funcionamiento según los fabricantes de pulidoras metalográficas.

$$w = \left(600 \frac{rev}{min}\right) * \left(\frac{2\pi}{rev}\right) * \left(\frac{1min}{60s}\right)$$

$$\text{Como resultado } w = 62,8 \frac{rad}{s}$$

Torque: según ecuación (4)

$$T = F_f * r$$

Dónde se tiene $F_f = \text{Fuerza de fricción}$

$r = \text{Radio máximo del disco en metros}$

Fuerza de fricción: según ecuación (5)

$$F_f = \mu * F$$

Dónde se tiene $\mu = \text{Coeficiente de fricción}$

$F = \text{Fuerza aplicada al disco en Newtons}$

Al resolver la ecuación de fuerza de fricción, utilizamos como coeficiente 0,94³² ya que este será el máximo a utilizar en la máquina y que corresponde a la relación de fricción entre la lija de desbaste y el acero. Utilizando 70N que equivalen a 7 Kilogramos de fuerza para expresar el máximo esfuerzo a soportar en el disco.

En la ecuación (5) se reemplazan los valores:

$$F_f = (0,94) * (80N)$$

como resultado:

³² LOPEZ, Andrés y TORRES, Yony. Diseño y construcción de una desbastadora de metales para la preparación de probetas metalográficas: Cartagena, 1999, 86h. Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Disponible en catálogo en línea: <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0057990.pdf> p.39

$$F_F = 75,2 \text{ N}$$

Esta será la fuerza de fricción máxima a soportar en el disco.

Radio: r , en el caso del disco será 0,09m ya que el diámetro del mismo es de 0,18m.

Al tener los valores fijos se reemplazan en la ecuación (4):

$$T = (75,2N) * (0,09m)$$

como resultado:

$$T = 6,768N.m$$

Torque máximo a soportar en el disco.

Hallando los valores de torque y velocidad angular que son necesarios para hallar la potencia, se dispone a realizar el reemplazo de dichos valores en la ecuación.

$$\text{Por tanto: } P = T * \omega$$

$$\text{Reemplazando los valores en la ecuación (3): } P = (6,768N.m) * (62,8 \frac{rad}{s})$$

$$\text{como resultado: } P = 425,03 \text{ watts.}$$

Pero para saber la potencia en caballos de fuerza es necesario hacer conversión de unidades.

$$\text{Por tal razón: } (425,03watts) * (\frac{1hp}{746watts})$$

$$\text{como resultado: } 0,57Hp$$

la fuerza máxima que soporta el disco de la máquina, es de 80 N

Según catálogo de motores, para esta potencia se puede utilizar un motor Siemens de 0,6 hp trifásico.

Cálculo de la velocidad lineal para tres (3) tipos diferentes de radio. Se realiza con el fin de hallar el lugar más apto para el pulido de probetas.

Para hallar la velocidad lineal se emplea la ecuación (7):

$$V = w * r$$

Dónde. $w = \text{Velocidad angular, cuyas unidades son } \frac{rad}{s}$

$r = \text{radio, en el caso de la pulidora se empleara 3 radios (1,5cm, 3cm y 7,5cm)}$

Los radios anteriormente escritos son medidas de tres (3) diferentes zonas de pulido, cada una tendrá incidencia en la probeta metálica.

Para poder resolver la ecuación (7) se debe convertir la velocidad máxima en el disco según la relación de transmisión de 1:3 $n = \frac{1645 \frac{rev}{min}}{3} = 548,33 \frac{rev}{min}$, las rpm con las que se trabajó fueron $548 \frac{rev}{min}$ a $\frac{rev}{s}$, por tal razón:

Por tal razón tenemos

$$\left(548,33 \frac{rev}{min}\right) * \left(\frac{1min}{60s}\right) = 9,13 \frac{rev}{s}$$

Al tener la velocidad en $\frac{rev}{s}$, se dispone a convertir dichas unidades en $\frac{rad}{s}$ para determinar la velocidad angular, por tal razón:

$$w = \left(9,13 \frac{rev}{s}\right) * \left(\frac{2\pi rad}{1rev}\right)$$

$$\text{como resultado: } w = 57,36 \frac{rad}{s}$$

Para emplear los radios en la ecuación (7) es necesario pasar las unidades de *centímetros a metros (cm a m)*.

el radio se ubica del centro del disco al borde de la probeta

$$\text{Radio 1. } \left(1,5 \frac{cm}{1}\right) * \left(\frac{1m}{100cm}\right) = 0,015m$$

$$\text{Radio 2. } \left(3 \frac{cm}{1}\right) * \left(\frac{1m}{100cm}\right) = 0,030m$$

$$\text{Radio 2. } \left(4,5 \frac{cm}{1}\right) * \left(\frac{1m}{100cm}\right) = 0,045m$$

Al tener los valores en las unidades adecuadas, se dispone a reemplazar en la ecuación (7):

$$V = w * r$$

Se introducen los datos en la ecuación para el primer radio (0,015m)

$$V = (57,36 \frac{rad}{s}) * (0,015m)$$

$$\text{Como resultado se tiene: } V = 0,8604 \frac{m}{s}$$

Se introducen los datos en la ecuación para el segundo radio (0,030m)

$$V = (57,36 \frac{rad}{s}) * (0,030m)$$

$$\text{Como resultado se tiene: } V = 1,7208 \frac{m}{s}$$

Se introducen los datos en la ecuación para el tercer radio (0,075m)

$$V = (57,36 \frac{rad}{s}) * (0,075m)$$

$$\text{Como resultado se tiene: } V = 4,302 \frac{m}{s}$$

Estas velocidades se hallaron con el fin de conocer la zona más apta para el pulido de probetas metalográficas. Como resultado se aconseja al usuario que utilice la zona dos (2) de pulido ya que la velocidad en este punto, genera un proceso de pulido uniforme en la probeta asegurando así una superficie de pulido adecuada para los estudios que se realicen, no es aconsejable pulir en la zona uno (1), ya que el material presentaría daños provocados por la velocidad, lo cual podría generar colas (líneas no deseadas) en la probeta, y en la zona tres (3) habría daño en la probeta, producto de los residuos sobrantes del material, generando así una superficie de pulido no apta además de verse afectado todo tipo de material blando producto de su alta velocidad.

Para hallar las $(\frac{rev}{min})$ en cada disco, se dividen las revoluciones totales del motor, en la relación de potencia.

$$Motor = (1645 \frac{rev}{min})$$

Encontramos en el sistema una *Polea motriz = 2in*

Y dos *Poleas motoras(2)6in*

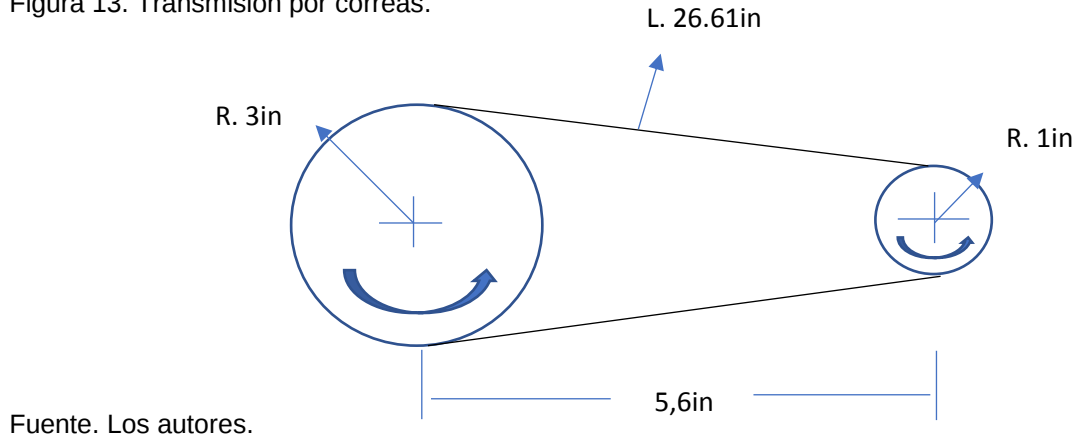
Cuya *Relación 1: 3*

Por tal razón se tiene

$$n = \frac{1645 \frac{rev}{min}}{3} = 548,33 \text{ rev/min}$$

Diseño de transmisión por correas ver figura 13: La potencia de diseño es un valor importante para determinar la transmisión por correa, se determinó de la siguiente manera:

Figura 13. Transmisión por correas.



Fuente. Los autores.

Según ecuación (8).

$$Pd = P_{motor} * K_s$$

Donde K_s , es el coeficiente

de servicio, en este caso en selección

por catálogo Intermec (ver Anexo A) definimos

1,2 al tener un rango de uso

de 3 a 5 $\frac{\text{horas}}{\text{día}}$, por tanto:

$$Pd = 1,2 * 0,6$$

$$Pd = 0,72 \text{ hp}$$

Correa tipo A

Cálculo de los diámetros de las poleas: Para la primera polea se seleccionó un diámetro mínimo exterior, considerando que se tendrá un motor de 0,6 hp y que trabajará a 1645 rpm, se determinó que el diámetro de la primera polea será de 2in.

Para el diámetro de la segunda polea se utilizó la siguiente expresión se basó en la ecuación (9).

$$D_2 = i * D_1 * (1 - K) \text{ Donde}$$

i = Relación de transmisión de potencia.

K = Coeficiente deslizamiento de la correa = 0,015.

Por tanto

$$D_2 = 3 * 2in * (1 - 0,015)$$

$$D_2 = 5,91in = 6 in$$

Al ser el valor encontrado comercialmente.

Cálculo de la velocidad periférica:

Según ecuación (10).

$$Vp = \pi * D_1 * n$$

$$\text{Cambiamos las unidades de in a ft} = \frac{in}{ft}$$

$$Vp = \pi * 0,1666 * 1645r.p.m$$

$$Vp = 860,975 ft/min$$

Cálculo distancia entre centros mínima:

Según ecuación (11).

$$D_{minima} = 0,7[D + d]$$

Donde: 0,7: Coeficiente recomendado.

D = Diámetro de la polea mayor.

d = Diámetro de la polea menor.

Por tanto:

$$D = 0,7[6 + 2] = 5,6in.$$

Longitud de la correa:

Según ecuación (12).

$$Lp = 2C + 1,57[D + d] + \frac{[D + d]^2}{4C}$$

Donde:

Lp = Longitud de la correa.

D = Diámetro polea mayor.

d = Diámetro polea menor.

C = Distancia entre centros.

Por tanto:

$$Lp = 2(5,6) + 1,57[6 + 2] + \frac{[6 + 2]^2}{4(5,6)}$$

$$Lp = 26,61in$$

Cálculo de flujo:

Este proceso fue realizado con el fin de calcular cuánto tiempo tarda en entrar un litro de agua al platero, a partir de diferentes tipos de goteo (gotas), para evitar que el agua rebase el nivel máximo de los bujes de los ejes.

Según la ecuación (1):

$$\text{Flujo} = \frac{\text{masa}}{\text{tiempo}} \text{ o } \text{Flujo} = Gp (\text{gasto} * \text{densidad})$$

$$\text{sus unidades son: } \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Cálculo por gotas

1 mililitro equivale a 20 gotas

Para hallar el tiempo en que tarda un litro de agua en entrar al platero se realizaron una serie de cálculos con tres diferentes valores de goteo, los cuáles fueron: 5 gotas, 5,5 gotas y 6 gotas.

Cálculo para hallar el tiempo que tarda en entrar un litro de agua en el platero a raíz de 5 gotas por segundo.

5gotas en 1 segundo.

Se realizó la conversión de unidades para obtener el resultado en $\frac{\text{gotas}}{\text{minuto}}$

$$\frac{5\text{gotas}}{1\text{segundo}} * \frac{60\text{segundos}}{1\text{minuto}} = 300 \frac{\text{gotas}}{\text{minuto}}$$

Al tener el número de gotas que hay en un litro, se realizó la operación para conocer cuántos minutos tardó el litro en entrar al platero.

$$\frac{20000\text{gotas}}{300 \frac{\text{gotas}}{\text{min}}} = 66,66 \text{ minutos}$$

Se obtiene como resultado que tarda 66,66 *minutos* en entrar un litro de agua al platero, dicho resultado debe convertirse a segundos para resolver la ecuación de gasto de agua.

Por tal razón:

1 hora, 7 minutos, 6 segundos tarda un litro de agua en entrar al platero.

En la siguiente tabla se ven reflejados los valores para los diferentes tipos de goteo resueltos por los cálculos anteriormente descritos.

Tabla 5. Datos para tipos de goteo.

Unidades Gotas Por segundo	$\frac{Gotas}{minuto}$	Tiempo
5 gotas en un segundo	$300 \frac{gotas}{minuto}$	1 hora, 7 minutos y 6 segundos
6 gotas en un segundo	$360 \frac{gotas}{minuto}$	55 minutos y 55 segundos
7 gotas en un segundo	$420 \frac{gotas}{minuto}$	48 minutos y 1 segundo

Fuente. Los autores.

Para hallar el gasto de agua los valores anteriormente descritos son reemplazos en la siguiente conversión:

Dónde tenemos que:

$$1m^3 = 1000Litros$$

Por tal razón:

$$\left(\frac{1l}{3999,6s}\right)\left(\frac{1m^3}{1000l}\right) = \left(\frac{1l m^3}{3999600s l}\right) = 2,5 * 10^{-7} \frac{m^3}{s}$$

Se obtuvo que $2,5 * 10^{-7} \frac{m^3}{s}$ son gastados a razón de 5 gotas por segundo.

$$\left(\frac{1l}{3333,33s}\right)\left(\frac{1m^3}{1000l}\right) = \left(\frac{1l m^3}{3333330s l}\right) = 3 * 10^{-7} \frac{m^3}{s}$$

Se obtuvo que $3 * 10^{-7} \frac{m^3}{s}$ son gastados a razón de 6 gotas por segundo.

$$\left(\frac{1l}{2857,14 s}\right)\left(\frac{1m^3}{1000l}\right) = \left(\frac{1l m^3}{2857140s l}\right) = 3,86 * 10^{-7} \frac{m^3}{s}$$

Se obtuvo que $3,86 * 10^{-7} \frac{m^3}{s}$ son gastados a razón de 7 gotas por segundo.

Al tener los valores del gasto, se reemplazan en la siguiente ecuación que corresponde al valor del flujo.

Dónde:

$$Flujo = \frac{masa}{tiempo} \text{ o } Flujo = Gp \text{ (gasto * densidad)}$$

Según ecuación 2:

$$F = Gp$$

Para hallar el valor de flujo se reemplaza el valor obtenido del gasto para cada tipo de goteo.

Para 5 gotas por segundo tenemos:

$$F = \left(2,5 * 10^{-7} \frac{m^3}{s} \right) \left(1000 \frac{kg}{m^3} \right) = 2,5 * 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

Para 6 gotas por segundo tenemos:

$$F = \left(2,75 * 10^{-4} \frac{kg}{s} \right) \left(1000 \frac{kg}{m^3} \right) = 2,75 * 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

Para 7 gotas por segundo tenemos:

$$F = \left(3 * 10^{-4} \frac{kg}{s} \right) \left(1000 \frac{kg}{m^3} \right) = 3 * 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

Los tres valores anteriormente encontrados corresponden al flujo gastado a razón de $\frac{kg}{s}$ por cada tipo de goteo.

4.1.5. Selección de materiales, componentes y equipos.

Para tal fin se utilizaron catálogos de transmisión, equipos de cómputo y software de diseño, apoyados del director del proyecto, los cuales nos guiaron para la realización del diseño.

- Ángulo 1 ½ “* 1/8 Acero ASTM A- 36 (NTC 1920) = Ángulo estructural fabricado por procesos de laminación en caliente, de palanquilla proveniente de la colada continua, por medio de la cual se le da secciones transversales con formas de L con alas iguales como se puede apreciar en la figura 14 y con una longitud total de (6000mm), el cual es utilizado de este calibre ya que

su peso absorbe las vibraciones y comercialmente es usado para estructuras según el Anexo A.4.

Figura 14. Angulo de la estructura



Fuente: Los autores.

- Platina 1 ½ “* 1/8 Acero ASTM A- 36 (NTC 1920) Platina soporte fabricado por procesos de laminación en caliente, de palanquilla proveniente de la colada continua, por medio de la cual se le da secciones planas como se puede visualizar en la figura 15 con una longitud total de (6000mm). La cual es utilizada comercialmente para estructuras según el Anexo A.5.

Figura 15. Platina de los soportes de la estructura



Fuente: Los autores

- Lamina de acero inoxidable de la serie 300 AISI (American Iron & Steel Institute) mantienen una estructura ferrítica estable desde la temperatura ambiente hasta el punto de fusión, sus características son(ver Anexo A.6): Resistencia a la corrosión de moderada a buena, la cual se incrementa con el contenido de cromo y algunas aleaciones de molibdeno, endurecidos moderadamente por trabajo en frío: no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico. Son magnéticos, u soldabilidad es pobre por lo que generalmente se eliminan las uniones por soldadura a calibres delgados. Usualmente se les aplica un tratamiento de recocido con lo que obtienen mayor suavidad, ductilidad y resistencia a la corrosión debido a su pobre dureza, el uso se limita generalmente a procesos de formado en frío. (1m²) Ver figura 16.

Figura 16. lamina de acero inoxidable



Fuente: Los autores

- Fibra de vidrio (Plástico reforzado con fibra de vidrio) (ver figura 17): Posee importantes características como lo son: resistencia química, peso ligero, bajo mantenimiento, aislamiento eléctrico, versatilidad, excelente aislante térmico.

Figura 17. Lamina de fibra de vidrio.



Fuente: Los autores.

- Ejes 5/8"x 200mm (ver anexo A.7 y B.4): Acero ASTM 4340, contienen en su composición un porcentaje de carbono que está entre el 0.45% y el 0.75% y un porcentaje de manganeso mayores a 1%. (2 unidades) mostrado a continuación en la figura 18.

Figura 18. Eje acero inoxidable.



Fuente: Los autores.

- Poleas de aluminio: Su tolerancia varía entre 1800 y 3500 rpm al ser de alta funcionalidad. Sencilla de 6" (2 unidades) y doble de 2" (1 unidad) como se puede observar en las figuras 19 y 20 respectivamente, además con este sistema se eliminaron componentes de transmisión de potencia (piñones cónicos, ejes y piñón plano), que liberan espacio para la disposición de nuevos elementos de la máquina. La selección del material de la polea fue según el catalogo intermec (ver anexo A.8) y los cálculos realizados, se seleccionó comercialmente la de aluminio ya que esta es más comercial y brinda un campo de velocidad acertado para las velocidades de la máquina.

Figura 19. Polea 6" tipo A sencilla en Aluminio



Fuente: Los autores.

Esta polea fue seleccionada según los diámetros hallados en los cálculos, según el catalogo las poleas tipo a de diámetro 6" nos soportan potencias de hasta 20 caballos de fuerza (ver anexo A.9).

Figura 20. Polea doble 2" tipo A



Fuente: Los autores

- Chumacera plana escualizable con orificio de 5/8 in: Suelen soportar rangos hasta el 5300 rpm dependiendo la clase del eje y su respectiva tolerancia. UCF es un soporte-bridá rígido de fundición gris, cuyo anillo interior está dotado de dos tornillos prisioneros especialmente diseñados y espaciados a 120° para maximizar su capacidad de sujeción y su resistencia en una amplia gama de aplicaciones y condiciones de trabajo.

Esta selección se realizó teniendo en cuenta las desviaciones que tiene el montaje, esto se puede corregir con la ecualización de la chumacera para evitar tensiones dentro del sistema de transmisión de potencia (4 unidades) puede ser observada en la figura 21. El coeficiente de carga (ver anexo A.11) de este tipo de chumaceras soporta los esfuerzos a los que van a ser sometidos según los cálculos. Este tipo de chumaceras tiene un promedio de vida de 25000 horas y soportan una carga radial de 1,2 kn permitida (ver anexo A.12), lo cual es suficiente para soportar las cargas radiales de la máquina.

Figura 21. Chumaceras cuadradas planas 5/8"



Fuente: Los autores.

- Las correas (figura 22) poseen un funcionamiento mucho más silencioso que una transmisión por cadenas o engranajes, si se encuentran en buen estado, permiten absorber choques en la transmisión, debido a la elasticidad de la correa, permiten transmitir potencia entre árboles a distancias relativamente grandes de forma económica, precisa poco mantenimiento, al no ir engrasadas como ocurre en el caso de las cadenas o de los engranajes, son fácilmente desacoplables y acoplables. Según las especificaciones del motor y el factor de diseño las correas aptas para la maquina son tipo A (ver anexo A.10).

Figura 22. Correas en V tipo A en caucho



Fuente: Los autores.

- Teflón industrial cilíndrico 8"x 400mm: Normalmente, las piezas de PTFE (Politetrafluoretileno) suelen ser mecanizadas en unas tolerancias de, aproximadamente, $\pm 0,12\text{mm}$. En el caso de que sea necesario el mecanizar piezas a tolerancias especialmente estrechas, es necesario el someterlas a un proceso de des tensionado. (2 unidades), ver figura 23.

Figura 23. Teflón industrial cilíndrico.



Fuente: Los autores.

- Motor, se seleccionó, según el torque requerido el cual nos da la potencia que necesitamos basados en los cálculos. El motor adecuado (ver figura 24) según la calidad, servicios y disponibilidad comercial, es un siemens (ver anexo A.13) de 0.6/0.45 hp/Kw, 1645rpm de velocidad, a 60Hz, 220 YY-440Y Voltios y 6.9kg de peso.

Figura 24. Motor eléctrico trifásico 0,6hp (1 unidad).



Fuente: Los autores.

- Variador (ver figura 25), este permite controlar funciones del motor como lo son método de control de velocidad, método de control de arranque, selección de parada, relación de frecuencia, corriente nominal del motor, etc. las características del variador J1000 son: entrada trifásica de 220v , de 0,1 a 0,5 Kw, según el catalogo(ver anexo A.15).

Figura 25. Variador de frecuencia (1 unidad)



Fuente: Los autores.

- Cableado, se utilizó cable encauchetado de 3 vías(trifásico) calibre 12 y 14, según el catalogo (ver anexo A.16). las instalaciones trifásicas son aquellas formadas por tres fases, tres corrientes alternas diferentes que dividen la instalación en varias partes a las que llega una potencia constante. Sus potencias normalizadas actualmente se adaptan a 400 voltios (ver figura 26).

Figura 26. Cableado para variador.



Fuente: Los autores

- Pulsadores, estos son requeridos para dar funcionamiento a la máquina (ver figura 27).

Figura 27. Pulsador ON, OFF



Fuente: los autores

La perilla (ver figura 28) recomendada según fabricante y requerimiento de la máquina (ver anexo A.14).

Figura 28. Pulsador RUN, PARE



Fuente: los autores

- Potenciómetro de 100k, utilizado para dar la frecuencia del variador de la máquina (ver figura 29).

Figura 29. Potenciómetro



Fuente: los autores

- Manguera de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{1}{4}$ " (ver figura 30), tienen un refuerzo de dos trenzas de alambre de acero de alta tensión, siempre se encuentran en aplicaciones de presiones de 250 Psi (ver anexo A.17).

Figura 30. Manguera.



Fuente: los autores

- Valvulas (ver figura 31) de refrigeracion tipo cuerpo flexible en plastico y con control de flujo.

Figura 31. Llaves o válvulas



Fuente: los autores

4.2. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LAS COMPONENTES MECÁNICAS SEGÚN REQUERIMIENTOS.

Se realizó la construcción de la máquina de pulido metalográfico teniendo en cuenta el diseño elegido por los autores; evaluando tres tipos de alternativas y su respectiva configuración mecánica siendo elaborado de la siguiente manera.

4.2.1. Estructura.

Se realizó empleando un perfil de ángulo ($1\frac{1}{2}$ "x $\frac{1}{8}$ ") de 6m de longitud requeridos para la totalidad de la estructura según los planos (ver anexo B.1), se realizaron Cortes a 45 y 90 grados, Ancho: 4 cortes de 54cm. Alto: 2 cortes de 23cm y 2 cortes de 20cm, y para unir las respectivas piezas se empleó soldadura tipo SMAW con electrodo (6013 $\frac{1}{8}$) para una mejor fijación y soporte de la estructura, luego de esto se pulió la respectiva soldadura en las uniones para eliminar escorias y dar una mejor apariencia, ya que este tuvo como finalidad el soporte estructural de la máquina de acuerdo a los planos así como se muestra en la figura 32.

Figura 32. Corte y soldado de ángulo para estructura



Fuente: Los autores

Finalmente, la estructura conto con las siguientes características: alto máximo de la maquina 30cm en la parte posterior y la parte frontal cuenta con 20cm de altura, el ancho de la maquina es de 54cm y tiene de profundidad 40cm, según la figura 33.

Figura 33. pulido de las uniones de la soldadura.



Fuente: autores

4.2.2. Soporte.

Para los soportes de los diferentes componentes mecánicos de la estructura se empleó platina (1"x1/8") de 6m de longitud. Según las medidas requeridas obtenidas de la estructura del chasis y planos (ver anexo B.1) según la figura 34.

Figura 34. Corte de platinas para soportes.



Fuente: autores

Se cortaron 4 platinas a 53.5 cm de longitud para la base horizontal de las chumaceras y 4 verticales, 2 de 29.5cm para el soporte del motor y 2 de 19.5cm para soporte de las bases de las chumaceras. Estas fueron pulidas y soldadas, las platinas fueron perforadas según los requerimientos, 4 perforaciones para cada platina de la base de las chumaceras y 2 perforaciones para las platinas de la base del motor. para la fijación de las chumaceras se utilizaron tornillos en acero de 11 mm de diámetro con arandela y tuerca de seguridad, como se muestra en la figura 35 y 36.

Figura 35. taladrado de platinas para soportes.



Fuente: autores

Figura 36. Fijación de chumaceras.



Fuente: Autores.

4.2.3. Transmisión.

Se utilizó un motor trifásico Siemens de 0.60/0.45 hp/kw de potencia a 1645 rpm y con un amperaje que oscila entre 2.30 – 1.15 A y con eje de (5/8”), este fijado a los soportes de lámina verticales con tornillos en acero de 11mm de diámetro, arandelas y tuerca de seguridad, el motor se une a una polea doble (2” en aluminio tipo A) la cual sirve como motriz y que fue seleccionada (ver anexo B.2) en los cálculos de transmisión al eje del motor. Ver figura 37.

Figura 37. fijación del motor.



Fuente: Autores.

Se procedió a encajar las poleas motoras (2 de 6” y 5/8” diámetro del eje, ver anexo T) a los ejes (20 cm de largo y 5/8”, ver anexo B.4) los cuales ya estaban fijados en las chumaceras. Finalmente, para dar movimiento a la transmisión se acoplaron las correas tipo A en caucho a las poleas. Según figura 38 y 39.

Figura 38. Fijación ejes con chumacera y poleas con ejes.



Fuente: Autores.

Figura 39. Transmisión por poleas con correas



Fuente: Autores.

4.2.4. Platero.

Fue elaborado en una dobladora y cortadora de aceros utilizando una lámina acero inoxidable (1mx1m) de calibre 2. este platero fue remachado al ángulo del chasis y encajado perforando dos agujeros de 5/8" para poder introducir los ejes motores que soportan los discos. Ver figura 40.

Figura 40. Doblado y perforado del platero



Fuente: Autores.

Perforación y fijación con remaches ver figura 41.

Figura 41. Fijación del platero con remaches



Fuente: Autores.

4.2.5. Discos.

Se cortaron dos discos de teflón de (8") a 4cm los cuales fueron maquinados para dar la superficie plana requerida. Estos discos fueron atornillados y fijados a los ejes motores como se muestra en la figura 42. Según el Anexo B.5.

Figura 42. Corte, maquinado y taladrado de discos de teflón.



Fuente: Autores.

4.2.6. Carcasa.

Se realizó un molde en cartón del chasis para posterior a esto aplicar las capas requeridas de fibra de vidrio, para dar un espesor de 3mm y con una superficie que ayudó a la absorción de vibraciones, protección de elementos eléctricos y mecánicos y que dio como resultado una superficie estética y ergonómica, como se ve en las figuras 43 y 44.

Figura 43. Corte y fijación de fibra de vidrio.



Fuente: Autores.

Figura 44. Montaje de fibra de vidrio.



Fuente: Autores.

4.2.7. Pintura.

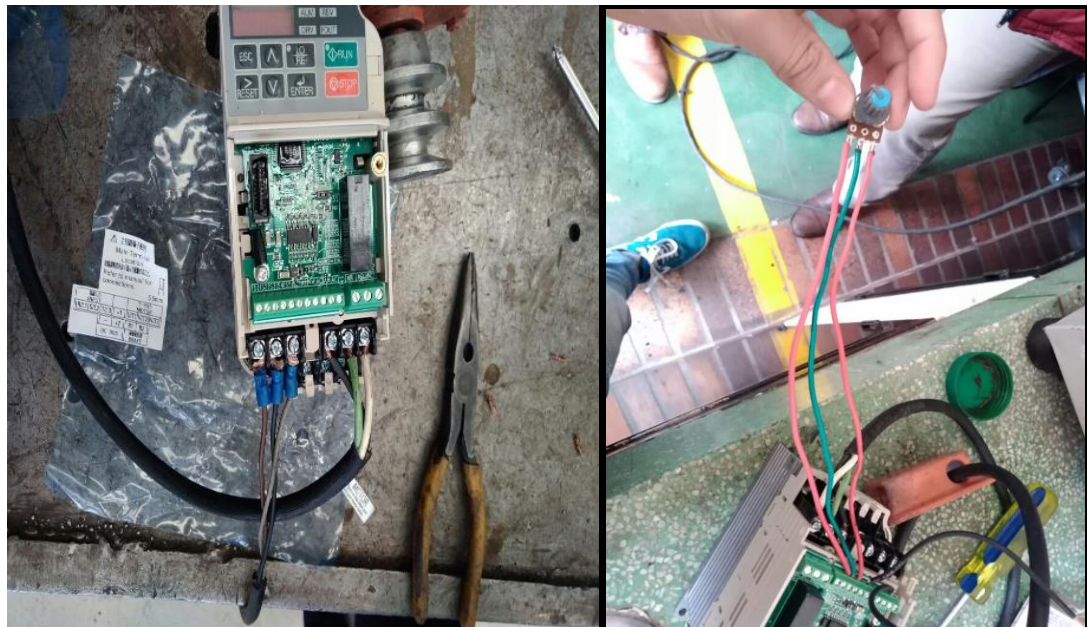
Se aplicó una capa de pintura base a la estructura para evitar la corrosión y para evitar utilizar material galvanizado el cual es más costoso, seguido a esto se le dio el color gris a la carcasa brindando así una superficie agradable.

4.2.8. Montaje de circuito de fuerza y control de la máquina.

Los autores del proyecto realizaron el montaje de circuito de fuerza y control de la máquina apoyados en los conocimientos de un experto en electricidad, utilizando equipos de medición eléctrica e insumos tales como: milímetro, cable tipo vehículo, alambre eléctrico, cautín, tornillería, terminales eléctricas, dispositivos de control y pulsadores, todo esto se realizó en el laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja.

El circuito de fuerza y control de la máquina cuenta con un variador de frecuencia tipo j1000 el cual va conectado al motor trifásico, facilitando así el registro de las rpm de la máquina. Según las figuras 45 y 46.

Figura 45. Conexión de motor, variador y potenciómetro.



Fuente: Autores.

Figura 46. Conexión de motor y variador



Fuente: Autores.

4.2.9. Montaje de sistema de lubricación de los discos.

Este se realizó basados en el concepto de los directores del proyecto, utilizando manguera de goma de $\frac{1}{2}$ " con recubrimiento en PVC y para la salida del líquido se utilizaron dos válvulas con control de flujo y una abertura de 3mm de salida, como se muestra en la figura 47.

Figura 47. Manguera y válvulas.



Fuente: Autores.

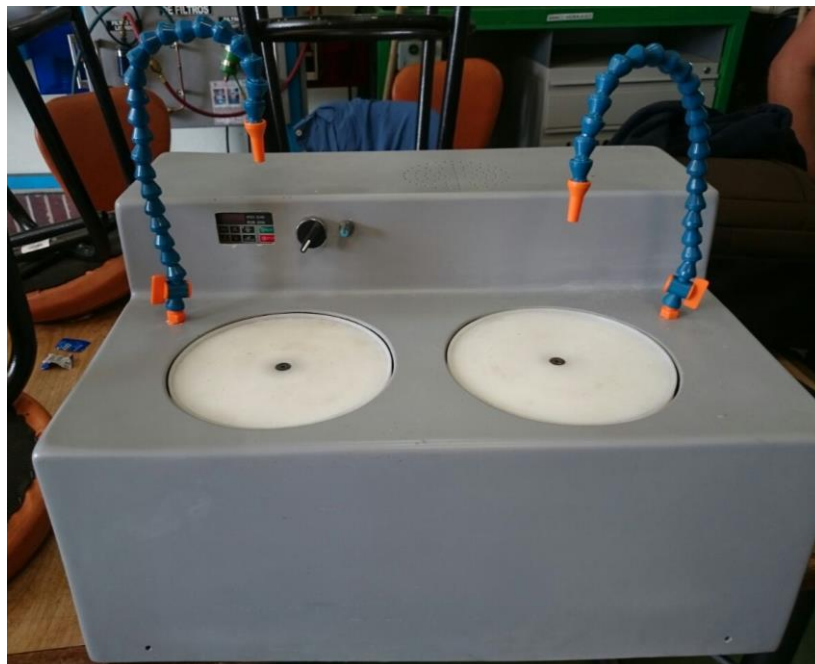
El resultado de la construcción de la maquina se puede visualizar en la figura 48 y 49.

Figura 48. Maquina de pulido metalografico.



Fuente. Los autores.

Figura 49. Maquina de pulido metalografico.



Fuente. Los autores.

4.3. PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO. LOS AUTORES DEL PROYECTO.

El director del proyecto con ayuda del codirector y auxiliar de laboratorio y talleres realizaron las respectivas pruebas y puesta a punto basadas en equipos de medición térmica y mecánica.

Las pruebas de velocidad(rpm) se realizaron para fijar la velocidad de salida de la máquina de pulido metalográfico, con respecto a lo que se necesitaba de la misma. Según las figuras 50, 51 y 52.

Figura 50. Pruebas con medidor de tacómetro.



Fuente: Autores.

Figura 51. Pruebas con medidor de tacómetro.



Fuente: Autores.

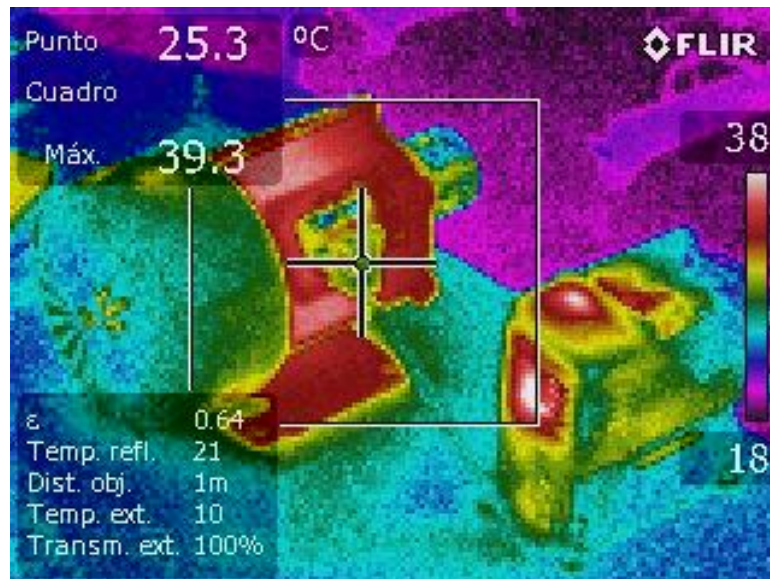
Figura 52. Pruebas con medidor de tacómetro.



Fuente: Autores.

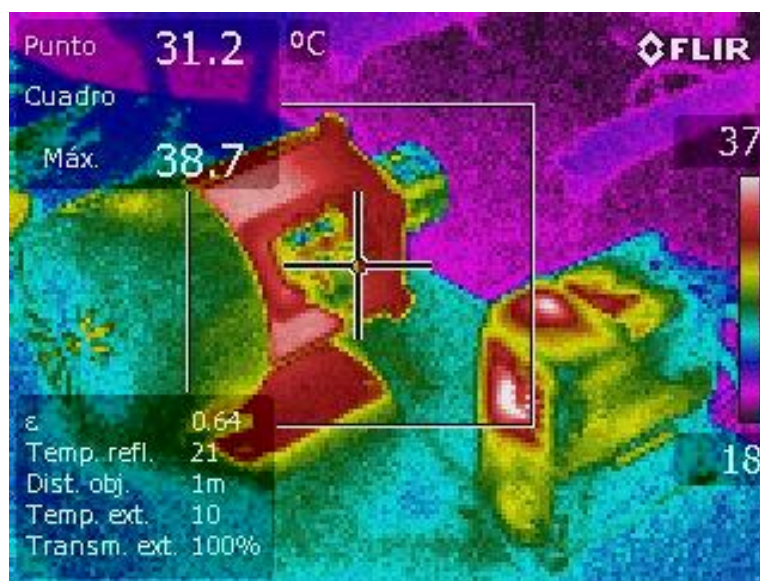
Las pruebas térmicas se realizaron para observar el comportamiento del motor eléctrico dentro de la carcasa, para verificar su correcto funcionamiento y fallas por sobrecalentamiento, el cual se produce si el motor sobrepasa los 70°C. Ver figuras 53 y 54.

Figura 53. Prueba térmica 1.



Fuente. Los autores.

Figura 54. Prueba termica 2.



Fuente. Los autores.

La entrega final y sustentación de resultados será realizada en el paraninfo de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja.³³

³³ ENTREVISTA con Juan Salamanca, Ingeniero Metalúrgico de la Universidad Santo Tomas Seccional Tunja. Tunja, 30 de mayo d 2017.

5. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

La evaluación de las características de la máquina, fueron fundamentadas en los conceptos de los directores del proyecto y bajo su supervisión, para ello se basó en los instrumentos de medición que posee el laboratorio de la Universidad Santo Tomas Sede Tunja, obteniendo los siguientes resultados.

5.1. VELOCIDAD.

Las revoluciones de salida del motor fueron 1751rpm según los datos tomados del tacómetro del laboratorio. Estos datos (ver tabla 6) son semejantes a los que tomamos teóricamente, las rpm pueden variar según el amperaje que recibe de la conexión trifásica. Ver figura 55.

Tabla 6. Resultados de velocidad del motor

Resultados de velocidad del motor	
Prueba	velocidad(rpm)
1	1743
2	1751
3	1741

Fuente: Autores.

Figura 55. Prueba de velocidad de salida del motor, utilizando tacómetro.



Fuente: Los autores.

Según los resultados de los cálculos, las rpm de los discos deben oscilar entre 500 y 600, los datos obtenidos en el laboratorio según las tablas 7 y 8, evidencian una aproximación entre el dato teórico y el comprobado experimentalmente en los dos

discos de pulido, dando como resultado un rango de revoluciones entre 538 y 541. Como se muestra en las figuras 56 y 57.

Tabla 7. Resultados de velocidad del disco 1.

Resultados velocidad disco 1	
Prueba	velocidad(rpm)
1	548
2	538
3	545

Fuente: Autores.

Tabla 8. Resultados de velocidad del disco 2.

Resultados velocidad disco	
Prueba	velocidad(rpm)
1	539
2	541
3	548

Fuente: Autores

Figura 56. Prueba de velocidad disco 1, utilizando tacómetro



Fuente: Los autores.

Figura 57. Prueba de velocidad disco 2, utilizando tacómetro.



Fuente: Los autores.

5.2. TEMPERATURA.

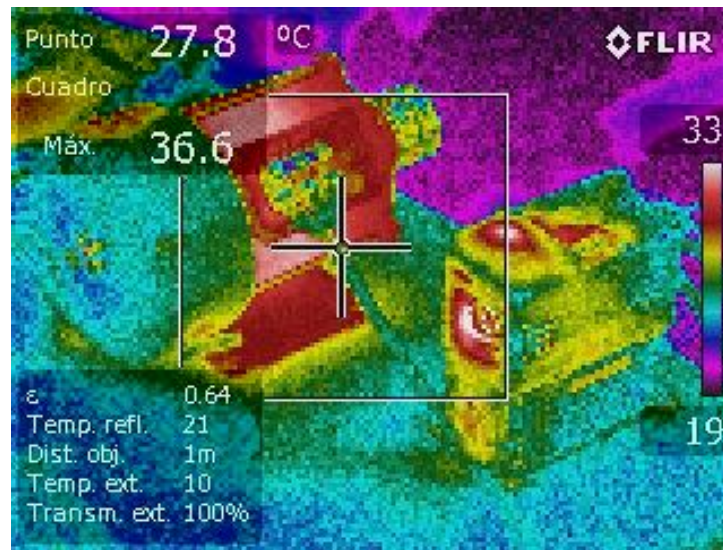
Según los resultados con la pistola de termografía, se realizaron perforaciones en la carcasa de la pulidora metalográfica, para dar mayor refrigeración al motor y variador de maquineta, disminuyendo la temperatura de la maquina en 2 grados centígrados. Ver figura 58 y 59.

Figura 58. ventilación de la máquina de pulido metalográfico.



Fuente: Los autores.

Figura 59. resultados de temperatura



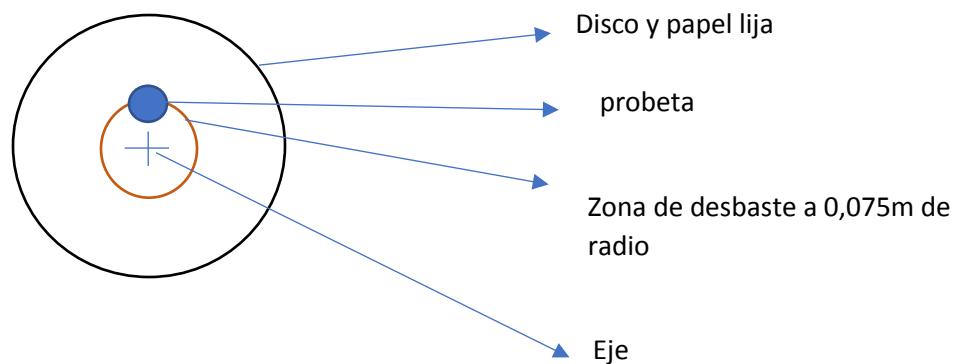
Fuente. Los autores.

5.3. DISPOSICIÓN DE LA PROBETA PARA UN MEJOR ACABADO.

La disposición de la probeta se ubica del centro del disco al borde de la probeta Zona 1.

Desbaste con la probeta ubicada a 0,015m del centro del disco, esta zona maneja una velocidad lineal de 0,86m/s según los cálculos, para el desbaste se utiliza papel lija sobre los discos de la máquina. Ver figura 60.

Figura 60. Zona de pulido 1.



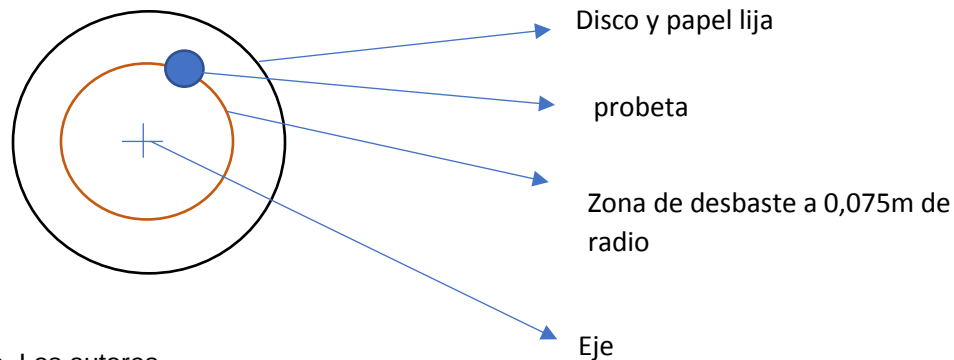
Fuente. Los autores.

En esta zona no es aconsejable ya que el material presentaría daños provocados por la velocidad ya que el rayado no es uniforme por el área de trabajo, lo cual podría generar colas (líneas no deseadas) en la probeta.

Zona 2.

Desbaste con la probeta ubicada a 0,03m del centro del disco, esta zona maneja una velocidad lineal de 1,72m/s según los cálculos, para el desbaste se utiliza papel lija sobre los discos de la máquina. Ver figura 61.

Figura 61. Zona de pulido 2.



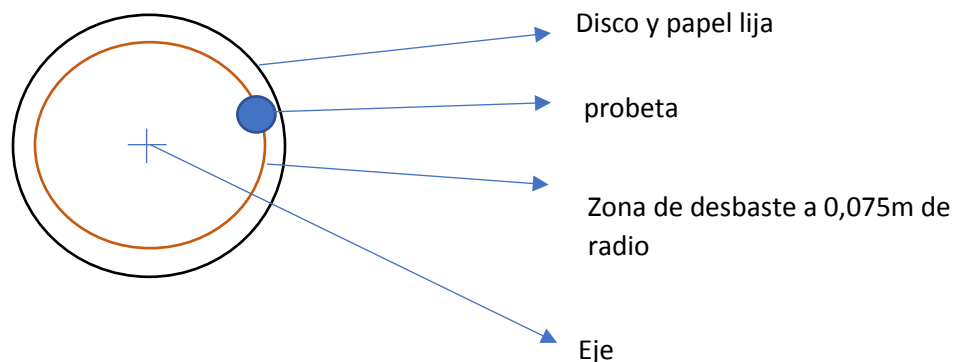
Fuente. Los autores.

Esta zona es la apropiada para la práctica de pulido metalográfico, ya que la velocidad en este punto, genera un proceso de pulido uniforme y un área de trabajo mayor para probeta asegurando así una superficie de pulido adecuada.

Zona 3.

Desbaste con la probeta ubicada a 0,075m del centro del disco, esta zona maneja una velocidad lineal de 4,30m/s según los cálculos, para el desbaste se utiliza papel lija sobre los discos de la máquina. Ver figura 62.

Figura 62. Zona de pulido 2.



Fuente. Los autores.

En esta zona habría daño en la probeta, producto de los residuos sobrantes del material, generando así una superficie de pulido no apta además de verse afectado todo tipo de material blando producto de su alta velocidad.

5.4. FLUJO.

Para la medida del flujo de agua que maneja el sistema de lubricación, nos basamos primero en los datos que nos arrojaron los cálculos de medidas de flujo teóricos para comprobarlos utilizamos un sistema de prueba utilizando un cronometro(tiempo) y el platero de la maquina con medidas en litros(volumen), con ello obtuvimos los siguientes resultados mostrados en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados de flujo de agua.

Resultados de flujo de agua			
prueba	Volumen(m^3)	Tiempo(segundos)	Flujo(kg/s)
1.	0,001	3980	$2,525 \times 10^{-4} \text{kg/s}$
2	0,001	3400	$2,51 \times 10^{-4} \text{kg/s}$
3	0,001	2900	$2,347 \times 10^{-4} \text{kg/s}$

Fuente: Autores.

El flujo que se obtuvo según las pruebas del laboratorio fue de un promedio de $2,456 \times 10^{-4} \text{kg/s}$. Los resultados del flujo de agua, varían según la fuente de alimentación a la que se conecte el sistema de lubricación y a la altura a la que este la máquina.

5.5. PRUEBAS DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS.

Se realizaron pruebas de funcionamiento de la máquina, desbastando probetas de con distintos materiales, para comprobar la fiabilidad de la máquina. Ver figura 63.

Figura 63. Probeta metalográfica.



Fuente. Los autores.

6. CONCLUSIONES

- A partir del diseño se determinaron las especificaciones para la construcción de la máquina.
- El equipo construido tiene las prestaciones técnicas de un equipo comercial con un costo menor.
- El estudio de alternativas permite concluir, que a pesar de los avances que hay en la manufactura de estos equipos, siempre se pueden aportar mejoras a estos, para hacer más fáciles y dinámicas las prácticas de metalografía.
- Según las pruebas realizadas de funcionamiento de la máquina, se corrobora la semejanza entre los datos obtenidos teóricamente y los que se generaron experimentalmente mediante el uso de instrumentos de medición de velocidad y flujo para la máquina de pulido metalográfico.
- La zona óptima para el pulido de probetas metalográficas se encuentra ubicada a una distancia aproximada de 0.030m del centro.
- El adecuado uso de las probetas de metalografía, garantizan una buena funcionalidad de la máquina de pulido metalográfico.
- La ventilación en los sistemas de transmisión y control del equipo, son primordiales para un óptimo funcionamiento y evita daños a corto plazo.
- El uso de una transmisión por poleas y correas ofrece ventajas de seguridad, ya que actúa como un fusible mecánico en caso de que su carga máxima de transmisión sea superada, produciendo así un patinaje entre la correa y polea, aparte de reducir ruido y vibraciones.
- Es necesario contar con un sistema de refrigeración para las probetas, ya que sin este las probetas sufrirían rayado y quemado en la superficie, producto de la fricción directa entre el material a pulir y el papel abrasivo.
- La formación en ingeniería mecánica en la Universidad Santo Tomas Seccional Tunja, nos dio las herramientas para proponer este proyecto con unos costos mínimos, comparados con los comerciales.

7. REFERENCIAS

ASTM Standard E3, 2007, "Practice for Preparation of Metallographic Specimens," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007, DOI: 10.1520/E3-01[en línea] < <http://nhml.com/wp-content/uploads/2015/10/Mechanical-ASTM-E3.pdf>>[citado en 31 de mayo 2017]

CARDENAS, Jorge y CARRERA, Julio. Diseño y construcción de una pulidora de probetas con paño a implementar en el laboratorio de metalografía de la universidad politécnica salesiana: Quito, 2015, 183h. Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingenierías. Disponible en línea: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7808/1/UPS-KT00893.pdf>

CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERIA MECANICA. (8: 2007: Cusco). Memorias del XIII congreso iberoamericano de ingeniería mecánica. Cusco: UAM Azcapotzalco. Departamento de Materiales. 2007. cod.1363.

CORTIZO, RICO, José, José. Elementos de máquinas (teoría y problemas). [en línea]. Universidad De Oviedo. .(03 de abril de 2018) Disponible en https://books.google.com.co/books?id=LD5jNSKwqhoC&pg=PA93&dq=rodamientos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjOwuS_8Z7aAhXOuVMKHYOSCxAQ6AEIJzAA#v=onepage&q=rodamientos&f=false.

DAVID A, [online]. Metallography and microstructure of ancient and historic. California: Archetype books, 1991. [Citado 30, 05, 2017]. Disponible en: https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/metallography.pdf. ISBN 0-89236-195-6.

DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. En: Herramientas y accesorios. [10, agosto, 2012], [en línea] < <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/pulidoras-tipos-y-usos> > [citado 17, 05, 2017].

ENTREVISTA con Juan Salamanca, Ingeniero Metalúrgico de la Universidad Santo Tomas Seccional Tunja. Tunja, 30 de mayo d 2017.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO. Metalografía: curso de materiales En: laboratorio de producción [en línea] N°. 2 (2011). Bogotá. http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7643_metalografia.pdf [citado 30/05/2017]

F.J, Gil y J.M, Manero [online]. Metalografía. Tunja: Universidad Santo Tomas Tunja (ProQues), 2005. [Citado 17, 05, 2017]. Disponible en catalogo en línea: <http://site.ebrary.com.bdatos.usantotomas.edu.co:2048/lib/bibliotecaustasp/detail.action?docID=11087881>. ISBN9788498802252.

HENRIQUEZ, Gilberto. El ABC del control electrónico de las maquinas eléctricas. [en línea]. primera edición. Mexico: Limusa.(03 de abril de 2018) disponible en https://books.google.com.co/books?id=2Jp7EpxiMbwC&printsec=frontcover&dq=COMPONENTES+ELECTRICOS+Y+ELECTRONICOS&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi_u4j7vaHaAhXDwFkKHQJdDA4Q6AEIODAD#v=onepage&q=COMPONENTES%20ELECTRICOS%20Y%20ELECTRONICOS&f=false.

HERNANDEZ, Henriqueta. Hidrodinámica. [en línea] Universidad Autónoma de Hidalgo, 2014, (03 de abril de 2018). Disponible en <<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16715/LECT147.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

IMOCOM. Metalografía e interferometria. Página principal [en línea] <<http://www.imocom.com/control-de-calidad/metalografia-e-interferometria/equipo-para-preparacion-demuestras-metalograficas-/equipo-para-preparacion-demuestras-metalograficas->> [citado en 30 de mayo de 2017]

INTERMEC. Poleas en V (transmisión de potencia), [en línea]. Manual. (03 de abril de 2018), disponible en <http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manua-poleas-en-v-intermec.pdf>.

KUSZCZEWSKI, Antoni. Redes industriales de tubería(bombas para agua, ventiladores y compresores), [en línea]. Primera edición. San Luis de Potosí: Reverte.(03 de abril de 2018) . Disponible en <https://books.google.com.co/books?id=1k3qRVvyFRcC&pg=PT106&dq=sistema+de+tuberias+para+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjM6puB0cfaAhXGq1kKHargB_EQ6AEIPzAG#v=onepage&q=sistema%20de%20tuberias%20para%20agua&f=false> .

LOPEZ, Andrés y TORRES, Yony. Diseño y construcción de una desbastadora de metales para la preparación de probetas metalografías: Cartagena, 1999, 86h. Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Mecánica. Departamento de Arquitecturas e Ingenierías. Disponible en catalogo en línea: <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0057990.pdf>.

LOPEZ, Andrés y TORRES, Yony. Diseño y construcción de una desbastadora de metales para la preparación de probetas metalografías: Cartagena, 1999, 86h. Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Mecánica. Departamento de Arquitecturas e Ingenierías. Disponible en catalogo en línea: <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0057990.pdf>.

MARTINEZ, José. Diseño y construcción de una máquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable: Quito, 2011, 212h. Trabajo de grado (Ingeniero mecánico).Escuela politécnica nacional. Facultad de Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingenierías. Disponible en línea: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3805/1/CD-3605.pdf>.

MERINO, Christian. Estudio de sistemas de pulido de probetas metalográficas y su incidencia en la calidad de pulido en el laboratorio de materiales de la carrera de ingeniería mecánica de la universidad técnica de Ambato: Ambato, 2014, 182h. Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingenierías. Disponible en línea: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8328/1/Tesis%20I.%20M.%20227%20-%20Merino%20Freire%20Christian%20Renato.pdf>.

MOTT, Robert. Diseño de elementos de máquinas, [en línea]. Cuarta edición. Piura: Pearson. (03 de abril de 2018), disponible en <http://www.eumed.net/libros-gratis/ciencia/2013/14/14.pdf>

ORTEGA, Luis. Maquinas eléctricas y de potencia [en línea]. Sexta edición. Mexico: Pearson, 2017. (03 de abril de 2018). Disponible en <<https://books.google.com.co/books?id=ehxKXip1j6EC&pg=PA263&dq=motor+trifasico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwipsiSuqHaAhVNwlkKHec-BCoQ6AEILDAB#v=onepage&q=motor%20trifasico&f=false>>

PAÑAFIEL, Carlos. Diseño e implementación de un manual de mantenimiento para los laboratorios de resistencia de materiales, metalografía, ensayos no destructivos y tratamientos térmicos de la facultad de ingeniería mecánica: Riobamba, Ecuador, 2014, 93h. Trabajo de grado (Ingeniero mecánico). Escuela superior politécnica de Chimborazo. Facultad de Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingenierías. Disponible en línea: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3146/1/15T00559.pdf>.

R, Bernia [online]. Elementos de metalografía y de acero al carbono. Santiago de Chile: Editorial Andrés Bello, 1958. [Citado 17, 05, 2017]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=5E-q4RTTRG4C&pg=PA282&dq=maquinas+de+metalografia&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiU_5H78vfTAhWMSyYKHTdQAYlQ6AEIIDA#v=onepage&q=maquinas%20de%20metalografia&f=false.

REYES, José. Diseño y construcción de una desbastadora metalográfica bajo la norma ASTM E-3. En: Scientia et Technica [revistas institucionales]. No.36 (septiembre.2007); pp.41-42 [citado 17-05-2007] Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/436> ISSN: 0122-1701

SAPPERT, Schneider. Manual práctico de dibujo técnico, [en línea]. Tercera edición. Barcelona: Reverte. (03 de abril de 2018), disponible en https://books.google.com.co/books?id=4efEeWToJY4C&pg=PA248&dq=transmision+con+poleas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiC-_7s757aAhWNvIMKHxDUD_YQ6AEILTAB#v=onepage&q=transmision%20con%20poleas&f=false.

VARGAS, Federico [online]. Maquinas eléctricas rotativas. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 1990. [Citado 17, 05, 2017]. Disponible en: http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28690/mquinas_electricas_rotativas.pdf.

YUSTA, LOPEZ, Jose, Rodolfo. Tecnología eléctrica. [en línea]. primera edición. Zaragoza: UNE, 2011. (03 de abril de 2018) Disponible en <https://books.google.com.co/books?id=_6foDAAAQBAJ&pg=PA287&dq=variador+de+velocidad&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjhhYTYu6HaAhWiwVkkHRBLBpM4ChDoAQhSMAg#v=onepage&q=variador%20de%20velocidad&f=false>.

Anexo A.1 Factor de servicio

FACTORES DE SERVICIO TÍPICOS

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradoras Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de mas de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserrios y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandibula-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Malacates	1.5	1.6	1.8

Fuente. Manual poleas Intermecc.

Anexo A.2 Selección polea sencilla.

Tabla 6. Ancho Estándar (F) de Poleas en "V" en milímetros.

		Número de Canales											
Perfil de la correa		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	A	19.0	34.9	50.8	66.7	82.5	98.4	114.3	130.2	146.0	161.9	177.8	193.7
	B	25.4	44.4	63.5	82.5	101.6	120.6	139.7	158.7	177.8	196.8	215.9	234.9
	C	34.9	60.3	85.7	111.1	136.5	161.9	187.3	212.7	238.1	263.5	288.9	314.3
	D	44.4	80.9	117.5	154.0	190.5	227.0	263.5	300.0	336.5	373.0	409.5	446.1
	3V	17.5	27.8	38.1	48.4	58.7	69.0	79.4	89.7	100.0	110.3	120.6	130.9
	5V	25.4	42.9	60.3	77.8	95.2	112.7	130.2	147.6	165.1	182.6	200.0	217.5
	8V	38.1	66.7	95.2	123.8	152.4	181.0	209.5	238.1	266.7	295.3	323.9	352.5

Fuente. Manual de poleas Intermec.

Anexo A.3 selección polea doble.

Tabla 6. Ancho Estándar (F) de Poleas en "V" en milímetros.

		Número de Canales											
Perfil de la correa		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	A	19.0	34.9	50.8	66.7	82.5	98.4	114.3	130.2	146.0	161.9	177.8	193.7
	B	25.4	44.4	63.5	82.5	101.6	120.6	139.7	158.7	177.8	196.8	215.9	234.9
	C	34.9	60.3	85.7	111.1	136.5	161.9	187.3	212.7	238.1	263.5	288.9	314.3
	D	44.4	90.9	117.5	154.0	190.5	227.0	263.5	300.0	336.5	373.0	409.6	446.1
	3V	17.5	27.8	38.1	48.4	58.7	69.0	79.4	89.7	100.0	110.3	120.6	130.9
	5V	25.4	42.9	60.3	77.8	95.2	112.7	130.2	147.6	165.1	182.6	200.0	217.5
	8V	38.1	66.7	95.2	123.8	152.4	181.0	209.5	238.1	266.7	295.3	323.8	352.4

Fuente. Manual de poleas Intermecc.

Anexo A.4 Selección ángulo de la estructura.

Ángulo de Acero ASTM A36



Lados		Espesor		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pulg	Kg/6m
19 x 19	3/4" x 3/4"	2.0	5/64"	3.582
		2.5	3/32"	4.416
		3.0	1/8"	5.226
25 x 25	1" x 1"	3.0	1/8"	7.143
		4.5	3/16"	10.358
		6.0	1/4"	13.304
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	3.0	1/8"	9.018
		4.5	3/16"	13.215
		6.0	1/4"	17.144
38 x 38	1 1/2" x 1 1/2"	3.0	1/8"	10.983
		4.5	3/16"	16.072
		6.0	1/4"	20.894
50 x 50	2" x 2"	3.0	1/8"	14.733
		4.5	3/16"	21.787
		6.0	1/4"	28.483
		8.0	5/16"	35.002
		9.5	3/8"	41.966
63 x 63	2 1/2" x 2 1/2"	4.5	3/16"	27.412
		6.0	1/4"	36.609
		8.0	5/16"	44.645
75 x 75	3" x 3"	9.5	3/8"	52.681
		4.5	3/16"	33.126
		6.0	1/4"	42.752
		8.0	5/16"	54.467
		9.5	3/8"	64.289
		12	1/2"	83.932

ÁNGULO ESTRUCTURAL A36

Ángulo estructural de acero, es laminado en caliente (LAC), lados iguales forman ángulo recto con radios interiores suavizados, ideales para todas las aplicaciones estructurales, fabricación general y reparaciones. Longitud 6m.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/cm2) mín.	2530
	Resistencia a la Tracción (kg/cm2)	4080-5620
	Alargamiento en 200 mm 2.0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm, 1/8", 3/32", 4.5 mm y 3/16"	15.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 6.0 mm	17.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 1/4"	17.5% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 5/16", 3/8" y 1/2"	20.0% mínimo

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Fuente. Ficha técnica de Ángulos fiorellarepre.

Anexo A.5 Selección platina de la estructura.

Platina de Acero ASTM A36

PLATINA ACERO A36

Platinas de acero laminado al caliente (LAC), son ampliamente utilizados para toda la fabricación en general y reparaciones en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, etc.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

Longitud 6 metros.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/cm ²) mín.	2530
	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)	4080-5620
	Alargamiento en 200 mm 1/8" y 3/16"	15.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 1/4"	17.5% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 5/16", 3/8", 5/8", 3/4" y 1"	20% mínimo
	Doblado a 180°	Bueno
	Soldabilidad	Buena

Espesor		Ancho		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pulg	Kg/6m
3.0	1/8"	12	1/2"	1.92
		16	5/8"	2.34
		19	3/4"	2.88
		25	1"	3.84
		31	1 1/4"	4.80
		38	1 1/2"	5.70
		50	2"	7.62
4.5	3/16"	12	1/2"	2.88
		16	5/8"	3.66
		19	3/4"	4.44
		25	1"	5.88
		31	1 1/4"	7.08
		38	1 1/2"	8.52
		50	2"	11.40
		56	2 1/4"	12.84
		63	2 1/2"	14.22
6.0	1/4"	75	3"	17.10
		12	1/2"	3.84
		16	5/8"	4.80
		19	3/4"	5.70
		25	1"	7.68
		31	1 1/4"	9.48
		38	1 1/2"	11.40
		50	2"	15.18
		63	2 1/2"	18.96
		75	3"	22.80
9.5	3/8"	100	4"	30.36
		25	1"	11.52
		31	1 1/4"	14.28
		38	1 1/2"	17.10
		50	2"	22.80
		63	2 1/2"	28.44
12	1/2"	75	3"	34.20
		100	4"	45.60
		25	1"	15.24
		38	1 1/2"	22.74
		50	2"	30.36
		63	2 1/2"	37.98
16	5/8"	75	3"	45.60
		100	4"	60.78
		63	2 1/2"	47.46
19	3/4"	75	3"	57.00
25	1"	100	4"	75.96
		75	3"	91.14
		100	4"	121.56

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Fuente. Ficha técnica de Ángulos fiorellarepre.

Anexo A.6 Lamina Acero inoxidable serie 300.

ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS

Los aceros inoxidable austeníticos constituyen la familia con el mayor número de aleaciones disponibles, integra las series 200 y 300 AISI. Su popularidad se debe a su excelente formabilidad y superior resistencia a la corrosión. Sus características son las siguientes:

- Excelente resistencia a la corrosión
- Endurecidos por trabajo en frío y no por tratamiento térmico
- Excelente soldabilidad
- Excelente factor de higiene y limpieza
- Formado sencillo y de fácil transformación
- Tienen la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas
- Son no magnéticos

Los Austeníticos se obtienen adicionando elementos formadores de austenita, tales como níquel, manganeso y nitrógeno. El contenido de cromo generalmente varía del 16 al 26% y su contenido de carbono es del rango de 0.03 al 0.08%.

El cromo proporciona una resistencia a la oxidación en temperaturas aproximadas de 650° C en una variedad de ambientes.

Esta familia se divide en dos categorías:

SERIE 300 AISI.- Aleaciones cromo-níquel

SERIE 200 AISI.- Aleaciones cromo-manganeso-nitrógeno

SERIE 300 AISI

Es la más extensa, mantiene alto contenido de níquel y hasta 2% de manganeso. También puede contener molibdeno, cobre, silicio, aluminio, titanio y niobio, elementos que son adicionados para conferir ciertas características. En ciertos tipos se usa azufre o selenio para mejorar su habilidad de ser maquinados.

SERIE 200 AISI

Contiene menor cantidad de níquel. El contenido de manganeso es de 5 a 20%. La adición de nitrógeno incrementa la resistencia mecánica.

Fuente. Catalogo Bonnet.

Anexo A.7 Catálogo ejes.

Ejes macizos

métricos

Serie W

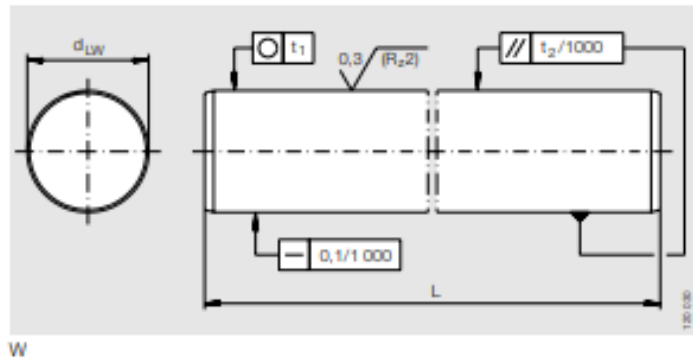


Tabla de medidas · Medidas en mm										
Diámetro del eje	Referencia	Peso	Longitud	Materiales ¹⁾			Tolerancia	Redondez	Paralelismo	Profundidad de la capa templada
				Acero bonificado	Acero resistente a la corrosión ⁴⁾					
d_{LW}		kg/m	$L_{máx}$		X 46 Cr 13	X 90 CrMoV 18	$h6$	t_1	$t_2^{2)}$	$R_{ht}^{3)}$
							μm	μm	μm	mín. mm
4	W 4	0,1	2 500	●	—	●	0- 8	4	5	0,4
5	W 5	0,15	3 600	●	—	—	0- 8	4	5	0,4
6	W 6	0,22	4 000	●	●	●	0- 8	4	5	0,4
8	W 8	0,39	4 000	●	●	●	0- 9	4	6	0,4
10	W 10	0,61	4 000	●	●	●	0- 9	4	6	0,4
12	W 12	0,89	6 000	●	●	●	0-11	5	8	0,6
14	W 14	1,21	6 000	●	●	●	0-11	5	8	0,6
15	W 15	1,37	6 000	●	●	●	0-11	5	8	0,6
16	W 16	1,57	6 000	●	●	●	0-11	5	8	0,6
17	W 17	1,78	6 000	●	—	—	0-11	5	8	0,6
18	W 18	1,98	6 000	●	●	●	0-11	5	8	0,6
20	W 20	2,45	6 000	●	●	●	0-13	6	9	0,9
24	W 24	3,55	6 000	●	●	●	0-13	6	9	0,9
25	W 25	3,83	6 000	●	●	●	0-13	6	9	0,9
30	W 30	5,51	6 000	●	●	●	0-13	6	9	0,9
32	W 32	6,3	6 000	●	●	●	0-16	7	11	1,5
35	W 35	7,56	6 000	●	—	—	0-16	7	11	1,5
40	W 40	9,8	6 000	●	●	●	0-16	7	11	1,5
50	W 50	15,3	6 000	●	●	●	0-16	7	11	1,5
60	W 60	22,1	6 000	●	●	●	0-19	8	13	2,2
80	W 80	39,2	6 000	●	●	●	0-19	8	13	2,2

¹⁾ Los ejes se fabrican de forma estándar en acero bonificado.
De acero resistente a la corrosión sólo sobre consulta y como ejecución especial.

²⁾ Medición de diferencias de diámetro.

³⁾ Según DIN 6 773, parte 3.

⁴⁾ Reducción de la capacidad de carga para rodamientos lineales a bolas debido a la dureza menor de los ejes (véase Dureza de la superficie de rodadura en aceros especiales, página 5).

Fuente. Catálogo de eje INA.

Anexo A.8 Velocidades máximas de las poleas según material.

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

m/s= metros por segundo



ADVERTENCIA

Todos los productos de transmisión de potencia rotativos son potencialmente peligrosos y deben ser cubiertos con guardas.

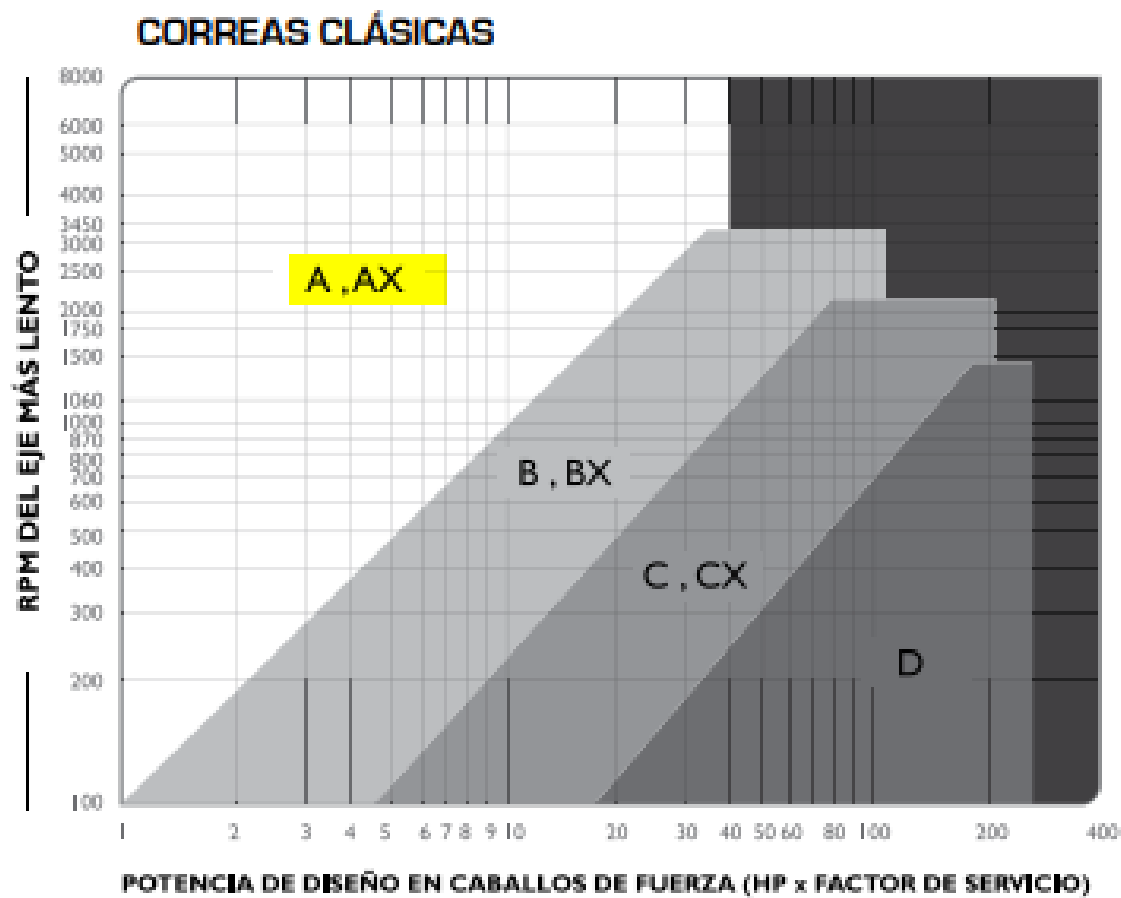
Fuente. Manual de poleas Intermecc.

Anexo A.9 caballos de fuerza según diámetros de poleas.

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	-	-	-	-

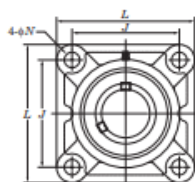
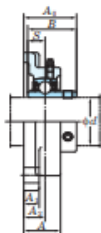
Fuente. Manual de poleas Intermec.

Anexo A.10 Selección tipo de correa.



Fuente. Manual de poleas Intermec.

UCF
Agujero cilíndrico (con tornillos prisioneros)
d 12 ~ (45) mm



Diámetro del eje mm inch		Medidas inch mm									Tamaño del tornillo inch mm	Código Unidad.	Estándar			Peso kg	Coeficientes Básicos de Carga kN		Factor		
		<i>L</i>	<i>A</i>	<i>J</i>	<i>N</i>	<i>A</i> ₁	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₀	<i>B</i>	<i>S</i>			Código Soporte.	Código Rodamiento	<i>C</i> _r		<i>C</i> _{0r}	<i>f</i> ₀			
12	1/2											UCF201 UCF201-8 UCF202 UCF202-10 UCF203 UCF204-12 UCF204	F204	UC201 UC201-8 UC202 UC202-10 UC203 UC204-12 UC204	0.64 0.64 0.62 0.62 0.61 0.61 0.59	12.8	6.65	13.2			
15	5/8	3 3/8	1	2 19/64	15/32	7/16	19/32	1 5/16	1.220	0.500	3/8										
17	3/4	86	25.5	64	12	11	15	33.3	31	12.7	M10										
20																					
25	3/8 15/16 1	3 1/4 95	1 1/16 27	2 3/8 70	15/32 12	1/2 13	5/8 16	1 13/32 35.8	1.343 34.1	0.563 14.3	3/8 M10	UCF205-14 UCF205-15 UC205 UCF205-16	F205	UC205-14 UC205-15 UC205 UC205-16	0.83 0.83 0.83 0.83				14.0	7.85	13.9
25	1	4 1/4 108	1 3/16 30	3 17/64 83	15/32 12	1/2 13	5/8 18	1 19/32 40.2	1.500 38.1	0.626 15.9	3/8 M10	UCFX05 UCFX05-16	FX05	UCX05 UCX05-16	1.2 1.2	19.5	11.3	13.9			
	1	4 11/32 110	1 5/32 29	3 5/32 80	5/8 16	1/2 13	5/8 16	1 17/32 39	1.496 38	0.591 15	1/2 M14	UCF305 UCF305-16	F305	UC305 UC305-16	1.3 1.3	21.2	10.9	12.6			
	30	1 1/8 1 3/16 1 1/4	4 1/4 108	1 7/32 31	3 17/64 83	15/32 12	1/2 13	5/8 18	1 19/32 40.2	1.500 38.1	0.626 15.9	3/8 M10	UCF206-18 UCF206 UCF206-19 UCF206-20	F206	UC206-18 UC206 UC206-19 UC206-20	1.1 1.1 1.1 1.1	19.5	11.3	13.9		
30	1 3/16 1 1/4	4 19/32 117	1 11/32 34	3 5/8 92	5/8 16	9/16 14	3/4 19	1 3/4 44.4	1.689 42.9	0.689 17.5	1/2 M14	UCFX06 UCFX06-19 UCFX06-20	FX06	UCX06 UCX06-19 UCX06-20	1.6 1.6 1.6	25.7	15.4	13.9			
	—	4 29/32 125	1 1/4 32	3 47/64 95	5/8 16	19/32 15	5/8 18	1 21/32 44	1.693 43	0.669 17	1/2 M14	UCF306	F306	UC306	1.9	26.7	15.0	13.3			
	35	1 1/4 1 5/16 1 3/8 1 7/16	4 19/32 117	1 11/32 34	3 5/8 92	15/64 14	19/32 15	3/4 19	1 3/4 44.4	1.689 42.9	0.689 17.5	7/16 M12	UCF207-20 UCF207-21 UCF207-22 UCF207 UCF207-23	F207	UC207-20 UC207-21 UC207-22 UC207 UC207-23	1.5 1.5 1.5 1.5 1.5	25.7	15.4	13.9		
35	1 3/8 1 7/16	5 1/8 130	1 1/2 38	4 1/64 102	5/8 16	9/16 14	11/64 21	2 1/32 51.2	1.937 49.2	0.748 19	1/2 M14	UCFX07-22 UCFX07 UCFX07-23	FX07	UCX07-22 UCX07 UCX07-23	2.0 2.0 2.0	29.1	17.8	14.0			
	—	5 5/16 135	1 13/32 36	4 3/16 100	3/4 19	5/8 16	25/32 20	1 15/16 49	1.890 48	0.748 19	5/8 M16	UCF307	F307	UC307	2.3	33.4	19.3	13.2			

93

Apendice: Tabla Carga Radial / Velocidad

Fuente. Catalogo chumaceras FYH

Anexo A.13 Catalogo de motores Trifasicos SIEMENS.

Motores trifásicos

Motores totalmente cerrados con ventilación exterior (TCCVE)

Datos típicos característicos en 460V

Alta eficiencia, totalmente cerrados con ventilación exterior (TCCVE)

Tipos GP10, JM10, SD10

208-230/460V 60Hz. Diseño NEMA B, 40°C ambiente

HP	Velocidad		Armazón	Corriente (A) 460			kVA/ HP	Eficiencia nominal %			Factor de potencia %			Par			Conexión
	síncrona	asincr. plena carga		en vacío	plena carga	arranque		1/2	3/4	plena carga	1/2	3/4	plena carga	Nom. lb-pie	Rotor Bloq.	Max.	
0.5	900	870	143T	1.2	1.3	6.3	M	62	69	72.0	0.31	0.41	0.5	3.0	1.50	2.3	Y
0.75	1800	1750	143T	0.8	1.1	10.0	M	77	81	82.5	0.55	0.67	0.75	2.3	3.30	4.3	Y
	1200	1150	145T	0.7	1.2	6.5	J	78.8	80.7	80.0	0.54	0.67	0.75	3.4	1.80	3.0	Y
	900	860	145T	1.5	2.1	9	K	67.0	71.2	72.0	0.39	0.51	0.61	4.5	1.80	2.5	Y
1	3600	3520	143T	0.8	1.4	14	N	75.5	79.0	80.0	0.63	0.74	0.81	1.5	2.40	4.6	Y
	1800	1750	143T	1	1.5	13	M	80.0	82.5	82.5	0.53	0.66	0.76	3.0	2.9	4.1	Y
	1200	1150	145T	0.95	1.6	9	J	79.5	81.0	80.0	0.53	0.66	0.73	4.6	1.9	3.0	Y
	900	870	182T	1.5	2.1	9	J	77.0	80.0	81.5	0.36	0.47	0.56	6.0	2.1	3.9	Y
15	3600	3490	143T	0.9	2	16	L	81.5	83.5	82.5	0.69	0.81	0.85	2.3	2.2	3.8	Y
	1800	1750	145T	1.4	2.2	20	M	82.0	84.0	84.0	0.55	0.69	0.76	4.5	3.4	4.2	Y
	1200	1170	182T	1.4	2.4	15	K	84.0	85.5	85.5	0.52	0.64	0.68	6.7	2.2	4.2	Y
	900	865	184T	2.3	3.0	17	H	78.5	82.0	82.5	0.35	0.47	0.56	9.1	2.2	3.8	Y
2	3600	3495	145T	1.2	2.6	23	L	82.5	84.5	84.0	0.66	0.78	0.85	3.0	2.3	4.0	Y
	1800	1740	145T	1.8	3.0	25	L	83.0	84.5	84.0	0.54	0.68	0.77	6.0	3.7	4.4	Y
	1200	1170	184T	1.8	3.1	25	K	85.0	87.0	86.5	0.49	0.61	0.70	9.0	2.3	4.0	Y
	900	870	213T	2	3.3	16	H	84.0	84.5	84.0	0.51	0.63	0.68	12.1	1.7	3.4	Y
3	3600	3515	182T	1.5	3.7	32	K	83.0	85.5	85.5	0.67	0.8	0.85	4.5	1.7	3.4	Y
	1800	1750	182T	2	4	32	K	86.5	88.0	87.5	0.59	0.72	0.78	9.0	2.1	3.7	Y
	1200	1170	213T	2.2	4.2	32	K	86.5	87.5	87.5	0.57	0.70	0.76	13.5	2.2	3.6	Y
	900	870	215T	3	4.8	25	H	85.5	86.5	85.5	0.45	0.59	0.68	18.1	2.0	3.1	Y
5	3600	3505	184T	2.3	6.2	46	J	87.0	88.0	87.5	0.72	0.82	0.85	7.5	1.9	4.0	Y
	1800	1735	184T	2.9	6.7	46	J	88.5	88.5	87.5	0.64	0.75	0.79	15.1	1.9	3.2	Y
	1200	1165	215T	3.3	6.8	46	J	88.0	88.5	87.5	0.62	0.74	0.79	22.5	2.0	3.4	Y
	900	875	254T	5.5	8.8	33	F	85.5	87.0	86.5	0.43	0.54	0.62	30.0	1.9	2.0	Y
75	3600	3520	213T	3.5	9	63	H	86.5	88.5	88.5	0.75	0.84	0.89	11.2	1.9	3.6	Y
	1800	1750	213T	4.1	9.5	63	H	89.5	90.0	89.5	0.66	0.77	0.82	22.5	2.0	3.4	Y
	1200	1175	254T	5.5	10.5	63	H	88.5	90.0	89.5	0.55	0.68	0.78	33.5	1.6	2.8	Y
	900	875	256T	7.9	13	50	G	87.0	88.0	87.5	0.44	0.55	0.62	45.0	1.9	2.0	Y
10	3600	3515	215T	4	11.5	81	H	90.0	90.5	89.5	0.79	0.86	0.89	14.9	1.9	3.8	Y
	1800	1750	215T	5.7	12.5	81	H	89.5	90.0	89.5	0.66	0.77	0.82	30.0	2.1	3.6	Y
	1200	1175	256T	7	13.5	81	H	89.0	90.0	89.5	0.58	0.69	0.75	44.7	1.7	2.6	Y
15	3600	3530	254T	5.6	18	116	G	88.0	89.5	90.2	0.78	0.85	0.87	22.3	2.1	2.9	Y
	1800	1760	254T	8.8	19	116	G	90.0	91.0	91.0	0.64	0.75	0.81	44.8	2.3	2.6	Y
20	3600	3515	256T	6.5	23.5	145	G	88.5	90.0	90.2	0.81	0.87	0.88	29.9	2.1	2.7	Y

Fuente. Catálogo de motores SIEMENS.

Anexo A.14 Catálogo perillas conmutadoras.

SIRIUS - Aparatos de maniobra, protección y control de motores Perillas conmutadoras - Línea plástica 		
N° Almacén	Descripción del producto	Código
Perillas conmutadoras completas - Línea plástica		
100014927	Perilla conmutadora completa, plástica, IP54, 1NA, NEGRA, 2 pos., con retención	3SB3202-2KA11
100014966	Perilla conmutadora completa, plástica, IP54, 1NA-1NA, NEGRA, 3 pos., con retención	3SB3210-2DA11
100014967	Perilla conmutadora completa, plástica, IP54, 1NA-1NA, NEGRA, 3 pos., sin retención	3SB3210-2EA11
100014928	Perilla conmutadora c/cerradura completa, plástica, IP54, 1NA, Llave extraíble O+I, 2 pos., c/retención	3SB3202-4AD11
Perillas conmutadoras - Línea plástica		
100014970	Perilla conmutadora, plástica, IP66, NEGRA, 2 pos., con retención	3SB3000-2KA11
100014971	Perilla conmutadora, plástica, IP66, ROJA, 2 pos., con retención	3SB3000-2KA21
100014972	Perilla conmutadora, plástica, IP66, VERDE, 2 pos., con retención	3SB3000-2KA41
100014973	Perilla conmutadora, plástica, IP66, BLANCA, 2 pos., con retención	3SB3000-2KA61
100014974	Perilla conmutadora, plástica, IP66, NEGRA, 2 pos., sin retención	3SB3000-2LA11
100014975	Perilla conmutadora, plástica, IP66, ROJA, 2 pos., sin retención	3SB3000-2LA21
100014976	Perilla conmutadora, plástica, IP66, VERDE, 2 pos., sin retención	3SB3000-2LA41
100014977	Perilla conmutadora, plástica, IP66, BLANCA, 2 pos., sin retención	3SB3000-2LA61
100014956	Perilla conmutadora, plástica, IP66, NEGRA, 3 pos., con retención	3SB3000-2DA11
100014957	Perilla conmutadora, plástica, IP66, ROJA, 3 pos., con retención	3SB3000-2DA21
100014958	Perilla conmutadora, plástica, IP66, VERDE, 3 pos., con retención	3SB3000-2DA41
100014959	Perilla conmutadora, plástica, IP66, BLANCA, 3 pos., con retención	3SB3000-2DA61
100014960	Perilla conmutadora, plástica, IP66, NEGRA, 3 pos., sin retención	3SB3000-2EA11
100014961	Perilla conmutadora, plástica, IP66, ROJA, 3 pos., sin retención	3SB3000-2EA21
100014962	Perilla conmutadora, plástica, IP66, VERDE, 3 pos., sin retención	3SB3000-2EA41
100014963	Perilla conmutadora, plástica, IP66, BLANCA, 3 pos., sin retención	3SB3000-2EA61

Fuente. Catálogo SIEMENS.

YASKAWA

YASKAWA Variador CA J1000

Unidad de control V/f compacta

Guía de referencia rápida

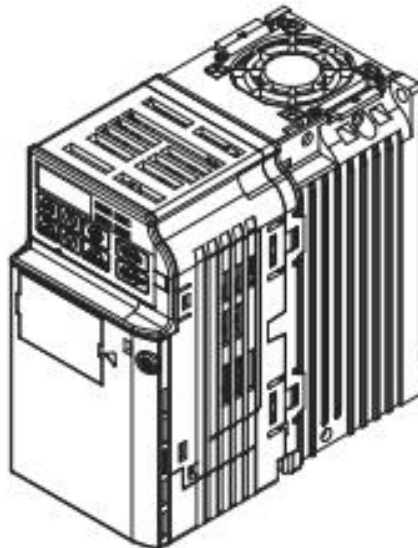
Tipo: CIMR-JC

Modelos Gama de 200V, entrada trifásica: De 0,1 a 5,5 kW

Gama de 200V, entrada monofásica: De 0,1 a 2,2 kW

Gama de 400V, entrada trifásica: De 0,37 a 5,5 kW

Para usar el producto correctamente, lea detenidamente este manual y guárdelo en un lugar de fácil acceso para consultarlo cuando deba realizar tareas de inspección, mantenimiento, etc. Asegúrese de que el usuario final recibe este manual.



Fuente. Catalogo Yaskawa.

Anexo A.16 catalogo cableado trifásico.



TERMOFLEX 105 °C

Aplicaciones:

Se usa para extensiones de equipos y herramientas portátiles de trabajo pesado como equipos de soldadura, taladros, caladoras, pulidoras, cortadoras, entre otras.

Construcción:

Cable formado por dos, tres o cuatro conductores de cobre flexible con aislamiento reforzado de PVC-Nailon, fases agrupadas con cableado concéntrico y chaqueta externa de PVC.

Características:

- Tensión máxima de operación: 600 V.
- Temperatura máxima de operación: 105 °C.
- Excelente flexibilidad.
- Buenas propiedades mecánicas y eléctricas.
- Retardante a la llama.

Normas:

- NTC 1332
- UL 758
- NTC 5521



N° cond.	Calib.	Espesor de aislamiento				Espesor de chaqueta		Diámetro exterior		Masa total		Capacidad de corriente*		Capacidad de corriente**		
		PVC	Nailon	PVC	Nailon											
	AWG	mm	mm	mils	mils	mm	mils	mm	in	kg/km	lb/kft	A(1)	A(2)	A(1)	A(2)	
2	18	0,51	0,1	20	4	0,76	30	6,6	0,26	60	40	-	7	10	-	-
3	18	0,51	0,1	20	4	0,76	30	7,0	0,276	72	48	-			16	20
4	18	0,51	0,1	20	4	0,76	30	7,6	0,299	87	58	-			-	-
2	16	0,51	0,1	20	4	0,76	30	7,2	0,283	76	51	-	10	13	-	-
3	16	0,51	0,1	20	4	0,76	30	7,7	0,303	94	63	-			21	25
4	16	0,51	0,1	20	4	0,76	30	8,4	0,331	115	77	-			-	-
2	14	0,51	0,1	20	4	0,76	30	8,0	0,315	102	69	-	15	18	-	-
3	14	0,51	0,1	20	4	0,76	30	8,5	0,335	126	85	-			30	35
4	14	0,51	0,1	20	4	0,76	30	9,3	0,366	155	104	-			-	-
2	12	0,51	0,1	20	4	0,76	30	9,0	0,354	139	93	-	20	25	-	-
3	12	0,51	0,1	20	4	0,76	30	9,6	0,378	174	117	-			35	40
4	12	0,51	0,1	20	4	1,14	45	11,3	0,445	235	158	-			-	-
2	10	0,64	0,1	25	4	1,14	45	11,5	0,453	226	152	-	25	30	-	-
3	10	0,64	0,1	25	4	1,14	45	12,2	0,480	282	189	-			45	50
4	10	0,64	0,1	25	4	1,14	45	13,4	0,528	350	235	-			-	-
2	8	0,89	0,13	35	5	1,52	60	15,0	0,591	381	256	-	35	40	-	-
3	8	0,89	0,13	35	5	1,52	60	15,9	0,626	475	319	-			60	65
4	8	0,89	0,13	35	5	1,52	80	17,5	0,689	587	394	-			-	-
2	6	0,89	0,13	35	5	2,03	80	18,8	0,740	589	396	-	45	55	-	-
3	6	0,89	0,13	35	5	2,03	80	19,9	0,783	731	491	-			85	90
4	6	0,89	0,13	35	5	2,03	80	21,8	0,858	903	607	-			-	-

Fuente. Catalogo Cables Procable.

Anexo A.17 Catálogo de mangueras ligeras.

MANGUERA PLIOVIC

Manguera ligera de uso general para transportar agua y aire en aplicaciones industriales, agrícolas y domésticas. No es conductiva.

Tubo : Pliovic negro . RMA clase B

Refuerzo: Hilo en espiral sintético

Cubierta : Pliovic liso RMA Clase B (media resistencia al aceite)

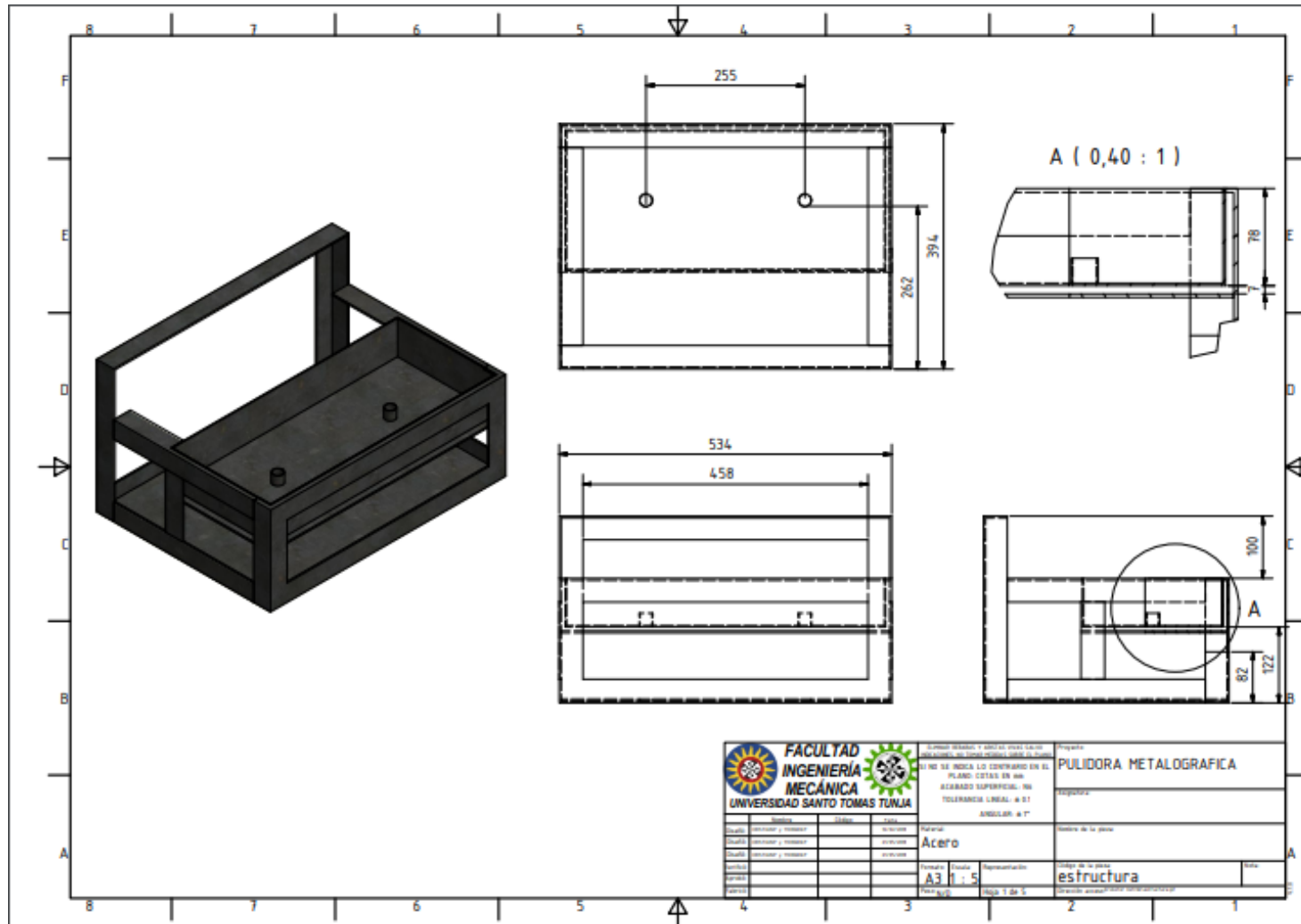
Temperatura : -23°C - 70°C

Código	Diámetro interno		Presión trabajo PSI
	Pulgadas	mm	
06451008	1/4"	6.4	250
06451012	3/8"	9.5	250
06451016	1/2"	12.7	250
06451020	5/8"	16	250
06451024	3/4"	19.1	250
06451032	1"	25.4	200



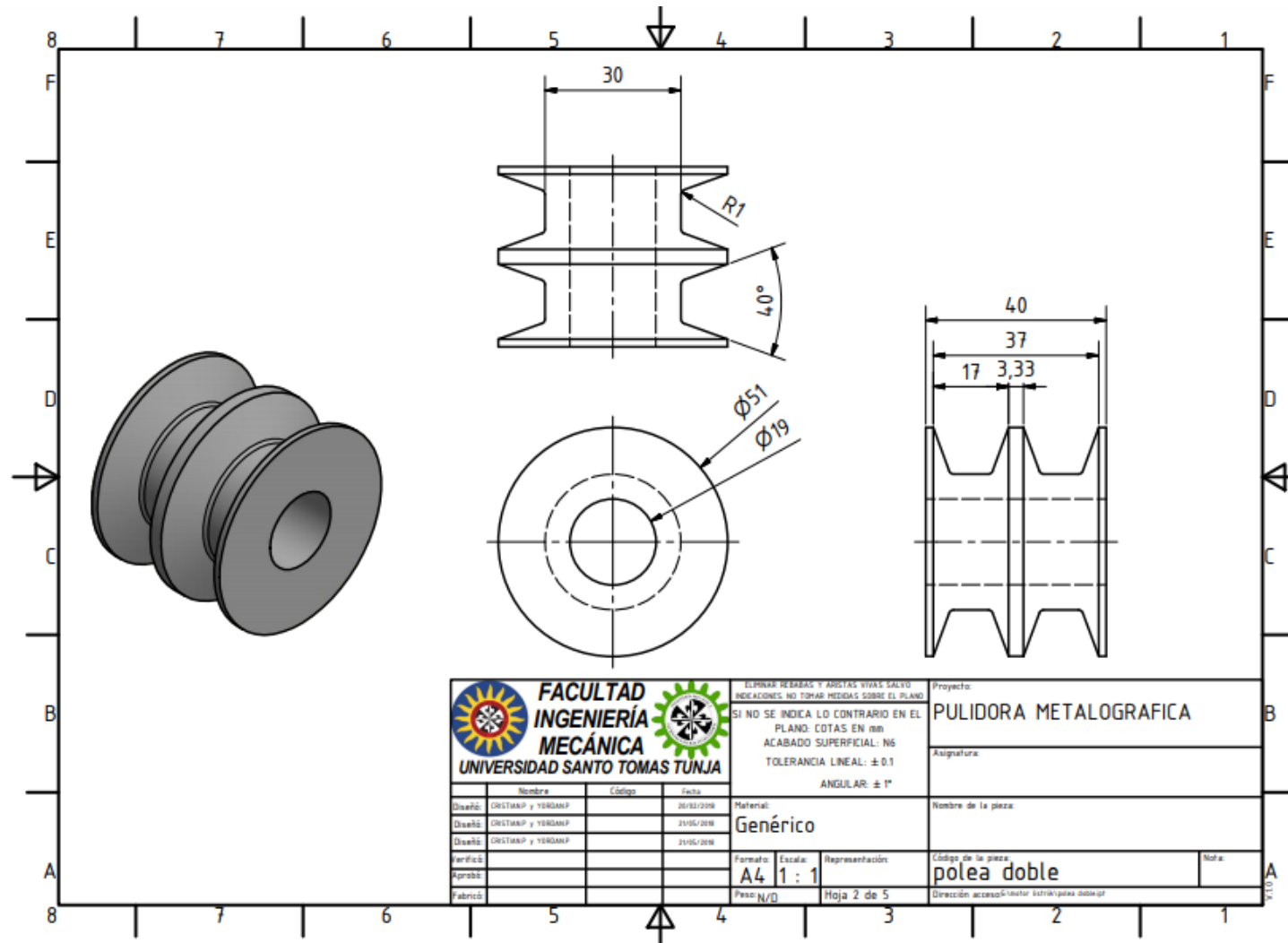
Fuente. Catálogo de mangueras Goodyear.

Anexo B.1 plano estructura.



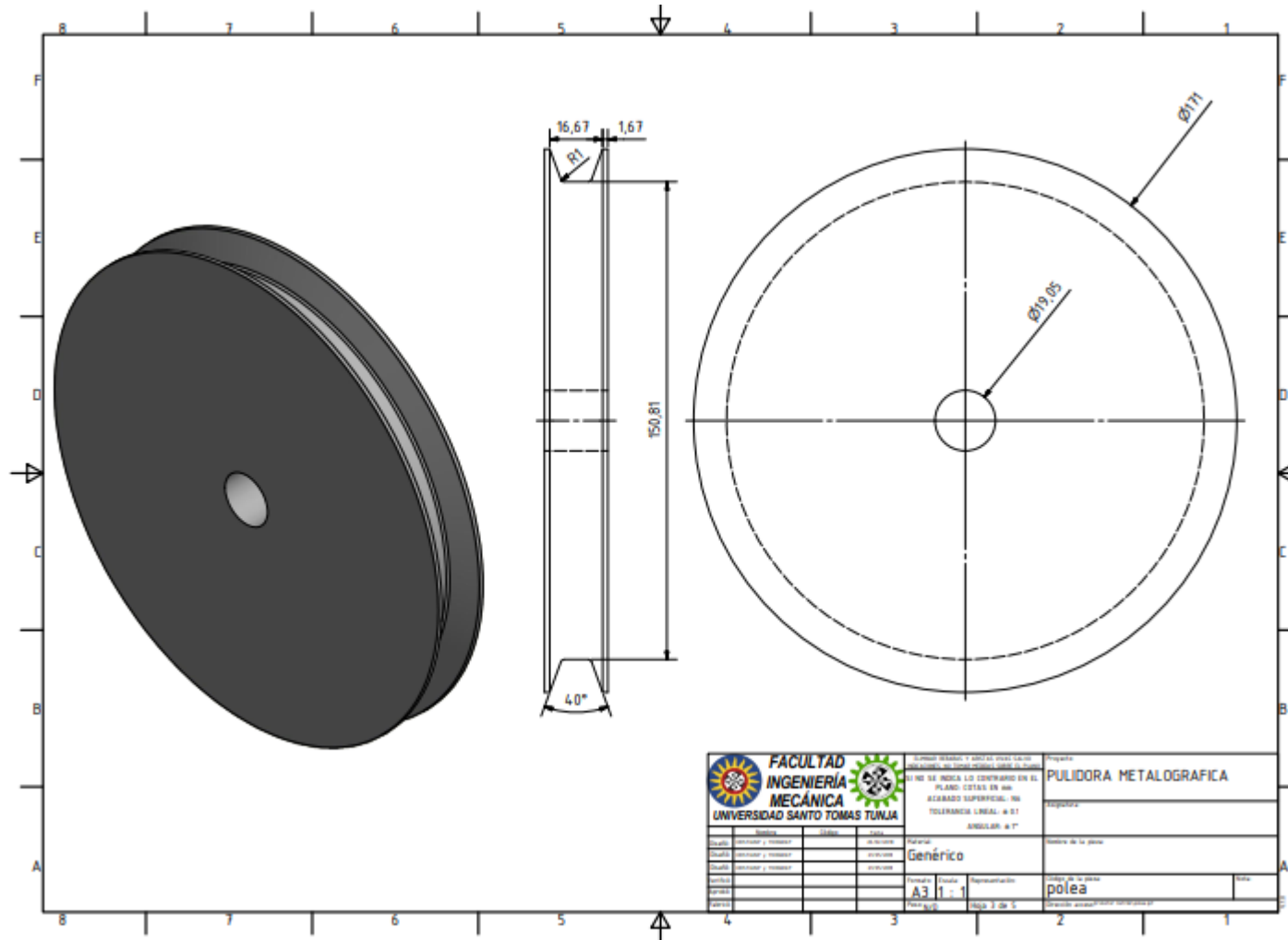
Fuente: Los Autores.

Anexo B.2 Plano polea doble.



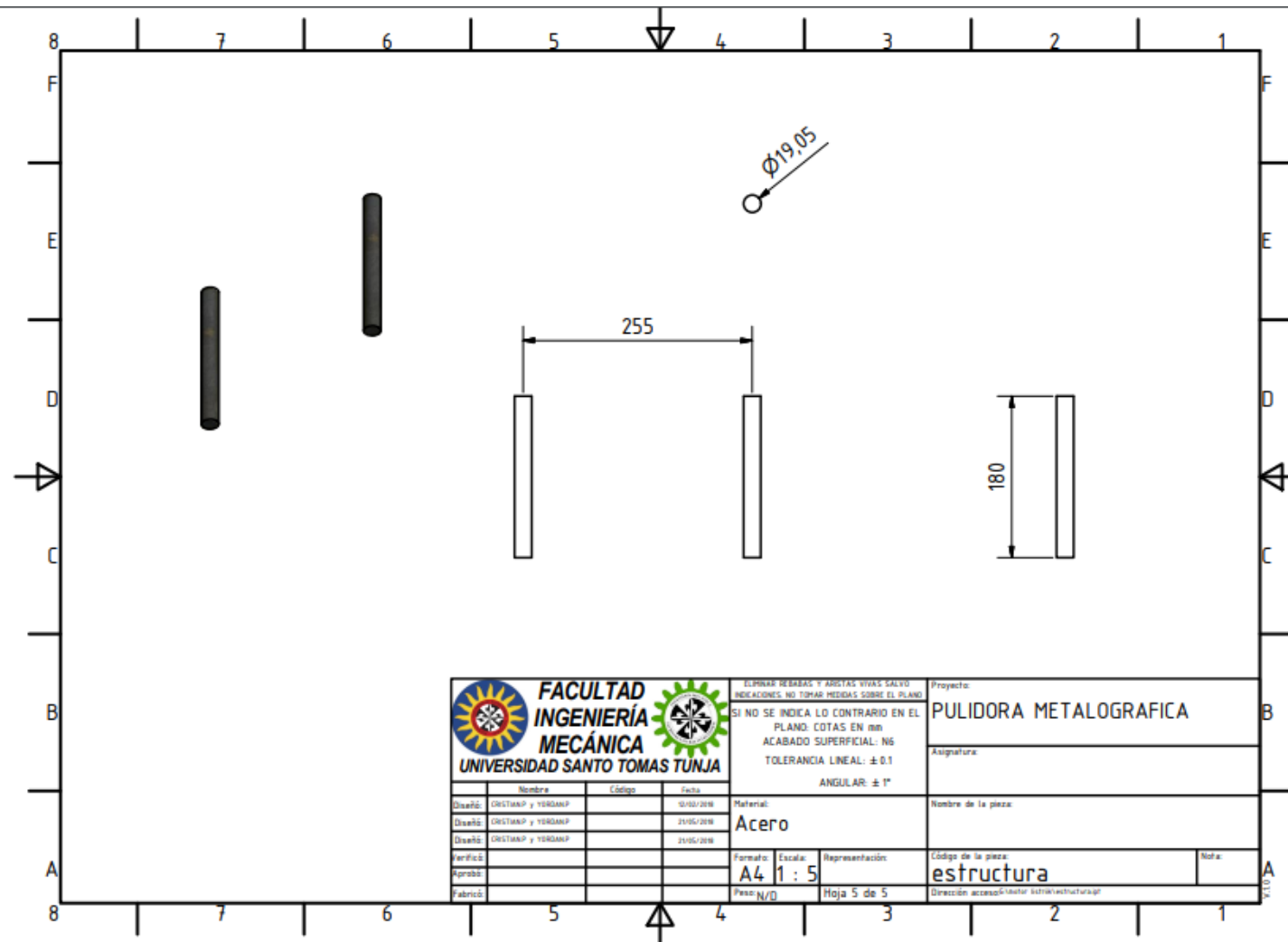
Fuente: Los autores.

Anexo B.3 plano polea sencilla.



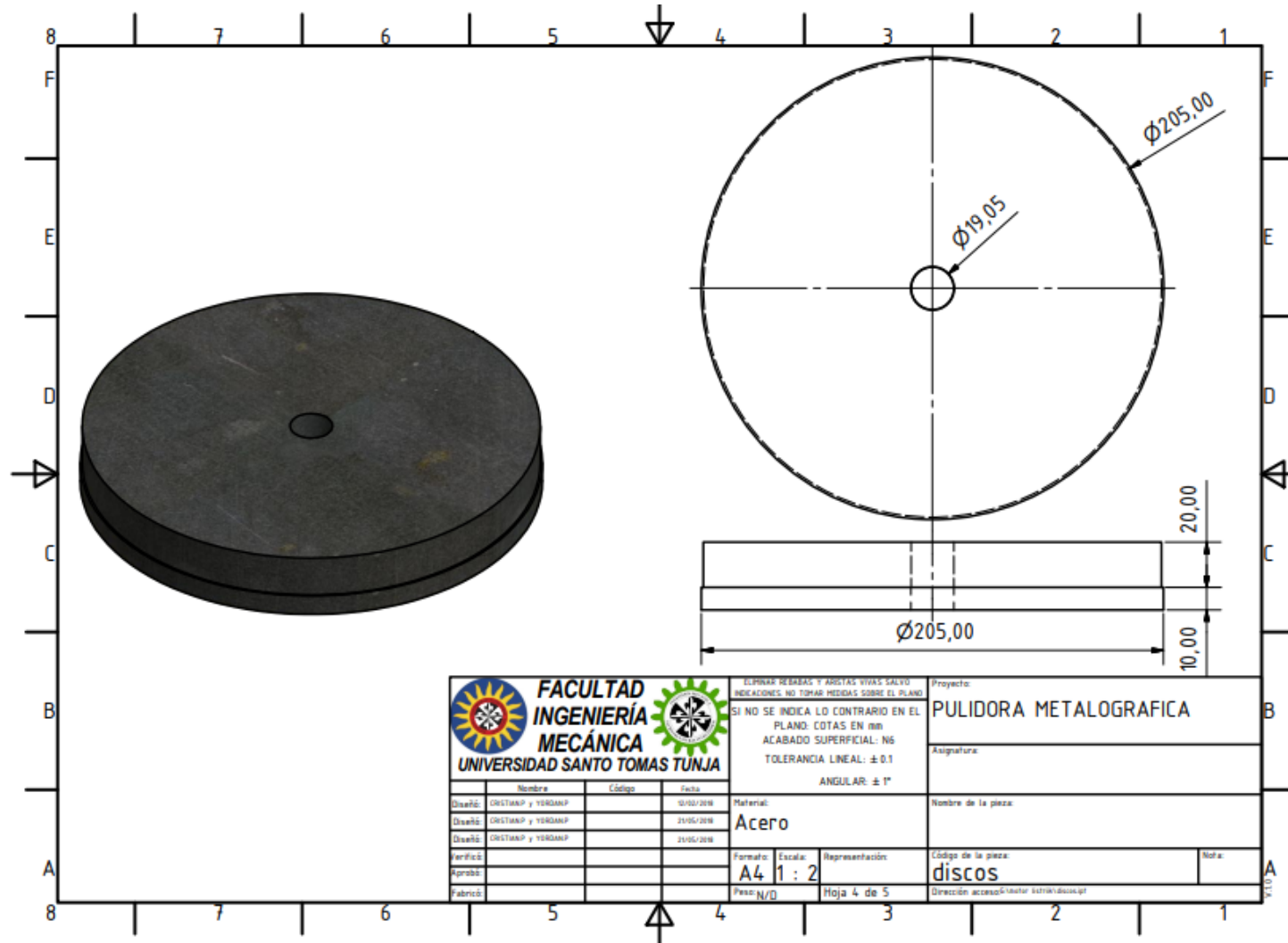
Fuente: Los autores.

Anexo B.4 plano ejes.



Fuente: Los autores.

Anexo B.5 plano disco de pulido.



Fuente. Los autores.

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS TULUA

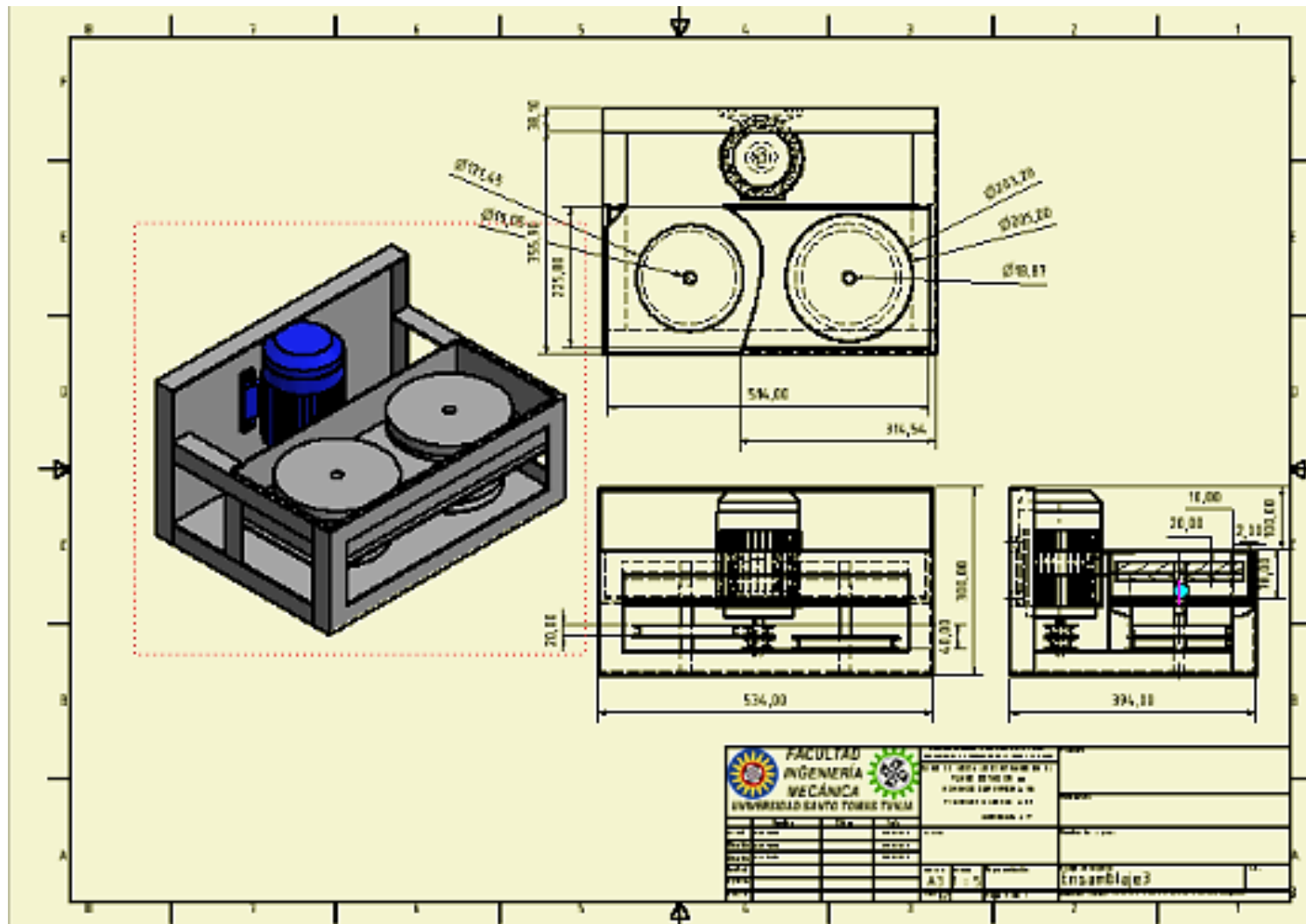
Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	MATERIAL
1	ARMAZON	1	ALUMINIO
2	PULLEY	2	ACERO
3	EJE	2	ACERO
4	RODILLO	2	BRONCE
5	BUSHING	2	PLASTICO

Ensamblaje

105

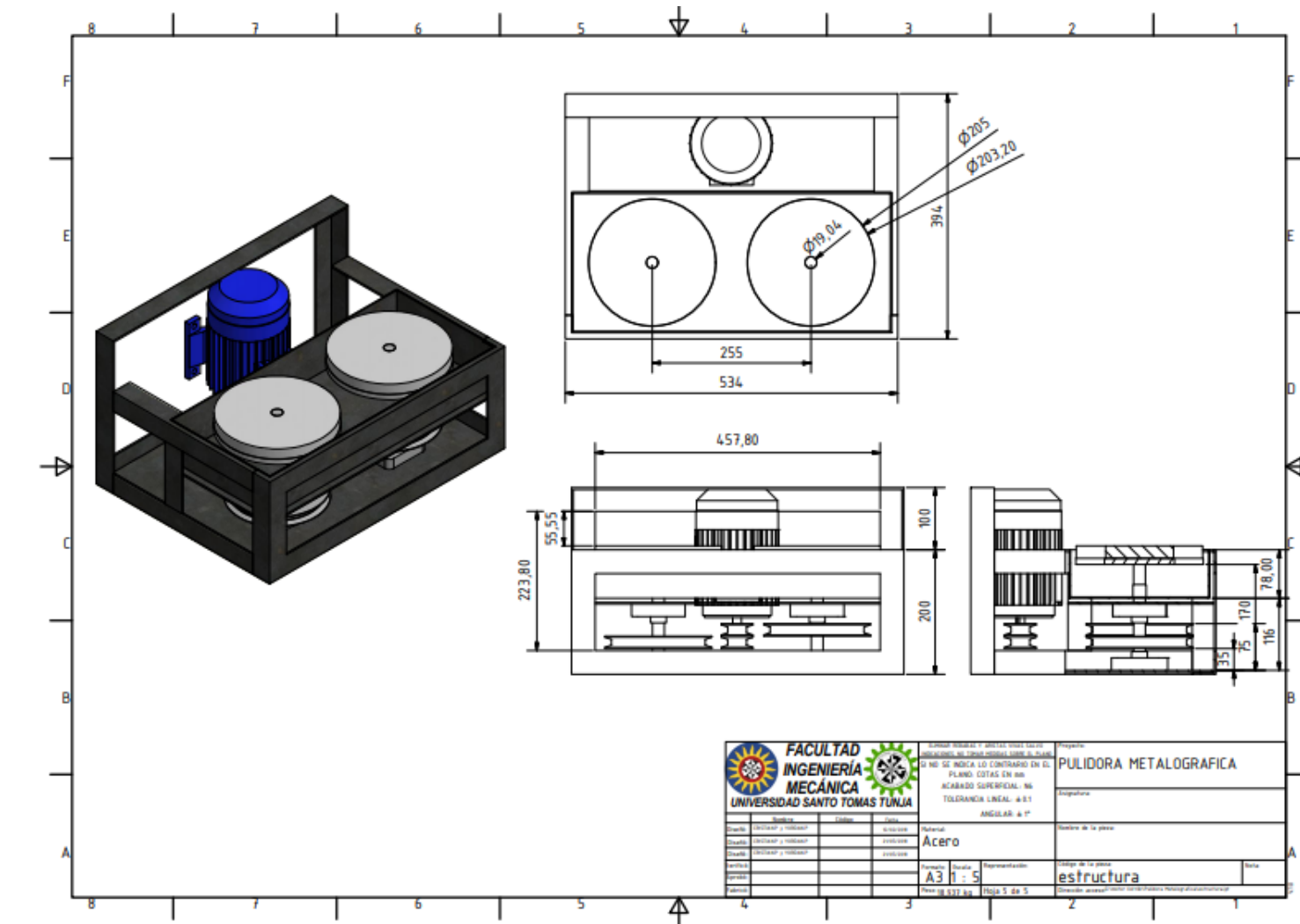
106

Anexo B.8. Plano alternativa 3.



Fuente. Los autores.

Anexo B.9. Planos pulidora metalografica



Fuente. Los autores.

Anexo C.1 Guía 1 rápida variador Yaskawa J1000

Arranque rápido

DESCRIPCION

El siguiente procedimiento es un suplemento a otra documentación suministrada con este equipo y guiará al usuario para cablear correctamente el J1000 y el motor. Esto también permitirá al instalador comprobar la dirección de giro del motor, corregirla si es necesario y realizar un autoajuste del motor.

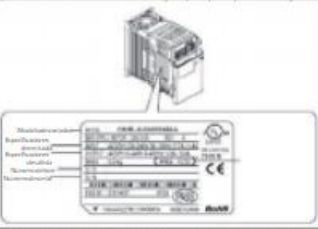
PELIGRO: Un cableado inapropiado puede y causará daños corporales como también daño al equipo.

Al instalar el sistema esté seguro de seguir prácticas correctas de cableado y todos los códigos aplicables. Asegurese de que el montaje de los diversos componentes sea seguro y que el ambiente, tal como humedad extrema, ventilación pobre, etc. no causara deterioro del sistema.

Por favor lea esta hoja y la guía de arranque rápido (TOEPC71060626) incluida con el J1000 completamente antes de intentar cualquier instalación

Paso 1 Identificación y montaje de modelo J1000

Para asegurarse de que recibió el modelo correcto es esencial verificar la placa de identificación del J1000 con su orden y asegurarse de que el variador tenga la correcta clasificación para que pueda usarse con su motor, revise la placa de identificación como el ejemplo que aparece abajo.



- Compruebe que la potencia disponible cumple los requisitos de la potencia de entrada.
- Compruebe que la potencia de salida del variador sea compatible con las especificaciones del motor.
- En el caso de sistemas con múltiples variadores, siga este procedimiento con cuidado de los variadores y motores conectados.

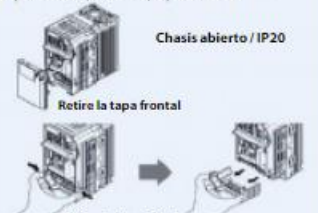
Montando el J1000

El montaje del J1000 es sumamente importante en lo concerniente a las condiciones y la accesibilidad. Dependiendo de su sistema hay varios modelos disponibles, y por consiguiente las medidas de montaje pueden ser diferentes, debido a que el procedimiento de montaje es medianamente extenso y no está en el alcance de este documento, debe referirse a la Guía rápida de arranque del J1000, (Manual No TOEPC7 10606269) recibido con el J1000, Sección 2 Instalación Mecánica. Compare con el modelo que recibió y siga el procedimiento descrito en el manual para garantizar una instalación segura y funcional. En el caso donde el sistema tenga mas que un J1000 consulte los espacios adecuados requeridos para una ventilación adecuada. Por favor tenga cuidado particularmente con:

- Los espacios que son mantenidos alrededor del gabinete para una ventilación adecuada.
- Las especificaciones de ambiente tal como evitar la excesiva humedad, temperaturas extremas, exposición química, áreas corrosivas, etc. para evitar daño al equipo y a mantener la seguridad.

Retirando las tapas protectoras.

Al retirar inadecuadamente la tapa frontal y la del terminal se puede causar mucho daño al J1000, para evitar daño a estos elementos por favor preste atención a la Guía de Arranque Rápido del J1000, sección 3.5, Tapas Protectoras



Paso 2 Conecte el motor y la línea de energía

Las Fig. 1 y 2 de abajo muestran las conexiones eléctricas para la potencia de entrada y las terminales de motor para varios modelos de variadores J1000. Seleccione el diagrama adecuado para el modelo monofásico o trifásico que está instalando (ver Paso 1) y SIN ALIMENTACION haga las conexiones apropiadas, asegurese de seguir adecuadas prácticas de cableado y todos los códigos aplicables. Compruebe que el equipo esté aterrizado correctamente como se muestra.

PELIGRO, HAY VOLTAJES LETALES Antes de poner energía al J1000, verifique que todas las tapas protectoras estén aseguradas y que todas las conexiones de cableado estén aseguradas. Después de que sea apagado, espere **al menos cinco minutos** hasta que el indicador de carga se apague **completamente** antes de tocar cualquier cableado, tarjetas de circuito o componentes.

ADVERTENCIA, NO CONECTE NINGUNA DE LAS SIGUIENTES TERMINALES A TIERRA

#1 #2 - +1 +2

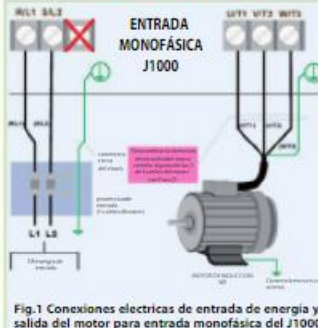


Fig.1 Conexiones eléctricas de entrada de energía y salida del motor para entrada monofásica del J1000

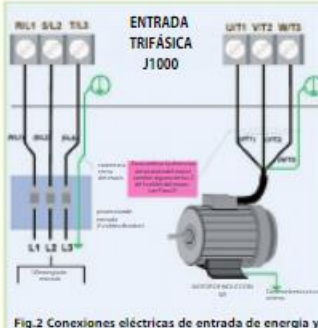


Fig.2 Conexiones eléctricas de entrada de energía y salida del motor para entrada trifásica del J1000

Paso 3 Revise la dirección de Giro del motor

En este paso se revisa la dirección de giro y operación adecuada del motor, esta prueba es realizada solamente desde el operador digital. Aplique energía al J1000 después de que todas las conexiones eléctricas hayan sido realizadas y las tapas protectoras puestas. En este Punto, **NO PONGA A FUNCIONAR EL MOTOR**, El operador digital debe visualizar lo que se muestra en la Fig. 3



Fig. 3 Operador Digital

luego, presione la tecla en el operador digital;

el led verde debería encender.

Primer dígito intermitente

luego presione la tecla una vez y después

el botón primer dígito intermitente

luego, presione la tecla en el operador digital; el motor debe estar operando a baja velocidad en la dirección correcta hacia adelante (gira en el sentido de las agujas del reloj)

después presione el botón en el operador digital

Si la rotación del motor no es la correcta apague el variador J1000

PELIGRO Después de que sea apagado, espere **al menos cinco minutos** hasta que el indicador de carga se apague **completamente** antes de tocar cualquier cableado, tarjetas de circuito o componentes.

Operador digital apagado

Usando medidas de seguridad y refiriéndose a la Fig. 1 o la 2, cambie cualquiera de 2 de los tres conductores de salida al motor (U/T1, V/T2 y W/T3). Después del cambio de cableado, recita el paso 3 y vuelva a revisar la dirección del motor.

Paso 4 Como cambiar parámetros

Este paso muestra como acceder y modificar un parámetro del J1000 también como monitorear las señales del J1000 tales como la salida de frecuencia y la corriente del motor. Asegurese que todas las tapas protectoras hayan sido puestas de nuevo y que el equipo está energizado **NO PONGA A FUNCIONAR EL MOTOR**

Acceso al Menú de Parámetros y Cambio de Valores de Parámetros

Operador digital del J1000 estado de encendido.

Presione la tecla una vez

el operador digital muestra el menú de parámetros (PAr) luego presione la tecla

Presione la tecla para seleccionar el dígito que quisiera cambiar, luego use las teclas para seleccionar el grupo de parámetro, subgrupo o número

modifique el valor de los parámetros con las teclas luego presione la tecla para guardar el nuevo valor

Monitoreo de la Frecuencia y la Corriente del Motor

Operador digital del J1000 estado de encendido.

presione la tecla hasta que el led **FAULT** se encienda, la pantalla ahora muestra la frecuencia actual del variador en Hertz

Presionando la tecla nuevamente

Mostrará la salida de corriente actual del motor, la letra A que sigue al valor significa Amperios.

Por favor remítase al manual técnico para acceder a otras señales.

Fuente. Manual de variadores Yaskawa.

Anexo C.2 Guía 1 rápida variador Yaskawa J1000

Paso 5 Selecciónando el método de Arranque/Parada y Control de Velocidad

Este paso muestra como configurar el método de secuencia y de referencia del J1000. El método de secuencia determina como el variador J1000 recibe su comando de arranque y parada, y el método de referencia determina como es controlada la velocidad del motor. asegúrese que todas las tapas protectoras hayan sido puestas de nuevo y que el equipo está energizado. **NO PONGA A FUNCIONAR EL MOTOR**

Esta sección puede requerir el cambio de uno o mas parámetros del J1000, por favor consulte el Paso 4 para una explicación detallada de como cambiar parámetros

SELECCIÓN DE MÉTODO DE VELOCIDAD b1-01

- Ajuste la velocidad del motor / frecuencia.** Desde el operador digita **F2450** **Hz**
 Vaya al parametro b1 - 01, **Hz** **Hz**
 para ajustar la frecuencia use las teclas y . Presione la tecla **ENTER** para guardar
- Control de arranque / parada desde las terminales externas (muletilla o contacto seco)**
 Vaya al parametro b1 - 01, **Hz** **Hz** (predeterminado de fabrica)

 Localizado en el interior del variador sobre la tarjeta de control
 DIP SWITCH 51
 0 = 10Vdc (predeterminado de fabrica)
 4 = 20mA

SELECCIÓN DE MÉTODO DE CONTROL ARRANQUE / PARADA

- Control de arranque / parada desde el operador digital.**
 Vaya al parametro b1 - 01, **Hz** **Hz**
- Control de arranque / parada desde las terminales externas (muletilla o contacto seco)**
 Vaya al parametro b1 - 01, **Hz** **Hz** (predeterminado de fabrica)

 Diagrama de cableado: Control 2 hilos
 Utilice para contactos mantenidos
 Switch de parada
 Diagrama de cableado: Control 3 hilos
 Utilice para contactos momentáneos (Ajuste el parametro A1-03 en 3330)

Nota: esta fuera del alcance de este documento programar el variador J1000 para control por red, por favor diríjase al manual técnico (SREPC71050631) para esta selección. Un adaptador de comunicación es requerido para la comunicación de red.

Paso 6 Parámetros de Arranque Rápido

La siguiente tabla enumera los parametros de aplicación general así como las preguntas frecuentes
Esta Sección puede necesitar el cambio de uno o mas parámetros del J1000, por favor consulte el Paso 4 para una explicación detallada de cómo cambiar parámetros

PARÁMETROS DE APLICACIÓN STANDARD

Parámetro	Valor de Fábrica	Descripción	Comentarios
b1-01	1	Fuente de referencia, Método de Control de Velocidad	0 = Operador Digital (Ajusta la velocidad del motor desde el teclado) 1 = Terminales (Velocidad Pot. / 0 - 10V / 4-20mA)
b1-02	1	Origen de Marcha / Método de control de Arranque/Paro	0 = Operador Digital (Arranque/Paro del motor desde el teclado) 1 = Terminales (Arranque/Paro usando un contacto externo / interruptor)
b1-03	1	Método de Selección de Parada	0 = Paro por rampa (el motor reduce su actividad al comando paro) 1 = Paro por inercia (el motor gira libremente al comando paro)
b1-04	0	Operación en reverse	0 = Permitir al motor marchar en sentido inverso 1 = Sentido inverso prohibido
C1-01	10 segundos.	Tiempo de Aceleración	El tiempo que toma en incrementar de 0 a máxima velocidad
C1-02	10 segundos.	Tiempo de Desaceleración	El tiempo que toma en disminuir de máxima velocidad a 0
C6-01	1	Trabajo Normal / Pausado	0 = Trabajo Normal (Uso en Aplicaciones de Ventilación) 1 = Trabajo Pausado (Uso en Aplicaciones de Transportadoras y Mezcladores)
d1-01	0.00 Hz	Relación de Frecuencia	Ajuste de frecuencia cuando la velocidad del motor es ajustada desde el teclado
d2-01	100.0 %	Límite Superior de Frecuencia	Máxima velocidad del motor permitida (Por ejemplo: 100% = Máximo RPM.)
d2-02	0.0 %	Límite Inferior de Frecuencia	Mínima velocidad del motor permitida (Por ejemplo: 100% = Máximo RPM.)
E2-01	+	Corriente Nominal del Motor	Corriente Nominal de la placa del Motor
L1-01	1	Selección de Sobrecarga	0 = Desactivada 1 = Motor enfriado por ventilador Estándar 2 = Motor enfriado por Ventilación forzada.
L1-02	1 minuto.	Tiempo de Sobrecarga del Motor	Ajusta la sobrecarga de protección térmica del motor

Preguntas Frecuentes

Pregunta: ¿Cómo reinicio el variador a sus ajustes de fábrica?

Respuesta: Vaya al parámetro A1-03 y ponga el valor 2220 para control 2 hilos o 3330 pnts Control 3 hilos. por favor revise el paso 5 para el diagrama de cableado

Pregunta: ¿Cómo ajusto el tiempo que toma el motor en acelerar o desacelerar?

Respuesta: Ajuste el parámetro de tiempo de aceleración C1-01 y el de tiempo de desaceleración C1-02

Pregunta: ¿Cómo prevengo que el variador no presente una falla OV (sobrevoltaje) mientras el motor para por rampa?

Respuesta: Incremente el parámetro de tiempo de desaceleración.

Pregunta: ¿Cómo prevengo que el variador no presente una falla OL1 (sobrecarga) mientras el motor para por rampa?

Respuesta: Verifique el parámetro de corriente nominal del motor E2-01 y los ajustes de los parámetros de sobrecarga del motor. L1-01 selección de sobrecarga del motor, L1-02 Tiempo de protección de Sobrecarga del motor.

Pregunta: ¿Y si quiero poner a funcionar el motor por encima de la velocidad nominal?

Respuesta: Incremente el valor del parámetro de Frecuencia Máxima E1-04
Advertencia: Verifique que el Motor y el Sistema permitan esto.

Medellín
Carrera 50 # 2 sur 271
Tel: (4) 2552200 - 3601700
Fax: (4) 2557490

Bogotá
Calle 24 # 95 - 12
Avenida la Esperanza
Parque Industrial Portón
Fontibón Bld. 2 y 3
Tel: 4284225
Fax: 4282173

Cali
Calle 44 norte # 28-92
Tel: (31) 66586071 - 66586072
Fax: (31) 6655513

Barranquilla
Calle 72 # 48 31 Oficina 305
Vipasa
Tel: (31) 3603016
Cel: 313 3484017

Manizales
Carrera 25 # 56 - 87 Oficina 203
PBX: (5) 8857117
Celular: 314 2969461

Variadores S.A.
<http://www.variadores.com.co>

Fuente. Manual de variadores Yaskawa.

Anexo C.3 manual de operación máquina de pulido metalográfico.

MANUAL DEL USUARIO PULIDORA METALGRÁFICA

Esta es una guía básica de utilización para la máquina “Pulidora metalográfica”, la cual contiene los siguientes pasos y recomendaciones para su correcto funcionamiento.

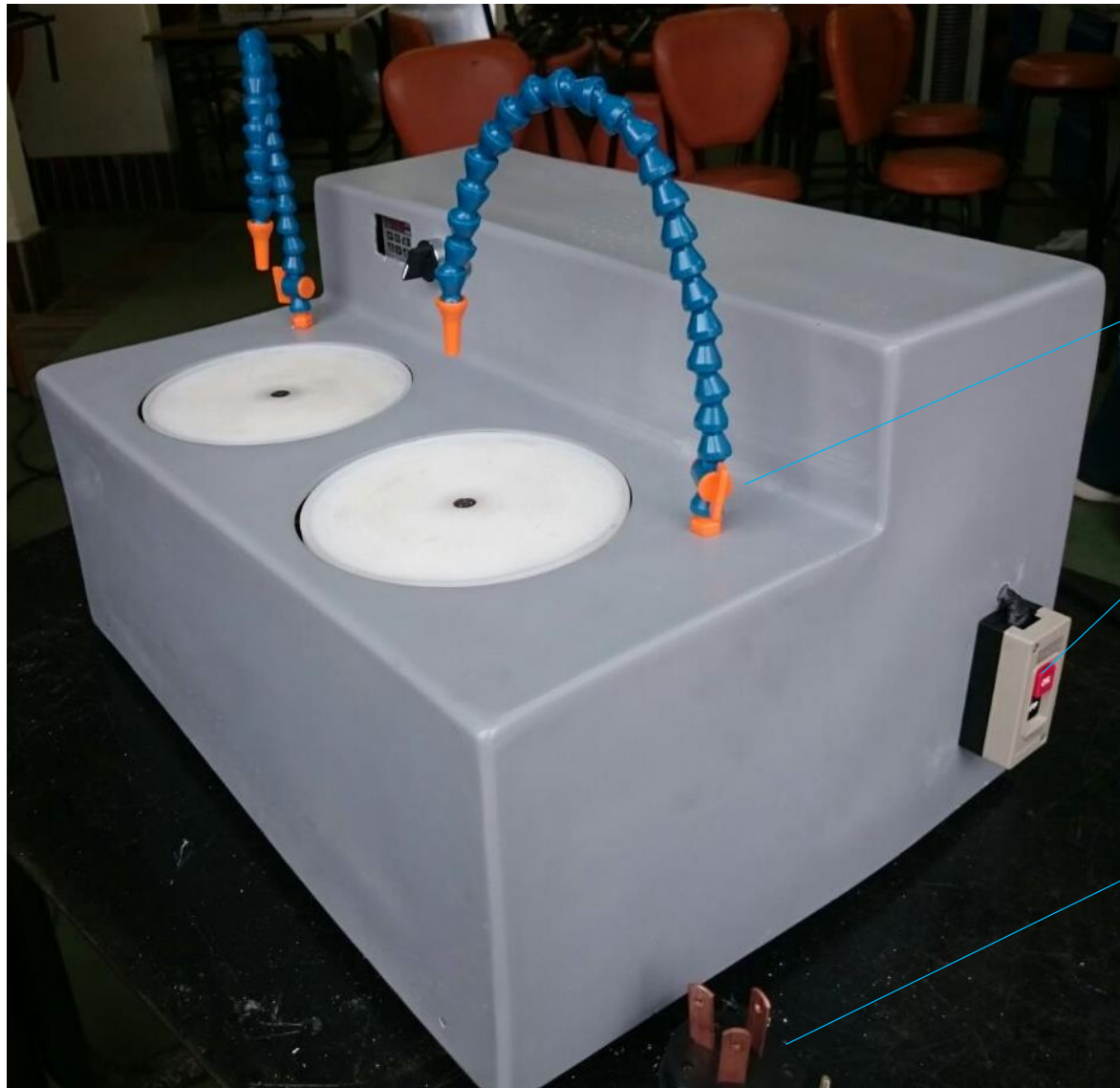
NOTA: El operario debe poseer los elementos de seguridad necesarios (Guantes, tapa oídos, botas de seguridad y overol) antes de utilizar la máquina para que así sea minimizado cualquier tipo de riesgo que pueda poner en peligro su integridad.

RECOMENDACIONES:

- ❖ Verificar que la máquina se encuentre desconectada de su fuente de alimentación eléctrica que corresponde a una conexión a 220 Voltios.
- ❖ Realizar una inspección visual de la máquina para verificar que se encuentren todas sus componentes.
- ❖ Al encontrarse en funcionamiento la máquina, verifique que no exista ningún tipo de goteo en la parte inferior de la misma.
- ❖ Notifique la presencia de ruidos extraños, cuando la máquina se encuentre funcionando.
- ❖ Al finalizar cada proceso de uso realice la limpieza del equipo.
- ❖ Fije un tiempo de espera de 2 minutos entre cada uso.
- ❖ No exceder la abertura en la válvula de salida de flujo para así evitar salpicaduras y posibles retrasos en el proceso de pulido.
- ❖ Se recomienda no exceder el valor de $3 * 10^{-4} \frac{kg}{s}$ lo que es equivalente a 7 gotas por segundo en la abertura de la válvula.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD:

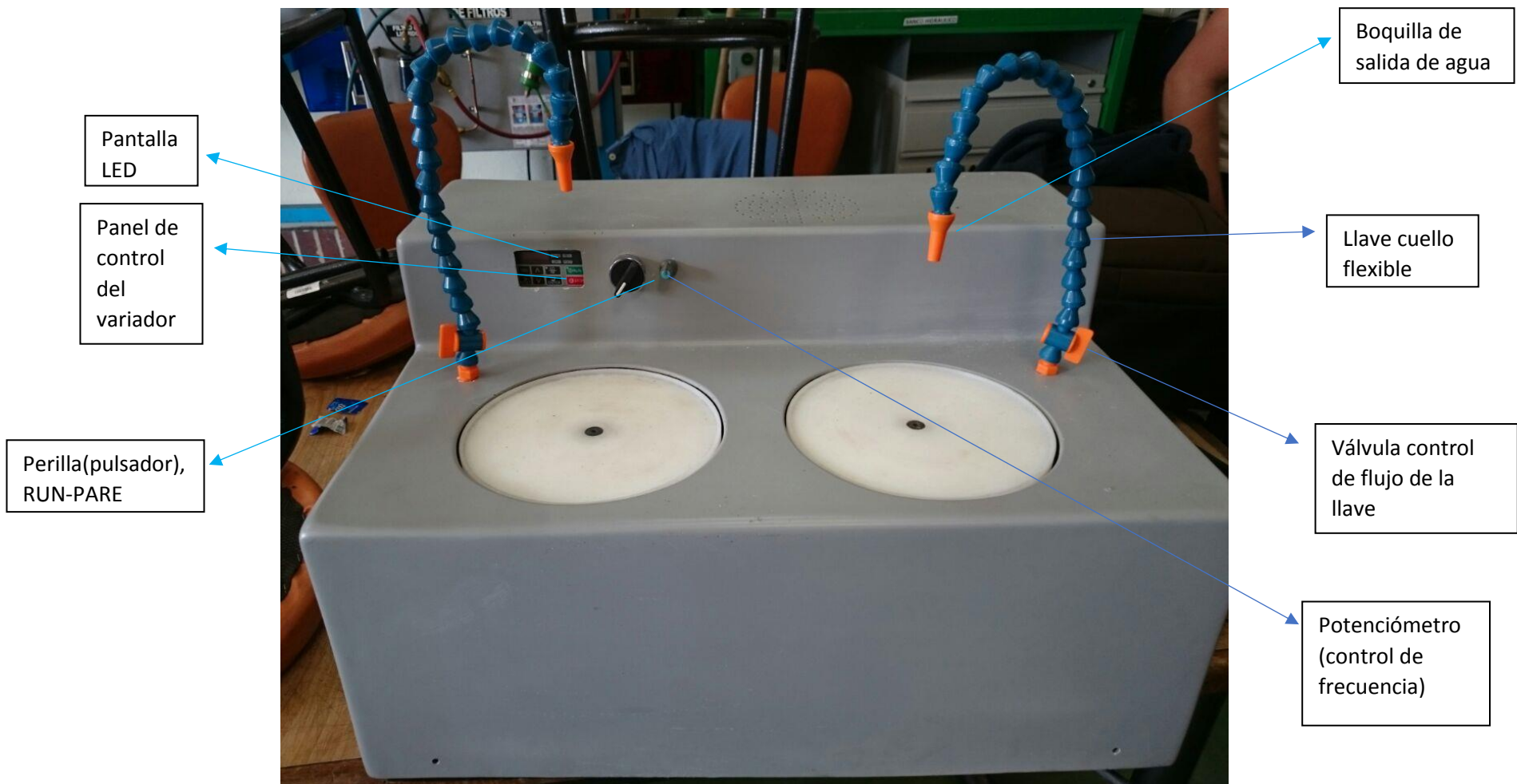
- ❖ Evite manipular las componentes eléctricas y mecánicas de la máquina si no está autorizado para dicha labor.
- ❖ No introduzca sus manos en los espacios resultantes entre la carcasa y los discos, no acatar esta recomendación puede dar como resultado daño parcial o permanente de la mano.
- ❖ No arroje agua ni residuos de ningún tipo a los orificios encontrados en la parte superior de la máquina puesto que esto puede generar daño total en el motor.



Válvula control
de flujo de la
llave

Pulsador ON/OFF

Conexión trifásica



PASOS:

Paso 1. Conectar la máquina a su fuente de alimentación eléctrica a 220 voltios.

Paso 2. Conectar la máquina a su fuente de lubricación y fijar el flujo deseado en la perilla ubicada en la parte inferior de la llave flexible.

Paso 3. Encender la máquina con el switch ON/OFF.

Paso 4. En el display del variador visualizar que se encuentre en modo remoto.

Paso 5. Verificar en la tabla de velocidades la frecuencia adecuada para trabajar y ajustarla con el potenciómetro, dicha frecuencia tiene un rango de 10 a 60Hz.

Paso 6. Para poner en marcha la máquina proceda a oprimir el botón RUN que se encuentra en el display, espere 10 segundos para obtener la velocidad fijada.

Paso 7. Fije el control de agua requerido para la correcta lubricación de los discos.

Paso 8. Al finalizar el uso de la máquina presione el botón STOP, espere 10 segundos para que los discos dejen de girar.

Paso 9. Cierre el flujo de agua.

Paso 10. Apague la máquina con el switch ON/OFF.

Paso 11. Desconecte la máquina de su fuente de alimentación eléctrica a 220 v y de lubricación.

Velocidades del variador.	
Frecuencia (Hz)	Velocidad (rpm)
10	90
20	180
30	270
40	360
50	450
60	548

Anexo C.4 manual de mantenimiento máquina de pulido metalográfico.

MANUAL DE MANTENIMIENTO PULIDORA METALGRÁFICA

Para un buen mantenimiento de la máquina tenga en cuenta las siguientes recomendaciones y advertencias.

NOTA: El operario debe poseer los elementos de seguridad necesarios (Guantes, tapa oídos, botas de seguridad y overol) antes de utilizar la máquina.

RECOMENDACIONES:

- ❖ Verifique que la máquina se encuentre desconectada de su fuente de alimentación eléctrica a 220 voltios.
- ❖ Tenga a la mano los diferentes tipos de herramienta de mano (Alicates, destornilladores, hombre solo, llaves, etc) para elaborar el mantenimiento requerido, bien sea de la parte mecánica, eléctrica o del sistema de lubricación.

ADVERTENCIAS:

- ❖ La no desconexión de la máquina puede causar daños a la persona encargada del mantenimiento, además de causar daños en las componentes presentes en la máquina.
- ❖ El no uso de elementos de protección personal (Guantes, tapa oídos, botas de seguridad y overol) puede ocasionar lesiones a la persona encargada del mantenimiento.
- ❖ El mantenimiento del variador de frecuencia debe ser realizado por personal experto y teniendo a la mano el manual de mantenimiento del variador.
- ❖ Evite agregar agua por los orificios superiores de la carcasa ya que allí se encuentra el motor y el variador y esto podría generar daños irreparables.

Para realizarle mantenimiento a la parte mecánica de la máquina es necesario retirar las llaves flexibles, el pulsador on/off, el switch de encendido y retirar los tornillos que ajustan la carcasa con el chasis de la estructura, posterior a esto levante suavemente de los lados la carcasa ejerciendo una fuerza vertical para separarla de la estructura. Visualice que las componentes mecánicas como son las chumaceras se encuentren debidamente lubricadas y las correas se encuentren en perfecto estado.

NOTA: Si observa un desgaste excesivo en las correas es recomendable que realice un cambio para así evitar daños internos producto de la ruptura de las mismas. Realice limpieza al sistema de drenaje regularmente para así evitar taponamientos que puedan comprometer la evacuación del líquido refrigerante hacia el exterior.

PARTES DE LA PULIDORA

