



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UNA RECTIFICADORA DE
DISCOS DE FRENO, PARA UN TALLER DE MANTENIMIENTO
VEHICULAR**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

ERICK EDUARDO RAMOS VILLARROEL

DIRECTOR: ING. MILTON REVELO. M.Sc.

Quito, junio 2016

© Universidad Tecnológica Equinoccial 2016

Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO
PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1715829816
APELLIDO Y NOMBRES:	Ramos Villarroel Erick Eduardo
DIRECCIÓN:	San Isidro del inca, Los Olivos E152-22
EMAIL:	erick_edu_89@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	3260423
TELÉFONO MOVIL:	0983309094

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UNA RECTIFICADORA DE DISCOS DE FRENO, PARA UN TALLER DE MANTENIMIENTO VEHICULAR
AUTOR O AUTORES:	Erick Eduardo Ramos Villarroel
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	junio del 2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	ING. MILTON REVELO M.sc
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AUTOMOTRIZ
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	El presente trabajo abarca el análisis y la construcción de una rectificadora de discos de frenos. En el desarrollo de este proyecto se recabó información bibliográfica relacionada con el sistema de frenos de vehículos, las averías de los discos, las formas de rectificación y las máquinas disponibles en el mercado para la rectificación de discos de freno. En el análisis de los modelos de máquinas más utilizadas, se determinó que cada una de ellas tiene ventajas y desventajas, en la parte técnica, como en su mantenimiento, utilidad y costo.

	<p>Con el objetivo de cumplir con un proyecto directamente relacionado con la carrera de Ingeniería Automotriz, se decidió realizar la construcción de una rectificadora fija, con bancada para dirección horizontal y transversal. Para la construcción se utilizó componentes disponibles en el mercado nacional; mientras otros fueron elaborados de conformidad a las necesidades para el ensamblaje, de manera que se logró su adecuado funcionamiento. La rectificadora consta de las siguientes características estructura maciza por ser construida con acero...., capacidad de trabajo de discos en diámetro hasta 555 mm, velocidad requerida para la rectificación y acabado entre 60 y 131 rpm, potencia superior a la requerida (2hp), entre otros. La rectificadora está compuesta de dos partes principales: la primera son los elementos componentes; mientras que la segunda está formado por la cadena cinemática más accesorios – siendo la herramienta de corte el elemento que cumple con la actividad específica de rectificar. Para verificar la confiabilidad, utilidad y eficiencia de la máquina construida se aplicó pruebas de funcionamiento en las diferentes revoluciones que ofrece la misma, con discos de diferentes averías y diámetro. Esto garantizó la prestación de un eficiente rectificado, lo que incide directamente en la satisfacción de los clientes, ya que un buen funcionamiento del sistema de frenos se basa en el buen estado de la superficie de los discos, lo que a su vez ayuda en la adecuada operación del automotor, de manera que se garantiza la seguridad de los ocupantes.</p>
<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>rectificado, rectificadora, velocidad, potencia requerida, disco, freno</p>
<p>ABSTRACT:</p>	<p>The present assignment did the analysis and the construction of grinding disc brakes, which will be part of an automobile maintenance shop. The development of this project investigated bibliographic information related to the braking system of vehicles, the breakdowns of the discs, the forms of rectification, and the machines available in the market for rectification of brake discs. In the analysis of the most used model machines, it was determined that each of them has advantages and disadvantages both in the technical part, and in the maintenance, in the utility and in the cost. In order to fulfill a project directly related to Automotive Engineering mayor, it was decided to build a fixed grinding with a bar for horizontal and</p>

	<p>transverse direction. For the construction it was used the available components in the local market while other components were made in accordance to the requirements for assembly achieving a proper operation. The grinder is made of two main parts: the first one is the components; while the second one consists of the powertrain more accessories – the blade is one of the core parts. To verify the reliability, usefulness, and efficiency of the built machine it was applied performance tests in the various revolutions which offers with discs of different faults and diameter. This guaranteed the benefit of an efficient grinding, which directly affects in the customer satisfaction, since a properly functioning brake system is based on the condition of the surface of the disc, which in turn helps in the appropriate operation of the motor assuring the safety of the occupants.</p>
KEYWORDS	Grinding, speed, power required, disk, brake

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f:  _____

RAMOS VILLARROEL ERICK EDUARDO

1715829816

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, RAMOS VILLARROEL ERICK EDUARDO, CI 1715829816 autor/a del proyecto titulado: **TITULO análisis y construcción de una rectificadora de discos de freno, para un taller de mantenimiento vehicular** previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 2 de junio de 2016.

f:  _____

RAMOS VILLARROEL ERICK EDUARDO

1715829816

DECLARACIÓN

Yo **ERICK EDUARDO RAMOS VILLARROEL**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Erick Eduardo Ramos Villarroel

C.I. 1715829816

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Análisis y construcción de una rectificadora de discos de freno, para un taller de mantenimiento vehicular**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Automotriz** fue desarrollado por **Erick Eduardo Ramos Villarroel**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



Ing. Milton Revelo

DIRECTOR DEL TRABAJO

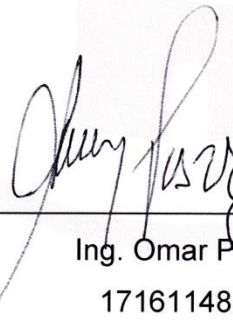
C.I. 0400728242

Quito, 11 de marzo del 2016

CARTA DE AUSPICIO

Yo, **Omar Plaza** con cédula de identidad N.-1716114853 en calidad de Gerente Propietario de Plaza Servicio pongo en su conocimiento que la parte práctica de la tesis **“Análisis Y Construcción de una Rectificadora de Discos de Freno, para un Taller de Mantenimiento Vehicular”** a desarrollarse por el Sr. **Erick Ramos V.** será auspiciada en un 60% por la empresa que represento, en tal virtud, la máquina construida será utilizada en mi taller.

Atentamente,



Ing. Omar Plaza

1716114853

AGRADECIMIENTO

“Para triunfar en la vida, no es importante llegar primero. Para triunfar simplemente hay que llegar”.

ANÓNIMO

Gracias a Dios por la vida, por ser mi guía y mi protector.

Gracias a mis padres, por su apoyo moral y económico, por ser siempre mi soporte, por ser mi ejemplo, porque en todo momento y en cualquier circunstancia estuvieron a mi lado incondicionalmente, lo que me ha permitido concluir con mis estudios universitarios y alcanzar una carrera.

Mi reconocimiento y gratitud a la Universidad Tecnológica Equinoccial, en las personas de sus autoridades y a mis maestros, cada uno de los cuales contribuyeron en mi formación académica, en mi preparación profesional, quienes con sus conocimientos y vivencias transmitidas en las aulas se convierten en motivadores de la juventud.

Un especial agradecimiento a mi Tutor Ing. Milton Revelo, por su orientación y apoyo para la realización de esta tesis.

Erick

DEDICATORIA

A mis padres Gonzalo y Mery, quienes han sido mi apoyo incondicional y mi ejemplo a seguir, llenándome de valor y fuerza para seguir adelante, superando los obstáculos que se ha presentado a lo largo del camino, enseñándome a nunca rendirme y ser perseverante en cada paso, para continuar luchando por mis ideales.

A mis hermanas Paola y Verónica quienes han sido un ejemplo de dedicación y esfuerzo, cuyo apoyo y ayuda permitieron completar este proyecto.

Una dedicatoria especial a mi abuelito César Villarroel, que, aunque ya no esté con nosotros, sus enseñanzas y consejos siempre están conmigo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. SISTEMA DE FRENADO.....	4
2.1.1. LOS FRENOS DE DISCO	5
2.1.2. PARTES DEL SISTEMA DE FRENOS DE DISCO.....	6
2.1.2.1. Mordazas o Cáliper.....	6
2.1.2.2. Pastillas de freno	7
2.1.2.3. Cilindros o Pistones	8
2.2. DISCO DE FRENOS	8
2.2.1. PARTES DEL DISCO.....	9
2.2.1.1. Pista	10
2.2.1.2. Fijación	10
2.2.1.3. Campana	10
2.2.1.4. Filtro Térmico.....	10
2.2.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS DISCOS DE FRENO.....	10
2.3. MANTENIMIENTO DE DISCOS DE FRENO	11
2.3.1. AVERÍAS ENCONTRADAS EN LOS DISCO DE FRENO	12
2.3.1.1. Cristalización	12
2.2.3.1. Ondulación	12

2.3.1.2. Temperatura excesiva	13
2.3.2. DESMONTAJE DE DISCOS DE FRENO	14
2.4. RECTIFICADORA DE DISCOS DE FRENOS	16
2.4.1. ¿QUÉ ES UNA RECTIFICADORA?	16
2.4.1.1. Rectificadora de disco.....	16
2.4.2. TIPOS	17
2.4.2.1. Rectificadora de disco fija	17
2.3.2.2. Rectificadora de discos portátil.....	18
2.5. PARTES DE UNA RECTIFICADORA DE DISCO DE FRENOS	19
2.5.1. ELEMENTOS COMPONENTES	19
2.5.1.1. Cabezal	19
2.5.1.2. Carro móvil	19
2.5.2. CADENA CINEMÁTICA	19
2.5.2.1. Motor	19
2.5.2.2. Caja de velocidades.....	19
2.5.2.3. Caja de avance.....	20
2.5.2.4. Ejes de avance	20
2.5.3. ACCESORIOS	20
2.5.3.1. Porta-cuchillas de discos.	20
2.5.3.2. Sujetadores y adaptadores	21
2.6. CARACTERÍSTICAS DE LA RECTIFICADORA DE DISCO DE FRENOS	22
2.6.1. RECTIFICADORA MODELO RL-8500	22
2.6.2. RECTIFICADORA MODELO C9335B.....	24
2.6.3. RECTIFICADORA MODELO TR500	25

2.6.4.	RECTIFICADORA MODELO TD302	26
2.7.	RECTIFICADO DE DISCOS DE FRENO	27
2.7.1.	REFRENTADO	27
2.7.2.	PARÁMETROS A TOMAR EN CUENTA PARA EL RECTIFICADO	28
2.7.2.1.	Velocidad de corte	28
2.7.3.	BURILES DE CORTE (CUCHILLAS)	29
2.7.3.1.	Partes	29
2.7.3.2.	Forma de la herramienta de corte	30
2.7.4.	ESFUERZOS DE CORTE	31
2.7.5.	MOVIMIENTOS DE AVANCE	32
2.8.	ANÁLISIS DE LAS RECTIFICADORAS DE DISCO DE FRENOS	33
2.8.1.	VENTAJAS.....	34
2.8.2.	DESVENTAJAS	34
3.	METODOLOGÍA	36
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	40
4.1.	DISEÑO DE PARTES PRINCIPALES	40
4.1.1.	EJE DE TRABAJO	40
4.1.2.	CABEZAL DE LA RECTIFICADORA.....	44
4.1.3.	BANCADA DE LA RECTIFICADORA.....	44
4.1.4.	DISEÑO DEL DIÁMETRO DE LAS POLEAS	46
4.1.4.1.	Primera velocidad	47
4.1.4.2.	Segunda velocidad	47
4.1.4.3.	Tercera velocidad	48

4.1.5.	DISEÑO DEL PIÑÓN Y LA CREMALLERA	49
4.1.6.	DISEÑO DEL TORNILLO SIN FIN	50
4.1.7.	SISTEMA DE CUCHILLAS PARALELAS	51
4.1.8.	COLA DE MILANO	51
4.1.9.	VELOCIDAD DE CORTE	51
4.2.	POTENCIA REQUERIDA DEL MOTOR	52
4.3.	FUERZA DE CORTE	54
4.4.	TORQUE DE SALIDA.....	54
4.4.1.	TORQUE PARA 50.10 RPM	55
4.4.2.	TORQUE PARA 89.4 RPM	55
4.4.3.	TORQUE PARA 131 RPM	55
4.5.	PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	55
4.6.	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		65
CONCLUSIONES		65
RECOMENDACIONES		66
BIBLIOGRAFÍA.....		67
ANEXOS		70

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Ficha técnica de la rectificadora RL8500.....	23
Tabla 2. Ficha técnica de la rectificadora C9335B.....	24
Tabla 3. Ficha técnica de la rectificadora TR500	25
Tabla 4. Ficha técnica de la rectificadora TD302.....	26
Tabla 5. Velocidades de avance.....	33
Tabla 6. Simulación de esfuerzo del eje	43
Tabla 7. Simulación de desplazamiento del eje	43
Tabla 8. Simulación de esfuerzo de la bancada	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Partes de los frenos de disco	6
Figura 2. Mordaza de freno	7
Figura 3. Pastillas de freno	7
Figura 4. Cilindros de las mordazas	8
Figura 5. Partes de un disco ventilado	9
Figura 6. Disco cristalizado	12
Figura 7. Medición de la ondulación del disco con un reloj comparador	13
Figura 8. Disco de freno azulado por altas temperatura	14
Figura 9. Rueda y tuercas	14
Figura 10. Broche de sujeción de cáliper	15
Figura 11. Desmontaje de la mordaza	15
Figura 12. Retracción del embolo del cáliper	15
Figura 13. (a) Seguro de fijación del disco de freno y (b) desmontaje del disco	16
Figura 14. Rectificadora de discos	17
Figura 15. Rectificadora de discos fija	18
Figura 16. Rectificadora de discos portátil	18
Figura 17. Porta-cuchillas de disco	21
Figura 18. Sujetadores y adaptadores	22
Figura 19. Rectificadora RL-8500	23
Figura 20. Rectificadora de discos y tambores C9335B	24
Figura 21. Rectificadora de discos TR500	25
Figura 22. Rectificadora de discos TD302	26
Figura 23. Proceso de refrentado	27
Figura 24. Esquema de una herramienta de corte	30
Figura 25. Direcciones de las fuerzas de corte	31
Figura 26. Diagrama de cuerpo libre antes de calcular el eje	40
Figura 27. Diagrama de cuerpo libre después del cálculo del eje	41
Figura 28. Diagrama de esfuerzo cortante del eje	42

Figura 29. Diagrama de momento flector del eje.....	42
Figura 30. DCL de la bancada	44
Figura 31. Diagrama de esfuerzo cortante de la bancada	45
Figura 32. Diagrama de momento flector de la bancada.....	45
Figura 33. Esquema del sistema de movimiento rotacional	49
Figura 34. Tabla para obtener presiones específicas Ks.....	53
Figura 35. Tol laminado de 0.2 pulg doblado	55
Figura 36. Medición de planitud	56
Figura 37. Pulida de la base.....	56
Figura 38. Trabajo en torno de la base	56
Figura 39. Base con orificio.....	56
Figura 40. Corte de la plancha	57
Figura 41. Piezas para la bancada	57
Figura 42. Corte del eje 3 ½ pulg	57
Figura 43. Fabricación de bridas.....	58
Figura 44. Soldado de cojinetes.....	58
Figura 45. Torneado de cojinetes.....	58
Figura 46. Desbaste del eje	59
Figura 47. Taladrado de cajetines	59
Figura 48. Abriendo rosca.....	59
Figura 49. Ensamblaje del cabezal	60
Figura 50. Rectificación de la bancada	60
Figura 51. Ensamblaje del cabezal y bancada	61
Figura 52. Fabricación de poleas	61
Figura 53. Motorreductor.....	62
Figura 54. Medición de espesor del disco de freno	62
Figura 55. Rectificación de disco	63
Figura 56. Disco rectificado.....	63

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
Anexo 1 Siniestros por provincia a nivel nacional diciembre- 2015	70
Anexo 2 Siniestros por causas probables a nivel nacional a diciembre - 2015	71
Anexo 3 Fallecidos en sitio por provincia a nivel nacional diciembre- 2015	72
Anexo 4 Fallecidos por causas probables a nivel nacional a diciembre – 2015.....	73
Anexo 5 Información de malla de solidworks	74
Anexo 6 Cálculos para carga intermedia del libro de Shigley	75
Anexo 7 Tramo de eje 3 ½ pulg cortado	76
Anexo 8 Torneado de eje hueco de 5 pulg de diámetro	76
Anexo 9 Ajusta los cajetines a la plancha de tol de 0.3 pulg de espesor.....	77
Anexo 10 Roscado del eje principal	77
Anexo 11 Prueba de ensamble de bancada antes del bisel	78
Anexo 12 Prueba de montaje del disco en el eje principal.....	78
Anexo 13 Proforma de rectificadoras de disco	79
Anexo 14 Planos de la máquina.....	80

RESUMEN

El presente trabajo abarca el análisis y la construcción de una rectificadora de discos de frenos. En el desarrollo de este proyecto se recabó información bibliográfica relacionada con el sistema de frenos de vehículos, las averías de los discos, las formas de rectificación y las máquinas disponibles en el mercado para la rectificación de discos de freno. En el análisis de los modelos de máquinas más utilizadas, se determinó que cada una de ellas tiene ventajas y desventajas, en la parte técnica, como en su mantenimiento, utilidad y costo. Con el objetivo de cumplir con un proyecto directamente relacionado con la carrera de Ingeniería Automotriz, se decidió realizar la construcción de una rectificadora fija, con bancada para dirección horizontal y transversal. Para la construcción se utilizó componentes disponibles en el mercado nacional; mientras otros fueron elaborados de conformidad a las necesidades para el ensamblaje, de manera que se logró su adecuado funcionamiento. La rectificadora consta de las siguientes características estructura maciza por ser construida con acero A36, capacidad de trabajo de discos en diámetro hasta 555 mm, velocidad requerida para la rectificación y acabado entre 60 y 131 rpm, potencia superior a la requerida (2hp), entre otros. La rectificadora está compuesta de dos partes principales: la primera son los elementos componentes; mientras que la segunda está formado por la cadena cinemática más accesorios – siendo la herramienta de corte el elemento que cumple con la actividad específica de rectificar. Para verificar la confiabilidad, utilidad y eficiencia de la máquina construida se aplicó pruebas de funcionamiento en las diferentes revoluciones que ofrece la misma, con discos de diferentes averías y diámetro. Esto garantizó la prestación de un eficiente rectificado, lo que incide directamente en la satisfacción de los clientes, ya que un buen funcionamiento del sistema de frenos se basa en el buen estado de la superficie de los discos, lo que a su vez ayuda en la adecuada operación del automotor, de manera que se garantiza la seguridad de los ocupantes.

ABSTRACT

The current assignment did the analysis and the construction of grinding disc brakes, which will be part of an automobile maintenance shop. The development of this project investigated bibliographic information related to the braking system of vehicles, the breakdowns of the discs, the forms of rectification, and the machines available in the market for rectification of brake discs. In the analysis of the most used model machines, it was determined that each of them has advantages and disadvantages both in the technical part, and in the maintenance, in the utility and in the cost. In order to fulfill a project directly related to Automotive Engineering mayor, it was decided to build a fixed grinding with a bar for horizontal and transverse direction. For the construction it was used the available components in the local market while other components were made in accordance to the requirements for assembly achieving a proper operation. The grinder has the following features: a solid steel structure..., a working capacity of the disks in diameter up to 555 mm, a speed required for grinding and finishing between 60 and 131 rpm, higher power than the required one (2HP), among others. The grinder is made of two main parts: the first one is the components; while the second one consists of the powertrain more accessories – the blade is one of the core parts. To verify the reliability, usefulness, and efficiency of the built machine it was applied performance tests in the various revolutions which offers with discs of different faults and diameter. This guaranteed the benefit of an efficient grinding, which directly affects in the customer satisfaction, since a properly functioning brake system is based on the condition of the surface of the disc, which in turn helps in the appropriate operation of the motor assuring the safety of the occupants.

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Un automotor independientemente de la marca, cilindraje, características, para su funcionamiento está constituido por el compendio de tecnologías estructuradas en diferentes sistemas que trabajan sincronizadamente para poner al automotor en marcha. Entre otros sistemas se pueden mencionar los siguientes:

Sistema de Propulsión; Sistema de motor; Sistema eléctrico; Sistema de combustible; Sistema de Dirección; Sistema de Suspensión; Sistema de Trasmisión; Sistema de Frenos.

Uno de los sistemas de especial trascendencia es el de frenos, que por su propia naturaleza tiene que ver con la seguridad de los ocupantes de los vehículos, ya que en su uso pueden darse situaciones imprevistas en el que se hace necesario el uso del freno, y si este no responde oportunamente y de manera eficiente puede dar como resultado lamentables consecuencias; esta oportunidad de acción está ligada también al correcto estado del disco.

La funcionalidad del sistema de frenos es permitir que el automóvil pueda reducir su velocidad con el fin de detenerse o permanecer detenido. El sistema de frenos constituye uno de los dispositivos principales de seguridad, por lo que la correcta instalación de los frenos es indispensable para el buen trabajo de un vehículo.

De este contexto surge la necesidad de profundizar los conocimientos existentes sobre el sistema de frenos para beneficio de los lectores, este compendio de la teoría adquirida es un motivador para realizar un trabajo práctico plasmado en la construcción de una máquina que cumpla con la acción de rectificar discos de vehículos livianos.

Para cumplir con el propósito trazado el primer capítulo abarca la introducción, problema, justificación y objetivos; el segundo capítulo comprende la teoría que sustenta la construcción de la rectificadora de discos; en el tercer capítulo se aborda la metodología de investigación y el proceso de construcción de la máquina motivo de mi tesis; el cuarto capítulo se centra en verificar el funcionamiento correcto de la máquina mediante

pruebas de rectificación de discos de diferentes diámetros y tipos de daños; finalmente en el quinto capítulo se establece las conclusiones y recomendaciones que se generan luego del estudio, construcción y verificación de la máquina construida.

El trabajo desarrollado destaca la importancia de un eficiente y efectivo sistema de frenos, y el cumplimiento del objetivo principal de analizar y construir una rectificadora de disco de frenos.

Un *problema* surge de la realidad cotidiana; para el trabajo de titulación a realizar, la actividad automotriz constituye el campo de generación del mismo y concretamente el sistema de frenos por su importancia en la seguridad activa, uno de sus componentes que lo conforman son los discos, los cuales por la labor que realizan sufren rugosidad, pandeamiento y un gran desgaste lo que produce ineficacia en el trabajo del frenado, debido a esto los discos deben tener el correcto mantenimiento que incluye el rectificado con el que se corrige la superficie de contacto que actúa en el frenado, para eliminar los factores que producen un defectuoso funcionamiento.

Realizar el presente trabajo encuentra *justificación* en la realidad de la accidentalidad automotriz del país cuyas estadísticas son preocupantes. De acuerdo a la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) en el año 2015, se reporta un total de 35.706 accidentes de tránsito a nivel nacional, siendo la provincia de Pichincha la que mayor cantidad de ellos reporta con un 44,12% (Ver Anexo 1), de estos accidentes 2.138 provocaron fallecimientos en todo el país, con un 15,29% en la provincia de Pichincha, siendo superado solo por la Provincia del Guayas.(Ver Anexo 3). Así mismo la ANT, indica como una de las causas de dichos accidentes son las fallas mecánicas en los sistemas y/o neumáticos (sistema de frenos, dirección, electrónico o mecánico), (Ver Anexo 2 y 4).

Tomando en cuenta que parte de la seguridad de los vehículos corresponde a un funcionamiento adecuado de los sistemas de frenos y sus componentes, es importante el disponer en un taller de mecánica, los

implementos necesarios para el mantenimiento de los elementos del sistema de frenado, como es el caso de una rectificadora de discos.

Consecuentemente, el análisis y construcción de una máquina rectificadora de discos de freno, se justifica, ya que es una respuesta a la necesidad de procurar un correcto mantenimiento a los discos, considerando que estos determinan la seguridad del automóvil y por lo tanto, la de los pasajeros del mismo.

Los estudios realizados demuestran que la precisión en el momento del frenado se obtiene con el buen estado de las superficies que entran en contacto, las mismas que deben ser lo más planas posibles. Para dar cumplimiento al problema se construirá una rectificadora de discos que sea eficiente y proporcione calidad en el trabajo.

El objetivo general es analizar, diseñar y construir una rectificadora de discos de freno, con materiales y equipos disponibles en el mercado local, para un taller de mantenimiento vehicular.

Para el logro del objetivo general se deben cumplir con objetivos específicos que se citan a continuación:

Analizar las distintas rectificadoras de discos para identificar los beneficios de cada una, así como sus defectos.

Diseñar las piezas básicas que forman parte de la rectificadora de discos de manera que constituya la guía para su construcción.

Adquirir los elementos indispensables y de calidad para la construcción de la máquina rectificadora.

Construir la rectificadora de discos de manera que se excluyan las deficiencias vistas anteriormente en búsqueda de la calidad del producto.

Verificar el correcto funcionamiento de la máquina a través de varias pruebas de trabajo.

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

El automóvil es el compendio de tecnología rodante puesto que este está conformado por varios sistemas los mismos que trabajan de manera eficiente y coordinada para su buen funcionamiento, los de mayor relevancia son:

- Sistema eléctrico: se comprende el conjunto de elementos y medios útiles para generar, transportar y distribuir la energía eléctrica.
- Sistema del motor: es la máquina de combustión interna que obtienen energía mecánica directamente de la energía química.
- Sistema de combustible: es el que alimenta o suministra el carburante al sistema del motor.
- Sistema de refrigeración: es el encargado de evacuar el calor del motor o de moderar su temperatura, hasta dejarla en un valor determinado o constante.
- Sistema de dirección: su misión es dirigir la trayectoria del vehículo según desee el conductor.
- Sistema de escape encargado de evacuar los gases producidos en el motor.
- Sistema de suspensión: es la que absorbe las irregularidades del terreno facilitando el control de auto y la comodidad del mismo.
- Sistema de transmisión: es la que permite transmitir el movimiento de fuerza del motor a las ruedas mediante una serie de desmultiplicaciones.
- Sistema neumático: su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el suelo.

2.1. SISTEMA DE FRENADO

El sistema de frenos debe estar provisto de un mecanismo que permita al vehículo detenerse según la voluntad de los conductores, ya que es una necesidad proporcionada por el desplazamiento y las exigencias del tráfico.

La misión de este sistema es disminuir la velocidad del vehículo parcial o totalmente como quiera el conductor. El efecto del frenado del vehículo se debe al rozamiento entre los elementos del sistema lo cual produce calor, así también en este efecto actúan otro tipo de fuerzas como la resistencia opuesta por el aire al desplazamiento del vehículo, además el motor también actúa como freno ya que las ruedas giran más rápido que el mismo motor (Perez, 2007).

El sistema de frenado debe ser eficaz, paulatino y predecible con el fin de que el conductor pueda contar y saber el comportamiento de su vehículo durante la acción del mismo, que le permite estar identificado con la distancia que le toma al vehículo parar (Casado, SISTEMAS DE TRANSMISION Y FRENADO, 2011).

2.1.1. LOS FRENOS DE DISCO

Los discos de frenos tienen el mismo principio básico, de fricción y calor, que los frenos de tambor sin embargo son superiores ya que son más fiables debido a su sencillez mecánica, es decir tiene menor cantidad de piezas, su mantenimiento es más sencillo y dispersan con mayor eficiencia el calor debido a que el sistema está expuesto al aire evitando confinar el calor como en los frenos de tambor.

Este sistema se conforma de un disco ensamblado sobre el extremo del diferencial y en la parte externa va ubicada una mordaza con pastillas las cuales ejercen fricción en el interior del disco. En el momento que el conductor activa los frenos las pastillas presionan los dos lados del disco, debido a la presión que ejercen los pistones que se encuentran en el interior de la mordaza los cuales hay uno por cada lado del disco. Las pastillas producen un rozamiento, por lo tanto fricción en la superficie del disco, esto a su vez produce energía cinética que es transformada en energía calorífica y esto es lo que detiene el vehículo gracias a la oposición de giro que se da en cada disco (México Digital Comunicación, 2009).

2.1.2. PARTES DEL SISTEMA DE FRENOS DE DISCO

En la figura 1 constan las partes de sistema de frenado por disco, los cuales se explican a continuación:

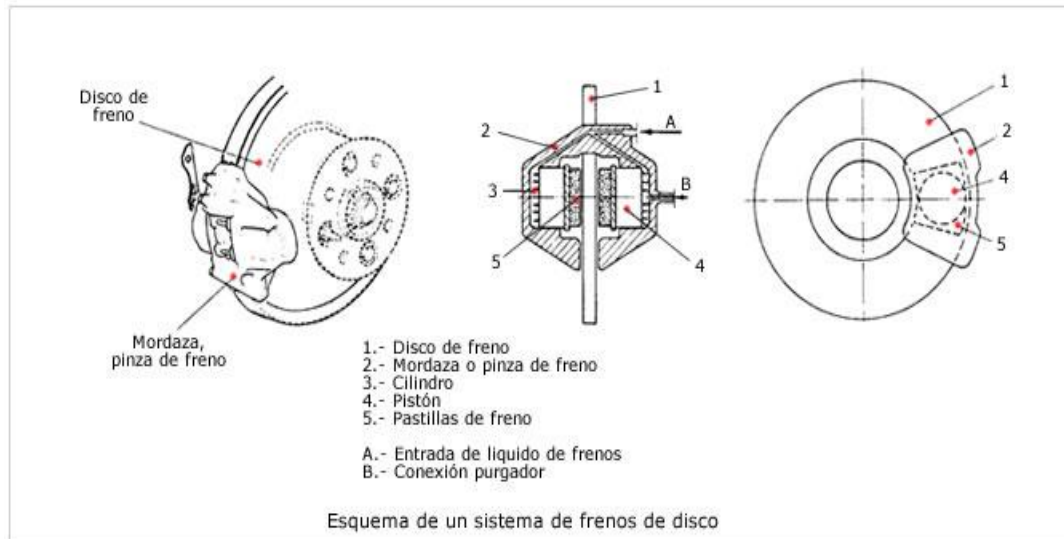


Figura 1. Partes de los frenos de disco
(Aficionados a la Mecánica, 2014)

2.1.2.1. Mordazas o Cáliper

Es el lugar en donde se ubican las pastillas y los pistones de frenos, constituyendo un soporte para estos elementos. Al activar el freno los pistones presionan a las pastillas para que estas actúen sobre ambos lados del disco para que se ejecute la acción de frenado; en la figura 2 consta la imagen de una mordaza.



Figura 2. Mordaza de freno
(Muntiservicio Automotriz 3H, 2011)

2.1.2.2. Pastillas de freno

Se encuentran ubicadas en el interior de las mordazas y son las encargadas de actuar sobre el disco, generando fricción, estas se presan contra el mismo, su composición de materiales son resistentes a la fricción. Para mantener las pastillas contra el disco es necesaria una presión hidráulica dada por los pistones los cuales mantienen las pastillas de freno contra el disco disminuyendo el movimiento o anulándolo y pastillas que constan en la figura 3:



Figura 3. Pastillas de freno
(Muntiservicio Automotriz 3H, 2011)

2.1.2.3. Cilindros o Pistones

Se ubican en las mordazas las mismas que tienen un conducto por el cual entra el líquido de frenos para empujar las mordazas y estas a su vez las pastillas contra el disco. Para impedir que el líquido de frenos se escape de los pistones estos poseen sellos asegurando que la presión ejercida por el líquido sea igual, uniformizando el frenado y previniendo un mal desgaste (Parera, 1993). Los cilindros se grafican en la figura 4, que consta a continuación:



Figura 4. Cilindros de las mordazas
(Muntiservicio Automotriz 3H, 2011)

2.2. DISCO DE FRENOS

Los discos de freno constituyen el área contra la que trabajan las pastillas produciendo el frenado del vehículo, este proceso de rozamiento provoca energía cinética la cual se transforma en energía calorífica. Estos elementos además de transformar la energía deben también disipar el calor hacia la atmósfera lo más rápido posible para evitar que el sistema trabaje a altas temperaturas y este colapse.

La fundición de hierro gris de grafito laminar es la selección de material preferido del que están fabricados los discos de freno, sin embargo hay discos de materiales compuestos como matriz de carbono, pero estos tienen

un costo muy elevado, por lo se usan para competición y frenos de aviones. Actualmente también se han desarrollado discos de aluminio con base de carburo de silicio lo que significa menor peso, su desventaja es no disipar el calor fácilmente por lo que son poco viables de emplear. Así mismo se encuentran discos totalmente macizos, otros tienen rayados en la superficie o poseen agujeros que los traspasan, con el fin de provocar autoventilación interna. Estos discos están formados por dos surcos separados por aletas en su interior, estas aletas avalan la conexión del disco lo que ayuda al paso de aire por su interior, debido a esto se produce una mejor disipación del calor ya que el enfriamiento del disco no solo se produce en el exterior si también en el interior (MANUAL TÉCNICO DE LAS PASTILLAS DE FRENO, 2004).

2.2.1. PARTES DEL DISCO

Previa a la descripción de las partes de un disco, se muestra el disco completo en la figura 5:

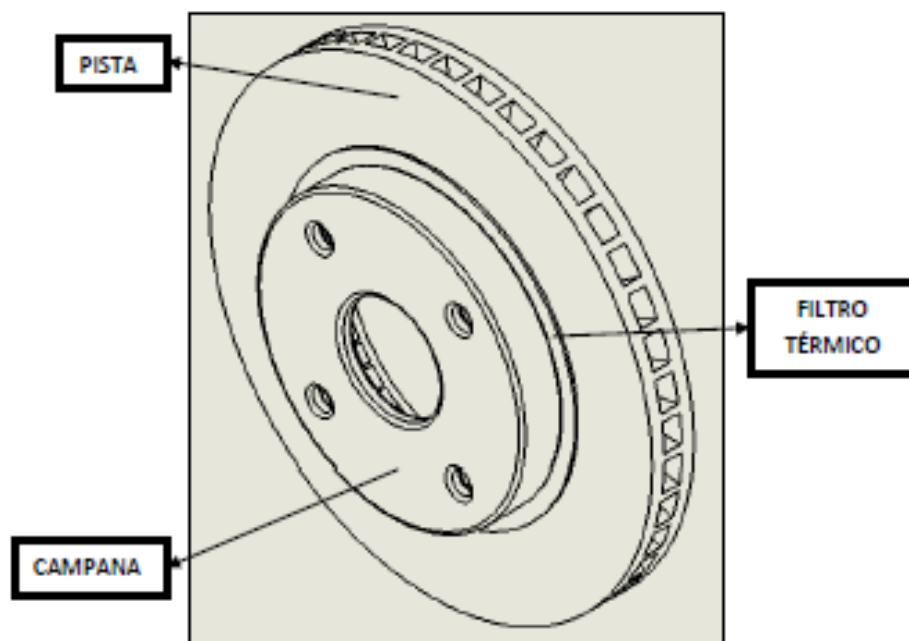


Figura 5. Partes de un disco ventilado (HARÚN, 2006)

2.2.1.1. Pista

Esta es el área en la fricción el disco y las pastillas debido al trabajo que estas realizan. Se encuentra diseñada para que la potencia de disipación bordee el valor de 250 W cm², sin embargo este valor puede cambiar dependiendo de la geometría del disco, debido a que si este es ventilado el valor puede aumentar bordeando el valor de 750W cm². Adicionalmente pueden presentarse varios daños en el disco, como grietas, deformaciones geométricas y depósitos de materiales que destruirían la pista del disco.

2.2.1.2. Fijación

Se encuentra ubicada en la parte central del disco, aquí hay un taladrado en donde se alberga el buje y junto a este se ubican unas fijaciones las cuales fueron hechas para asegurar a la rueda mediante los pernos.

2.2.1.3. Campana

Simplemente es un cilindro que acopla la fijación con la pista.

2.2.1.4. Filtro Térmico

Es un canal mecanizado, el cual sirve para separar la fijación de la pista con el fin de minimizar el calor que va desde la pista a la campana, este ayuda a prevenir el gran calor que se pueda dar en la llanta y neumático, que por sí mismo debido a su uso, ya sufre los efectos de la temperatura (HARÚN, 2006).

2.2.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS DISCOS DE FRENO

Los discos suelen deteriorarse por la labor que realizan debido al rozamiento de las pastillas con el disco, con el fin de lograr el frenado, lo que genera una

alta temperatura razón importante para la revisión del estado de los mismos. Si estos presentan resquebrajaduras, rayones profundos, están oxidados o alabeados deberían remplazarlos de forma inmediata.

Los materiales más empleados en su composición básica son el carbono y hierro, normalmente las fundiciones de hierro poseen un porcentaje mayor de carbono que lo necesario con el fin de saturar la austenita a temperatura eutéctica entonces contiene alrededor de 2 a 6,6% pero cuando hay demasiado carbono produce que el hierro fundido sea frágil, entonces habitualmente se lo fabrica alrededor 2,5 a 4% de carbono. El hierro fundido es muy poco dúctil razón por la que es difícil de trabajarlo ya sea en caliente o en frío. Sin embargo, es fácil de fundir en diferentes moldes.

A pesar de su fragilidad y otras deficiencias mecánicas menores en comparación a los aceros, la fundición tiene una gran cantidad de producción en el mundo debido a su facilidad de colado, el bajo costo y sus particulares propiedades (Martín, 2000).

2.3. MANTENIMIENTO DE DISCOS DE FRENO

Todos los elementos mecánicos por su trabajo sufren desgaste y para alargar su vida útil es necesario realizar mantenimientos oportunos y adecuados; estos mantenimientos son preventivos y correctivos.

El mantenimiento preventivo debe realizarse antes que la pieza sufra daños irreversibles y de esta forma prolongamos su óptimo funcionamiento. En el caso de los discos es recomendable revisarlos cada 20000 km, esta inspección comprende la medición mínima del espesor señalado en los cantos del disco y no solamente visual, nunca está demás realizar limpieza eliminando sustancias y elementos ajenos al disco.

El mantenimiento correctivo de realizarse cuando se detectan averías en el disco, esto conlleva a la rectificación o remplazo del disco

2.3.1. AVERÍAS ENCONTRADAS EN LOS DISCO DE FRENO

Resultado del uso de la acción de frenado de los automotores, se presentan diferentes averías en los discos de freno como los siguientes:

2.3.1.1. Cristalización

Cuando se produce el trabajo de frenado en el vehículo los discos se exponen a temperaturas elevadas debido al rozamiento que tienen estos con las pastillas y ambas piezas se endurecen a medida que la fricción se va dando, lo que ocasiona capas muy endurecidas en estos elementos provocando la cristalización que daña la superficie y produce rechinidos, fenómeno que se gráfica en la figura 6:



Figura 6. Disco cristalizado
(AutoEspecialidades.com, 2015)

2.2.3.1. Ondulación

Por las altas temperaturas y el tiempo de uso además de alguna otra clase de problema a veces los discos llegan a sufrir deformaciones, con lo cual se comienza a sentir vibraciones tanto en el pedal de freno como en el volante, para identificar esto es necesario revisar el paralelismo del disco con un reloj palpador, haciendo varias mediciones en distintos puntos del disco para

determinar variaciones en la ondulación del disco, lo que se demuestra en la figura 7:



Figura 7. Medición de la ondulación del disco con un reloj comparador
(Gaton, 2011)

2.3.1.2. Temperatura excesiva

El disco normalmente es de color gris, por efecto del trabajo puede presentarse de color azulado y en altas temperaturas será de color amoratado, lo que quiere decir que el disco ha trabajado a muy altas temperaturas en un punto ya brusco, transformando la estructura del material. Por esta razón es importante verificar el tipo de pastillas que se ocupan en el vehículo además de la revisión de que los pistones de la mordaza regresen correctamente a su lugar cuando se suelta el pedal del freno, aspecto que se grafica en la siguiente figura 8: (MANUAL TÉCNICO DE LAS PASTILLAS DE FRENO, 2004).

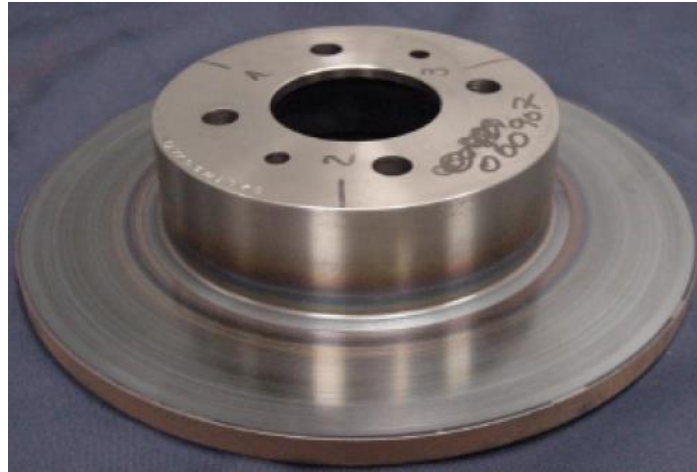


Figura 8. Disco de freno azulado por altas temperatura
(MANUAL TÉCNICO DE LAS PASTILLAS DE FRENO, 2004)

2.3.2. DESMONTAJE DE DISCOS DE FRENO

A continuación se presenta una serie de algunos pasos a seguir para el desmontaje del disco de freno:

Paso 1: Aflojar todas las tuercas de la rueda, elevar el automotor o el eje a trabajar y desmontar el neumático para acceder a la mordaza y el disco, como se demuestra en la figura 9, que consta a continuación:

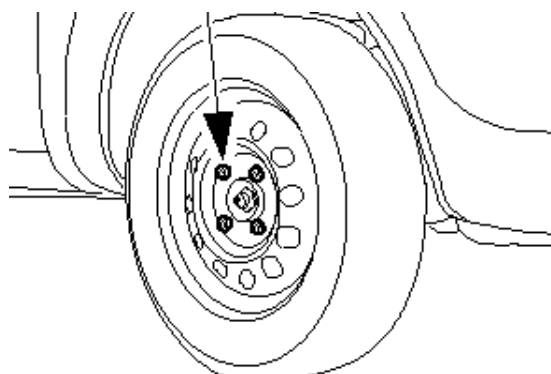


Figura 9. Rueda y tuercas
(Netvisa, 2015)

Pasó 2: Retire la vincha de sujeción de la mordaza, gire la rueda hacia afuera para facilidad del trabajo, afloje los dos tornillos que sostienen al cáliper y desmóntelo, según se grafica en las figuras 10 y 11:

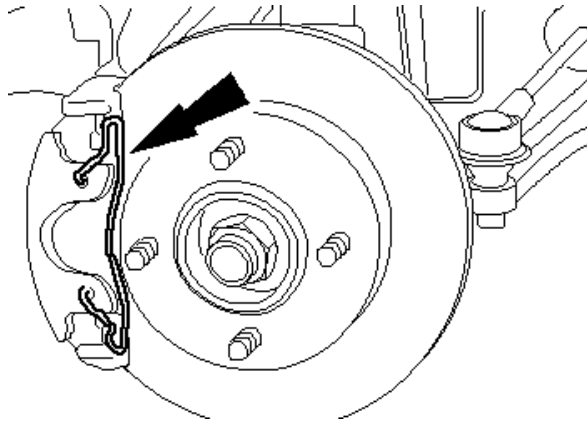


Figura 10. Broche de sujeción de cáliper
(Netvisa, 2015)

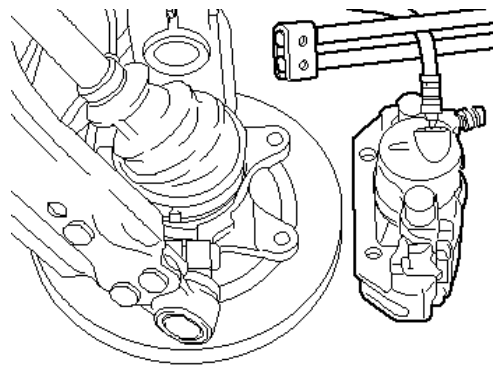


Figura 11. Desmontaje de la mordaza
(Netvisa, 2015)

Pasó 3: Regresa los émbolos de freno a su posición inicial con ayuda de una herramienta especial, según se ejemplifica en la figura 12:

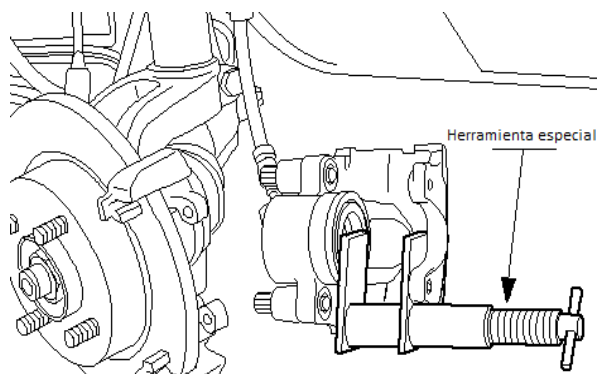


Figura 12. Retracción del embolo del cáliper
(Netvisa, 2015)

Paso 4: Retire el seguro de fijación del disco de freno y finalmente desmóntelo para las respectivas mediciones, como se demuestra en la figura 13 (Navarro, 2009).

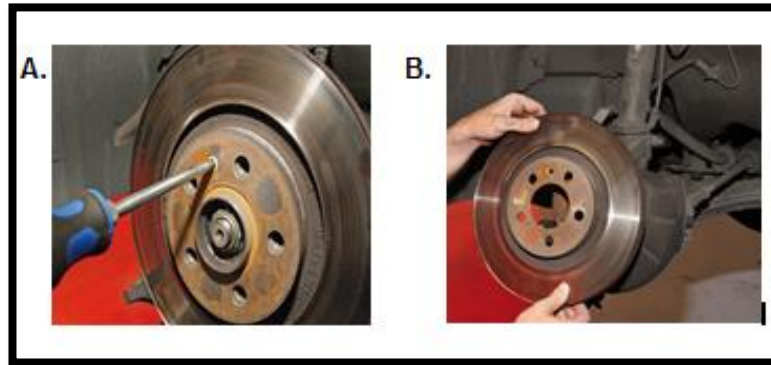


Figura 13. (a) Seguro de fijación del disco de freno y **(b)** desmontaje del disco (autobild.es, 2010)

2.4. RECTIFICADORA DE DISCOS DE FRENOS

Para ejecutar la rectificación de discos es necesario contar con máquinas que realicen esta gestión, en el mercado se pueden encontrar diversos tipos. Sin embargo, el principio y funcionalidad son los mismos.

2.4.1. ¿QUÉ ES UNA RECTIFICADORA?

Es una máquina que sirve como herramienta para realizar mecanizados por abrasión con alta precisión siendo mayor a la precisión del mecanizado por arranque de viruta. El proceso de eliminación de material en la pieza tiene el fin de moldear y dar forma a la pieza para su posterior aplicación. Con esta clase de máquinas la eliminación de material es limitadamente baja (Gerling, Alrededor de las Máquinas – Herramientas).

2.4.1.1. Rectificadora de disco

Básicamente esta rectificadora se deriva de un torno ya que emplea iguales principios de trabajo paralelos convencionales. Sin embargo, sus

características especiales y su diseño fueron creados con el fin de realizar exclusivamente labores de mecanizado de discos de freno, el hecho de que posee menos elementos, su funcionamiento es más sencillo además de especializado y que realiza solamente procedimientos de refrentado y cilindrado es lo que la diferencia con los tornos paralelos, como indica en la figura 14. Se puede mencionar que su principal característica es el hecho de que posee doble cuchilla que sirve para el mecanizado de ambos lados del disco y de esta manera se logra rapidez y mayor precisión a diferencia de un torno normal (Gerling, Alrededor de las máquinas-herramienta, 2006).



Figura 14. Rectificadora de discos
(Autoequipos de Mexico, 2016)

2.4.2. TIPOS

Básicamente existen solo dos tipos de rectificadoras de disco, éstas son:

2.4.2.1. Rectificadora de disco fija

Normalmente se encuentra construido en acero macizo y sus ejes son móviles en una posición longitudinal y transversal ensamblado sobre una mesa fija que es la base, como se observa en la figura 15. Puede tener o no, una caja de transmisión, además tiene una caja de herramientas en donde se encuentran las cuchillas, las cuales tienen mucha precisión y un alimentador automático (Gerling, Alrededor de las máquinas-herramienta, 2006).

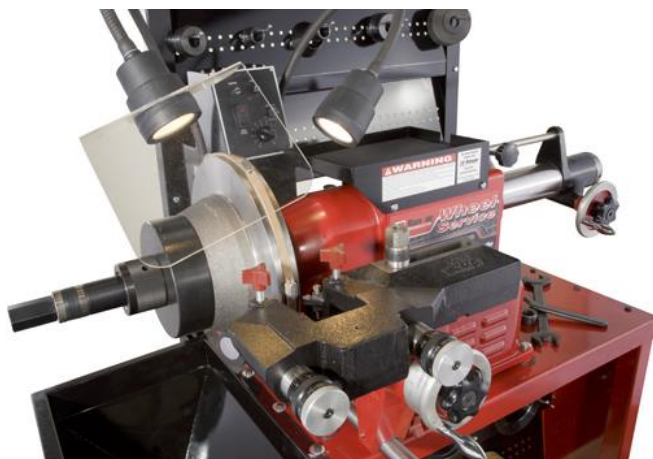


Figura 15. Rectificadora de discos fija
(BendPak, 2010)

2.3.2.2. Rectificadora de discos portátil

Con esta rectificadora se puede realizar el trabajo ligero de mecanizado del disco montado en el propio vehículo, suelen venir con sistema de trabajo electrónico y un kit con los accesorios para todo vehículo liviano, según consta en la figura 16:

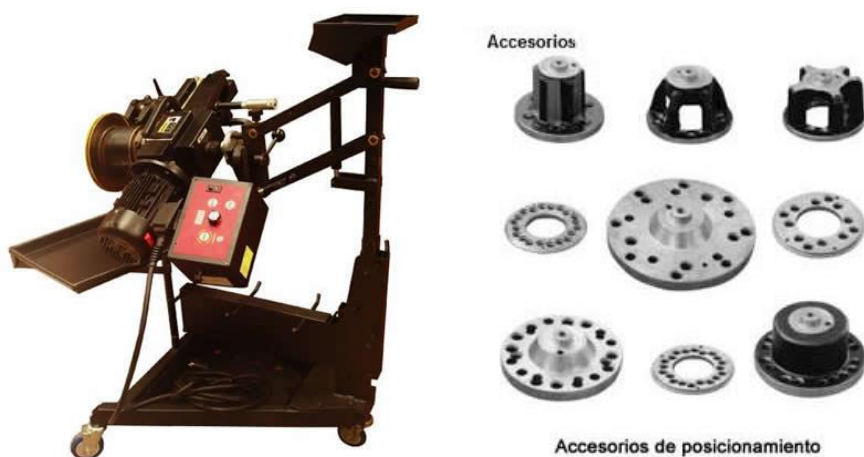


Figura 16. Rectificadora de discos portátil
(AQPSoluciones.com, 2009)

2.5. PARTES DE UNA RECTIFICADORA DE DISCO DE FRENOS

De la misma manera que el torno en paralelo, la rectificadora de disco dispone de dos estructuras, la primera se refiere a los elementos componentes, conformado por el cabezal y el carro móvil y la cadena cinemática, la misma que está encargada de producir, transmitir y regular los movimientos de la máquina.

2.5.1. ELEMENTOS COMPONENTES

2.5.1.1. Cabezal

Elemento en el cual se inserta y sujeta el eje. Su movimiento es solidario a la caja de velocidades.

2.5.1.2. Carro móvil

Este elemento se mueve sobre las rieles o bancada, y sobre este se encuentra posicionado el porta herramientas.

2.5.2. CADENA CINEMÁTICA

2.5.2.1. Motor

Este es de corriente alterna y es el encargado de generar el movimiento para que gire la pieza, posee una velocidad de rotación constante.

2.5.2.2. Caja de velocidades

Esta se encarga de establecer el sentido de rotación y la velocidad del cabezal en donde está sujeto el disco a maquinar, mediante su conjunto de poleas o ruedas dentadas, las mismas que son las delegadas de desmultiplicar o multiplicar la velocidad que genera el motor. Este sistema

tiene dos variantes la primera, es una caja de velocidades seca, esto quiere decir que trabaja con bandas y poleas pero sin ningún lubricante, y la segunda variante, es una caja húmeda caracterizada por trabajar con cadenas y engranajes pero estos son lubricados por cualquier clase de aceite.

2.5.2.3. Caja de avance

La función de esta caja de avance es la de establecer la velocidad de los rieles y los ejes de avance lugar en el que se asientan los carros móviles mediante un conjunto de engranajes, los mismos que están conectados a una rueda dentada la cual es fija al cabezal, con lo que la velocidad de esta depende de la velocidad dada por la rotación del cabezal.

En la actualidad también se puede encontrar una clase nueva de maquinaria caracterizada por el uso de dos motores para generar el movimiento de avance de los rieles o ejes, independientemente al movimiento en el cabezal.

2.5.2.4. Ejes de avance

Están destinados a transmitir el movimiento de la caja de avance a los carros móviles y se encuentra conformado por dos ejes conocidos como X y Z (BENAVIDES, 2011).

2.5.3. ACCESORIOS

2.5.3.1. Porta-cuchillas de discos.

Este elemento es un accesorio utilizado para colocar y guiar la herramienta para el mecanizado de discos, la que se encuentra ubicado sobre el carro móvil. En el caso de la rectificadora de disco el diseño le permite portar dos

cuchillas para que el trabajo de refrentado sea en ambas caras del disco, lo que se puede observar en la figura 17:

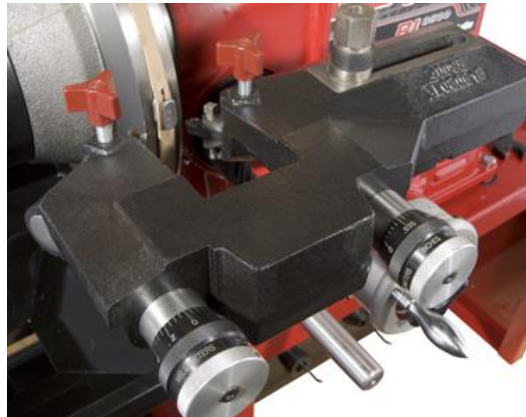


Figura 17. Porta-cuchillas de disco
(BendPak, 2010)

Este componente está conformado por las siguientes partes:

- El cuerpo, es la parte en el que se fijan sus componentes y este se conecta al carro móvil.
- Uno o dos micrómetros con mangos cilíndricos para acercar o distanciar cada una de las cuchillas.
- Dos tornillos de fijación que sirven para mantener inamovibles las cuchillas en la posición deseada.

2.5.3.2. Sujetadores y adaptadores

Son utilizados para sujetar y posicionar correctamente los discos al eje de la rectificadora, existen de varios tamaños y formas dependiendo de la máquina. En el caso de los sujetadores por lo general poseen forma de campana y en el caso de los adaptadores están como principales de forma plana y cónicos, según se demuestra en la figura 18:



Figura 18. Sujetadores y adaptadores
(SJMC, 2011)

2.6. CARACTERÍSTICAS DE LA RECTIFICADORA DE DISCO DE FRENOS

Las rectificadoras de discos de frenos presentan características de acuerdo a las fichas técnicas, entre las que se especifican las siguientes:

2.6.1. RECTIFICADORA MODELO RL-8500

Rectificadora cuya construcción es de materiales resistentes, permite seleccionar la velocidad para ejecutar su función, puede rectificar tanto discos como tambores, dando como resultado un óptimo acabado según la tabla 1. Además, su forma permite que el trabajo se lo realice con mucha comodidad, máquina que se la presenta en la figura 19 que consta a continuación:



**Figura 19. Rectificadora RL-8500
(BendPak, 2010)**

Tabla 1. Ficha técnica de la rectificadora RL8500

Modelo	RL8500
Motor principal de la unidad:	115-230 VAC/50-60 HZ/ 1F /20 amp.
Máximo espesor de rotor	2-1/2"/64 mm
Máximo diámetro de rotor:	17"/432 mm
Diámetro de freno de tambor:	6"-28"/152mm - 711mm
Carga máxima con árbol estándar de 1":	150 libras/68kg
Carga máxima con árbol para camión opcional:	250 libras/ 113 kg
Recorrido del eje:	6-7/8" / 175mm
Velocidad de eje:	150 RPM-200 RPM
Peso de envío incluyendo banco y herramientas:	685 libras / 311 kg
Dimensiones	62 "x 49" x 36 " / 1575 mm x 1.245 mm x 914 mm

(BendPak, 2010)

2.6.2. RECTIFICADORA MODELO C9335B

Máquina compacta, con un peso aproximado 230 kg. Sirve para rectificar discos y tambores como se observa en la tabla 2, trabajo que se realiza en dos partes diferentes de la máquina como se demuestra en la figura 20:



Figura 20. Rectificadora de discos y tambores C9335B
(AQPSoluciones.com, 2009)

Tabla 2. Ficha técnica de la rectificadora C9335B

Modelo	C9335B
Diámetro de trabajo	Φ180-Φ350 mm
Avance de deslizamiento	100 mm
Velocidad de rotación de eje	60.90 r/min
Velocidad de avance	0.15 mm/r
Potencia del motor	0.75 Kw
Dimensiones (LxWxH)	695x565x635 mm
Dimensiones del embalaje (LxWxH)	710x750x730 mm
N.W./G.W.	200/230 kg

(AQPSoluciones.com, 2009)

2.6.3. RECTIFICADORA MODELO TR500

Esta es una máquina que permite realizar trabajos en tambores y discos de freno, pero también en discos de embrague, se pueden rectificar discos de frenos hasta de 500 mm de diámetro, su peso aproximado es de 880 libras, la que se observa en la tabla 3 y en la figura 21:



Figura 21. Rectificadora de discos TR500
(Talleres Santos, 2016)

Tabla 3. Ficha técnica de la rectificadora TR500

Modelo	TR500
Diámetro max de disco	Φ500 mm
Velocidad de rotación	20 – 150 rpm
Diámetro de eje	Φ20 – Φ35 mm
Peso aproximado	400 kg

(Talleres Santos, 2016)

2.6.4. RECTIFICADORA MODELO TD302

Máquina portátil que tiene una sola velocidad según la tabla 4 y que permite que la rectificación se la realice en el propio automotor, se recomienda utilizar cuando existen dificultades en retirar los discos del vehículo y no existen daños severos, máquina se ve en la figura 22:

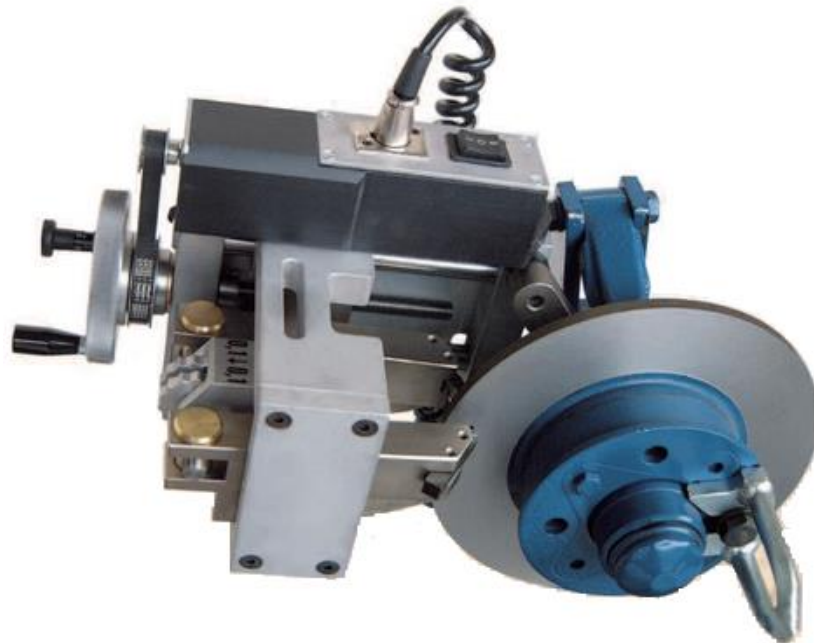


Figura 22. Rectificadora de discos TD302
(Tecno Maquinarias S. A. C, 2008)

Tabla 4. Ficha técnica de la rectificadora TD302

Specifications	
Working stroke	90 mm
Rotor thickness	5÷40 mm
Feed rate	0.15 mm/rev
Feed motor	12 V
Weight	8.5 Kg
Disc rotation speed	95 rpm
Motor driving unit	0.5 Hp (0.37 Kw)

(Tecno Maquinarias S. A. C, 2008)

2.7. RECTIFICADO DE DISCOS DE FRENO

Este proceso tiene como propósito reparar las fallas de carácter geométrico y dimensional que se producen durante el trabajo de frenado, por lo que en este proceso de rectificado se puede corregir un sinnúmero de imperfecciones, entre estas: rugosidad, circularidad, excentricidad y otras. Sin embargo para poder realizar esta corrección siempre se debe verificar y trabajar según las dimensiones de tolerancia especificadas por el fabricante. Debido al tiempo de uso de los discos de freno después de cierto kilometraje estos deberán ser rectificadas (reparados) buscando siempre mantener el buen desempeño del sistema de frenado, para la rectificación es necesario desmontar los discos del vehículo y entonces se llevaran esos a una máquina rectificadora (Gerling, Alrededor de las máquinas-herramienta, 2006).

2.7.1. REFRENTADO

Este proceso de mecanizado se fundamenta en trabajar perpendicularmente al eje de la pieza realizando la operación en un ángulo aproximado de 60° desde el porta-herramientas, lo que se ejemplifica en la figura 23:

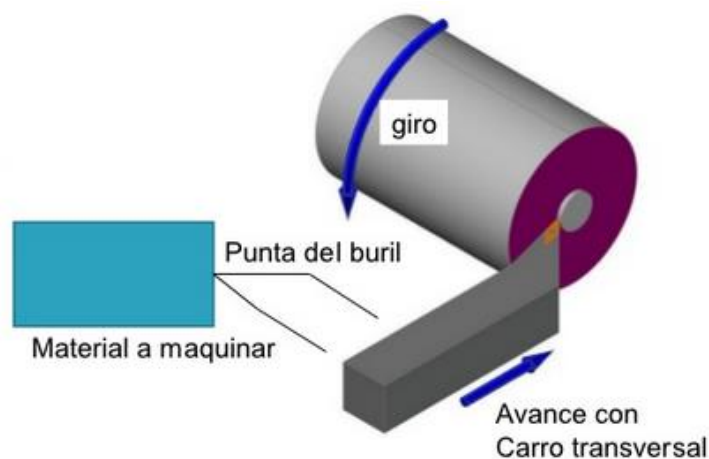


Figura 23. Proceso de refrentado
(Falótico, 2012)

2.7.2. PARÁMETROS A TOMAR EN CUENTA PARA EL RECTIFICADO

Para el proceso de rectificado de discos es necesario seguir los parámetros de corte que a continuación se menciona:

- Elegir la herramienta apropiada (cuchilla)
- Velocidad de corte (V_c) expresada en (m/min)
- Velocidad de giro dada en revoluciones por minuto (rpm)
- Avance en mm/rev, de la cuchilla
- Avance en mm/min de la cuchilla
- Profundidad de pasada (mm)
- Esfuerzos de corte (Kgf/mm²)

2.7.2.1. Velocidad de corte

El punto de contacto de la cuchilla con la superficie de la pieza a máquinar (disco) en rotación durante un minuto se conoce como velocidad de corte, esta se manifiesta en metros por minuto (m/min). Para determinar la velocidad de corte que se requiere se debe considerar el material, tipo de herramienta que se va a utilizar y de la dureza de la pieza a maquinar. Para el efecto se utiliza la ecuación 1.

$$V_c = \frac{D \times \pi \times n}{1000} \quad [1]$$

Donde:

V_c : velocidad de corte

D : diámetro de la pieza (en este caso diámetro del disco)

n : revoluciones por minuto

Es necesario saber que la duración de la herramienta (cuchilla) puede variar de acuerdo a la velocidad con la que se realiza el mecanizado, a mayor velocidad mayor desgaste de la herramienta. Generalmente los fabricantes

de la herramienta recomiendan la velocidad apropiada para prolongar su duración (Avilés, 2011).

2.7.3. BURILES DE CORTE (CUCHILLAS)

Se define como el componente el cual tiene contacto con la zona del disco a trabajar, la misión de esta herramienta es desbastar la superficie de los discos y siempre debe ser mayor la dureza de los buriles a la de la pieza que se rectificara. Hay gran diversidad de herramientas de corte que varían según su material y forma las mismas que tienen múltiples funciones.

Un factor muy importante para el mecanizado de una pieza es el afilado correcto de la cuchilla, esto varía de acuerdo al material a mecanizar con el fin de tener un trabajo eficiente y exacto. Entre las características que deben cumplir los buriles están:

- Rigidez, es decir soportar fuerzas de corte sin deformarse.
- Buena disipación de temperatura.
- Dureza y resistencia al desgaste.
- Ser rentables.
- Facilitar un cambio de herramienta rápido y eficaz.
- Evacuar fácilmente la viruta de la zona.

2.7.3.1. Partes

En la figura 24 se pueden observar las siguientes partes:

- 1.-Filo principal.
- 2.-Filo secundario.
- 3.-Superficie de incidencia.
- 4.-Superficie de ataque.
- 5.-Superficie de incidencia secundaria.
- 6.-Punta.
- 7.-Vástago.
- 8.-Cabeza.

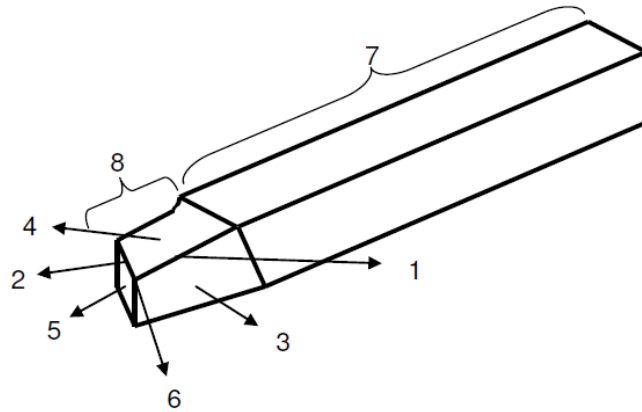


Figura 24. Esquema de una herramienta de corte (BENAVIDES, 2011)

2.7.3.2. Forma de la herramienta de corte

La eliminación de material depende de la forma de la herramienta de corte, ya que la reducción de fricción y la libertad de fluidez de virutas varían con el ángulo de ataque de la herramienta.

Si la herramienta (cuchilla) se perfila en un ángulo de ataque grande también se da un ángulo de corte grande en el mecanizado y los efectos de este son:

- Se produce una viruta delgada.
- La zona de corte es relativamente reducida.
- Se crea menor calidad en dicha zona.
- Se produce un buen acabado superficial.

En caso de que a la herramienta se le da un ángulo de ataque pequeño esta produce menor ángulo en la pieza en el momento de trabajo dando como efecto:

- Se produce una viruta gruesa.
- La zona de corte es amplia
- Se produce más calor.
- Se requiere más potencia mecánica para la operación de maquinado.

También se puede determinar algunos factores que influyen en la vida útil de la herramienta, como:

- La clase de material que se corta.
- La micro estructura del material.
- La dureza del material.
- El material de la herramienta de corte.

(Bartsch, Alrededor del torno, 2003) (BENAVIDES, 2011).

2.7.4. ESFUERZOS DE CORTE

Cuando se produce las virutas hay presencia de fuerzas que producen deformación por la fricción y la cortadura, estas fuerzas requieren un apropiado esfuerzo del motor y establecen las dimensiones de los componentes constructivos que conforman la máquina-herramienta.

El área de corte y de incidencia de la cuchilla produce rozamiento y fricción, pero esta fuerza es aproximadamente un tercio del esfuerzo total de corte.

En el trabajo de mecanizado intervienen algunas fuerzas que se mencionan a continuación, las mismas que se observan en la figura 25:

- Fuerza principal de corte (F_H)
- Fuerza de avance (F_v)
- Fuerza en el vástago (F_s)

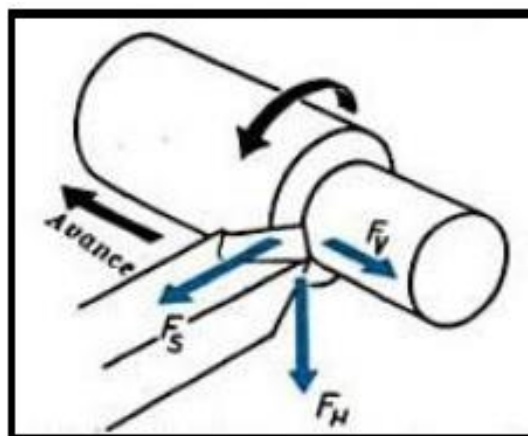


Figura 25. Direcciones de las fuerzas de corte (Pareto)

Las fuerzas varían de magnitud no todas son iguales pero se aproximan a un mismo valor medio que se denominan fuerzas oscilantes pero estas cambian con mayor o menor velocidad.

La fuerza de corte depende en su mayoría del material pero también hay otros factores que intervienen, por ejemplo, la fuerza de corte descende en cuanto la sección transversal de la viruta aumenta o el avance. La ecuación 2 se expresa de la siguiente manera:

$$F = s \times ks \quad [2]$$

Donde:

F: Esfuerzo de corte o fuerza de corte.

s: Sección de viruta en mm²

Ks: Fuerza específica de corte, que para cálculos aproximados puede fijarse en 3 a 5 veces la resistencia a la ruptura por tracción del material o mediante tablas las cuales están en función del tipo de material y del avance unitario "s" (mm/rev).

Se recomienda un ángulo de ataque grande, pero también influye el largo del filo de la cuchilla, el ángulo de corte y el material de la herramienta, la fuerza de corte se incrementa mientras más cerca está la punta a la pieza y la velocidad de corte elevada no influye en nada (Bartsch, Herramientas, máquinas, trabajo, 2001).

2.7.5. MOVIMIENTOS DE AVANCE

Es el que permite a la herramienta desprender material de manera permanente y controlada, a través del cual se realiza el trabajo de rectificación en la superficie requerida, en este caso los discos sujetos al mecanizado, esta acción se puede establecer con parámetros que se pueden observar en la tabla 5 la misma que recomienda las velocidades de avance en relación al material a trabajar.

Tabla 5. Velocidades de avance

AVANCES PARA DIVERSOS MATERIALES CON EL USO DE HERRAMIENTAS PARA ALTA VELOCIDAD				
	Desbastado		Acabado	
Material	Pulgadas	Milímetros	Pulgadas	Milímetros
Acero de máquina	0.010 - 0.020	0.25 - 0.50	0.003 - 0.010	0.07 - 0.25
Acero de herramientas	0.010 - 0.020	0.25 - 0.50	0.003 - 0.010	0.07 - 0.25
Hierro fundido – fundición gris	0.008 - 0.025	0.20 - 0.65	0.005 - 0.12	0.13 - 0.30
Bronce	0.015 - 0.025	0.40 - 0.65	0.003 - 0.010	0.07 - 0.25
Aluminio	0.015 - 0.030	0.40 - 0.75	0.005 - 0.010	0.13 - 0.25

(Bartsch, Alrededor del torno, 2003)

2.8. ANÁLISIS DE LAS RECTIFICADORAS DE DISCO DE FRENOS

Para conocer el funcionamiento de las máquinas rectificadoras de discos se analizó básicamente su funcionamiento, la capacidad de las mismas, su movilidad, considerando los criterios de algunos autores, estableciendo parámetros como: utilidad, costo, mantenimiento y peso.

- . La mayor o menor utilidad de la rectificadora se produce por dos razones: la primera se refiere a la posibilidad de rectificar discos de varios tamaños y la segunda, a la disponibilidad de ejecutar el trabajo a diferentes velocidades, en otras palabras quiere decir, que a mayor posibilidad y variedad de uso, mayor utilidad.
- Un elemento indispensable es el costo, ya que al ser muy elevado se dificulta su adquisición; los precios de las máquina nuevas importadas en el mercado nacional fluctúan mucho, desde 7 000,00 USD en adelante, a lo que debe sumarse la compra de accesorios necesarios.
- Concomitantemente con el costo se debe considerar el mantenimiento que toda máquina necesita, tanto preventivo como correctivo, cuyos costos van a estar directamente relacionados con el tamaño y complejidad de esta.

- Otra de las características a ser tomadas en cuenta es el tamaño de la máquina que va requerir de un mayor o menor espacio disponible, en el taller mecánico, así como que este sea adecuado, ya que la máquina debe estar bajo techo, por lo que el tamaño de la máquina para el proyecto debe ser compacta, fácil de ubicarla.
- Directamente relacionado con la dimensión, está la particularidad del peso que permita moverla cuando sea necesario.

2.8.1. VENTAJAS

- Las máquinas con las que se cuenta en la actualidad, cuentan con tecnología moderna, por lo que su uso es sencillo.
- Las características de las rectificadoras de discos, garantiza que el resultado del trabajo sea eficiente, lo que incide directamente en prolongar la vida útil de los discos.
- Las rectificadoras fijas al tener menos vibración por su tamaño y peso logran una mayor precisión en el acabado del trabajo. Por su parte las rectificadoras móviles son fáciles de movilizar, por lo cual la rectificación se la realiza en el propio vehículo.

2.8.2. DESVENTAJAS

- Al ser máquinas importadas, sus costos son elevados, pues al costo de venta en su país de origen se suman los costos de importación, a lo que hay que añadir el pago de impuestos por aplicación de las salvaguardas vigentes en el país; lo que hace difícil su adquisición.

Del análisis realizado a las máquinas descritas, y seleccionadas bajo la consideración que son equipos que por sus marcas son escogidas por varios talleres y por tanto se ocupan en nuestra localidad, se desprende que cada una de ellas tienen ventajas y que cumplen en forma óptima la rectificación de los discos, diferenciándoles principalmente por su velocidad, sin embargo al ser equipos de origen extranjero estas son importadas, y los precios de

venta en el país son altos por todos los impuestos que se pagan, lo que hace difícil su adquisición, peor cuando se trata de iniciar un taller.

Al aspecto considerado en el párrafo anterior, se suma el hecho de que al haberme propuesto construir una rectificadora de discos partiendo de material, accesorios y herramientas disponibles en el país; y, de esta manera consolidar los conocimientos adquiridos en las aulas, así como basado en la investigación realizada, considero que la alternativa de construir la máquina rectificadora de discos, es positiva, a la vez que permitirá evidenciar que el proyecto puede ser cumplido con éxito.

METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

Los diferentes tipos de rectificadora de disco de frenos mostraron ventajas y desventajas, investigadas y analizadas bajo la orientación de una investigación documental, aplicada y descriptiva.

La investigación documental se la realizó a través de una investigación bibliográfica y hemerográfica, que permitió obtener conocimientos relacionados al tema, a través de materiales como libros y revistas o fichas técnicas respectivamente.

De tal manera que dichos conocimientos adquiridos fueron el fundamento a partir del cual se despliega los siguientes tipos de investigación, para finalmente desarrollar el presente trabajo.

La investigación aplicada como su nombre lo indica, permite la aplicación de los conocimientos teóricos en la práctica, con el objeto de dar a conocer fenómenos o características específicas, por lo que, mediante la utilización de los conocimientos adquiridos y expuestos en el marco teórico, se llevó a cabo la construcción de la rectificadora de disco de frenos, cumpliendo con ello, el objetivo fundamental del trabajo de titulación. Para ilustrar lo expuesto anteriormente expongo a continuación la aplicación de algunas fórmulas utilizadas para definir los parámetros necesarios en la construcción de la rectificadora: fórmula 10 y 11 para determinar el diámetro de las poleas pues estas inciden en la velocidad de giro de la máquina; fórmula 17 y 18 para determinar la potencia del motor que requiere la máquina para su óptimo funcionamiento.

En consecuencia, se adquirió un motorreductor con las características de potencia requerida y una reducción que solventó las necesidades de velocidad de la máquina. También fue preciso seleccionar los materiales adecuados para que la rectificadora cumpla con ciertas características específicas, así se utilizó materiales robustos para elaborar la bancada, el cabezal y el eje, entre sus partes principales, con el fin de evitar vibraciones en el momento de realizar el trabajo.

En la investigación descriptiva se enlistaron de los procedimientos dados durante el montaje de la máquina, así como las características y propiedades de la misma, conjuntamente con la verificación de su funcionalidad, proceso que se realizó posterior a la construcción de la rectificadora de discos de freno y tomándose en cuenta los conocimientos generados mediante la investigación aplicada. Este proceso de montaje de la máquina comprende:

- Diseño de los elementos principales de la máquina como: eje, cabezal, bancada, poleas, utilizando las correspondientes fórmulas enumeradas a continuación 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 19, 20.
- Selección de parámetros y fabricación de elementos como: piñón y cremallera, tornillos sin fin y cola de milano.
- Corte, soldadura y pulido de planchas de 0,2 y 0,3 pulg para la construcción del cabezal.
- Corte y torneado del eje de 3 pulg para fabricar el eje principal de trabajo.
- Corte, fresado, soldadura y rectificado de una plancha de 2 pulg para la elaboración de la bancada.
- Fabricación del sujetador y adaptador de posicionamiento para el disco.
- Ensamblaje y centrado de las distintas partes que conforman la máquina.
- Instalación del motorreductor, cableado y la banda de transmisión.
- Proceso de acabado de la rectificadora con pintura anticorrosiva.

La revisión bibliográfica mostró que a pesar de ser la rectificadora de disco de frenos un instrumento mecánico con una función específica, al provenir de diferentes fábricas o marcas, presentaron características disímiles, de ahí surgió la necesidad de establecer aquellas consideradas en este trabajo, para definir su construcción y desempeño.

- La máquina objeto del presente trabajo, rectifica discos de frenos de vehículos livianos y siendo una de sus características el ser de fácil manejo.
- La rectificadora de disco de frenos construida, alcanza una velocidad de giro de entre 50 y 131 rpm, al momento de rectificar.

La materia prima requerida para la construcción de la máquina fue la siguiente:

- AISI 1018 Ø 5/8 pulg
- Acero transmisión AISI 1018 Ø 3 ¼ pulg
- Acero transmisión AISI 1018 Ø 1 ¾ pulg
- Acero transmisión AISI 1018 Ø 2 ½ pulg
- Platina 2x1/4pulg
- Acero perforado AISI 1018 Ø 210 x Ø 170mm.
- Acero perforado AISI 1018 Ø 210 x Ø 170mm
- Acero perforado AISI 1018 Ø 210 x Ø 170mm
- Acero perforado AISI 1018 Ø 210 x Ø 170mm
- Eje de acero hueco Ø 3 ½ pulg
- Tol laminado de 6mm
- Plancha acero A - 36 600x285x25
- Acero transmisión AISI 1018 Ø 7/8 pulg
- Acero transmisión AISI 1018 Ø ¾ pulg
- Acero AISI 1045 chaveta 16mm.
- Acero AISI 1045 chaveta 10mm.
- Bronce fosfórico Ø 1 ¾ pulg
- Acero transmisión AISI 1018 Ø 2 pulg
- Acero perforado AISI 1018 Ø 90 x Ø 56mm.
- Eje de acero solido Ø 3 ½ pulg
- Tol laminado de 8mm
- Plancha de acero de 2 pulg

Se utilizó también materiales indirectos como:

- Lijas
- Cuchilla torno HSS
- Machuelos
- Brocas
- Fresa
- Discos de corte
- Disco de pulido
- Lima redonda
- Grasa
- Suelda
- Electrodo

Durante la construcción fue necesario utilizar las máquinas que menciono a continuación:

- Torno
- Fresadora
- Soldadora
- Taladro
- Dobladora
- Amoladora
- Cortadora de Cizalla
- Esmeril

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados abarcan la construcción de la rectificadora, y su adecuada funcionalidad.

4.1. DISEÑO DE PARTES PRINCIPALES

Para la construcción de la máquina se consideró diseñar y calcular aquellas partes que tienen mayor relevancia para la eficiencia de la rectificadora.

4.1.1. EJE DE TRABAJO

Para realizar el diseño del eje principal de trabajo de la máquina que se propuso construir, se realizaron algunos cálculos, el primero fue el (DCL) diagrama de cuerpo libre como se ve en las figuras 26 y 27.

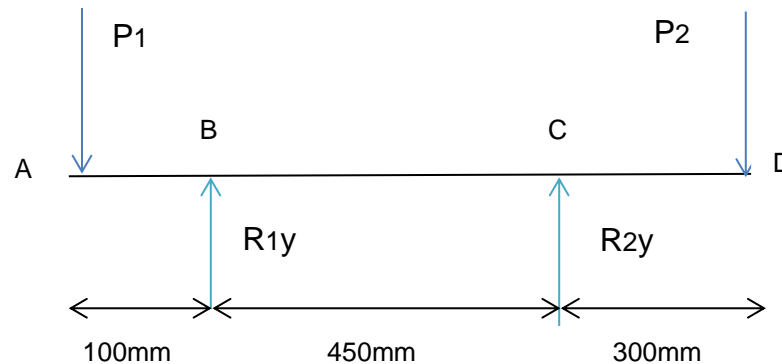


Figura 26. Diagrama de cuerpo libre antes de calcular el eje

$$\sum F_x = 0 \quad [3]$$

$$R_x = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad [4]$$

$$P_1 + P_2 - R_1y - R_2y = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

[5]

$$R_2y = \frac{P_2 * 750 - P_1 * 100}{450}$$

$$R_2y = \frac{50 * 750 - 50 * 100}{450}$$

$$R_2y = \frac{650}{9}$$

$$R_2y = 72.22N$$

$$R_1y = P_1 + P_2 - R_2y$$

$$R_1y = 50 + 50 - 72.22$$

$$R_1y = 27.78N$$

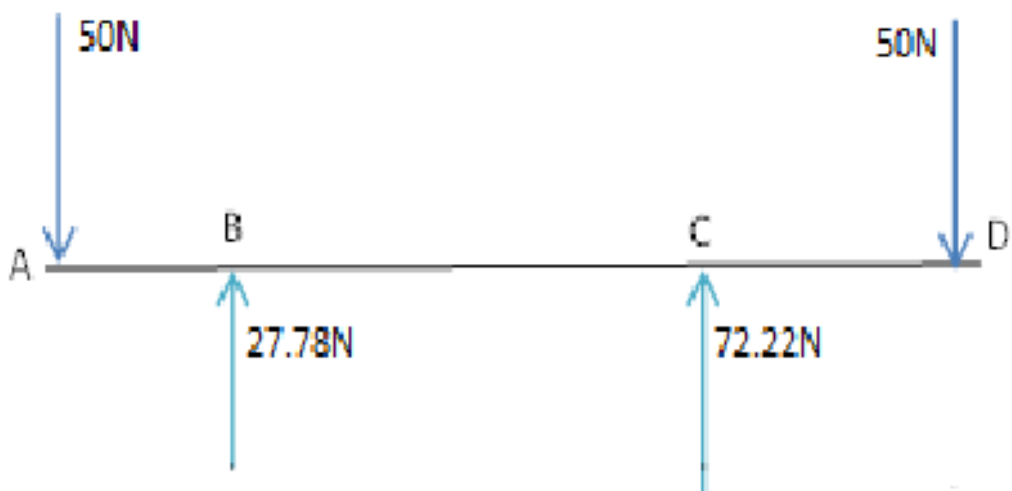


Figura 27. Diagrama de cuerpo libre después del cálculo del eje

A continuación se observa el diagrama de esfuerzo cortante en la figura 28

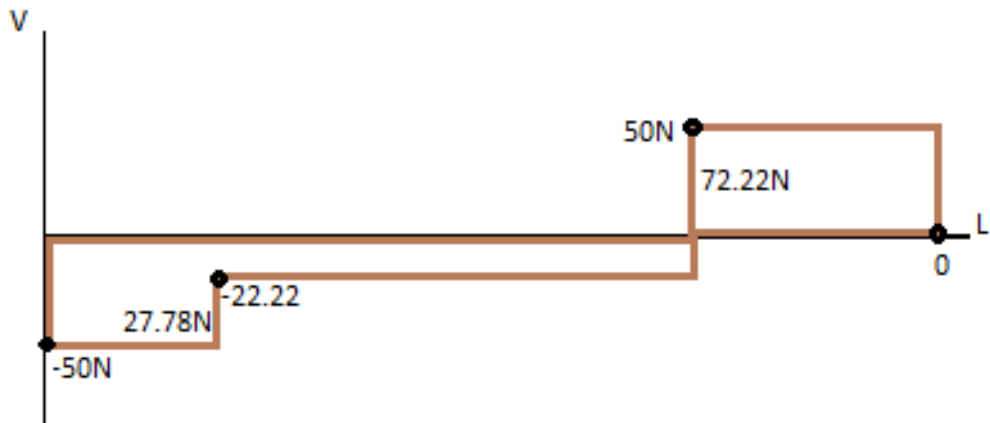


Figura 28. Diagrama de esfuerzo cortante del eje

En la figura 29 se muestra el diagrama de momento flector para el eje.

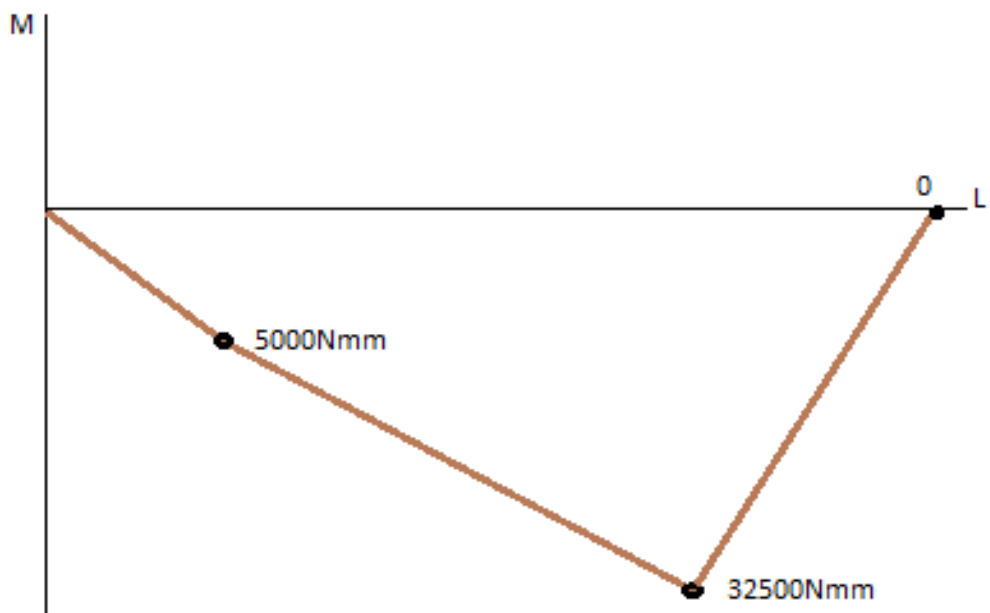


Figura 29. Diagrama de momento flector del eje

Una vez que se realizaron los cálculos, se aplicaron pruebas utilizando el programa *Solidworks* mediante el cual se modeló el eje determinando las características de esfuerzo y desplazamiento que podría sufrir dicha pieza en el momento de rectificación, como se puede observar en las tablas 6 y 7 (anexo 5).

Tabla 6. Simulación de esfuerzo del eje

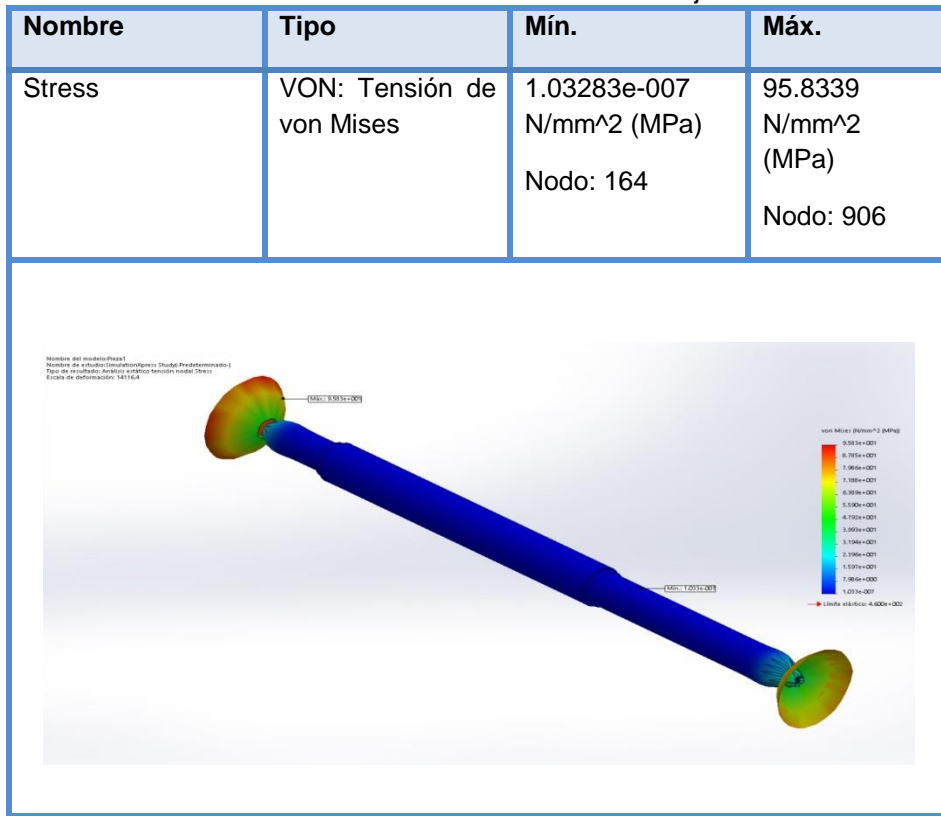
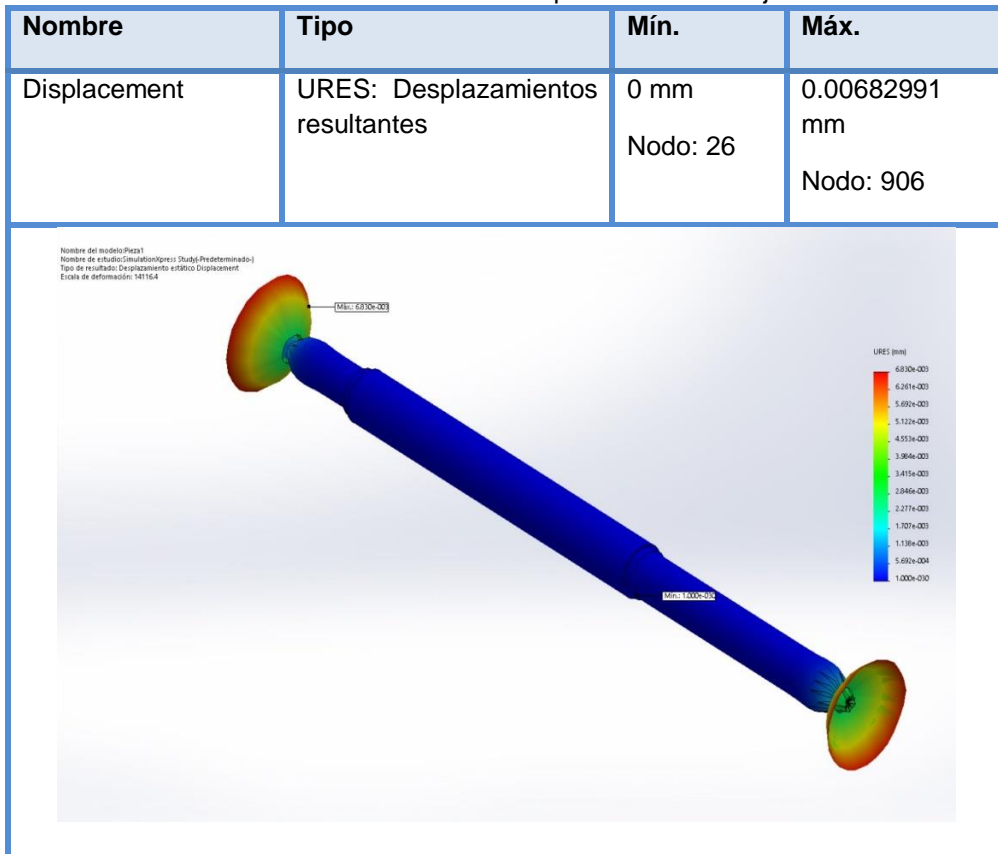


Tabla 7. Simulación de desplazamiento del eje



En conclusión, el eje en los extremos podrá soportar una fuerza puntual de 10 000 N sin sufrir deformación, es decir que está bien seleccionado los diámetros y el material del eje.

4.1.2. CABEZAL DE LA RECTIFICADORA

El cabezal es el soporte del eje y el recipiente del aceite que lubrica los rodamientos. El material seleccionado para su construcción es el acero A36 cuyo costo es inferior a otros materiales, tales como el aluminio aunque su peso es mayor, característica que ayuda a cumplir con el objetivo de evitar las vibraciones durante el trabajo de rectificado, soportar el peso del eje y la presión que ejerce el aceite en las paredes de la caja.

4.1.3. BANCADA DE LA RECTIFICADORA

Para el diseño de la bancada la misma que es la encargada de soportar básicamente el peso total de la máquina y sostenerla en pie, se tomaron en cuenta algunos cálculos (anexo 6) así como el DCL (diagrama de cuerpo libre) que se ve en la figura 30 (Shigley, 2002).

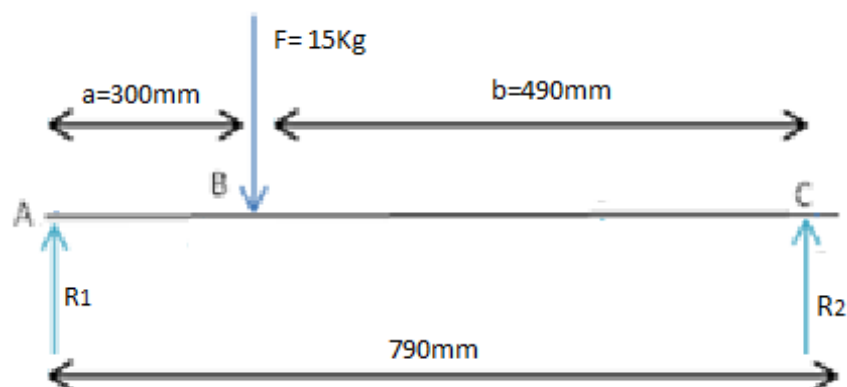


Figura 30. DCL de la bancada

$$R_1 = \frac{Fb}{L} \quad [6]$$

$$R_1 = \frac{15Kg * 490}{790}$$

$$R_1 = 9.30Kg$$

$$R_2 = \frac{Fa}{L} \quad [7]$$

$$R_2 = \frac{15Kg * 300}{790}$$

$$R_2 = 5.70Kg$$

$$M_{AB} = \frac{Fbx}{L} \quad [8]$$

$$M_{BC} = \frac{Fa}{L}(L - x) \quad [9]$$

En la figura 31 se puede observar el diagrama de esfuerzo cortante resultado de la bancada.

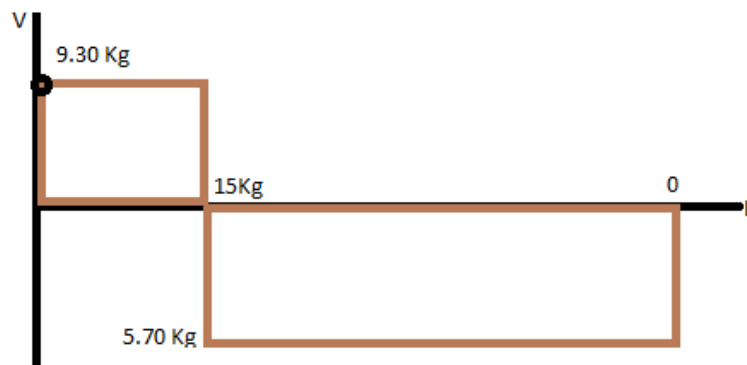


Figura 31. Diagrama de esfuerzo cortante de la bancada

En la figura 32 se observa el diagrama del momento flector de la bancada.

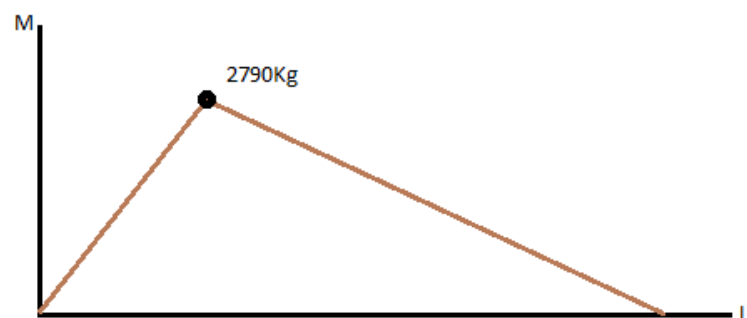


Figura 32. Diagrama de momento flector de la bancada

Una vez terminados los cálculos para la bancada y por tanto su diseño, se concluye que el mismo está bien realizado, a continuación se procede a ejecutar una prueba de esfuerzo mediante simulación el programa solidworks como se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Simulación de esfuerzo de la bancada

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Stress	VON: Tensión de von Mises	3.81506e-011 N/mm ² (MPa) Nodo: 14990	7.92169e-005 N/mm ² (MPa) Nodo: 12878

Nombre del modelo: bancada
 Nombre de estudio: Simulación (Press: Study) Predeterminado
 Tipo de resultado: Análisis: estático tensión nodal (Stress)
 Escala de deformación: 1.03421e+009

von Mises (N/mm² (MPa))

7.922e-005
 7.262e-005
 6.602e-005
 5.941e-005
 5.281e-005
 4.621e-005
 3.961e-005
 3.301e-005
 2.641e-005
 1.980e-005
 1.320e-005
 6.602e-006
 3.815e-011

→ Límite elástico: 2.344e+002

4.1.4. DISEÑO DEL DIÁMETRO DE LAS POLEAS

Una vez realizada la investigación se determinó que la máquina requiere tres velocidades las cuales vienen expresadas en revoluciones por minuto y las más adecuadas para la rectificación de disco fluctúan entre: 50, 90 y 130 rpm, partiendo de un motor que tiene 1720 rpm los cálculos para los diámetros de las poleas son los siguientes.

Para el cálculo realizado se tomó en cuenta que en el eje que sale de la reducción hay un juego de 3 poleas siendo sus diámetros de 2.5 pulg, 4 pulg

y de 5 pulg además la relación de la caja reductora es de 28.5:1 y para obtener los diámetros necesarios de las otras poleas se ocupó la ecuación 10.

$$N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2 \quad [10]$$

4.1.4.1. Primera velocidad

Primero se multiplicó 50.1 rpm por la reducción que dio la caja reductora y posteriormente se calculó el diámetro de la polea con ayuda de la ecuación 11.

$$50.10 \times 28.5 = 1427.85 \text{ rpm}$$

$$D_1 = \frac{N_i \times D_i}{N_1} \quad [11]$$

$$D_1 = \frac{1720 \text{ rpm} \times 2\frac{1}{2} \text{ pul}}{1427.85 \text{ rpm}} = 3 \text{ pul}$$

El diámetro de la primera polea es = 3 pulgadas. Para obtener para la velocidad de 50.10 rpm se conectara esta polea, mediante la banda, con la polea de 2.5 pulgadas de diámetro.

4.1.4.2. Segunda velocidad

Con ayuda de la ecuación número, 11 se busca obtener una velocidad aproximada de 89.4 rpm.

$$89.4 \times 28.5 = 2547 \text{ rpm}$$

$$D_2 = \frac{N_i \times D_i}{N_2}$$

$$D_2 = \frac{1720 \text{ rpm} \times 4 \text{ pul}}{2547 \text{ rpm}} = 2.7 \text{ pul}$$

El diámetro de la segunda polea es = 2.7 pulgadas la misma que da una velocidad de 89.4 rpm al conectarle con la polea de 4 pulgadas.

4.1.4.3. Tercera velocidad

Para esta velocidad se trabajó con 131 rpm aproximadamente, utilizando nuevamente la ecuación número 11.

$$131 \times 28.5 = 3739.2 \text{ rpm}$$

$$D_3 = \frac{N_i \times D_i}{N_3}$$

$$D_2 = \frac{1720 \text{ rpm} \times 5 \text{ pul}}{3739.2 \text{ rpm}} = 2.3 \text{ pul}$$

Para la tercera polea se necesitó un diámetro de 2.3 pulgadas con lo cual se obtuvo una velocidad de 131 rpm, resultado que se logra al conectar la mencionada polea con la de 5 pulgadas con ayuda de una banda.

A continuación se puede observar en la figura 33 como está compuesto el sistema que genera el movimiento rotacional de la rectificadora. En este esquema están claramente identificadas las poleas que permitirán la variación de las tres velocidades que tiene la máquina con los distintos diámetros previamente calculados.

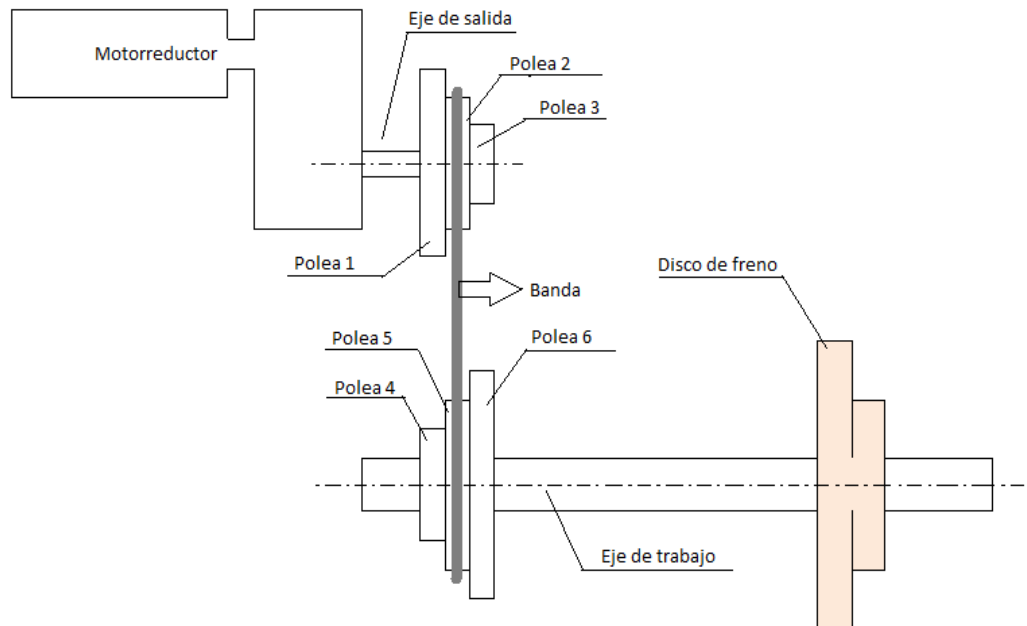


Figura 33. Esquema del sistema de movimiento rotacional

4.1.5. DISEÑO DEL PIÑÓN Y LA CREMALLERA

Para el diseño del piñón y la cremallera se utilizó las especificaciones universales que determinan el proutuario, por otra parte, se consideró utilizar una cremallera de las más utilizadas en rectificadoras y tornos convencionales la misma que permite un desplazamiento longitudinal del carro móvil con mayor precisión pues su objetivo es movilizar la herramienta de corte hasta la pieza a trabajar; en consecuencia se decidió proporcionar un avance con un módulo (m) de 2 y un piñón de 22 dientes y se utilizaron las ecuaciones 12, 13, 14, 15 y 16.

Diámetro exterior

$$\phi_{ex} = m (z+2) \quad [12]$$

$$\phi_{ex} = 2 (22+2)$$

$$\phi_{ex} = 48 \text{ mm}$$

Diámetro primitivo

$$Dp = m \times z \quad [13]$$

$$Dp = 2 \times 22$$

$$Dp = 44 \text{ mm}$$

Diámetro interior

$$Dint = Dp - (2m \times 1,17) \quad [14]$$

$$Dint = 44 - (4 \times 1,17)$$

$$Dint = 39,32$$

Paso circular

$$P = m \times \pi \quad [15]$$

$$P = 2 \times 3.14$$

$$P = 6.28$$

Espesor del diente

$$e = \frac{P}{2} \quad [16]$$

$$e = \frac{6.28}{2}$$

$$e = 3.14$$

4.1.6. DISEÑO DEL TORNILLO SIN FIN

La necesidad de una mayor precisión del porta herramientas durante el movimiento transversal para realizar la rectificación del disco determino que se utilice un tornillo sin fin cuyo diseño y construcción se basó en las especificaciones normalizadas preferentes que se encuentran en el prontuario, por esta razón se determinó un módulo de 1.27 y un paso axial

de 4 mm por vuelta, es decir por cada grado el avance es de 0.01 mm de manera que da mayor exactitud en el desplazamiento transversal.

4.1.7. SISTEMA DE CUCHILLAS PARALELAS

En el diseño y construcción de este sistema se utilizó un tornillo sin fin para cada cuchilla basado su diseño en parámetros normados en el prontuario, razón por la que, se seleccionó un paso de 1,75 lo medida que proporciona un avance lineal de 0.02 centésimas, es decir, por cada línea marcada hay un avance rotacional de 6 centésimas.

4.1.8. COLA DE MILANO

La cola de milano está normalizada y estas pueden ser de 45° o de 60°. La cola de milano utilizada en la rectificadora de discos fue diseñada y construida de 60°, medida que es aplicada en grandes cargas y que ayuda a evitar los movimientos verticales del porta cuchillas mientras este se desplaza asegurando un trabajo de calidad.

4.1.9. VELOCIDAD DE CORTE

Para el cálculo de la velocidad de corte se ocupó la fórmula 1 la cual es muy sencilla y se la describe a continuación:

$$V_c = \frac{D \times \pi \times n}{1000}$$

Donde:

D: Diámetro de la pieza (disco) en mm, se ocupó el diámetro de un disco promedio para un vehículo rin 13.

n: Número de revoluciones a trabajar (en este caso se utilizó la velocidad más alta de la máquina)

$$V_c = \frac{250\text{mm} \times 3.1416 \times 131}{1000} = 102.89 \text{ m/min}$$

Entonces la velocidad de corte necesaria en 131 rpm es de 102.89 m/min

4.2. POTENCIA REQUERIDA DEL MOTOR

Para calcular la potencia requerida por el motor de la rectificadora de discos es necesaria la aplicación de una fórmula tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Presión específica (ks) la cual está dada por tablas como indica la figura 34 para la fundición gris, $K_s = 165 \text{ kgf/mm}$ a 0.2mm/rpm de avance. Este avance es el recomendado para la rectificación de la fundición gris.
- Profundidad máxima del rectificado (a), según lo recopilado durante la investigación se determinó que el nivel máximo de este material es de 0.6mm y como se rectificará los dos lados del disco simultáneamente, entonces será $a = 1.2\text{mm}$
- Velocidad de corte = 6.34 m/min
- Avance de la herramienta (s)

Se aplica la ecuación 17 para calcular la potencia requerida:

$$P = \frac{K_s \times s \times a \times V_c}{4500 \times n} \quad [17]$$

Donde:

n: rendimiento de la máquina, el mismo que es diferente en cada equipo; pero para la rectificadora es similar al promedio de los tornos que es del 80 al 85 % trabajando a su máxima capacidad.

$$P = \frac{165 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \times 0.2 \frac{\text{mm}}{\text{rev}} \times 1.2 \text{ mm} \times 76.34 \text{ m/min}}{4500 \times 0.85}$$

$$P = 0.79 CV$$

$$P \cong 1 HP$$

Determinada la potencia para el rectificado de discos, se debe sumar $\frac{1}{4}$ Hp de potencia requerida para el arranque, como se muestra en la ecuación 18.

$$P_{total} = 1 HP + \frac{1}{4} Hp = 1.25 HP \quad [18]$$

$$P_{total} \cong 1.5 HP$$

La potencia requerida para la rectificadora de discos es de 1.5 HP, pero las máquinas siempre necesitan una potencia mayor a la útil con el fin de vencer la resistencia de todos los mecanismos que la conforman, sin embargo en razón de disponer de un motor de 2HP, este se lo utilizó, el mismo que permite tener un margen de seguridad del 100% y mejores beneficios para trabajo continuo.

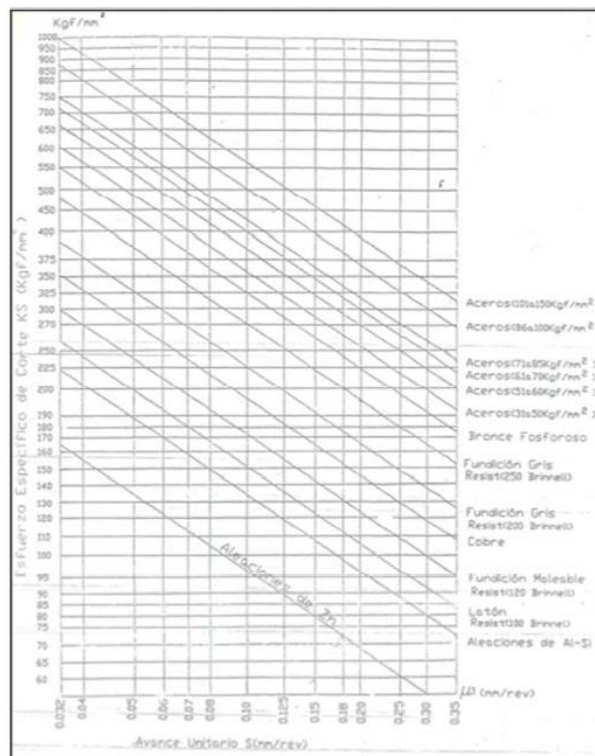


Figura 34. Tabla para obtener presiones específicas Ks. (Avilés, 2011)

4.3. FUERZA DE CORTE

Mediante la aplicación de la fórmula número 2 se obtiene la fuerza de corte requerida para el rectificado.

$$F = s \times ks$$

Primero se calcula s mediante la ecuación 19:

$$s = p \times a \quad [19]$$

Donde:

p : profundidad máxima

a : avance de la herramienta para la rectificación en fundición gris

Reemplazando valores

$$s = 1.2 \text{ mm} \times 0.2 \text{ mm}$$

$$s = 0.24 \text{ mm}^2$$

Una vez obtenido el valor de s se procede a resolver la fórmula número 2

$$F = 165 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \times 0.24 \text{ mm}^2$$

$$F = 39.6 \text{ kgf}$$

4.4. TORQUE DE SALIDA

Para el cálculo del torque final en la salida, es decir el sitio en el que se encuentra ubicado el disco. Este cálculo se realizara para cada velocidad de la máquina utilizando la ecuación 20.

$$T = \frac{HP \times 716}{RPM} \quad [20]$$

4.4.1. TORQUE PARA 50.10 RPM

$$T = \frac{2 \times 716}{50.10}$$

$$T = 28.58 \text{ kg} - m$$

4.4.2. TORQUE PARA 89.4 RPM

$$T = \frac{2 \times 716}{89.4}$$

$$T = 16.02 \text{ kg} - m$$

4.4.3. TORQUE PARA 131 RPM

$$T = \frac{2 \times 716}{131}$$

$$T = 10.93 \text{ kg} - m$$

4.5. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Se procedió a cortar y doblar el tol laminado de 0.2 pulg en dimensiones de 15.8x13.8x17.7 pulg para la fabricación del cabezal, lo que se observa en la figura 35 que consta a continuación:



Figura 35. Tol laminado de 0.2 pulg doblado

Así mismo se cortó, pulió las bases en tol laminado de 0.3 pulg en dimensiones 15.8x13.8 pulg y con ayuda del torno se desbastó el orificio donde van sujetados los rodamientos cónicos de serie 32212, lo que se demuestra en las figuras 36, 37, 38 y 39:



Figura 36. Medición de planitud



Figura 37. Pulida de la base



Figura 38. Trabajo en torno de la base



Figura 39. Base con orificio

En la plancha de 2 pulg se realizó el corte de dos piezas con medidas de 3.2x31.1 pulg para la fabricación de la bancada, según consta en las figuras 40 y 41



Figura 40. Corte de la plancha



Figura 41. Piezas para la bancada

El eje de acero 3 ½ pulg de diámetro adquirido tuvo una longitud de 98.4 pulg, el mismo que fue cortado en un tramo de 13.2 pulg (anexo 7) para conformar el eje principal de la rectificadora acción que se realizó utilizando la amoladora, lo que se puede observar en la figura 42:



Figura 42. Corte del eje 3 ½ pulg

Con ayuda de la suelda oxiacetilénica de una plancha de 0.3 pulg de espesor, se cortaron piezas circulares para elaborar dos bridas de 7.9 pulg de diámetro, como lo muestra la figura 43:



Figura 43. Fabricación de bridas

Construidas las bridas, estas se sueldan a un segmento de un eje hueco de 5 pulg de diámetro y una longitud de 2 pulg (anexo 8) y de esta manera se construyó los cajetines lo que se observa en la figura 44 y posteriormente se los torneo a medida para finalmente proveer buen acabado como se evidencia en la figura 45



Figura 44. Soldado de cojinetes



Figura 45. Torneado de cojinetes

El paso siguiente fue el torneado del eje de acuerdo a las medidas requeridas, después se cilindro mayor cantidad de material en el extremo en el cual va posicionado el disco de freno como se observa en la figura 46.



Figura 46. Desbaste del eje

Las siguientes acciones fueron: hacer cuatro agujeros en los cajetines con ayuda de un taladro de pedestal y taladrina como se observa figura 47, en dichos huecos se abrió rosca lo que se observa en la figura 48.



Figura 47. Taladrado de cajetines



Figura 48. Abriendo rosca

Se ajusta los cajetines a la plancha de tol de 0.3 pulg de espesor con ayuda de pernos (anexo 9), corte y suelda de las planchas del cabezal para dar la forma adecuada, se procede a armar el cabezal el mismo que se observa en

la figura 49 y centrar el eje (que ya posee su respectiva rosca para el ajuste del disco anexo 10).



Figura 49. Ensamblaje del cabezal

Rectificación y construcción de un bisel de 45° en la bancada con ayuda de la fresadora como se ven en la figura 50, acople de una cremallera (con el fin de dar movimiento al carro longitudinal), ensamblaje del cabezal con la bancada como se muestra en la figura 51 y centrado de los mismos (anexo 11, 12).



Figura 50. Rectificación de la bancada



Figura 51. Ensamblaje del cabezal y bancada

Acople del carro transversal con su respectivo porta herramientas y del tornillo sin fin de $\frac{3}{4}$ pulg de diámetro y 13.8 pulg de longitud sobre el carro longitudinal.

Con el fin de proporcionar las velocidades adecuadas para la máquina se fabricaron las poleas requeridas en el torno como se observa en la figura 52 y se las instalaron en la rectificadora.



Figura 52. Fabricación de poleas

Instalación del motorreductor el cual se ve figura 53, el motor este posee 3 HP con 1750 rpm y voltaje de 220, la reductora tiene una relación 18:1 completando de esta manera la estructura de la máquina, una vez realizada las pruebas se procedió a él acababa y pintado de la misma.



Figura 53. Motorreductor

4.6. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

Una vez concluida la construcción de la máquina rectificadora de disco de frenos, se verificó su funcionalidad.

Para la prueba de funcionamiento se utilizó un disco de 11 pulg de diámetro, el que se lo midió con ayuda de un pie de rey lo que se muestra en la figura 54, dando como resultado un espesor de 10.2 pulg (25.8 mm).



Figura 54. Medición de espesor del disco de freno

Con ayuda de los accesorios adecuados, se siguió el siguiente procedimiento:

- Se montó el disco en el eje de trabajo y se procedió a la rectificación en una velocidad de 89.4 rpm, realizando una primera pasada con una profundidad de 0.02 pulg (0.5 mm) lo que se indica en la figura 55.
- Posteriormente se efectuó una segunda pasada para el acabado con una profundidad de 0.004 pulg (0.1 mm) y una velocidad de 131 rpm



Figura 55. Rectificación de disco

Al finalizar el proceso se midió nuevamente el espesor del disco en varios puntos y se obtuvo una medida de 0.97 pulg (24.6 mm) lo que se muestra en la figura 56.



Figura 56. Disco rectificado

La ejecución satisfactoria de las funciones de la máquina construida, es tan o más importante que la construcción misma, pues la utilidad que la rectificadora brinda, establece el éxito del trabajo realizado, por lo que corroborar su función, constituye el escalón final. Así, la verificación fue realizada mediante la observación directa de los discos rectificados en la máquina construida, permitiendo determinar su efectividad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se construyó la máquina rectificadora de discos en base al análisis y diseño requerido utilizando los materiales y equipos disponibles en el mercado local.
- Realizado el análisis de las diferentes máquinas rectificadoras de discos existentes en el medio, tanto la funcionalidad, la utilidad y costos, se concluye que éstas cumplen con su finalidad que es la rectificación de discos, lo que hace la diferencia es la destreza del operador de las misma. Los precios de las máquinas fabricadas industrialmente fluctúan entre 6 000.00 y 15 000.00 USD, mientras el costo aproximado de la máquina fue de 4 000.00 USD, sin embargo su capacidad y eficiencia de trabajo es similar, logrando alcanzar niveles de igual productividad.
- El diseño realizado para la construcción de la máquina determinó las siguientes características: el eje soporta una fuerza puntual de 10000 N. sin sufrir deformaciones; utiliza un motorreductor, lo que posibilita que las poleas de velocidades sean máximo de hasta 5 pulgadas, su estructura sólida asegura un funcionamiento sin vibraciones que afecten al trabajo de rectificado, el torque mínimo es de 10.93 kg-m
- Al construir la máquina rectificadora de discos se optó por materiales que garanticen la durabilidad y que permitan un correcto funcionamiento; y, que estos estén disponibles en el mercado local; para la selección de las partes y piezas se consideró que estos puedan acoplarse; dando como resultado una máquina rectificadora de discos más sencilla que las que se producen industrialmente, con un menor costo (anexo 13) pero con un eficiente funcionamiento.
- La máquina rectificadora de discos construida, contiene los elementos y herramientas necesarias para que funcione tanto de manera transversal como longitudinal facilitando el trabajo de rectificación; lo que se

comprobó en las pruebas realizadas; determinándose que puede rectificar discos de un diámetro máximo de 550 mm.

RECOMENDACIONES

- Es posible dadas las características de la maquina instalar un mecanismo de trabajo automático en el movimiento transversal con el fin optimizar su funcionamiento.
- El diseño de la maquina da la facilidad para el montaje de un mandril prestando el servicio de un torno para trabajos pequeños.
- Debido a su estructura es factible la incorporación de un contrapunto para ampliar el trabajo de torneado.
- Es importante que para el uso de la máquina rectificadora de discos se conozca su funcionamiento, así como los diámetros de los discos de freno, aspectos de los que va a depender el tiempo para el proceso de rectificación.
- Previo el inicio de un trabajo de rectificación se debe considerar el tipo de daño del disco, las especificaciones del fabricante respecto del mínimo del grosor del disco, lo que permitirá que el resultado de la rectificación sea óptima.
- Es fundamental que los estudiantes de carreras técnicas como la de Ingeniería Automotriz, reafirmen los conocimientos adquiridos en las aulas mediante proyectos prácticos como el presente.
- Difundir la importancia de mantener el sistema de freno para la seguridad de los usuarios de los automotores es una necesidad requerida para reducir los accidentes de tránsito.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- AQPSoluciones.com. (2009). *JR Gallegos*. Recuperado el 03 de mayo de 2016, de http://www.jrgallegos.com/principal/index.php?option=com_morfeoshow&task=view&gallery=95
- Aficionados a la Mecanica. (2014). *Aficionados a la Mecanica*. Recuperado el 26 de enero de 2015, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-3.htm>
- autobild.es. (21 de julio de 2010). *autobild.es*. Recuperado el 28 de abril de 2016, de <http://www.autobild.es/practicos/cambia-los-discos-de-freno>
- Autoequipos de Mexico. (2016). *Atlas Automotive Equipment*. Recuperado el 03 de mayo de 2016, de <http://www.autoequipos.com.mx/Rectificador-de-Discos-y-Tambores-Atlas-p/atbl9370.htm>
- AutoEspecialidades.com. (10 de febrero de 2015). *Autoespecialidades.com*. Recuperado el 28 de abril de 2016, de <http://blog.autoespecialidades.com/cristalizan-discos-frenos/>
- Avilés, E. L. (2011). *Diseño y construcción de una rectificadora de discos de freno para*. Quito.
- Bartsch, W. (2001). *Herramientas, máquinas, trabajo*. Barcelona: Reverte.
- Bartsch, W. (2003). *Alrededor del torno*. Barcelona: Reverte.
- Beath, S. M. (2005). *Aerodinamica del automovil de competicion*. Barcelona: Ceac.
- BENAVIDES, A. E. (2011). *ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS DE CORTE Y MATERIALES REFERENTES A UNA RECTIFICADORA “VAN NORMAN” DE DISCOS Y TAMBORES PARA VEHICULOS LIVIANOS*. Quito: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.

BendPak. (2010). *BendPak*. Recuperado el 02 de mayo de 2016, de <http://www.bendpak.com.mx/equipo-para-llantas/rectificadoras-de-frenos/rl-8500.aspx>

Casado, E. Á. (2011). *SISTEMAS DE TRANSMISION Y FRENADO*. Madrid - España: Paraninfo.

Casado, E. Á. (2012). *Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje*. Madrid: Paraninfo.

Falótico, A. (15 de agosto de 2012). *Slide Share*. Recuperado el mayo de 2016, de <http://es.slideshare.net/falota1/presentacin-tornos-13976639>

Gaton, L. (24 de noviembre de 2011). *Actualidad motor*. Recuperado el 28 de abril de 2016, de <http://www.actualidadmotor.com/tu-coche-vibra-al-frenar-causas-y-soluciones/>

Gerling, H. (2006). *Alrededor de las máquinas-herramienta*. Barcelona - España: Reverte.

Gerling, H. (s.f.). *Alrededor de las Máquinas-Herramientas*. España .

Gonzalez, W. (s.f.). *Monografias*. Recuperado el 25 de enero de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos68/tornos/tornos3.shtml>

HARÚN, S. P. (2006). *COMPORTAMIENTO TERMOMECAÁNICO EN UN DISCO DE FRENO MACIZO Y UNO AUTO- VENTILADO*. Valdivia - Chile: Tesis Universidad Austral de Chile, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica.

MANUAL TÉCNICO DE LAS PASTILLAS DE FRENO. (2004). *Roadhouse*. Recuperado el 25 de Enero de 2015, de <http://www.roadhouse.es/empresa>.

Martín, J. C. (2000). *Mecánica del automóvil actual*. Zaragoza: Reverte.

México Digital Comunicación. (2009). *Reparación del sistema de frenos convencionales y ABS*. Mexico: Ecatepec.

Mott, R. L. (2006). *Mcanica de fluidos* (Sexta ed.). Mexico DF: Pearson.

Muntiservicio Automotriz 3H. (marzo de 2011). *Muntiservicio Automotriz 3H*. Recuperado el 05 de mayo de 2016, de <http://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com/2011/03/la-mordaza.html>

Navarro, J. M. (2009). *Técnicas básicas de Mecánica y Electricidad*. Madrid: Paraninfo.

Netvisa. (2015). *Manuales automotrices y libros tecnicos* . Recuperado el 28 de abril de 2016, de <http://www.netvisa.com.mx/ka-frenos.htm>

Parera, A. M. (1993). *Frenos ABS*. Barcelona - España: Marcombo.

Pareto, L. (s.f.). Formulario de tecnología 2da edición.

Perez, J. M. (2007). *SISTEMA DE TRANSMISION Y FRENADO*. España: Paraninfo.

Shigley, J. (2002). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. Mexico: McGraw - Hill.

SJMC. (2011). *SJMC Machine Tools*. Recuperado el 23 de abril de 2016, de <http://www.sjmc.com.cn/es/Product-35.html>

Talleres Santos. (2016). *Talleres Santos*. Recuperado el abril de 2106, de <http://talleressantos.com.ar/torneadora-de-campanas-y-discos-de-frenos-rectificadora-de-volantes-de-embrague/>

Tecno Maquinarias S. A. C. (2008). *Tecno Maquinarias S. A. C*. Recuperado el abril de 2016, de <http://www.tecnomaquinarias.com/CatalogoDetalle.aspx?DesclD=TD302>

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1

Siniestros por provincia a nivel nacional diciembre- 2015

PROVINCIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL A DICIEMBRE - 2015	REPRESENTACIÓN	%
AZUAY	126	99	87	109	120	98	119	124	113	112	135	133	1.373		3,85
BOLIVAR	14	13	18	11	14	20	15	18	10	20	18	12	183		0,51
CANAR	27	21	21	28	17	26	35	24	34	26	18	31	308		0,86
CARCHI	16	12	18	11	14	21	18	12	15	10	11	15	173		0,48
CHIMBORAZO	45	46	44	68	42	46	53	47	42	46	59	72	610		1,71
COTOPAXI	38	44	42	35	63	64	38	50	34	35	30	38	511		1,43
EL ORO	77	71	103	76	86	61	75	71	58	80	80	81	919		2,57
ESMERALDAS	25	22	34	28	22	39	33	48	34	32	50	54	421		1,18
GALAPAGOS	-	4	4	2	2	3	1	2	0	1	1	3	23		0,06
GUAYAS	572	450	581	550	592	537	557	625	584	591	553	607	6.799		19,04
IMBABURA	68	109	148	157	138	101	123	105	114	168	138	157	1.526		4,27
LOJA	60	51	41	56	69	41	55	54	62	57	57	85	688		1,93
LOS RIOS	122	97	95	87	99	109	107	108	110	103	98	115	1.250		3,50
MANABI	123	111	114	85	89	86	111	93	86	95	94	130	1.217		3,41
MORONA SANTIAGO	10	13	13	13	17	11	10	14	12	16	13	14	156		0,44
NAPO	17	12	11	10	17	8	13	10	11	14	17	13	153		0,43
ORELLANA	20	15	20	15	21	11	3	5	7	9	8	10	144		0,40
PASTAZA	12	18	8	19	11	6	9	8	8	2	7	11	119		0,33
PICHINCHA	1.244	1.099	1.332	1.334	1.372	1.376	1.332	1.209	1.272	1.329	1.344	1.511	15.754		44,12
SANTA ELENA	41	38	39	28	42	43	26	28	31	34	31	30	411		1,15
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	68	71	100	102	74	92	89	72	74	83	69	105	999		2,80
SUCUMBIOS	11	9	15	9	22	5	6	13	4	11	13	11	129		0,36
TUNGURAHUA	128	142	126	123	143	145	125	143	155	158	152	195	1.735		4,86
ZAMORA CHINCHIPE	8	10	9	11	10	10	8	9	5	7	5	13	105		0,29
TOTAL	2.872	2.577	3.023	2.967	3.096	2.957	2.961	2.892	2.875	3.039	3.001	3.446	35.706		100
%	8,04	7,22	8,47	8,31	8,67	8,28	8,29	8,10	8,05	8,51	8,40	9,65	100,00		

Fuente: DNCTSV, CTE, EMOV - Cuenca, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja, Agencia Metropolitana de Tránsito - Quito, Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta, Municipio de Ambato, Municipio de Ibarra, Autoridad de Tránsito Municipal de Guayaquil.

Anexo 2

Siniestros por causas probables a nivel nacional a diciembre - 2015

CODIGO	CAUSAS PROBABLES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL A DICIEMBRE - 2015	REPRESENTACION	%
C01	CASO FORTUITO O FUERZA MAYOR (EXPLOSION DE NEUMATICO NUEVO, DERRUMBE, INUNDACION, CAIDA DE PUENTE, ARBOL, PRESENCIA INTEMPESTIVA E IMPREVISTA DE SEMOVIENTES EN LA VIA, ETC)	135	40	58	55	37	48	38	36	51	32	34	36	600		1,68
C10	CONDICIONES AMBIENTALES Y/O ATMOSFERICAS (NIEBLA, NEBLINA, GRANIZO, LLUVIA)	50	46	107	69	35	26	27	8	3	34	22	31	458		1,28
C15	DEJAR O RECOGER PASAJEROS EN LUGARES NO PERMITIDOS	27	23	29	26	22	37	28	46	44	38	30	28	378		1,06
C24	NO RESPETAR LAS SEÑALES MANUALES DEL AGENTE DE TRANSITO	64	44	30	21	24	42	45	17	15	13	17	15	347		0,97
C27	PEATON QUE CRUZA LA CALZADA SIN RESPETAR LA SEÑALIZACION EXISTENTE (SEMAFOROS O SEÑALES MANUALES)	31	8	11	19	16	33	14	31	11	39	33	44	290		0,81
C05	FALLA MECANICA EN LOS SISTEMAS Y/O NEUMATICOS (SISTEMA DE FRENOS, DIRECCION, ELECTRONICO O MECANICO)	74	29	15	12	18	19	11	18	15	14	17	27	269		0,75
C17	BAJARSE O SUBIRSE DE VEHICULOS EN MOVIMIENTO SIN TOMAR LAS PRECAUCIONES DEBIDAS	11	14	11	12	27	11	13	36	19	4	14	16	188		0,53
C21	MALAS CONDICIONES DE LA VIA Y/O CONFIGURACION (ILUMINACION Y DISEÑO)	11	15	9	10	19	11	11	10	8	9	14	19	146		0,41

Fuente: DNCTSV, CTE, EMOV - Cuenca, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja, Agencia Metropolitana de Tránsito - Quito, Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta, Municipio de Ambato, Municipio de Ibarra, Autoridad de Tránsito, Municipal de Guayaquil.

Anexo 3

Fallecidos en sitio por provincia a nivel nacional diciembre- 2015

PROVINCIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL A DICIEMBRE 2015	REPRESENTACIÓN	%
AZUAY	8	7	3	5	9	8	4	7	4	3	6	7	71		3,32
BOLIVAR	2	6	2	2	-	3	2	5	2	3	2	4	33		1,54
CANAR	13	2	4	3	-	3	3	8	2	17	1	5	61		2,85
CARCHI	3	2	5	2	1	4	2	4	1	1	2	2	29		1,36
CHIMBORAZO	6	3	9	6	9	8	9	5	3	6	12	6	82		3,84
COTOPAXI	9	11	10	10	8	13	9	9	8	6	5	15	113		5,29
EL ORO	7	4	10	11	18	5	4	5	7	3	10	5	89		4,16
ESMERALDAS	7	7	10	7	1	5	4	11	7	6	9	11	85		3,98
GALAPAGOS		2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	4		0,19
GUAYAS	41	27	48	36	40	38	39	50	31	52	38	37	477		22,31
IMBABURA	2	4	5	8	3	3	7	3	6	6	7	4	58		2,71
LOJA	9	4	3	3	7	6	6	8	10	6	10	4	76		3,55
LOS RIOS	21	12	13	8	8	14	17	10	5	15	13	27	163		7,62
MANABI	12	10	19	7	14	10	14	10	18	11	10	10	145		6,78
MORONA SANTIAGO	3	1	1	2	-	3	1	5	1	4	3	2	26		1,22
NAPO	3	-	2	2	2	1	3	2	3	1	4	4	27		1,26
ORELLANA	-	2	5	1	3	3	2	1	1	2	2	3	25		1,17
PASTAZA	1	-	2	3	-	-	-	1	3	-	2	2	14		0,65
PICHINCHA	33	17	39	25	34	16	27	33	22	31	25	25	327		15,29
SANTA ELENA	3	5	1	1	4	1	2	4	2	1	4	4	32		1,50
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	5	2	5	7	3	4	7	8	8	8	9	9	75		3,51
SUCUMBÍOS	2	-	1	2	6	1	3	4	-	1	3	1	24		1,12
TUNGURAHUA	5	5	7	9	16	7	5	11	3	5	8	9	90		4,21
ZAMORA CHINCHIPE	-	1	1	-	2	-	3	2	-	1	-	2	12		0,56
TOTAL	195	134	205	160	188	156	173	207	147	189	185	199	2.138		100
%	9,12	6,27	9,59	7,48	8,79	7,30	8,09	9,68	6,88	8,84	8,65	9,31	100,00		

Fuente: DNCTSV, CTE, EMOV - Cuenca, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja, Agencia Metropolitana de Tránsito - Quito, Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta, Municipio de Ambato, Municipio de Ibarra, Autoridad de Tránsito Municipal de Guayaquil.

Anexo 4

Fallecidos por causas probables a nivel nacional a diciembre – 2015

CÓDIGO	CAUSAS PROBABLES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL A DICIEMBRE - 2015	%
C01	CASO FORTUITO O FUERZA MAYOR (EXPLOSION DE NEUMATICO NUEVO, DERRUMBE, INUNDACION, CAIDA DE PUENTE, ARBOL, PRESENCIA INTEMPESTIVA E IMPREVISTA DE SEMOVIENTES EN LA VIA, ETC)	21	2	4	3	4	5	10	3	7	3	5	6	73	3,41
C24	NO RESPETAR LAS SEÑALES MANUALES DEL AGENTE DE TRANSITO	8	5	3	2	1	1	3	2	2	1	-	-	28	1,31
C10	CONDICIONES AMBIENTALES Y/O ATMOSFERICAS (NIEBLA, NEBLINA, GRANIZO, LLUVIA)	2	-	10	1	2	6	1	-	1	2	-	3	28	1,31
C03	CONducIR EN ESTADO DE SOMNOLENCIA O MALAS CONDICIONES FISICAS (SUEÑO, CANSANCIO Y FATIGA)	4	2	3	6	3	1	1	-	-	3	1	-	24	1,12
C27	PEATON QUE CRUZA LA CALZADA SIN RESPETAR LA SEÑALIZACION EXISTENTE (SEMAFOROS O SEÑALES MANUALES)	3	1	-	-	2	7	-	6	1	2	-	3	25	1,17
C15	DEJAR O RECOGER PASAJEROS EN LUGARES NO PERMITIDOS	-	2	4	1	2	1	2	7	2	-	1	1	23	1,08
C05	FALLA MECANICA EN LOS SISTEMAS Y/O NEUMATICOS (SISTEMA DE FRENOS, DIRECCION, ELECTRONICO O MECANICO)	5	4	1	3	3	2	-	1	1	-	-	-	20	0,94
C22	ADELANTAR O REBASAR A OTRO VEHÍCULO EN MOVIMIENTO EN ZONAS O SITIOS PELIGROSOS TALES COMO: CURVAS, PUENTES, TÚNELES, PENDIENTES, ETC.	-	-	4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	19	0,89
C21	MALAS CONDICIONES DE LA VIA Y/O CONFIGURACION (ILUMINACION Y DISEÑO)	1	-	-	1	2	3	1	1	2	-	2	4	17	0,80
C07	TRANSITA BAJO INFLUENCIA DE ALCHOL, SUSTANCIAS ESTUPEFACIENTES O PSICOTROPICAS Y/O MEDICAMENTOS	2	-	-	-	2	1	-	1	-	-	2	2	10	0,47
C17	BAJARSE O SUBIRSE DE VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO SIN TOMAR LAS PRECAUCIONES DEBIDAS.	-	-	-	1	1	-	1	2	-	-	1	-	6	0,28
C08	NO CUMPLIR CON LAS NORMAS DE SEGURIDAD NECESARIAS AL TRANSPORTAR CARGAS (PESO Y VOLUMEN)	-	-	-	2	-	-	1	-	1	-	1	-	5	0,23

Fuente: DNCTSV, CTE, EMOV - Cuenca, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja, Agencia Metropolitana de Tránsito - Quito, Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta, Municipio de Ambato, Municipio de Ibarra, Autoridad de Tránsito, Municipal de Guayaquil.

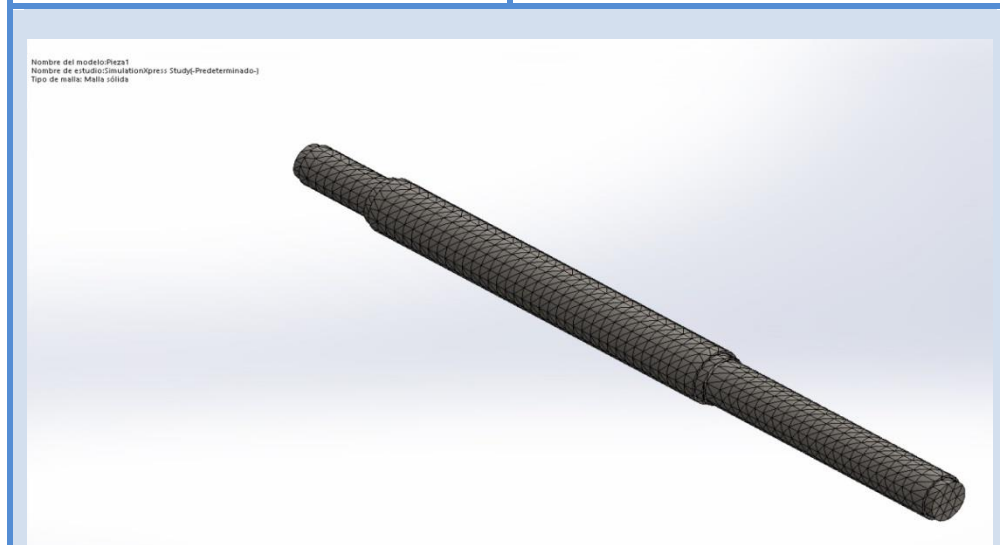
Anexo 5

Información de malla de solidworks

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	11.4998 mm
Tolerancia	0.574988 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

INFORMACIÓN DE MALLA - DETALLES

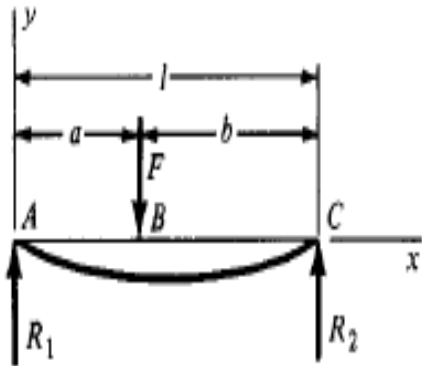
Número total de nodos	14781
Número total de elementos	9140
Cociente máximo de aspecto	7.458
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	95.8
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:01
Nombre de computadora:	MAREINS



Anexo 6

Cálculos para carga intermedia del libro de Shigley

6 Apoyos simples. Carga intermedia, $a < b$



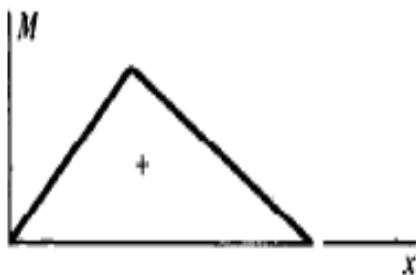
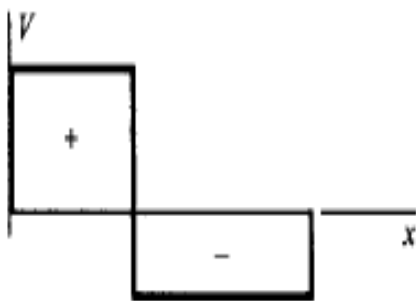
$$R_1 = \frac{Fb}{l} \quad R_2 = \frac{Fa}{l}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

$$M_{AB} = \frac{Fbx}{l} \quad M_{BC} = \frac{Fa}{l}(l-x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fbx}{6EI}(x^2 + b^2 - l^2)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa(l-x)}{6EI}(x^2 + a^2 - 2lx)$$



C

Anexo 7

Tramo de eje 3 ½ pulg cortado



Anexo 8

Torneado de eje hueco de 5 pulg de diámetro



Anexo 9

Ajusta los cajetines a la plancha de tol de 0.3 pulg de espesor



Anexo 10

Roscado del eje principal



Anexo 11

Prueba de ensamble de bancada antes del bisel



Anexo 12

Prueba de montaje del disco en el eje principal



Anexo 13

Proforma de rectificadoras de disco



Ravaglioli



PRO-FORMA GRUPO CORDOVA

QUITO: Alberto Spencer N16-116 y J.M. Velasco Ibarra Teléfonos: 02-242-9411 / 0984898705

SUCURSAL VENTAS MACHALA: 098-280-9018

RUC.: 1719240929001- AUT. S.R.L: 1115517431

FECHA: 12-may-16

Empresa:	Ciudad:	
Nombre:	Forma de pago:	CONTADO
RUC:	Numero de pedido:	
Dirección:	Disponibilidad:	VALIDO 15 DIAS
Teléfono:		

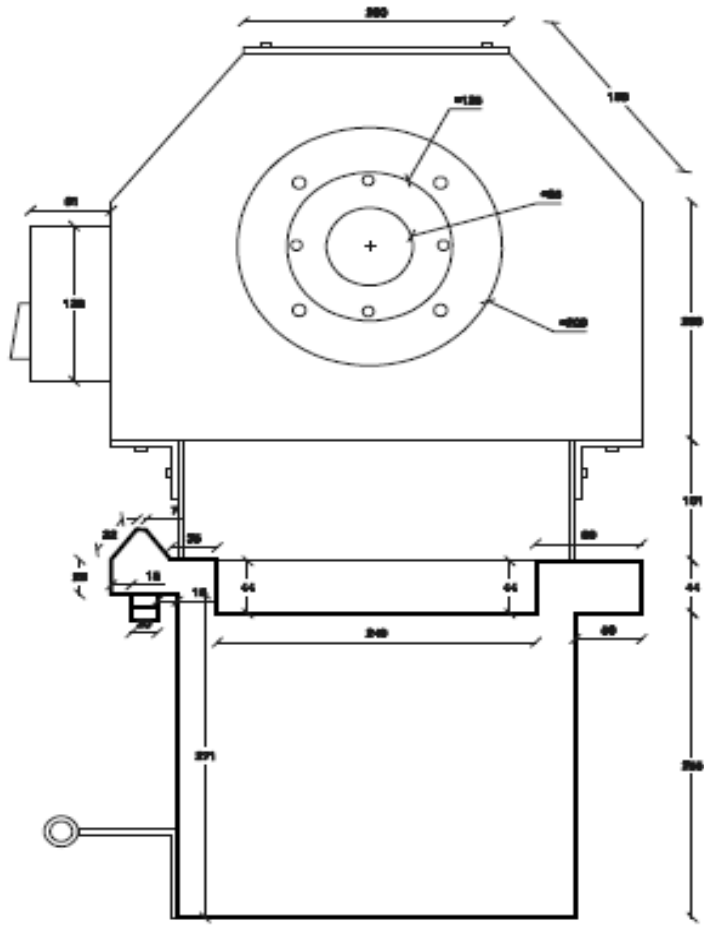
Cantidad	Descripción de la mercancía	Código	Precio Unitario	Valor final
1	RECTIFICADOR DE DISCOS Y TAMBORES MARSHALL TAIWAN	C9370	\$6.400,00	\$6.400,00
1	RECTIFICADOR DE DISCOS Y TAMBORES AUTOPRO-UP KOREA	DBL-STAR	\$7.200,00	\$7.200,00
1	RECTIFICADOR DE DISCOS SIN DESMONTAR AUTOPRO-UP KOREA	DBL-3000	\$5.860,00	\$5.860,00
			SUBTOTAL:	\$19.460,00
			IVA 14%	\$2.724,40
			TOTAL:	\$22.184,40

DIFERENTES MARCAS Y MODELOS

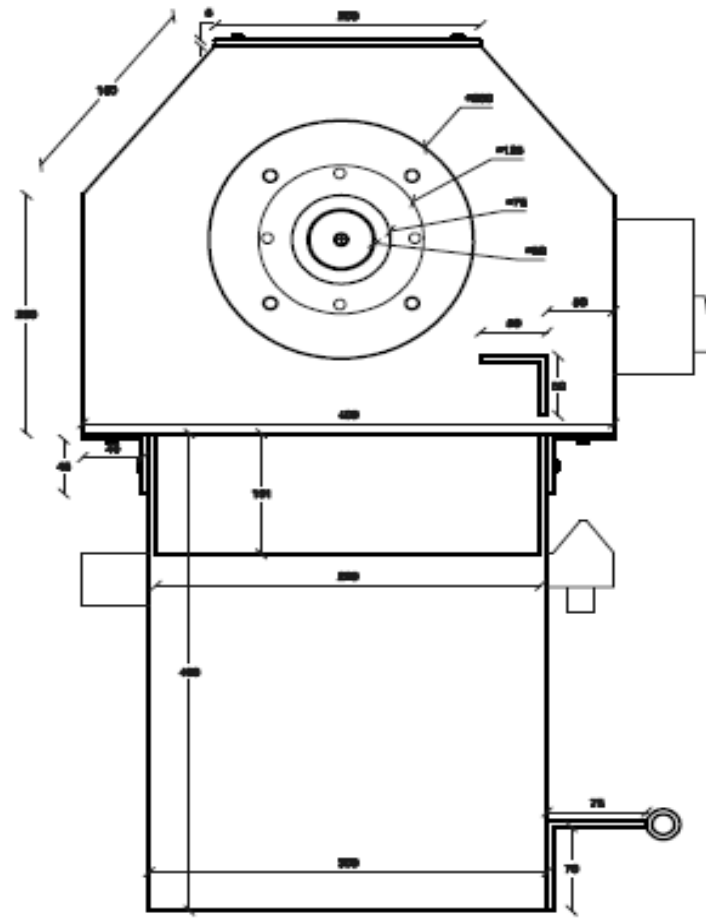
Comprador:

Vendedor:

Grupo Córdova



VISTA FRONTAL

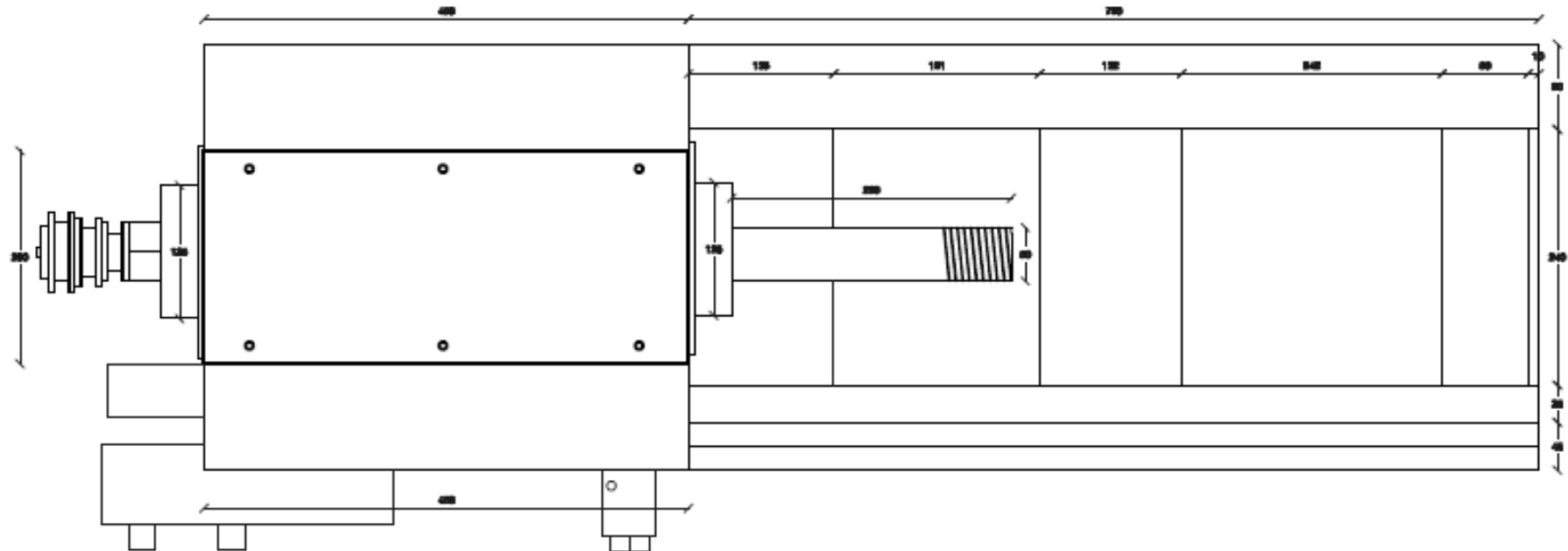


VISTA POSTERIOR

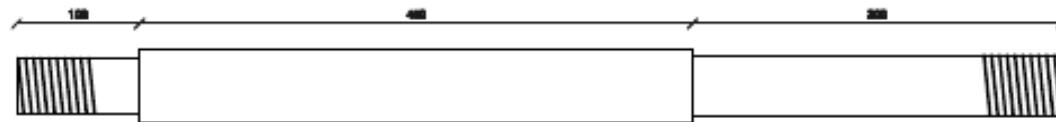
Planos de la maquina

Anexo 14

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	ESCALA: 1:50	NUMERO: 1/7
	CONTIENE: Cabezal y bacanda	FECHA: JUNIO 2016

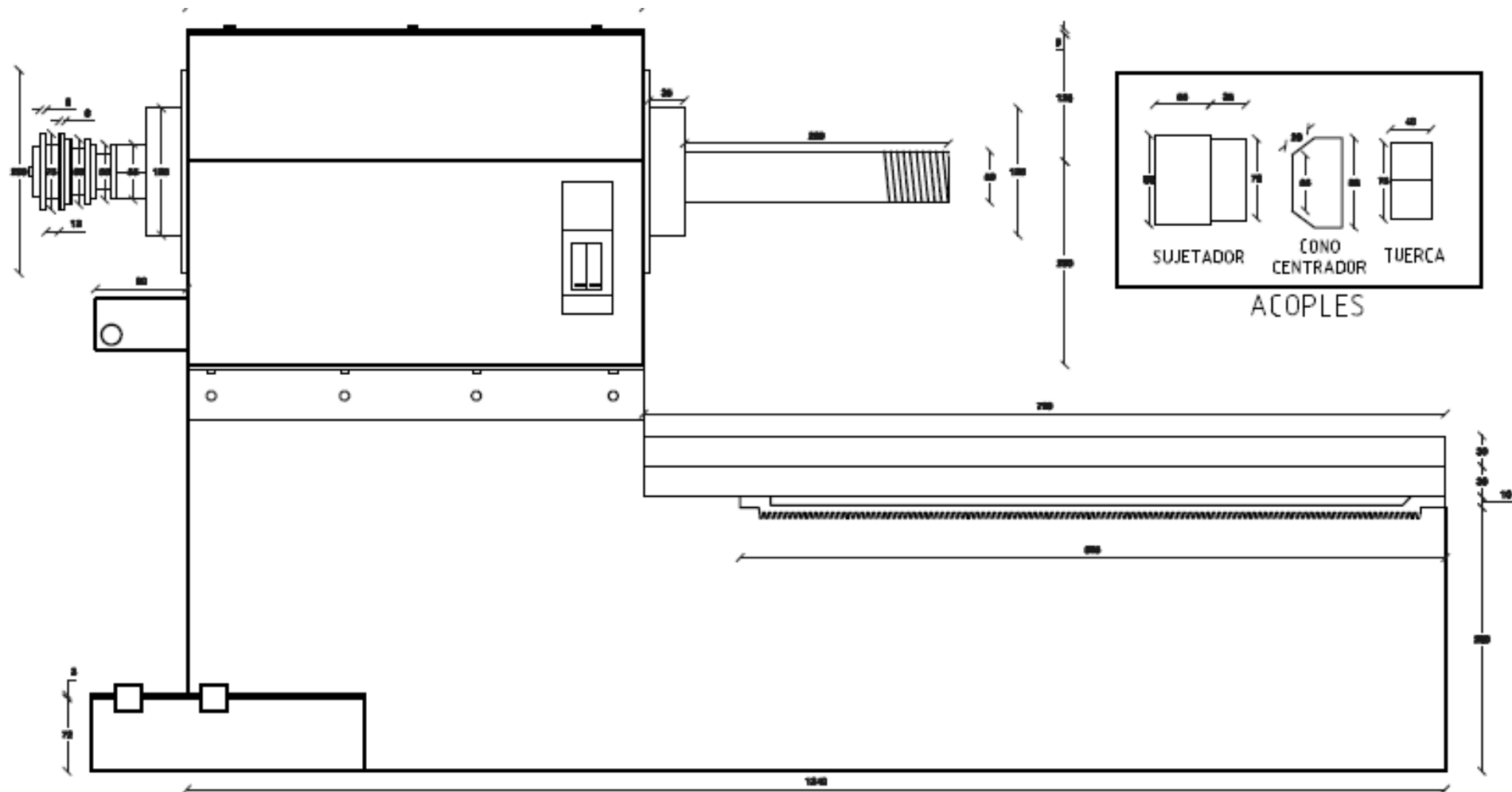


VISTA SUPERIOR



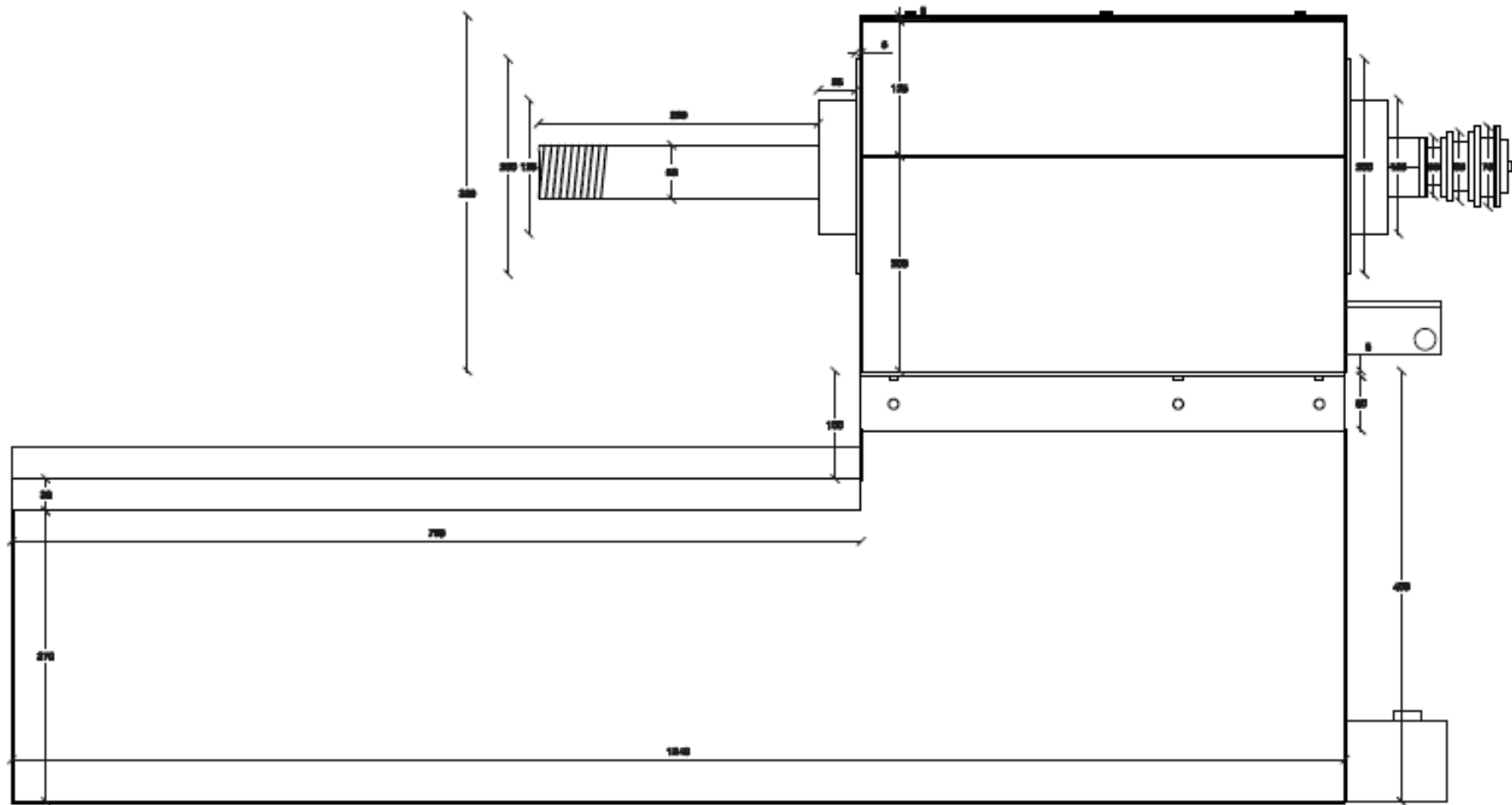
EJE DEL CABEZAL

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA EQUINOCCIAL	ESCALA: 1:50	NUMERO: 2/7
	CONTIENE: Cabezal y bacanda Y Eje	FECHA: JUNIO 2016



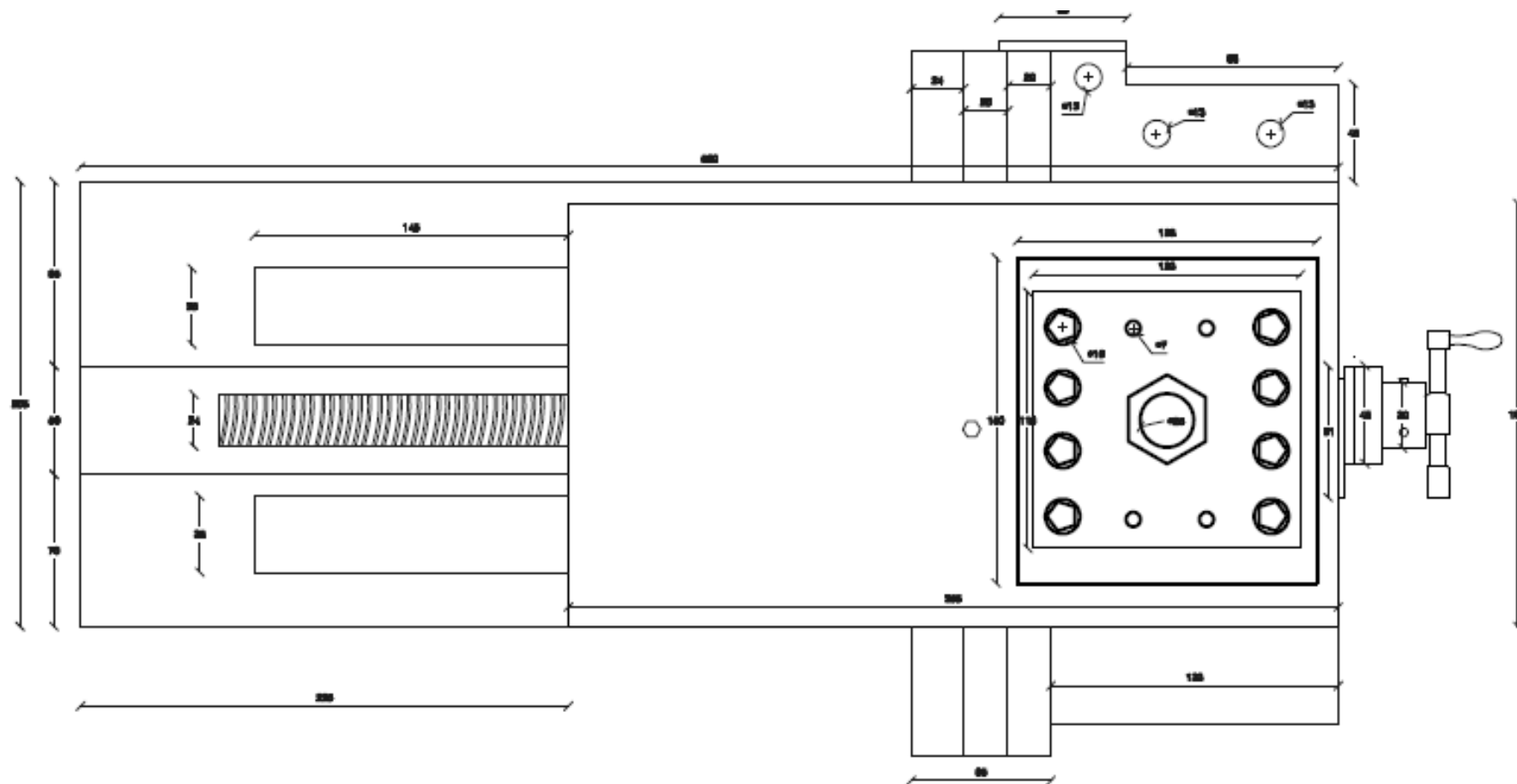
VISTA LATERAL IZQUIERDA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL CONTIENE: Cabezal y bacanda	ESCALA: 1:50	NUMERO: 3/7
	FECHA: JUNIO 2016	ELABORACION: ERICK RAMOS V.



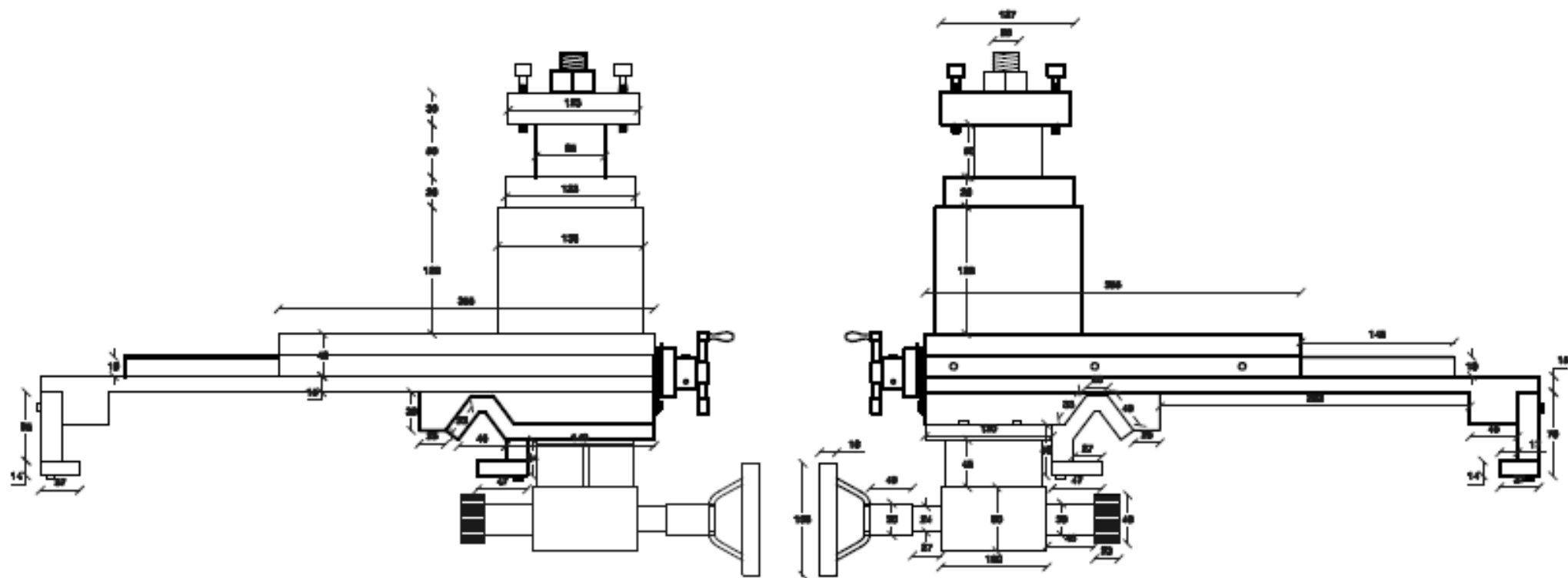
VISTA LATERAL DERECHA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL CONTIENE: Cabezal y bacanda	ESCALA: 1:50	NUMERO: 4/7
	FECHA: JUNIO 2016	ELABORACION: ERICK RAMOS V.



VISTA SUPERIOR

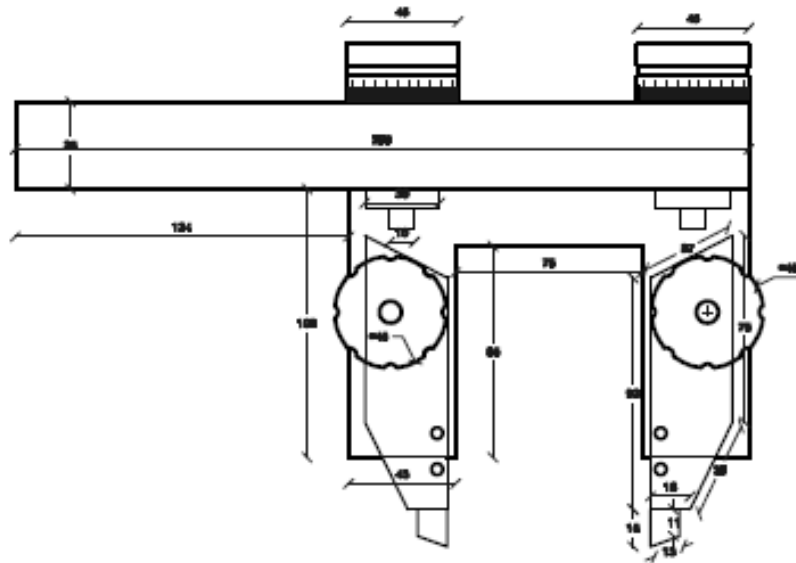
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	ESCALA: 1:25	NUMERO: 5/7
	CONTIENE: Carro Móvil	FECHA: JUNIO 2016



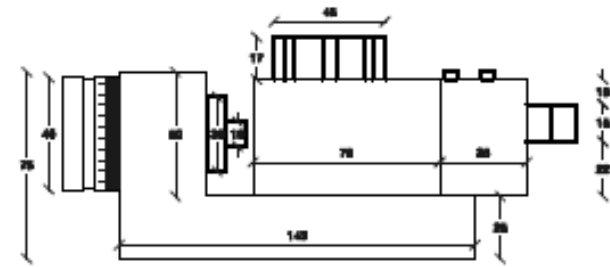
VISTA LATERAL DERECHA

VISTA LATERAL IZQUIERDA

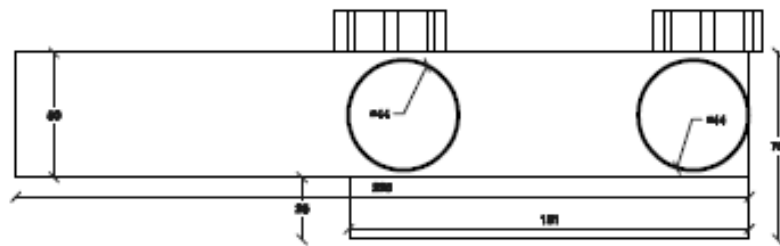
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL CONTIENE: Carro Movil	ESCALA: 1:50	NUMERO: 6/7
	FECHA: JUNIO 2016	ELABORACION: ERICK RAMOS V.



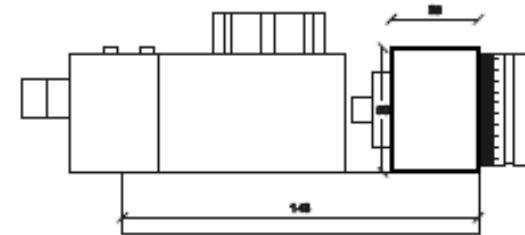
VISTA SUPERIOR



VISTA DERECHA



VISTA POSTERIOR



VISTA IZQUIERDA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL CONTIENE: Sistema de Cuchillas	ESCALA: 1:25	NUMERO: 7/7
	FECHA: JUNIO 2016	ELABORACION: ERICK RAMOS V.