



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

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

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DIDÁCTICO
Y BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA DE FRENOS DE AIRE
DEL EJE POSTERIOR, PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
EQUINOCCIAL**

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

GALARRAGA NARANJO DARIO JAVIER

DIRECTOR: ING. ALEX GUZMÁN

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:	1713242590
APELLIDO Y NOMBRES:	Galárraga Naranjo Dario Javier
DIRECCIÓN:	Urb. Biloxi calle A y B casa 152
EMAIL:	dj_galarraga@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	2631484
TELÉFONO MOVIL:	0987611974

DATOS DE LA OBRA	
TITULO:	Diseño y construcción de un simulador didáctico y banco de pruebas del sistema de frenos de aire del eje posterior, para la carrera de ingeniería automotriz de la universidad tecnológica equinoccial
AUTOR O AUTORES:	Galárraga Naranjo Dario Javier
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	2016-05-17
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Alex Guzmán
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Automotriz
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	La industria automotriz ha tenido un crecimiento y adelanto en todos sus campos, adoptando día a día mejores sistemas de funcionamiento en el vehículo es por esta razón que la presente propuesta académica y proyecto de tesis pretende mejorar el aprendizaje y generar profesionales con un desempeño teórico práctico y de esta forma

	<p>ser competitivos en el campo de la Ingeniería Automotriz.</p> <p>La tesis de grado reunió información sobre los principales sistemas de freno en los vehículos a partir de las 6 toneladas destacando así el sistema de frenos neumáticos y realizando un estudio de todas las partes que compone el sistema, detallando sus mecanismos.</p> <p>Es así que el sistema de frenos neumáticos consta de: Compresor de aire, regulador de presión, filtro de aire, depósito de aire, válvula de drenaje, válvula de retención, válvula de protección de presión, válvula relé, válvula de seguridad, interruptor de luz de freno, secador de aire, pulmón posterior de doble acción, pulmón delantero simple efecto, válvula de parqueo, manómetro de presión, indicador de presión baja, válvula principal del pedal del freno, válvula de liberación rápida, tensor de ajuste, cañerías, eje de levas de freno, rodillos, muelles de recuperación, elemento frenante (zapatas), plato del freno y tambor de freno y finalizando el marco teórico con información sobre los sistemas de freno y coeficientes de fricción</p>
PALABRAS CLAVES:	<p>Sistema de frenos neumáticos Automotriz – Vehículos Partes y elementos mecánicos</p>
ABSTRACT:	<p>The automotive industry has had a growth and development in all its fields, adopting the best systems of operation in the automobile day by day, that is why these academic proposal and dissertation project pretend to improve the learning and generate professionals with a practical and theoretical</p>

	<p>performance in order to be competitive in the automotive engineering field.</p> <p>The dissertation gathered information about main brake systems in the 6 tons automobiles, emphasizing the air brake system and doing a study of each parts which makes up the system and detailing its mechanism.</p> <p>The brake system is made of: air compressor, pressure controller, air filter, air tank, drainage valve, retention valve, protection valve, rele valve, security valve, brake power switch, air dryer, doble action back lung, simple effect forward lung, parking valve, pressure gauge, low pressure indicator, main brake pedal valve, fast unlocking valve, crash press, plumbing, brake draft axis, rollers, recovery platform, brake shoes, brake plate , brake drum, and finally the theoretical basis with information about the brake systems and the coefficient of friction.</p>
KEYWORDS	<p>Air brake system Automotive - Vehicles parts and mechanical elements</p>

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

f: 

GALÁRRAGA NARANJO DARIO JAVIER

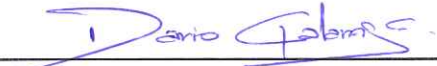
1713242590

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, GALÁRRAGA NARANJO DARIO JAVIER, CI: 1713242590 autor/a del proyecto titulado: **TITULO (únicamente los nombres propios con mayúscula)** previo a la obtención del título de **GRADO ACADÉMICO COMO APRECE EN EL CERTIFICADO DE EGRESAMIENTO** 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, 08 de junio del 2016

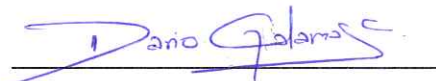
f. 

GALÁRRAGA NARANJO DARIO JAVIER
1713242590

DECLARACIÓN

Yo **DARIO JAVIER GALARRAGA NARANJO**, 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.

A handwritten signature in blue ink, reading "Darío Galarraga Naranjo", is written over a horizontal line.

Darío Javier Galarraga Naranjo

C.I. 1713242590

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título **“Diseño y construcción de un simulador didáctico y banco de pruebas del sistema de frenos de aire del eje posterior para la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial”**, que, para aspirar al título de **Ingeniero Automotriz** fue desarrollado por **Darío Javier Galarraga Naranjo**, 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. Alex Guzmán

C.I. 1716331291

DIRECTOR DEL TRABAJO

DEDICATORIA

Dedico con todo mi amor este trabajo:

A mi padre Armando Galarraga y a mi madre Elsa Naranjo por apoyarme incondicionalmente en todas las etapas de mi vida ya que ellos con su infinito cariño han podido darme lo necesario para ser un triunfador y salir adelante cumpliendo todas las metas y sueños anhelados.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento:

A Dios porque el con su infinita misericordia me ha permitido estar en esta vida.

A mis padres Armando y Elsa por haberme dado la vida y educarme para ser un hombre de bien.

A mis adorados hijos Mateo, Martin, Esteban y a mí amada esposa Pilin por hacer mis días más felices y por estar siempre junto a mí.

A mis familiares y amigos que han estado siempre presentes durante el desarrollo de mi tesis en especial a mi suegro Aníbal Guayaquil.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial, a la Facultad de Ingeniería Automotriz y a todos los docentes por brindarme todos los conocimientos necesarios para ser profesionales de bien y en especial al Ing. Alex Guzmán director de tesis por brindarme todo el apoyo durante este proyecto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. PRINCIPIOS DEL SISTEMA DE FRENOS NEUMÁTICOS.	3
2.2. AIRE COMPRIMIDO.....	3
2.1.1. FRENOS NEUMÁTICOS.	4
2.1.1.1. Funcionamiento de los frenos neumáticos.....	4
2.1.2. SISTEMA DE FRENOS NEUMÁTICOS Y SUS COMPONENTES.	5
2.2.1.1. El compresor.	6
2.2.1.2. Regulador de presión.	7
2.2.1.3. Tanques de almacenamiento de aire.....	7
2.2.1.4. Válvula de drenaje.....	8
2.2.1.5. Válvula de retención.	9
2.2.1.6. Válvula de protección de presión.....	9
2.2.1.7. Válvula relé.	10
2.2.1.8. Válvula de seguridad.	11
2.2.1.9. Secador de aire.	11
2.2.1.10. Válvula de parqueo.	12
2.2.1.11. Pulmón posterior de doble acción.	12
2.2.1.12. Manómetros de presión.....	13

2.2.1.13. Indicador de presión baja.	14
2.2.1.14. Válvula principal de pedal de freno.	14
2.2.1.15. Tensor de ajuste.	15
2.2.1.16. Cañerías.	16
2.2.1.17. Eje de levas del freno.	17
2.2.1.18. Rodillos.	17
2.2.1.19. Muelles de recuperación.	18
2.2.1.20. Elemento frenante.	18
2.2.1.21 Tambor del freno.	19
3. METODOLOGÍA.	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 22	
4.1. SISTEMA DE TRANSMISIÓN.	22
4.2. SELECCIÓN DEL COMPRESOR.	23
4.3. SELECCIÓN DE CAÑERIAS.	24
4.4. ESTRUCTURA.	25
4.4.1. DISEÑO Y ANALISIS DE CARGAS DE LA ESTRUCTURA.	27
4.4.1.1. Cálculos de los esfuerzos, generados por las cargas del eje diferencial.	27
4.5. SELECCIÓN DE COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS DEL SIMULADOR DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE FRENOS.	39
4.5.1. EJE DIFERENCIAL.	40
4.5.2. COMPRESOR.	41
4.5.3 PULMÓN POSTERIOR DE FRENO.	42
4.5.4 TENSOR DE AJUSTE.	42
4.5.5 VÁLVULA DEL PEDAL DEL FRENO.	43
4.5.6 VÁLVULA DE BLOQUEO.	44
4.5.7 MANÓMETROS DE PRESIÓN.	44
4.5.8 MANGUERAS DE AIRE O CAÑERÍA.	45

4.5.9 ACOPLER RÁPIDOS.....	45
4.5.10. DIAGRAMA DEL SISTEMA NEUMATICO DE FRENADO	46
4.5.12 SWITCH DEL MOTOR ELÉCTRICO	48
4.5.13 LUCES DE AVISO DE FRENADO.....	48
4.5.14 CABLES	48
4.5.15 INTERRUPTOR ON / OFF.....	48
4.5.17 DIAGRAMA ELÉCTRICO	49
4.6. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE GIRO Y POTENCIA DEL MOTOR ELÉCTRICO.	49
4.6.1. CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE TRASMISIÓN.....	51
4.6.2. CÁLCULO DE LA FRECUENCIA DE GIRO DEL MOTOR.....	52
4.6.3. CÁLCULO DE VELOCIDAD LINEAL Y ANGULAR DEL TAMBOR	53
4.6.4. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.....	55
4.6.5 SELECCIÓN DE LA BANDA DE TRASMISIÓN.....	56
4.7. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	56
4.7.1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.	57
4.7.1.1 Medición.....	58
4.7.1.2 Corte	58
4.7.1.3 Soldadura.....	58
4.7.1.4 Pintura.....	59
4.8 MANUAL DE USO Y MANTENIEMIENTO DEL SIMULADOR DIDÁCTICO	62
4.8.1. PRUEBAS DE PRESIÓN DE AIRE EN EL SISTEMA.	62
4.8.2. PLAN DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.	62
4.8.3. MANUAL DE USO Y FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SIMULADOR DIDACTICO DE FRENOS DE AIRE.	65
4.8.4. INSTRUCCIONES DE USO DEL BANCO DIDÁCTICO.....	70
4.9. GUÍAS DE PRÁCTICAS.	70
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71

5.1. CONCLUSIONES.....	71
5.2. RECOMENDACIONES.....	72
NOMENCLATURA O GLOSARIO.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	74
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Alternativa teniendo en cuenta el tipo de transmisión a utilizar. ...	23
Tabla 2. Alternativa teniendo en cuenta el tipo de compresor de aire comprimido a utilizar.	24
Tabla 3. Alternativa teniendo en cuenta el tipo cañería a utilizar.	25
Tabla 4. Ponderación de la fuerza de frenado.	37
Tabla 5. Elementos del sistema neumático.	40
Tabla 6. Elementos eléctricos del sistema.	40
Tabla 7. Datos técnicos tensor de ajuste.	43
Tabla 8. Datos técnicos del motor eléctrico.	48
Tabla 9. Características del grupo reductor diferencial.	50
Tabla 10. Dimensiones de las poleas.	51
Tabla 11. Frecuencia del motor y datos del tambor.	53
Tabla 12. Datos de los elementos de transmisión.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Circuito del freno neumático.....	6
Figura 2. Compresor de aire	6
Figura 3. Regulador de presión.....	7
Figura 4. Depósitos de aire	8
Figura 5. Válvula de drenaje	8
Figura 6. Válvula de retención.....	9
Figura 7. Válvula de protección de presión	10
Figura 8. Válvula relé	10
Figura 9. Válvula de seguridad.....	11
Figura 10. Secadores de aire	11
Figura 11. Válvula de parqueo	12
Figura 12. Pulmón posterior de doble acción	13
Figura 13. Manómetro de presión	13
Figura 14. Indicador de presión baja	14
Figura 15. Válvula principal de pedal de freno	15
Figura 16. Tipos de Tensores de ajuste	15
Figura 17. Despiece tensor de ajuste.....	16
Figura 18. Cañerías	16
Figura 19. Sistema eje de levas	17
Figura 20. Rodillos	17
Figura 21. Muelles de recuperación	18
Figura 22. Zapatas de freno	18
Figura 23. Tambor de freno	19
Figura 24. Conjunto eje diferencial.....	26
Figura 25. Carga en la posición del eje diferencial	27
Figura 26. Diagrama de cuerpo libre viga A.	28
Figura 27. Diagrama de fuerzas.....	30
Figura 28. Diagrama de fuerzas cortantes (V) momento flector (M).	30

Figura 29. Diagrama cuerpo libre viga B.	31
Figura 30. Diagrama de reacciones viga B	31
Figura 31. Diagrama de fuerzas cortantes (V) momento flector (M).	33
Figura 32. Vista frontal del sistema neumático de frenos de aire eje posterior	39
Figura 33. Eje diferencial.	41
Figura 34. Compresor de aire.	42
Figura 35. Despiece pulmón de freno de aire.....	42
Figura 36. Tensor de ajuste	43
Figura 37. Despiece de la válvula de freno	43
Figura 38. Válvula de bloqueo PP-2™	44
Figura 39. Manómetros del sistema.	44
Figura 40. Mangueras de aire del tipo MPC 2105	45
Figura 41. Acoples rápidos	45
Figura 42. Circuito de frenos neumáticos.....	46
Figura 43. Accionamiento de la Válvula de Freno	47
Figura 44. Accionamiento de la Válvula de bloqueo.....	47
Figura 45. Diagrama eléctrico funcionamiento	49
Figura 46. Conjunto relación de transmisión	51
Figura 47. Diagrama de la velocidad tangencial.....	54
Figura 48. Sistema de poleas.....	56
Figura 49. Cortadora eléctrica.....	58
Figura 50. Suelda MAG.....	58
Figura 51. Proceso de pintura	59
Figura 52. Aplicación de pintura de la mesa.....	61
Figura 53. Diseño del conjunto motor – poleas y acople.	61
Figura 54. Diseño de la base porta válvulas.....	62
Figura 55. Cañerías	63
Figura 56. Válvulas	63
Figura 57. Compresor	63
Figura 58. Tensor de ajuste	64
Figura 59. Pulmón de freno.....	64

Figura 60. Diafragma	65
Figura 61. Zapatas de freno	65
Figura 62. Panel de control	66
Figura 63. Manómetros del sistema de aire	66
Figura 64. Regulador de presión	67
Figura 65. Válvula del bloqueo del sistema	67
Figura 66. Tambor del freno.....	67
Figura 67. Pedal del freno.....	68
Figura 68. Motor eléctrico	68
Figura 69. Cañerías y acoples del sistema.....	68
Figura 70. Compresor del sistema neumático	68
Figura 71. Pulmón de doble efecto	69
Figura 72. Tensor regulador de los frenos	69
Figura 73. Conectores eléctricos.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1. Momento de inercia.....	79
ANEXO 2. Resistencia a la tracción de un tubo S 275 JOH.....	80
ANEXO 3. Costos del proyecto.....	81
ANEXO 4. Mesa de trabajo	82
ANEXO 5. Ensamble vista superior	83
ANEXO 6 . Ensamble vista lateral	84
ANEXO 7. Sistema de frenos Neumáticos.....	85
ANEXO 8. Guías de práctica.	86
ANEXO 9. Catálogo de correas industriales.	98

RESUMEN

La industria automotriz ha tenido un crecimiento y adelanto en todos sus campos, adoptando día a día mejores sistemas de funcionamiento en el vehículo es por esta razón que la presente propuesta académica y proyecto de tesis pretende mejorar el aprendizaje y generar profesionales con un desempeño teórico práctico y de esta forma ser competitivos en el campo de la Ingeniería Automotriz.

La tesis de grado reunió información sobre los principales sistemas de freno en los vehículos a partir de las 6 toneladas destacando así el sistema de frenos neumáticos y realizando un estudio de todas las partes que compone el sistema, detallando sus mecanismos.

Es así que el sistema de frenos neumáticos consta de: Compresor de aire, regulador de presión, filtro de aire, depósito de aire, válvula de drenaje, válvula de retención, válvula de protección de presión, válvula relé, válvula de seguridad, interruptor de luz de freno, secador de aire, pulmón posterior de doble acción, pulmón delantero simple efecto, válvula de parqueo, manómetro de presión, indicador de presión baja, válvula principal del pedal del freno, válvula de liberación rápida, tensor de ajuste, cañerías, eje de levas de freno, rodillos, muelles de recuperación, elemento frenante (zapatillas), plato del freno y tambor de freno y finalizando el marco teórico con información sobre los sistemas de freno y coeficientes de fricción.

La metodología que se utilizó en el proyecto de titulación fue el Método hipotético deductivo el cual plantea “Una hipótesis como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales, que se pueden probar experimentalmente y que permite llegar a conclusiones”, presentando las características del estudio, determinando los elementos para el diseño y construcción y planteando una estrategia metodológica.

El análisis de resultados se inició con el estudio de cargas para la mesa de trabajo analizando cuales serían sus posibles deformaciones debido al peso y el trabajo que la mesa de trabajo tiene que soportar, llegando a la

conclusión que el tipo de material utilizado soporta todas las cargas a las que la mesa de trabajo fue sometida. Luego se diseñó la mesa estructural, planos y todas las partes del sistema con la ayuda del programa Solidworks 2014 para luego empezar con la construcción donde se utilizó equipo de protección personal, equipos de soldadura, corte y pintura.

Se creó un sistema que nos permite simular el movimiento de las ruedas gracias a un motor, poleas, el eje diferencial y acoples para transmitir el movimiento, a todo esto se le implementó el sistema de válvulas que nos permitirán controlar el accionamiento y el flujo de aire que ingresa debido a un compresor.

Se realizaron pruebas para simular el movimiento y el correcto funcionamiento del sistema de frenos neumáticos para el eje posterior y por último se creó guías de práctica para optimizar el aprendizaje de los estudiantes de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

ABSTRACT

The automotive industry has had a growth and development in all its fields, adopting the best systems of operation in the automobile day by day, that is why these academic proposal and dissertation project pretend to improve the learning and generate professionals with a practical and theoretical performance in order to be competitive in the automotive engineering field.

The dissertation gathered information about main brake systems in the 6 tons automobiles, emphasizing the air brake system and doing a study of each parts which makes up the system and detailing its mechanism.

The brake system is made of: air compressor, pressure controller, air filter, air tank, drainage valve, retention valve, protection valve, rele valve, security valve, brake power switch, air dryer, doble action back lung, simple effect forward lung, parking valve, pressure gauge, low pressure indicator, main brake pedal valve, fast unlocking valve, crash press, plumbing, brake draft axis, rollers, recovery platform, brake shoes, brake plate, brake drum, and finally the theoretical basis with information about the brake systems and the coefficient of friction.

The methodology that was used in the Project was the hypothetical-deductive method which says: "A hypothesis as a consequence in its inferences of a combination of empiric data or the principles and more general laws, which can be proved experimentally and it lets get conclusions" showing the studio characteristics, determining the elements for the design and construction and considering a methodological strategic.

The result of the analysis began with a study of the load for the work table, analysing which would be their posible deformation because of the weight it has to support. It is concluded that the type of material used can support all the loads. Then we designed a structural table, plains and all a the system parts using the Solidworks 2014 programme, then we started the construction where we used a personal protection equipment, welding equipment, cutting and paint.

We created a system which lets us simulate the movement of the wheels with a motor, pulleys, differential axis, and acoples in order to transmit the movement. The system of valves was implemented which lets us control the operation and the air flow that enters due to a compressor.

We made tests in order to simulate the movement and the correct operation of the tyre brakes system for the back axis. Finally we created practice guidelines in order to improve the learning of students from Universidad Tecnológica Equinoccial (Technological Equinoctial University.)

1. INTRODUCCIÓN

La industria automotriz y la tecnología con el tiempo ha evolucionado y los avances que día a día se obtienen permiten cada vez tener mejores herramientas de trabajo y aprendizaje. Es por esta razón que es posible realizar y poner en práctica los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial mediante el diseño y construcción de un simulador didáctico y banco de pruebas del sistema de frenos de aire comprimido el mismo que es de importancia en el campo automotriz y académico porque permite que el futuro ingeniero automotriz obtenga los suficientes conocimientos en este campo como una herramienta de enseñanza que va acorde con tecnología actual

Hoy en día el sistema de frenos de aire comprimido abarca muchos conceptos básicos que hacen que el trabajo o el proceso de frenado sean eficaces y seguros para vehículos con capacidades de carga mayores a 6 toneladas.

Con este sistema de frenos de accionamiento neumático se consigue mayor fuerza de accionamiento, ya que las zapatas aumentan de tamaño conforme es mayor la capacidad de carga de vehículo. Para lograr el trabajo de frenado es necesario utilizar un sistema auxiliar generador de energía en este caso el aire comprimido para accionar las diferentes válvulas que lo controlan.

Además con este sistema de frenos neumáticos se puede realizar un estudio conceptual de los componentes del sistema, el funcionamiento de los mecanismos y ponerlo en práctica mediante una maqueta, en la cual se plantea los siguientes objetivos.

Diseñar y construir un simulador didáctico y banco de pruebas del sistema de frenos de aire para el eje posterior para la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Realizar un estudio conceptual de las partes que componen el sistema de frenos de aire.
2. Determinar el funcionamiento de los mecanismos del sistema de frenos de aire.

3. Diseñar y construir la maqueta e implantar las partes que lo componen el sistema de frenos neumáticos.
4. Poner en funcionamiento el sistema didáctico de frenos de aire y crear formatos para guías de prácticas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. PRINCIPIOS DEL SISTEMA DE FRENOS NEUMÁTICOS

Los frenos neumáticos emplean el aire comprimido para el accionamiento de sus elementos, es utilizado por lo general en vehículos pesados como camiones y buses debido a su eficacia en el frenado.

Los sistemas de frenos neumáticos están implementados en vehículos a partir de 8 hasta 40 toneladas.

El accionamiento de los sistemas de frenos neumáticos se la realiza por medio aire comprimido, este es fácilmente transportable y la presión es constante en los lugares de consumo, además el aire es almacenado en depósitos que regulan el funcionamiento del compresor.

Los sistemas de frenos neumáticos es un conjunto de: generación del aire, accionamiento de válvulas y actuadores mecánicos, que se combinan para detener el vehículo, haciendo de esta acción un sistema controlado al que el usuario del vehículo accede para realizar maniobras y poder controlar el vehículo evitando daños y percances, convirtiendo así al freno en un sistema de protección para todos los que utilizan sistemas de automoción destinados al transporte o carga de objetos.

Los sistemas de frenos neumáticos son una fuerza contraria a la trayectoria de los vehículos es por esta razón que deben estar en perfectas condiciones al momento de la conducción (Corporación, 2010).

2.2. AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido se refiere al suministro de aire que produce un compresor que suministra una cantidad de aire y es sometido a una presión determinada y circula por cañerías y como consecuencia de este aire generado a presión debe circular por varios elementos del sistema para realizar un proceso. El aire comprimido es uno de los sistemas más eficaces especialmente se utiliza para los frenos en vehículos pesados.

2.1.1. FRENOS NEUMÁTICOS

Los sistemas de frenos neumáticos utilizan el aire para su accionamiento y es un medio adecuado y seguro para detener a los vehículos pesados, pero se deben tener un plan de mantenimiento preventivo y ser operado de forma correcta.

Los sistemas neumáticos de frenos de aire están compuestos por dos sistemas: el freno de servicio y el freno de estacionamiento.

- El accionamiento del freno de servicio es cuando se acciona la válvula o el pedal de freno durante la conducción normal.
- Los frenos de emergencia o bloqueo son aquellos que son aplicados por medio del conductor, es una válvula de empujar – alar que permite el paso o liberación de aire (Dominguez E. J., Elementos y piezas del sistema de frenos, 2012).

2.1.1.1. Funcionamiento de los frenos neumáticos

Los frenos neumáticos constan de tres partes fundamentales para su correcto funcionamiento:

- **Suministro:** El suministro lo realiza el compresor que es el generador de aire y los tanques de almacenamiento que suministran la cantidad de aire al sistema.
- **Control:** El sistema de control para los frenos de aire consta de la válvula del pedal del freno, la válvula de parqueo, válvula de seguridad, válvula de protección de presión, válvula de retención, válvula relé, manómetros de presión, estos permiten controlar los accionamientos del sistema de frenos neumáticos
- **Accionamiento mecánico:** Son accionamientos mecánicos como la válvula de drenaje, zapatas, resortes, levas de accionamiento, tambores, rodillos, tensores de ajuste, pulmones de freno doble efecto. (sistema de frenos neumáticos, 2012)

De acuerdo a lo expuesto se puede decir que este dispositivo de frenado es uno de los descubrimientos más importante que ayuda a controlar la velocidad y detener el vehículo con seguridad.

2.1.2. SISTEMA DE FRENOS NEUMÁTICOS Y SUS COMPONENTES

En los sistemas de frenos de aire el motor es quien genera el movimiento para accionar el compresor. El compresor está conectado directamente a los tanques de aire. El sistema consta de un regulador de presión, Cuando la presión del aire dentro del depósito llega a la presión de corte deseada, el regulador envía una señal al compresor y este deja de cargar. Al disminuir la presión en el depósito, debido a la aplicación del pedal del freno, el regulador responde enviando una señal al compresor, y el compresor comienza a cargar nuevamente.

La válvula de freno está colocada entre el depósito y la válvula de protección de presión, proporciona al conductor un dispositivo de control que mide la presión del aire, este aire circula hacia la válvula relé y da la sensación de la fuerza de frenado cuando el conductor reduce o aumenta la presión del aire. En los sistemas que sólo utilizan aire comprimido, la fuerza lineal se aplica a los mecanismos de acción. Estos mecanismos pueden ser del tipo de cuña o de leva. Cuando son del primer tipo, la cuña aumenta la fuerza de empuje. En los del tipo de leva, el ajustador de separación convierte la fuerza lineal en movimiento giratorio, y la leva genera una fuerza que se transmite a los tambores.

Diferentes vehículos requieren diversas fuerzas de frenado, y el sistema de frenos deberá hacerse adaptado a sus requisitos mínimos y máximos. Esto puede lograrse aumentando el diámetro del tambor de los frenos y/o el área del forro y su coeficiente de rozamiento. Sin embargo, la manera más sencilla de lograr este objeto es variar el área de la cámara de aire, y/o el brazo de palanca del ajustador de separación (Schulz, 1985).

En la figura 1. Se observa las partes básicas de un sistema de frenos neumáticos.

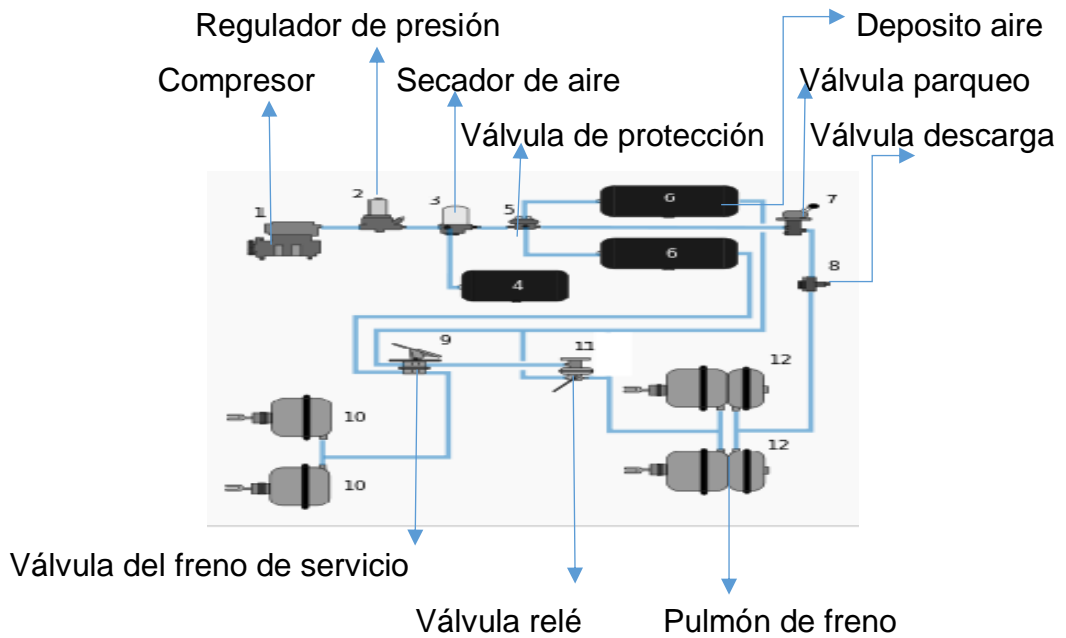


Figura 1. Circuito del freno neumático
(Airflex, 2014)

Un sistema convencional del sistema de frenos neumáticos consta de las siguientes partes fundamentales para su correcto funcionamiento.

2.2.1.1. El compresor

Es un elemento que sirve para generar aire comprimido. Un compresor de aire, origina la presión necesaria y es accionado por el motor del vehículo. El compresor tiene válvulas de admisión y válvulas de escape. Ambas válvulas de pueden fácilmente ser separarse para su limpieza. El aire aspirado se toma del tubo de aspiración del motor del vehículo (Verdaguer, 2004). En la figura 2. Se observa un compresor en corte y la simbología neumática del mismo.

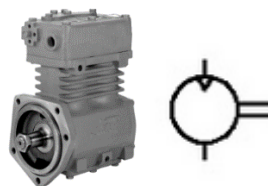


Figura 2. Compresor de aire
(Bendix manual de frenos de aire, 2004)

2.2.1.2. Regulador de presión

Los reguladores de presión son elementos neumáticos de control de flujo fabricados para regular una presión constante en condiciones de trabajo.

El regulador de presión regula la carga del compresor registrando esta presión en el sistema. El compresor carga hasta alcanzar una presión de trabajo que es (7.0-8.0 bar), cuando se alcanza esta presión, el mecanismo de descarga y el compresor recibe una señal del regulador de presión que hace que se detenga la carga. Cuando la presión baja a (1.0ó 2.0) bar, desaparece la señal neumática del regulador de presión y el compresor reinicia la carga (Gualtieri, 2004). En la figura 3. Se observa un regulador de presión.



Figura 3. Regulador de presión
(Norgren, 2008)

2.2.1.3. Tanques de almacenamiento de aire

Los tanques de almacenamiento están elaborados para almacenar el aire comprimido. La cantidad y el tamaño de los tanques de aire varían según los vehículos. Los tanques deben almacenar suficiente aire como para permitir usar los frenos varias veces aun cuando el compresor deje de funcionar, deben estar provistos de válvulas de drenaje para evacuar el agua y el aceite provenientes del compresor, fluidos y partículas que se depositan en el fondo del tanque y producir daños en el sistema (Aire Comprimido, 2013).

Los tanques de aire trabajan como amortiguador de vibraciones y separador de agua, almacenan el aire para el consumo del sistema, ayuda a estabilizar la distribución de aire, evitando grandes oscilaciones de presión en la línea,

permitirá una regulación adecuada del ciclo carga/alivio de los compresores (Aire Comprimido, 2013).

Los tanques de aire comprimido son considerados recipientes a presión y se construyen con placa de acero al carbón de acuerdo a las normas de la ASTM, por lo cual el fabricante proporciona certificados de calidad y planos de construcción (Bradley, 2014).

En la figura 4. Se observa un depósito de aire con sus partes y la simbología neumática.

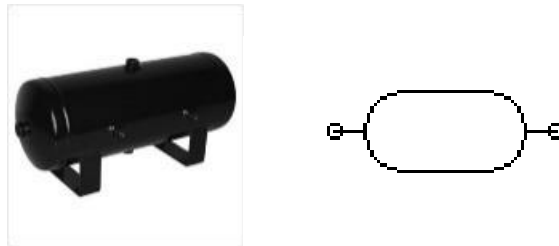


Figura 4. Depósitos de aire
(Repuestos camiones y buses, 2013)

2.2.1.4. Válvula de drenaje

La válvula de purga es un mecanismo que se usa en los sistemas de frenos neumáticos se encuentra localizada en la parte inferior de los tanques de aire y sirve para eliminar el agua y el aceite que un compresor genera, estos tienden a acumularse en el fondo de los depósitos de aire y es importante drenarlo para evitar daños en el sistema.

En la figura 5. Se observa una válvula de drenaje y su ubicación.



Figura 5. Válvula de drenaje
(Airflex, 2014)

2.2.1.5. Válvula de retención

La válvula de retención es muy importante ya que aporta de manera directa al sistema de frenos, permitiendo mantener la presión para que el aire pueda fluir de manera correcta, este elemento permite desconectar el compresor sin que los depósitos sufran pérdidas de aire, es por ello que considero tener mucho cuidado en su montaje y tomar como referencia la señalización que posee en su cuerpo, la misma que indica el sentido de paso.

Esta válvula se localiza en varios lugares del sistema de frenos. El aire comprimido pasa por estas válvulas solamente en un sentido. Cuando la presión del lado de entrada es menor a la del lado de salida, la válvula se obtura e impide que el aire fluya hacia atrás (Gualtieri, 2004).

En la figura 6. Se observa la válvula de retención.



Figura 6. Válvula de retención
(Airflex, 2014)

2.2.1.6. Válvula de protección de presión

Es una válvula de control sensible a la presión, en posición normalmente cerrada. Estas válvulas pueden ser usadas en varios lugares, pero son frecuentemente usadas para proteger un tanque aislado de otro, cerrando automáticamente el paso del aire a una presión determinada. La válvula es también usada para regular el llenado de los tanques auxiliares, hasta que la presión de aire llene los tanques primarios. (BENDIX manual de frenos de aire, 2008)

En la figura 7. Se observa una válvula de protección de presión es común en los sistemas de frenos neumáticos.



Figura 7. Válvula de protección de presión
(Airfren, 2014)

2.2.1.7. Válvula relé

La válvula-relé es una válvula de acción rápida, que iguala la velocidad de abastecimiento de aire de los frenos delanteros y los traseros, de modo que se ejerza entre ambos la misma acción, también ayuda para la reacción de la válvula de bloque y la del pedal del freno, por lo general esta situadas en el eje posterior (Gualtieri, 2004).

Es importante utilizar una válvula relé en los vehículos que utilizan sistema de aire para que la presión de frenado sea igual para los dos ejes y no existe sobre carga de presión de aire en el eje delantero (Castro V. , 1994).

Una válvula relé permite una mejor reacción del sistema. Se utilizan para proporcionar y eliminar rápidamente la presión de los actuadores y para accionar los frenos de estacionamiento. Al presionar el freno, la línea de servicio que llega a la válvula relé la activa y provoca el cierre del escape de aire al tiempo que abre la de admisión y, por tanto, la llegada de aire hacia los frenos (Eduardo Agueda, 2012).

En la figura 8. Se observa una válvula relé.



Figura 8. Válvula relé
(Airfren, 2014)

2.2.1.8. Válvula de seguridad

Las válvulas de seguridad se utilizan para proteger los sistemas de aire comprimido de la sobre presión. Estas válvulas se ajustan en fábrica a un valor de presión no ajustable y ajustable, además tienen un sonido de alerta y por lo general su presión de trabajo es cuando sobre pasa los 10 bares de presión (BENDIX manual de frenos de aire, 2008).

En la figura 9. Se observa una válvula de seguridad.



Figura 9. Válvula de seguridad
(Airflex, 2014)

2.2.1.9. Secador de aire

Cuando el aire sale del compresor, y pasa a través del secador de aire, este limpia y elimina las impurezas del aire comprimido separándole la humedad y el aceite vaporizado, este proceso se lo realiza con el fin de evitar que se recubra y se oxiden las válvulas de descarga y se obstruya la línea de alimentación con carbonilla, y es una manera de mejorar la calidad de los productos que estén en contacto con el aire, al finalizar el proceso el compresor inicia su descarga y el agua es expulsada hacia el ambiente por medio de las líneas de descarga del secador. (Byrnes, 2005)

En la figura 10. Se observa un secador de aire y la simbología neumática.



Figura 10.Secadores de aire
(BENDIX manual de frenos de aire, 2008)

2.2.1.10. Válvula de parqueo

La válvula de estacionamiento es una válvula abrir - cerrar, operable manualmente de empujar halar. Generalmente está colocada en el tablero de instrumentos en el cual el conductor u operador es el responsable del buen funcionamiento (Arellano, 2013)

En buses, camiones, tracto camiones y otros vehículos que utilizan frenos de aire deben tener un freno de estacionamiento, por lo general estos frenos están situados en el eje posterior de los vehículos junto al mecanismo de frenado, que al momento de ser accionados trabaja en conjunto con los pulmones de freno accionando un resorte que está situado en la cámara del pulmón freno (Schulz, 1985).

De lo expuesto la válvula de parqueo es una válvula que tiene conductos de admisión y de desfogue con un muelle que compensa la acción de abrir y cerrar el sistema y estacionar el vehículo.

En la figura 11. Se observa la válvula de parqueo.



Figura 11. Válvula de parqueo

(Ringme , 2012)

2.2.1.11. Pulmón posterior de doble acción

El pulmón posterior de freno de aire es conocido como un cilindro de doble efecto, está ubicado por lo general en el eje posterior de los vehículos, su función es la de transformar la presión de aire en una fuerza mecánica por medio de una varilla de empuje que acciona a los demás componentes mecánicos del sistema.

El accionamiento inicia cuando el aire a presión ingresa a la cámara del freno que contiene la varilla de empuje y el diafragma generalmente de caucho y de diámetros diferentes, el aire empuja la varilla de accionamiento provocando así el accionamiento de todos los elementos y frenando los tambores (Chango, 2008).

En la figura 12. Se observa las partes de un pulmón posterior de doble efecto y la simbología neumática.

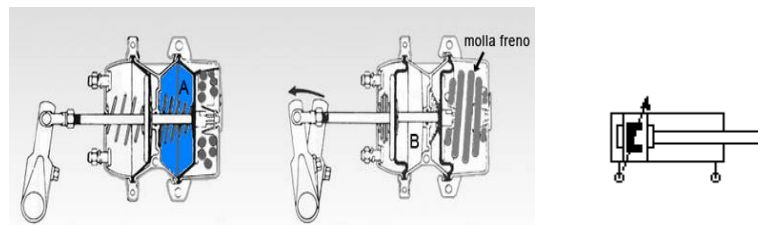


Figura 12. Pulmón posterior de doble acción

(Manual del componentes del sistema de aire mack, 2015)

2.2.1.12. Manómetros de presión

Los manómetros de presión sirven para determinar qué cantidad de aire hay en recipientes o tanque cerrados.

Algunos aparatos empleados para medir presiones utilizan la presión atmosférica como nivel de referencia y miden la diferencia entre la presión real u absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor presión manométrica (El hinel, 2014).

En la figura 13. Se observa un manómetro de presión y la simbología neumática.

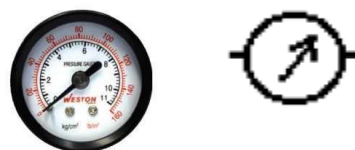


Figura 13. Manómetro de presión

(Manómetros de presión, 2013)

2.2.1.13. Indicador de presión baja

El indicador de presión baja es utilizado en buses y camiones que tienen el sistema de frenos de aire, este indicador suele venir con la presencia de una luz roja y un chichara de aviso que alerta al conductor que la presión de aire es demasiado baja, esta presión baja se puede presentar alguna falla en el sistema.

El indicador de presión baja es un mecanismo de seguridad para evitar accidentes por falla del sistema de frenado con aire comprimido ya que de existir falta de compresión este nos da señales visuales y auditivas lo cual ayuda a tomar una correcta decisión y así evitar daños materiales y pero aun vidas humanas.

En la figura 14. Se observa un indicador de presión baja.



Figura 14. Indicador de presión baja
(Airfren, 2014)

2.2.1.14. Válvula principal de pedal de freno

El accionamiento de la válvula del pedal del freno la realiza el conductor con su pie durante una conducción normal. Por lo general la válvula del freno está conectada al depósito principal de aire, este pasa por cañerías e ingresa a los pulmones del freno.

Al presionar el pedal del freno es accionado un resorte permitiendo el paso del aire, la válvula de mando abre a su vez la de admisión y el aire a presión ingresa en los pulmones. El conductor puede reconocer con ella el efecto del movimiento de su pie y regular el frenado (Chango, 2008).

En la figura 15. Se observa la válvula principal de freno y la simbología neumática.



Figura 15. Válvula principal de pedal de freno
(BENDIX manual de frenos de aire, 2008)

2.2.1.15. Tensor de ajuste

El tensor de ajuste es el elemento que está ubicado entre el pulmón de aire y el eje de levas, acoplado entre sí mediante la varilla de empuje que sale del pulmón de aire. Este tensor de ajuste tiene la capacidad de regular gradualmente el giro para hacer o no presión las zapatas hacia el tambor y de esta manera regular el frenado, por lo general los tensores llevan graseros para que no exista fricción de los elementos internos (Alvarez Segovia, 2013). En la figura 16 y 17. Se observa los tipos de tensores de ajuste que se puede encontrar en el mercado y las partes que lo componen.

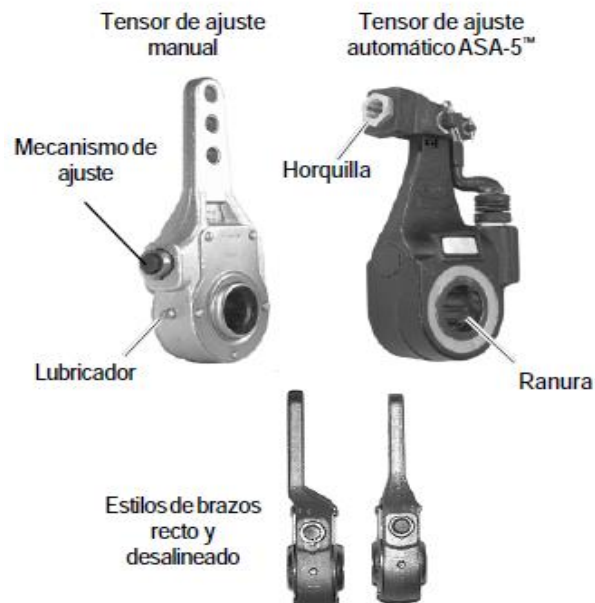


Figura 16.Tipos de Tensores de ajuste
(BENDIX manual de frenos de aire, 2008)

- 1.- Tapa
- 2.- Cuerpo
- 3.- Rosca
- 4.- Rueda helicoidal
- 5.- Resorte
- 6.- Manguito de bloqueo
- 7.- Eje sin fin
- 8.- Remache
- 9.- Graseo
- 10.- Cojinete



Figura 17. Despiece tensor de ajuste
(BENDIX manual de frenos de aire, 2008)

2.2.1.16. Cañerías

El trabajo de las cañerías o mangueras es transportar el aire a todos los mecanismos de un sistema y de esta manera lograr el accionamiento de otros elemento.

Las cañerías o mangueras son diseñadas y construidas para soportar distintas presiones de aire, podemos decir que existe cañerías de alta y baja presión, las cañerías de baja presión de aire oscilan en un rango de entre 7 a 10 bares, mientras que las cañerías de alta presión oscilan entre un rango de 14 a 20 bares.

Existe en el mercado cañerías plásticas que son de fácil manipulación y menos rígidas que otras, estas permiten trasladar de una manera fácil y rápida el aire a presión por todo el sistema (Alvarez Segovia, 2013).

En la figura 18. Se observa los tipos de cañerías que se pueden utilizar en el sistema neumático de frenos de aire.



Figura 18. Cañerías
(Polmangueras, 2013)

2.2.1.17. Eje de levas del freno

El eje de levas del freno es un elemento utilizado en los sistemas de frenos de aire exclusivamente para los vehículos de gran tonelaje que utilizan zapatas.

Las levas está ubicada entre el porta zapatas sentadas en los rodillos y solidaria al eje del tensor de ajuste, este nos va a permitir transmitir la fuerza generada por la presión que sale de los pulmones de freno, permitiendo la acción mecánica de separar – unir las zapatas del tambor y por ende provocar el frenado del vehículo (Rendon, 2012).

En la figura 20. Se observa el funcionamiento del eje de levas en un sistema de frenos neumáticos.

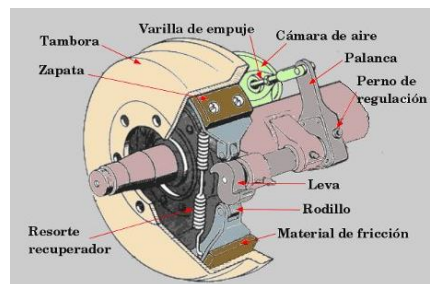


Figura 19. Sistema eje de levas
(Sabelotodo, 2013)

2.2.1.18. Rodillos

Los rodillos tienen por función la expandir las zapatas cuando la leva gira en la acción de frenado, están fabricados de un material maleable, duro que resista la fricción y a las elevadas temperaturas.

En la figura 21 se observa los rodillos que se utiliza en el sistema de frenos neumáticos.



Figura 20. Rodillos
(Recalfreno, 2015)

2.2.1.19. Muelles de recuperación

El objetivo de los resortes o muelles de recuperación es regresar a la posición original a las zapatas luego del frenado, son fabricados de acero de alta resistencia ya que tienen que soportar altas temperaturas.

En la figura 21. Se observa el muelle de recuperación.



Figura 21. Muelles de recuperación
(Diparsa, 2011)

2.2.1.20. Elemento frenante

El elemento frenante llamado zapata es comúnmente un polímero termoestable de tipo fenólico, relleno con fibras y polvos metálicos para aumentar la conductividad de calor ya que están sometido a grandes esfuerzos y temperaturas durante el rozamiento y la fricción que estos van a tener en condiciones de trabajo (Alvarez Segovia, 2013).

En la figura 23. Se observa varios tipos de zapatas que utiliza el sistema de frenos neumáticos.



Figura 22. Zapatas de freno
(Aficionado sala mecanica, 2014)

2.2.1.21 Tambor del freno

El Tambor de freno es un elemento cilíndrico maquinado en su interior y fabricado en fundición gris aleada, capaz de absorber altas temperaturas generadas por el rozamiento de las zapatas durante el frenado, El freno de tambor es uno de los más empleados en camiones, buses y tracto camiones (Dominguez E. J., 2012).

En la figura 23. Se observa un tambor de freno que se utiliza con un sistema de frenos neumáticos.



Figura 23. Tambor de freno
(Alamula, 2011)

3. METODOLOGÍA

Para cumplir con el objetivo del diseño y construcción del simulador de frenos neumáticos se recurre al método hipotético deductivo el cual plantea “Una hipótesis como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales, que se pueden probar experimentalmente y que permite llegar a conclusiones”. (Ochoa, 2014)

Para el planteamiento de la hipótesis se determinó que mediante el diseño y construcción de un simulador de frenos neumáticos permitirá mejorar el estudio del funcionamiento de los mecanismos y partes que lo componen.

Las características que se tomó para efectos del estudio fue algunos aspectos del comportamiento del sistema de frenos neumáticos, en referencia a los mecanismos y partes que componen el sistema para de esta manera diseñar y construir el banco didáctico; que permita optimizar la enseñanza y aprendizaje después de la implementación y que permita determinar conclusiones y recomendaciones de este estudio.

Los componentes para este sistema fueron elegidos de acuerdo a los requerimientos de construcción y factor económico. Estos elementos incluyen elementos estructurales, equipos de soldadura y corte con elementos propio del sistema de frenos de neumáticos de vehículos fuera de funcionamiento y elementos electrónicos, los cuales fueron acoplados de tal manera que permitan tener una buena funcionalidad y un estudio conceptual y práctico que facilite el aprendizaje del estudiante.

El estudio para la construcción del simulador de frenos neumáticos se lo realizó en varias etapas. En primer lugar se investigó la información relacionada con el sistema de frenos neumáticos, utilizando fuentes secundarias de información tales como páginas web, videos, libros y en talleres donde implementan los sistemas de frenos de aire, y en segundo lugar implantar el diseño que se determinó de acuerdo a las necesidades, selección y construcción del simulador didáctico.

Parte de la estrategia metodológica se basa en el punto anterior donde se determina los elementos que se utilizó, eligiendo lo más apropiado dentro del

diseño, construcción, costos y la funcionalidad para el cumplimiento de los objetivos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la construcción del banco de pruebas y simulador didáctico de frenos de aire, se tomaron en cuenta varias alternativas, en busca de la factibilidad de construcción y aspectos como costos, facilidad de montaje, mantenimiento, niveles de ruidos, tamaño, peso y tecnología.

Para la ponderación de estos aspectos se estableció una tabla como base de datos para comparar los aspectos y parámetros, obteniendo de esta forma la alternativa de mayor factibilidad para la construcción del simulador. En las diferentes alternativas se valoran aspectos fijos, ya que son elementos y materiales con los que ya se contaban para el diseño del banco, de esta forma se disminuyeron los costos del simular y se facilita su construcción, uno de estos elementos es el diferencial completo del camión ISUZU modelo FTR 1985 y los elementos del sistema de freno.

4.1. SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Para la selección del sistema de transmisión a utilizar en el banco didáctico, se ponderaron cinco aspectos, para determinar la alternativa más idónea para el diseño. Para la evaluación y calificación de los aspectos se tomó como valor total la unidad (1), evaluando a cada aspecto con un valor máximo de 0.2 si cumple con las condiciones máximas idóneas para el diseño, 0.1, para las condiciones medias, 0.05 para las condiciones mínimas.

En base a esta ponderación se logró determinar los parámetros para la construcción del banco de pruebas y simulador didáctico de frenos de aire.

Es importante también mencionar que las características del diferencial fueron modificadas es decir, originalmente fue una transmisión de freno de aire mixto pero por las necesidades se le adaptó solo sistema de aire

A continuación se muestra en la tabla 1 la ponderación de los aspectos que se tomaron en cuenta para la selección de la alternativa más idónea del sistema de transmisión, teniendo en cuenta la facilidad de montaje, el

mantenimiento, niveles de ruido, tamaños y peso y costos de tecnología utilizada.

Tabla 1. Alternativa teniendo en cuenta el tipo de transmisión a utilizar.

Tipo de Transmisión a utilizar.		Facilidad de montaje	Mantenimiento	Nivel de ruido	Tamaño y peso	Costo de Tecnología	Total
Ponderación		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1
Aspectos.							
1	Transmisión por correa trapezoidal	0.20	0.20	0.20	0.10	0.20	0.90
2	Transmisión por correa sincronizada	0.20	0.10	0.10	0.20	0.10	0.70
3	Transmisión por cadena	0.20	0.10	0.05	0.10	0.10	0.55

En la tabla 1. Se pudo constatar que la alternativa de mayor puntuación para la construcción del simulador es la de transmisión por correa trapezoidal con un 90% de puntuación.

4.2. SELECCIÓN DEL COMPRESOR.

Para la selección del sistema del compresor de aire comprimido a utilizar en el banco didáctico, se realizó una ponderación de cinco aspectos a tener en

cuenta, para determinar la alternativa más idónea entre el compresor de aire comprimido de transmisión directa y el de transmisión por correa y polea.

A continuación se muestra en la tabla 2 la ponderación de los aspectos que se tomaron en cuenta para la selección de la alternativa más idónea.

Tabla 2. Alternativa teniendo en cuenta el tipo de compresor de aire comprimido a utilizar.

Tipo de Compresor a utilizar.		Facilidad de montaje	Mantenimiento	Nivel de ruido	Tamaño y peso	Costo de Tecnología	Total
Ponderación		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1
Aspectos.							
1	Compresor de aire comprimido transmisión directa, 110 volt, 116 psi, 8 bar, 24 lts,	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.9
2	Compresor de aire comprimido transmisión correa y polea, 110 volt, 116 psi, 8 bar, 24 lts,	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6

En la tabla 2. Se pudo constatar que la alternativa de mayor puntuación para la construcción del simulador es la del compresor de transmisión directa con un 90% de puntuación.

4.3. SELECCIÓN DE CAÑERIAS.

Para la selección de la cañería a utilizar en el banco didáctico, se realizó una ponderación de cuatro aspectos a tener en cuenta, para determinar la alternativa más idónea para el diseño. Para la evaluación y calificación de los aspectos se tomó como valor total la unidad (1), evaluando a cada aspecto con un valor máximo de 0.25 si cumple con las condiciones máximas idóneas para el diseño, 0.2 para las condiciones idóneas, 0.1 para las condiciones medias, 0.05 para las condiciones mínimas.

A continuación se muestra en la tabla 3 la ponderación de los aspectos que se tomaron en cuenta para la selección de la alternativa más idónea de la cañería a utilizar.

Tabla 3. Alternativa teniendo en cuenta el tipo cañería a utilizar.

Tipo de cañería a utilizar		Facilidad de montaje	Mantenimiento	Tamaño y peso	Costo de Tecnología	Total
Ponderación		0.25	0.25	0.25	0.25	1
Aspectos.						
1	Cañería flexible plástica	0.25	0.25	0.25	0.2	0.95
2	Cañería rígida plástica	0.2	0.1	0.25	0.2	0.75
3	Cañería rígida metálica	0.2	0.1	0.05	0.1	0.45

En la tabla 3. Se pudo constatar que la alternativa de mayor puntuación para la construcción del simulador con 90% de puntuación, en la cañería flexible plástica.

4.4. ESTRUCTURA.

Para la construcción de la mesa soporte o banco de pruebas se utilizaron perfiles laminados en frío y unidos con soldadura. En la selección de los perfiles se tomaron en cuenta, los cálculos pertinentes de los esfuerzos a resistir por la estructura diseñada para el simulador, iniciando los mismos con el perfil cuadrado 50x50x2mm laminado en frío, estando este en stop en bodega.

Como se planteó anteriormente el estudio se inició teniendo en cuenta el diferencial completo del camión ISUZU modelo FTR 1985, cumpliendo este

con las características necesarias para el desarrollo del proyecto es decir un eje diferencial con el conjunto de zapatas, resortes, rodillos, tensores de ajuste, pulmones de freno de doble efecto, válvulas de freno, bloqueo y un motor eléctrico.

Se determinó un peso total de todos los elementos de aproximadamente de 2500 Newtons, datos con los que se inició el diseño estructural de la mesa de trabajo la cual será el soporte de las cargas del sistema de frenos neumáticos.

En la figura 24. Se observa el conjunto del eje diferencial que se diseñó para el estudio y cálculos del simulador de frenos neumáticos.

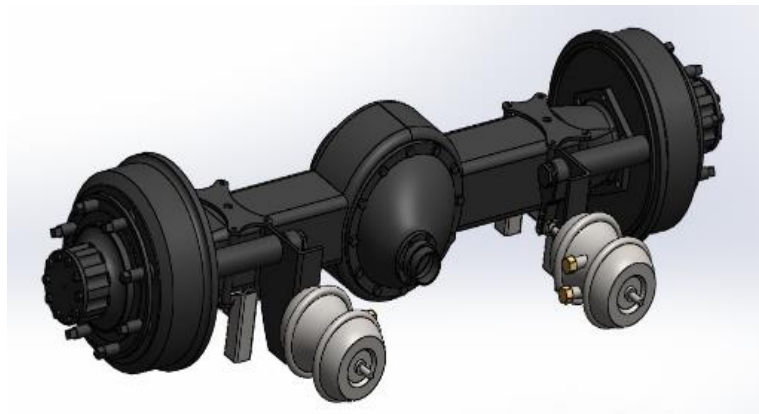


Figura 24.Conjunto eje diferencial.

Para la selección de los perfiles a utilizar para la construcción de la mesa, se realizaron los cálculos de los esfuerzos a resistir por la estructura diseñada para el banco. Para esto se tuvo en consideración el peso del diferencial y los elementos que lo conforman en su totalidad, no se tuvieron en cuenta el peso del compresor y motor eléctrico considerando que el peso de los mismos no es representativo, al igual que las vibraciones que estos puedan causar, considerándolas nulas.

Para el análisis del banco de prueba o mesa de soporte, se tomó en cuenta una sección de la misma, ya que el mayor peso a la que está sometida la misma se encuentra distribuida mayormente en una sección con cuatro puntos de apoyo y no en toda la mesa como se observa en la figura 28.

4.4.1. DISEÑO Y ANALISIS DE CARGAS DE LA ESTRUCTURA

4.4.1.1. Cálculos de los esfuerzos, generados por las cargas del eje diferencial

Para el análisis del cálculo de los esfuerzos sometidos a la estructura, se calculó los tramos de la sección de las vigas donde está apoyado el diferencial, la carga generada o transmitida por el diferencial (2500N) serán divididas en partes iguales en sus puntos de apoyo, de esta forma las cargas actuarán en equilibrio en cada sección de la mesa soporte. Teniendo en cuenta que las cargas en el diferencial se distribuyen de igual forma en toda su sección, considerándolo un cuerpo rígido en equilibrio.

Teniendo en cuenta este análisis de las vigas A, B y C en la sección X de la mesa soporte como se muestra en la figura 25.

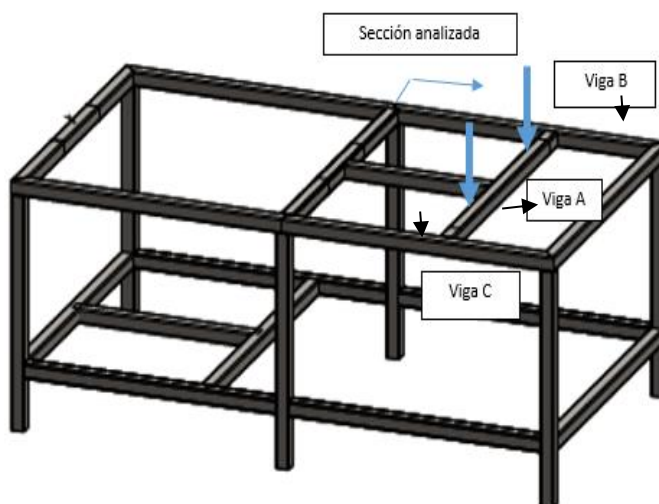


Figura 25. Carga en la posición del eje diferencial

Para el análisis de las vigas tendremos en cuenta que la viga A que será analizada como una viga empotrada con dos cargas puntuales iguales, situadas simétricamente y las vigas B y C se analizarán como vigas simples con una carga puntual desplazada a una distancia X.

Para iniciar el análisis se procedió a realizar el diagrama de cuerpo libre de la viga A como se muestra en la figura 26.

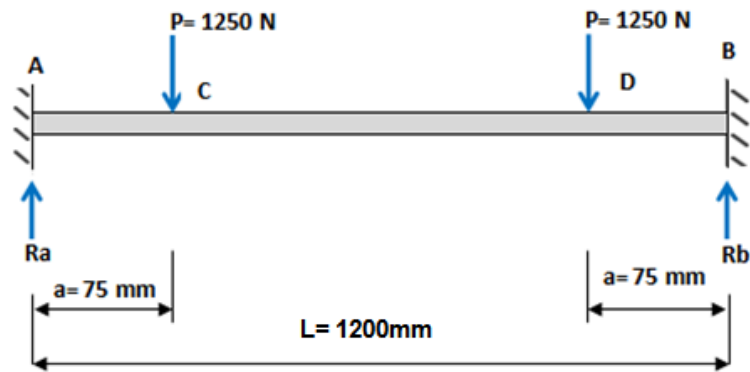


Figura 26. . Diagrama de cuerpo libre viga A.

Utilizando los siguientes datos de la mesa de trabajo se inicia el cálculo para determinar las reacciones.

Cálculo de momentos flectores

Para el cálculo de los momentos flectores tenemos:

$$M = P a^2 / L \quad [1]$$

Donde:

P: Peso

A: Área.

L: Longitud de la viga

$$M_{AC} = M_{DB}$$

Reemplazando la fórmula 1 se tiene que:

$$M_{AC} = \frac{-P * a(L - a)}{L}$$

$$M_A = \frac{1250\text{ N} * 0.075\text{ m}(1.2\text{ m} - 0.075\text{ m})}{1.2\text{ m}}$$

$$M_A = -87.89\text{ Nm}$$

$$M_{CB} = \frac{P * a^2}{L}$$

$$M_{CB} = \frac{1250N * (0.075m)^2}{1.2m}$$

$$M_{CB} = 5.859Nm$$

Cálculo de las fuerzas cortantes y reacciones

Para el análisis de esta viga se tiene que:

$$V_{AC} = PV_{CD} = 0 \quad V_{DB} = -P \quad [2]$$

Donde:

V: Esfuerzo cortante

P: Peso

Por lo tanto las reacciones en los puntos A y B es igual a:

$$R_A = R_B = \quad [3]$$

Donde:

R: Reacción de apoyo

P: peso

$$R_A = 1250 N$$

$$R_B = 1250 N$$

Teniendo en cuenta estos datos se obtienen los gráficos de las fuerzas cortantes y momento flector como se muestra en la figura 27.

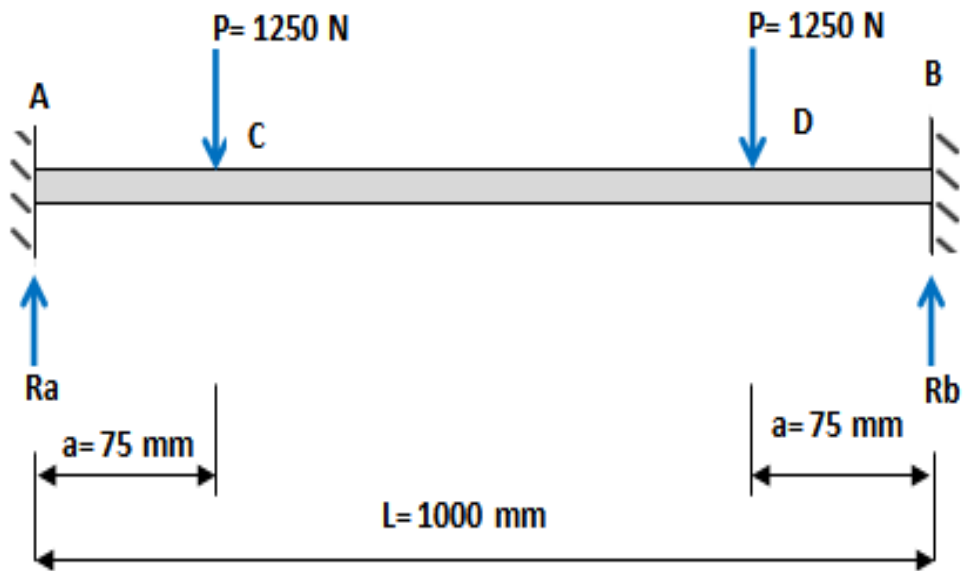


Figura 27. Diagrama de fuerzas

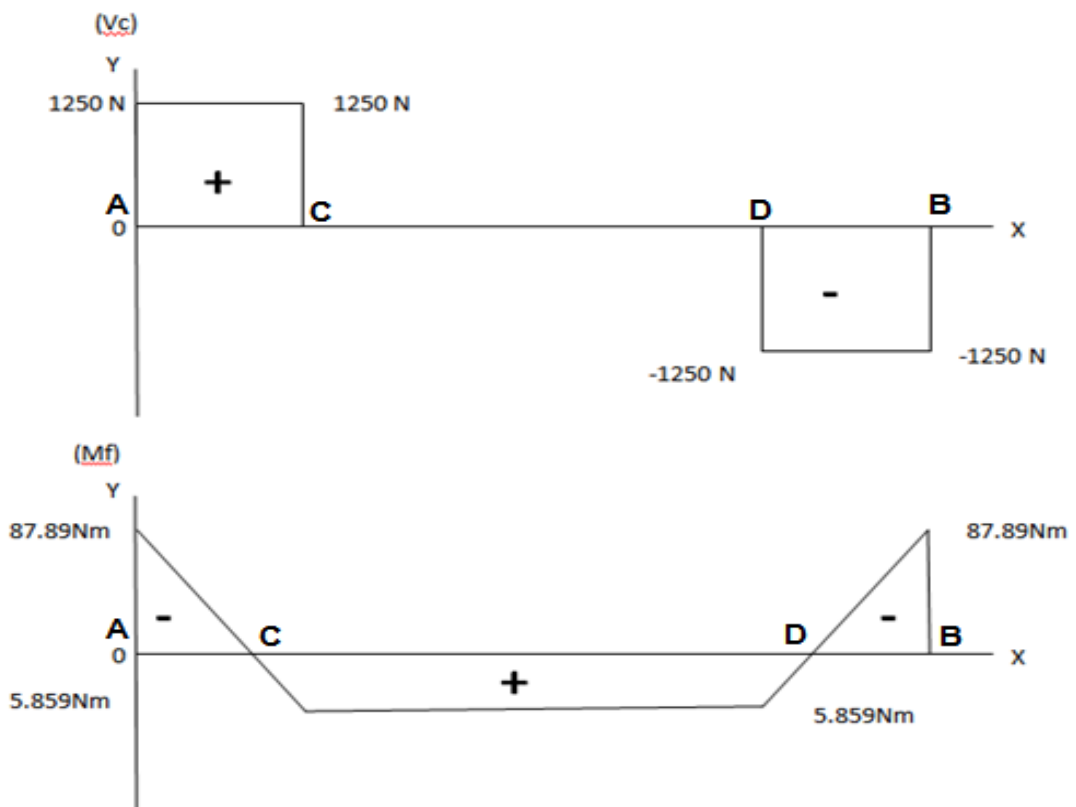


Figura 28. Diagrama de fuerzas cortantes (V) momento flector (M).

Teniendo en cuenta las fuerzas cortantes en los puntos A y B de la viga A se realizó el análisis de las vigas B y C. Se analizará una de estas vigas, ya que

son simétricas, de igual características y están sometidas a los mismos esfuerzos, por lo que se procedió a realizar el diagrama de cuerpo libre de la viga B como se muestra en la figura 28.

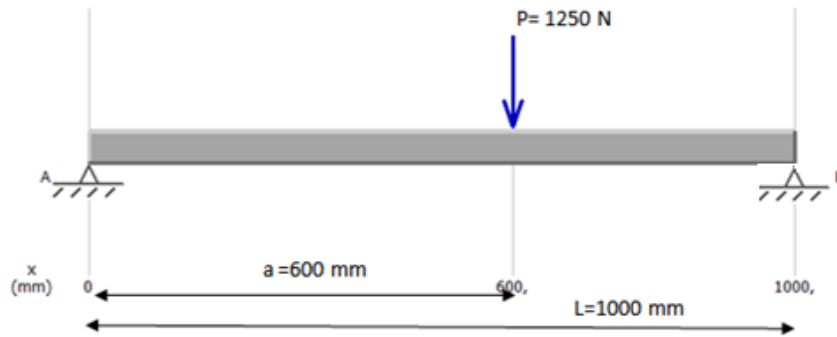


Figura 29. Diagrama cuerpo libre viga B.

En la figura 29. Se observa el diagrama de reacciones.

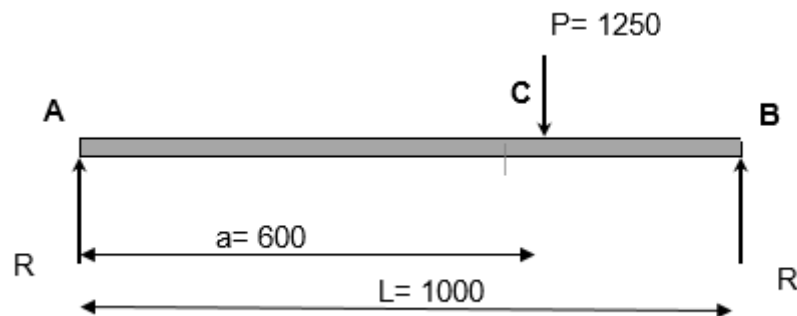


Figura 30. Diagrama de reacciones viga B

Utilizando los siguientes datos de la mesa de trabajo se inicia el cálculo para determinar las reacciones.

$$M_A = (Rb * L) - (P * a) = 0 \quad [4]$$

Despejando tenemos que: tenemos que:

$$Rb = \frac{P * a}{L} \quad [5]$$

$$Rb = \frac{1250N * 0.6m}{1m}$$

$$Rb = 750 N$$

$$M_b = (-Ra * L) + (P * b) = 0 \quad [6]$$

$$Ra = \frac{P * b}{L}$$

$$Ra = \frac{1250N * 0.40m}{1m}$$

$$Ra = 500 N$$

Cálculo de los momentos en las secciones AC, C y AC de la viga B.

$$\sum M_i = M_A - M_B = 0$$

$$M_{AC} = \frac{P*(L-a)*a}{L} \quad [7]$$

$$M_{AC} = \frac{1250N * (1m - 0.6m) * 0.6m}{1m}$$

$$M_{AC} = 300.00 Nm$$

$$M_{CB} = \frac{P*a*L-a}{L} \quad [8]$$

$$M_{CB} = \frac{1250N * 0.60m * (1m - 0.6m)}{1m}$$

$$M_{CB} = 300.00 Nm$$

$$M_C \text{ ó } M_{Máx} = \frac{P*a*(L-a)}{L} \quad [9]$$

$$M_C \text{ ó } M_{Máx} = \frac{1250N * 0.6m * (1m - 0.6m)}{1m}$$

$$M_C \text{ ó } M_{Máx} = 300.00 Nm$$

Teniendo en cuenta estos datos se obtienen los gráficos de las fuerzas cortantes y momento flector como se observa en la figura 30.

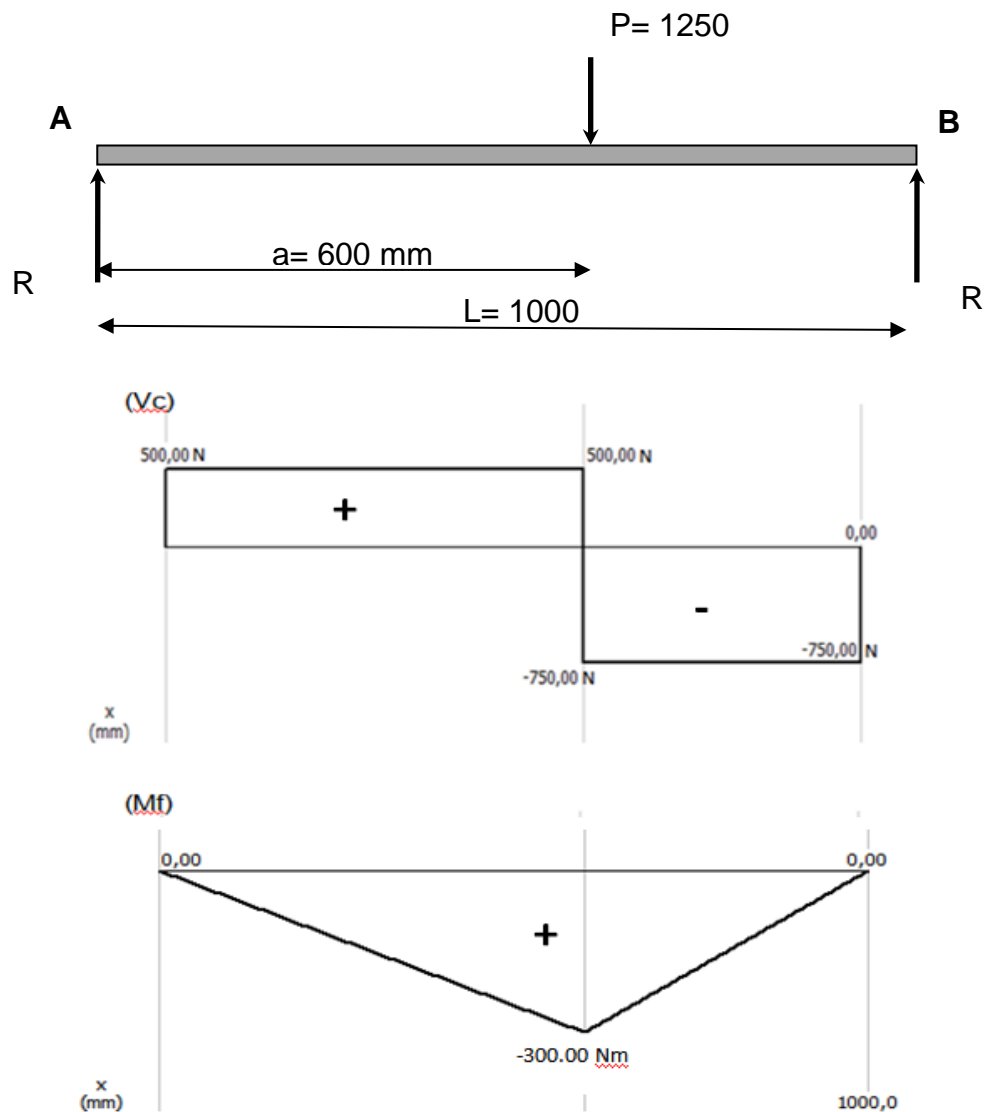


Figura 31. Diagrama de fuerzas cortantes (V) momento flector (M).

Cálculo de las deformaciones de las vigas A, B y C

Como se planteó anteriormente la viga A es analizada como una viga empotrada con dos cargas puntuales iguales.

Para obtener la flecha máxima de la viga se utiliza la ecuación:

$$Y_{Máx} = \frac{P \cdot a^2}{24EI} * (3L - 4a) \quad [10]$$

Donde:

$Y_{máx}$: Flecha máxima.(mm).

P: Fuerza que se aplica (1250N) o peso (127.5 kg).

a: Distancia desde la fuerza aplicada al apoyo o extremo de la viga (7.5cm).

E: Módulo de Young o módulo elástico del acero ($2.1 \cdot 10^6$ kg/cm²).

I: Momento de inercia (14.13cm⁴ para el tubo cuadrado 50x50x2 mm).

L: Longitud total del elemento (120 cm).

Despejando valores en la ecuación 10, obtenemos.

$$Y_{M\acute{a}x} = \frac{127.5 \text{ kg} * (7.5 \text{ cm})^2}{24 * 2.1 * 10^6 \text{ kg/cm}^2 * 14.13 \text{ cm}^4} * (3 * 120\text{cm} - 4 * 7.5\text{cm})$$

$$Y_{M\acute{a}x} = 0.0357 \text{ cm.}$$

$$Y_{M\acute{a}x} = 0.357 \text{ mm.}$$

Por lo que se puede constatar que la la deformación por las cargas en la viga A es de 0,357mm. Teniendo en cuenta que la flecha máxima admisible de esta viga es de 6mm, podemos plantear que la viga soporta las cargas adecuadamente.

Para el cálculo de la flecha máxima de viga B, se analizará como viga simple con una carga puntual desplazada como se planteó anteriormente, por lo que:

$$Y_{M\acute{a}x} = \frac{P * a * x}{6LEI} * (L^2 - x^2 - b^2) \quad [11]$$

Donde:

Y_{máx}: Flecha máxima. (mm)

P: Fuerza que se aplica (1250N) ó peso (127.5kg).

a: Distancia desde la fuerza aplicada al apoyo o extremo de la viga (600cm).

E: Módulo de Young o módulo elástico del acero ($2.1 \cdot 10^6$ kg/cm²).

I: Momento de inercia (14.13cm⁴ para el tubo cuadrado 50x50x2 mm).

L: Longitud total del elemento (100cm).

X: L- a.

Despejando valores en la ecuación 11, se obtiene.

$$Y_{M\acute{a}x} = \frac{127.5 \text{ kg} * 600 \text{ cm} * 400 \text{ cm}}{6 * 100\text{cm} * 2.1 * 10^6 \text{ kg/cm}^2 * 14.13 \text{ cm}^4} * ((100\text{cm})^2 - (60\text{cm})^2 - (40\text{cm})^2)$$

$$Y_{M\acute{a}x} = 0.008 \text{ cm.}$$

$$Y_{M\acute{a}x} = 0.08 \text{ mm.}$$

Por lo que se puede constatar que las la deformación por las cargas en las vigas B y C es de 0,08mm. Teniendo en cuenta que la flecha máxima admisible de esta viga es de 5mm, podemos plantear que la viga soporta las cargas adecuadamente.

Se pudo constatar al calcular la flecha máxima que el perfil seleccionado soporta la carga. Teniendo en cuenta las características del perfiles cuadrados ASTM A-500 y datos recomendados por el fabricante, se obtiene como dato que el modulo elástico admisible mínimo es de 2950Kg/cm².

Se plantea que:

$$\sigma_{ADM} = 2950 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{ADM} \leq 2950 \text{ Kg/cm}^2$$

$$2950 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \geq \sigma = \frac{M}{S} = \frac{M * c}{I} \quad [12]$$

$$S \geq \frac{M}{2950 \text{ Kg/cm}^2}$$

Luego se calcula el módulo elástico al que están sometidas las vigas y se compara con el tabulado por el fabricante.

Dónde:

σ = Límite elástico admisible del material(Kg/cm²)

M= Momento máximo (N.m; Kg.cm)

S= Módulo de plasticidad del tubo estructural 50x50x2mm = 8.47 cm³

Viga A; M.máx: 5,859N.m= 5.976 kg.cm

Viga B y C; M.máx 300N.m= 306 kg.cm

$$SA \geq 0.002 \text{ cm}^3$$

$$SB,C \geq 0.103 \text{ cm}^3$$

Por lo que se puede constatar que el módulo de plasticidad del perfil seleccionado para el diseño de la mesa soporte es mayor (8.47 cm³) que el obtenido, por lo que la estructura soporta los esfuerzos a los que está sometida.

Cálculo de la fuerza de frenado del sistema de aire comprimido

Otros de los esfuerzos que puede actuar sobre la estructura es la acción de la fuerza de frenado, que en correspondencia a su magnitud pueden o no influir sobre la estructura y ser tomada en consideración para el diseño.

Como datos para el cálculo de la fuerza de frenado se tiene el pulmón tipo 30, el brazo del tensor de ajuste y la presión de aire a las que va a trabajar el sistema (60 psi mínimo a 120 psi máximo).

Por lo que se puede plantear que:

$$F_f = AL * P_p \quad [13]$$

Donde:

F_f: Fuerza de frenado o par de torsión de frenado (kg.cm).

Al: Factor de relación entre la longitud del brazo del tensor de ajuste y el área de la cámara del pulmón de freno.

P_p: Presión del sistema. (Kg/cm²)

Se plantea que:

AL = área de la cámara del pulmón de freno

* longitud del brazo del tensor de ajuste

En la tabla 4 se muestra la tabulación de la fuerza de frenado o par de torsión en el eje de levas para las diferentes presiones a la que será sometido el sistema.

Tabla 4. Ponderación de la fuerza de frenado.

Presión (Psi)	Presión (Kg/cm ²)	Área de la cámara (cm ²)	Longitud del brazo(cm)	Factor " AL"	Ff (kg.cm)	Ff (kg.m)
60	4.2	194	5.1	989.4	4155	41.6
70	4.9	194	5.1	989.4	4848	48.5
80	5.6	194	5.1	989.4	5541	55.4
90	6.3	194	5.1	989.4	6233	62.3
100	7.03	194	5.1	989.4	6955	69.6
120	8.4	194	5.1	989.4	8311	83.1

Por lo que se puede constatar que esta fuerza actúa sobre las zapatas y a su vez a los tambores ejerciendo una fricción, ejecutando la acción de frenado. Teniendo en cuenta que la acción de frenado no se realiza de forma brusca y que los tambores giraran a una velocidad de 32 km/h, al no poseer neumáticos y no estar en sus condiciones normales de trabajo, se plantea que la fuerza de frenado del sistema de aire, no se tendrá en cuenta como un esfuerzo que puede actuar sobre la estructura, al no influir su magnitud sobre la estructura, siendo absorbida por su efecto tangencial, por el propio sistema diferencial.

Cálculo del factor de seguridad de la estructura diseñada

Se plantea que:

$$n \text{ o } F.S = \frac{\sigma_{\text{Máximo}}}{\sigma} \quad [14]$$

Dónde:

n: Factor de seguridad. (F.S)

σ_{max} : Limite elástico máximo del material utilizado (5098 Kg/cm² (500Mpa) para acero ASTM A-500)

σ = Limite elástico del material(Kg/cm²)

El límite elástico es:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad [15]$$

Dónde:

σ = Limite elástico del material(Kg/cm²)

M= Momento máximo (N.m; Kg.cm)

c= Distancia de fibra extrema al eje neutro.(cm)(altura del perfil / 2)

I= Momento de inercia del tubo estructural 50x50x2mm = 14.13 cm⁴

Viga A; Mmáx: 5,859N.m= 5.976 kg.cm

Viga B y C; Mmáx 300N.m= 306 kg.cm

Sustituyendo los valores en la ecuación 15 se obtiene que:

$$\sigma_{\text{viga A}} = \frac{5.976 \text{ kg. cm} * 2.5\text{cm}}{14.13\text{cm}^4}$$

$$\sigma_{\text{viga A}} = 1.06\text{Kg/cm}^2 < \sigma_{\text{ADM}} = 2950 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{viga B y C}} = \frac{306 \text{ kg. cm} * 2.5\text{cm}}{14.13\text{cm}^4}$$

$$\sigma_{\text{viga B y C}} = 54.14\text{Kg/cm}^2 < \sigma_{\text{ADM}} = 2950 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo que se puede constatar que limite elástico al que está sometido el material por los esfuerzos, es mucho menor que el admisible, soportando las cargas a las que está sometida.

Teniendo en cuenta que el factor de seguridad entre el esfuerzo estático máximo y en esfuerzo elástico admisible es de $1.7 > 1$, se plantea entonces que al ser los esfuerzos estáticos soportados por la viga, mucho menores que el admisible, el factor de seguridad para la estructura diseñada está sobredimensionada, soportando los esfuerzos.

Como conclusión parcial, se plantea que el perfil seleccionado para la construcción de la estructura de la mesa (perfil cuadrado 50x50x2mm) soporta los esfuerzos a los que está sometido.

4.5. SELECCIÓN DE COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS DEL SIMULADOR DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE FRENOS

En la figura 31 se indica el diseño del banco de pruebas y simulador didáctico, donde se puede observar toda estructura de la mesa de trabajo y sus componentes, los que se encuentran dispuestos de acuerdo al funcionamiento requerido.

El compresor de aire 1, Mesa base 2, Cañerías de aire 3, Válvula repartidora 4, Pulmón de aire doble efecto derecho 5, semieje diferencial 6, Tambor derecho 7, Carcaza del diferencial 8, Manómetro A 9, Manómetro B 10, Tambor izquierdo 11, Pulmón de aire doble efecto izquierdo 12, Acople para transmitir movimiento 13, Motor eléctrico 14, Válvula de freno principal 15, Válvula de bloqueo 16, Tensor de ajuste 17.

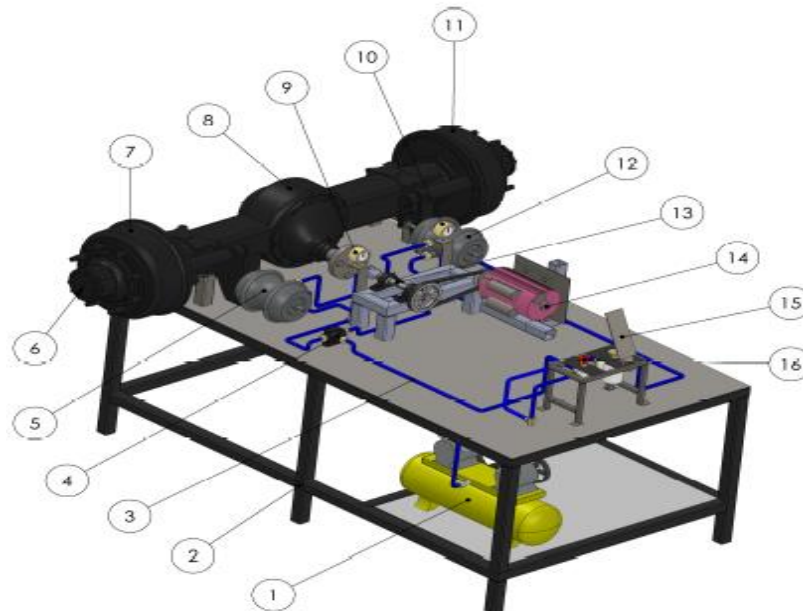


Figura 32. Vista frontal del sistema neumático de frenos de aire eje posterior

En las tablas 5 y 6 que a continuación se muestran se especifican y describen los elementos y componentes mecánicos, eléctricos y características de estos.

Tabla 5. Elementos del sistema neumático.

ITEM	DESCRIPCIÓN	PROCEDENCIA
1	Eje Diferencial	Chevrolet Isuzu FTR
2	Compresor de aire	Chino Porten
3	Pulmón de doble efecto (Posterior)	Chevrolet Isuzu FTR
4	Tensor de ajuste	Chevrolet Isuzu FTR
5	Válvula principal del freno	Chevrolet Isuzu FTR
6	Válvula del bloqueo	Universal Americana
7	Manómetros de presión	Universal
8	Mangueras	Universal de plástico
9	Acoples rápidos	Universal de plástico

Tabla 6. Elementos eléctricos del sistema.

ITEM	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
1	Motor eléctrico	1725 rpm
2	Switch del motor eléctrico	Normalmente cerrado
3	Luces de aviso	110 voltios
4	Cables	4 metros
5	Pulsadores	On / off

4.5.1. EJE DIFERENCIAL

Para el simulador didáctico se utilizó un diferencial completo de un camión Isuzu modelo FTR 1985 con el sistema neumático de freno adaptado el mismo que nos servirá para demostrar el sistema de frenado con todos sus componentes que intervienen tal como se observa en la figura 32.

El eje diferencial que se utilizó tiene todos sus componentes como son el cono, la corona, los ejes y todo el accionamiento de freno de aire y tamboras.

Como característica de este tipo de diferencial se tiene que la relación de transmisión es de 4.55, teniendo, 9 dientes en el cono y 41dientes en la corona.



Figura 33. Eje diferencial.

4.5.2. COMPRESOR

Conociendo que el tipo de compresor a utilizar es el de transmisión directa, es necesario la selección del mismo teniendo en cuenta otros aspectos, como la potencia necesaria del sistema, caudal, tamaño del tanque y tiempo de utilización. Considerando que el sistema de freno utilizado es el de un diferencial del camión ISUZU modelo FTR 1985, el cual utiliza un pulmón de freno de aire tipo 30, siendo accionado a una presión de aire mayor a 60psi y como máximo de 100 a 120 psi.

Teniendo estos datos pudimos seleccionar la unidad compresora para el simulador.

Características de la unidad compresora.

- Potencia del motor 1.5 kw (2 Hp).
- 110 voltios.
- 3450 rpm.
- Presión máxima 116 psi – 8 bar.
- Tanque con capacidad de 24 lts.

La unidad seleccionada es un sistema compacto, la cual permite un ahorro de costo y tiempo ya que este compresor tiene elementos necesarios para el sistema como se observa en la figura 33.

- Válvula de seguridad.
- Regulador de presión.
- Válvula de drenaje.
- Manómetro.
- Depósito de aire.



Figura 34. Compresor de aire.

4.5.3 PULMÓN POSTERIOR DE FRENO

El pulmón posterior de freno de aire es un mecanismo que sirve como freno de estacionamiento y parqueo o de emergencia está compuesto por una cámara donde se aloja un diafragma y un resorte el cual permanece comprimido por la presión que ejerce el sistema. El pulmón se utilizó en nuestro banco es de tipo 30, siendo accionado a una presión de aire mayor a 60psi y como máximo de 100 a 120 psi, cuando la presión se encuentra entre los 20 y 35 psi, el resorte se libera y acciona le vástago ejecutando los frenos de emergencia o de estacionamiento como se muestra en la figura 34.



Figura 35. Despiece pulmón de freno de aire

4.5.4 TENSOR DE AJUSTE

El tensor de ajuste es el elemento que actúa como eslabón entre el pulmón de freno y el eje de levas del sistema de freno. Su brazo es ajustado a la varilla de empuje con una horquilla en la base del eje de levas del freno, este mecanismo permite transformar y multiplicar la fuerza desarrollada por la cámara en un par de torsión, el cual aplica los frenos por medio del eje de

levas del freno, transmitiendo la fuerza de frenado a los tambores. El tensor de ajuste a utilizar cuenta con 10 dientes.

En la figura 35. Se muestra el tensor de ajuste del sistema de frenos y en la tabla 7 los datos técnicos del tensor de ajuste.



Figura 36. Tensor de ajuste

Tabla 7. Datos técnicos tensor de ajuste

DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE DIENTES
1 ½"	10
1 ½"	28
1 5/8"	37

4.5.5 VÁLVULA DEL PEDAL DEL FRENO

La válvula de pedal del freno tiene tres entradas y tres salidas como se muestra en la figura 36, para nuestra aplicación se utilizarán solo una entrada y una salida ya que toda la presión la concentraremos para el eje posterior.



Figura 37. Despiece de la válvula de freno

4.5.6 VÁLVULA DE BLOQUEO

Las Válvulas bloque o de control de Empujar-Halar son accionadas manualmente, estas, frecuentemente son montadas en el tablero de instrumentos del vehículo y son usadas para una variedad de aplicaciones. Estas válvulas son sensibles a la presión, normalmente cerradas, son válvulas de abrir y cerrar las cuales automáticamente regresan a la ubicación de escape (botón afuera), cuando la presión de suministro está por debajo del mínimo requerido. Pueden ser manualmente operadas a cualquier ubicación, cuando la presión está sobre el mínimo requerido. El ajuste de la presión, configuración del botón y el estilo, pueden variar dependiendo de la aplicación. En la figura 37. Se muestra la válvula de bloque del simulador.



Figura 38. Válvula de bloqueo PP-2™

4.5.7 MANÓMETROS DE PRESIÓN.

Los manómetros sirven para medir la presión absoluta que se encuentra en el sistema. En nuestro caso se instalaron dos manómetros, seleccionados cumpliendo con la característica de presión máxima del sistema de 160psi, como se observa en la figura 38.



Figura 39. Manómetros del sistema.

4.5.8 MANGUERAS DE AIRE O CAÑERÍA

Se utilizó mangueras plásticas de alta presión para transportar el aire de una forma fácil y rápida por todo el sistema, estas cañerías son de fácil cambio y reemplazo además de la facilidad para acoplarse en cualquier sitio. Seleccionando una manguera del tipo MPC 2105 para aire comprimido con una presión de trabajo de 160Psi, de diámetro exterior 12 mm y diámetro interior 8 mm de color azul, como se muestra en la figura 39.



Figura 40. Mangueras de aire del tipo MPC 2105

4.5.9 ACOPLER RÁPIDOS

Los acoples rápidos son utilizados para una fácil instalación y un desacople rápido, tienen un seguro para evitar fugas de aire durante el funcionamiento existen de varias medidas y algunos tipos. Estos permitirán el acople de la cañería de 12 mm de diámetro seleccionada, como se muestra en la figura 40.

Unión rápida



Conector Rápido



Conector codo



Figura 41. Acoples rápidos

4.5.10. DIAGRAMA DEL SISTEMA NEUMATICO DE FRENADO

En la figura 41 se muestra el diagrama general del sistema neumático utilizado en el banco de prueba y los componentes que lo forman.

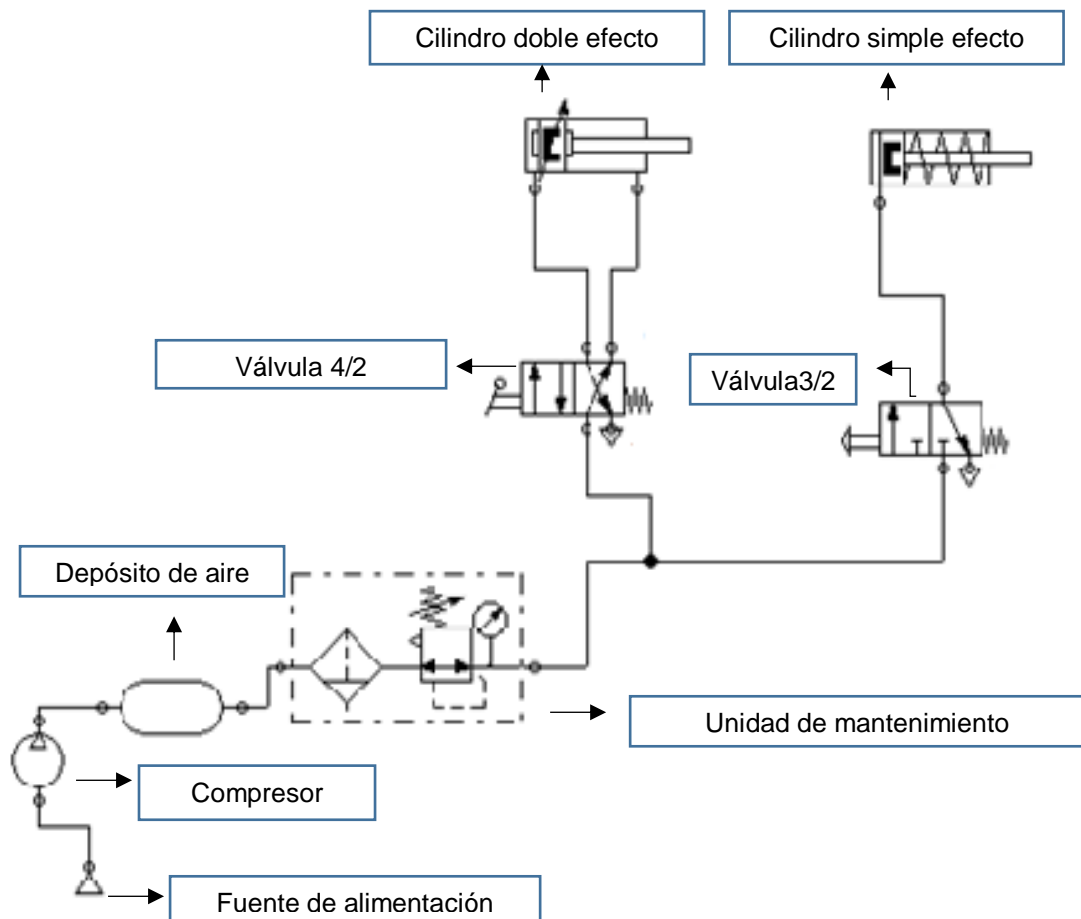


Figura 42. Circuito de frenos neumáticos.

El circuito de frenos neumáticos consta de una fuente de alimentación, el compresor, el depósito de aire, la unidad de mantenimiento, las válvulas de accionamiento, los cilindros de doble y simple efecto respectivamente.

A continuación en la figura 45, se muestra el accionamiento de las válvulas de freno, al accionar el pedal de freno, estas permiten el paso del aire a las recamaras de los cilindros, accionando los vástagos ejerciendo una fuerza. Al liberar el pedal de freno, la presión ejercida por el aire comprimido es

cortada y los vástagos de los cilindros o pulmones, retornan a su posición inicial.

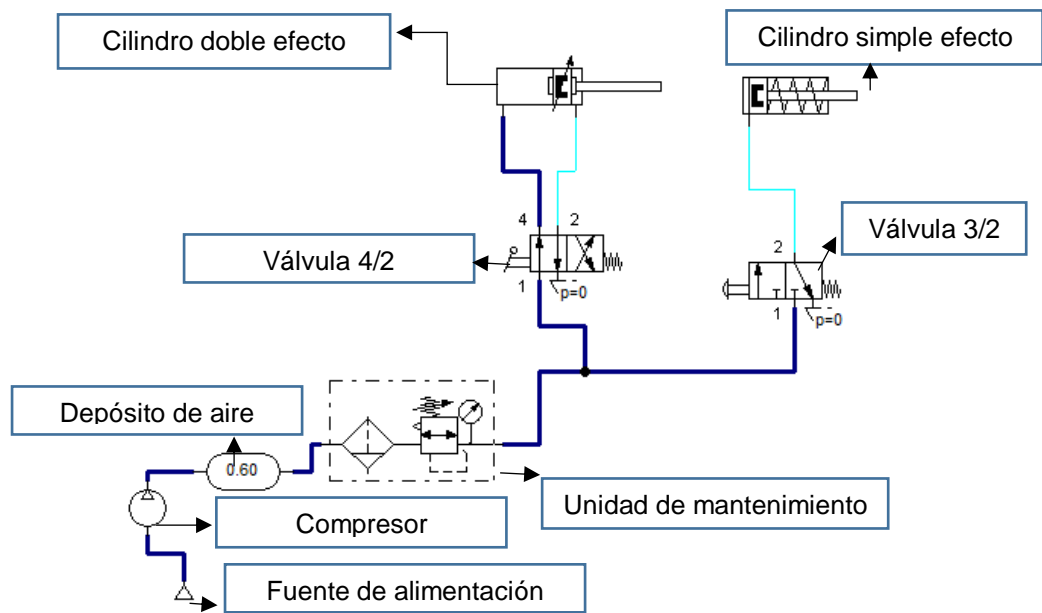


Figura 43. Accionamiento de la válvula de freno

En la figura 43 se muestra el accionamiento de la válvula de bloqueo en el sistema, al ejecutar esta el resorte de la cámara es accionado por la baja presión del sistema y se acciona los frenos de parqueo o estacionamiento.

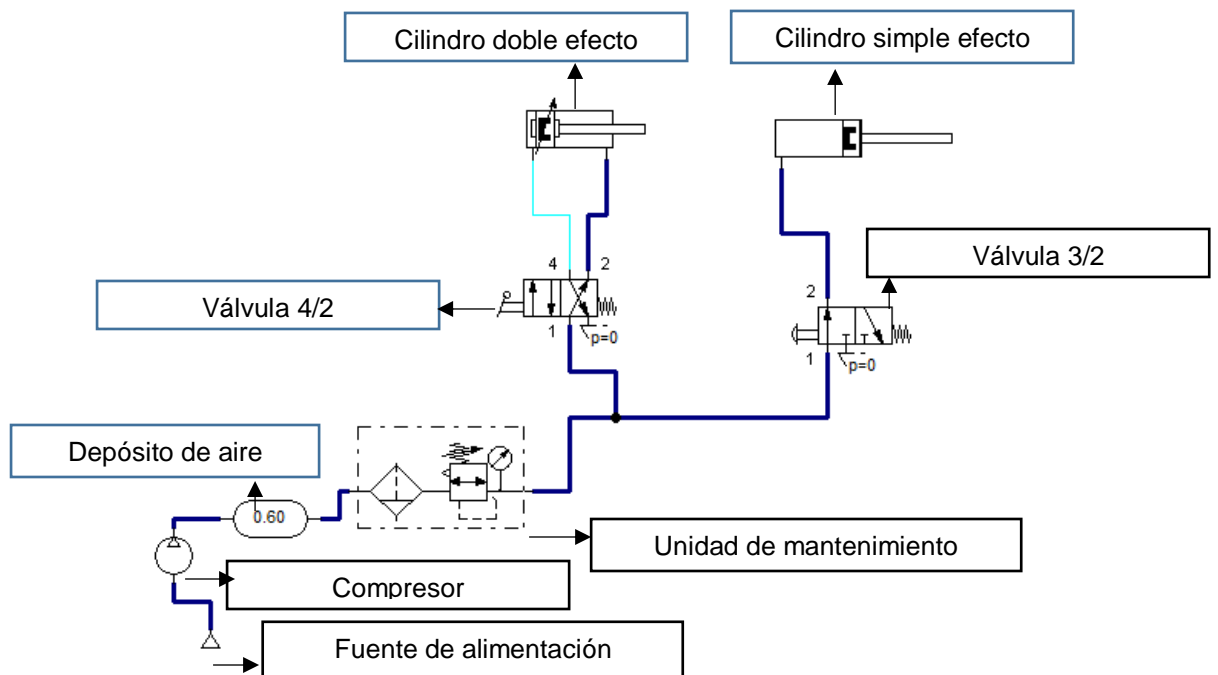


Figura 44. Accionamiento de la válvula de bloqueo

4.5.11 MOTOR ELÉCTRICO

En la tabla 8 se indica las características técnicas del motor eléctrico.

Tabla 8. Datos técnicos del motor eléctrico

MOTOR ELÉCTRICO	
Voltaje	115 Voltios
Frecuencia	1725 rpm
Potencia	0.5 HP

4.5.12 SWITCH DEL MOTOR ELÉCTRICO

Se coloca un final de carrera normalmente cerrado debajo del pedal del freno para que al momento de accionar nos permita un corte de corriente y el motor se detenga.

4.5.13 LUCES DE AVISO DE FRENADO

Se coloca las luces indicadoras para advertir el frenado se coloca sobre la mesa de trabajo, tiene una alimentación de 110 voltios

4.5.14 CABLES

Se utiliza un cable de sección número 16 de 110 voltios para todo el circuito para que transmitir la corriente.

4.5.15 INTERRUPTOR ON / OFF

Permite activar y desactivar el paso de la corriente hacia el motor y compresor respectivamente para de esta forma poner en funcionamiento el sistema neumático de frenos de aire.

4.5.16 SWITCH NORMALMENTE CERRADO

Permite abrir el circuito al presionar el pedal del freno este nos permitirá que el motor se detenga hasta que deje de presionar el freno.

4.5.17 DIAGRAMA ELÉCTRICO

El diagrama eléctrico indica cuando el motor eléctrico se encuentra en funcionamiento y al momento de presionar el pedal del freno se genera un corte de corriente que detiene el motor como se muestra en la figura 44.

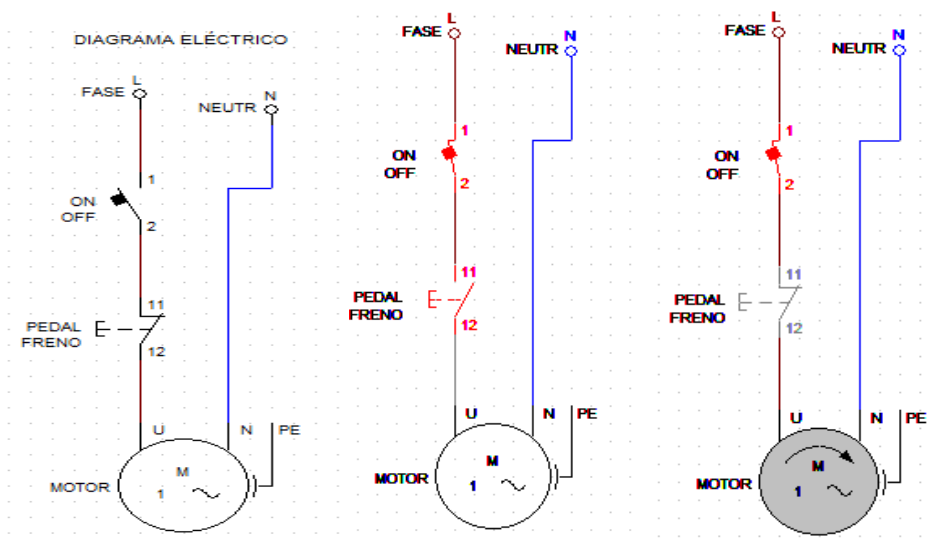


Figura 45. Diagrama eléctrico funcionamiento

Al accionar el pedal de freno, este acciona el switch normalmente cerrado debajo del pedal, realizando el corte de la energía y a su vez se detiene el motor eléctrico.

4.6. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE GIRO Y POTENCIA DEL MOTOR ELÉCTRICO

Para el simulador de frenos de aire se utilizó un sistema de transmisión por banda, en la selección del mismo influyó la puntuación obtenida en las

alternativas para la construcción del banco. Además de que para la construcción del banco didáctico no es necesario mantener una relación de transmisión exacta, constante y de alta velocidad, este sistema de transmisión al ser flexible nos permitirá absorber las vibraciones y choques del sistema, actuando además como fusible, en caso de fallas del sistema eléctrico y no detener al motor al presionar el mando de freno neumático. Brinda ventajas como la poca distancia entre los ejes, no se requiere que gran presión de montaje y poca tensión inicial, es encontrada fácilmente en el mercado, teniendo un costo económicamente asequible.

El movimiento es generado por un motor eléctrico con un sistema de poleas que se acoplan mediante un eje con chumaceras y un acoplamiento o junta cardan universal al sistema mecánico diferencial (Cono, corona, ejes) mediante este sistema se logra un movimiento tangencial de los tambores los cuales están conformados por rodillos, muelles de recuperación y elemento del sistema de freno.

El conjunto diferencial tiene como característica 9 dientes en cono y 41 dientes en la corona, proporcionando una relación de 4.6: 1; es decir que por cada 4.6 giros de entrada al eje, el tambor realizara 1 giro.

En la tabla 9. Se observa las características del diferencial.

Tabla 9. Características del grupo reductor diferencial.

Relación de transmisión (rt)	
Nro de dientes cono	9
Nro de dientes corona	41

Calculo de la relación de trasmisión reductora del grupo diferencial

$$rt = \frac{\text{Nro de dientes cono}}{\text{Nro de dientes corona}} \quad [16]$$

$$rt = \frac{9 \text{ dientes}}{41 \text{ dientes}}$$

$$rt = 0.219$$

En la figura 45 se observa un eje diferencial.



Figura 46. Conjunto relación de transmisión

Para el simulador didáctico se plantea que los tambores del diferencial girarán a 220 rpm mínimas, teniendo en cuenta que no se necesitan una alta velocidad en las mismas para la simulación del frenado, además de simular la primera marca de un vehículo pesado donde se alcanzan estas revoluciones a la salida de los neumáticos.

El sistema de polea actuara como la caja de cambio entre el motor y el eje diferencial, con la característica de que actuara como una marcha fija. Las poleas disponibles para la transmisión como se muestran a continuación en la tabla 10.

Tabla 10. Dimensiones de las poleas.

Sistema de poleas	
Diámetro polea conductora	8.7 cm
Diámetro polea conducida	14.8 cm

En base a las dimensiones de las poleas se calcula la relación de trasmisión y posteriormente la velocidad de giro del motor eléctrico.

4.6.1. CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE TRASMISIÓN

En el sistema se muestra una relación de trasmisión reductora en el conjunto diferencial y una relación de trasmisión reductora en el conjunto de poleas y correas, al multiplicar estas se obtiene la relación reductora total del sistema, por lo que:

$$r_{t_{total}} = r_{t_{conjunto\ difencial}} * r_{t_{polea}} \quad [17]$$

Se obtiene la relación de transmisión del sistema de correas y poleas con la siguiente ecuación.

$$r_t = \frac{\text{Diametro polea conductora}}{\text{Diametro polea conducida}} \quad [18]$$

$$r_t = \frac{8.7 \text{ cm}}{14.8 \text{ cm}}$$

$$r_t = 0.587$$

Para obtener la relación de transmisión se sustituye los valores en la ecuación 17.

$$r_{t_{total}} = 0.219 * 0.587$$

$$r_{t_{total}} = 0.128$$

4.6.2. CÁLCULO DE LA FRECUENCIA DE GIRO DEL MOTOR

Teniendo la relación de transmisión reductora del sistema y las revoluciones deseadas en los tambores, se calcula las revoluciones que debe tener el motor para el sistema y obtener los parámetros deseados.

$$\text{No rpm motor} = \frac{\text{Revoluciones deseadas}}{r_{t_{total}}} \quad [19]$$

$$\text{No rpm motor} = \frac{220 \text{ rpm}}{0.128}$$

$$\text{No rpm motor} = 1720 \text{ rpm}$$

Como conclusión parcial se puede constatar que el motor necesario para el sistema necesita 1720 revoluciones para obtener las 220 revoluciones deseadas en los tambores.

4.6.3. CÁLCULO DE VELOCIDAD LINEAL Y ANGULAR DEL TAMBOR

Con los datos se obtiene la frecuencia del motor y el radio del tambor, se calcula la velocidad lineal del tambor como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Frecuencia del motor y datos del tambor

Datos.	
Frecuencia del motor	1720 rpm
Radio del tambor	0.39 m
Perímetro del tambor ($2\pi R_t$)	2.40m

Se plantea la ecuación.

$$V_L = \frac{Nc * Pt * 60}{Rd * 1000} \quad [20]$$

Donde:

V_L : Velocidad lineal (km/h).

Pt: Perímetro del tambor (m)

Rd: Relación de desmultiplicación

Nc: Revoluciones del motor (rpm).

Para el cálculo de la relación de transmisión de desmultiplicación, ya que se tomó en cuenta el sistema de transmisión de correas y poleas como una marcha fija de una caja de cambio, se obtiene de forma inversa a la relación de transmisión reductora del conjunto.

$$R_d = \text{Relación la transmisión de poleas y correas} * \text{relación de transmisión del grupo diferencial} \quad [21]$$

$$R_d = \frac{14.8\text{cm}}{8.7\text{ cm}} * \frac{41\text{dientes}}{9\text{ dientes}}$$

$$R_d = 7.74$$

Se sustituye el valor en la ecuación 20.

$$V_L = \frac{1720 * 2.40\text{ m} * 60\text{ h}}{7.74 * 1000\text{ km}}$$

$$V_L = 32\text{ km/h}$$

La velocidad angular del tambor se obtiene por la ecuación:

$$\text{Rev} = \frac{\text{RPM motor electrico}}{R_d} \quad [22]$$

$$\text{Rev} = \frac{1720\text{ RPM}}{7.74}$$

$$\text{Rev} = 222 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1\text{ min}}{60\text{ seg}}$$

$$\text{Rev} = 3.7 \frac{\text{rev}}{\text{s}} = \text{Velocidad angular } (\omega)$$

Dónde:

V = velocidad tangencial

ω = velocidad angular

r = radio del tambor (0.39 m)

En la figura 46 se observa el diagrama de velocidad tangencial.

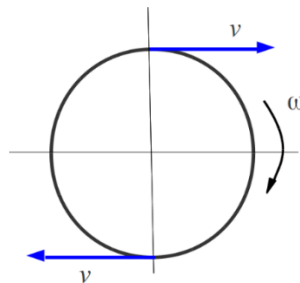


Figura 47. Diagrama de la velocidad tangencial

Se obtiene que la velocidad lineal del tambor es de 32 km/h a 1720 rpm del motor con una velocidad angular de 3.7 rev/s, es decir que el tambor gira 3.7 veces en 1 segundo.

4.6.4. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Para la selección del motor, se calcula la potencia necesaria para mover los tambores, por lo que es necesario conocer el torque teniendo en cuenta el efecto volante.

$$T_{kgm} = \frac{0.5Pv^2}{g} \quad [23]$$

Donde:

Tkgm: Torque necesario (Kg.m).

P: masa de los tambores. (45 kg)

v: velocidad de los tambores (8.9 m/s)(32 km/h)

g: Velocidad por la acción de la gravedad (9.81m/s)

Sustituyendo los valores en la ecuación 23.

$$T_{kgm} = \frac{0.5 * 45kg * (8.9 m/s)^2}{9.81 m/s^2}$$

$$T_{kgm} = 182 kg.m$$

Para calcular la potencia se utiliza la ecuación:

$$Hp = \frac{RPM * T_{kgm}}{71620} \quad [24]$$

Se obtiene la potencia necesaria del motor a utilizar en el sistema.

$$Hp = \frac{220 rpm * 182 kg.m}{71620}$$

$$Hp = 0.5HP$$

Se constata que el motor seleccionado cumple con las condiciones de diseño necesarias con una potencia de 0.5 HP y 1725rpm.

4.6.5 SELECCIÓN DE LA BANDA DE TRANSMISIÓN

Con las dimensiones de las poleas y distancia entre estas, se procede al cálculo de la longitud de la banda con los datos de la tabla 12.

Tabla 12.Datos de los elementos de trasmisión.

Datos.	
Diámetro polea conducida (D)	14.8 cm
Diámetro polea conductora (d)	8.7 cm
Distancia entre centros (A)	30 cm

En la figura 47 se observa el sistema de poleas utilizado.

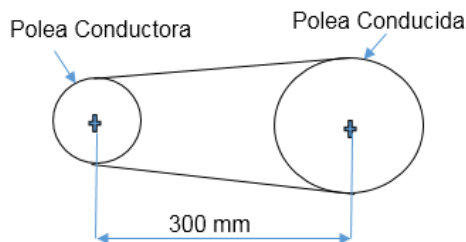


Figura 48. Sistema de poleas

$$L_c = 1.57(D + d) + 2A + \frac{(D-d)^2}{4A} \quad [25]$$

$$L_c = 1.57(14.8\text{cm} + 8.7\text{cm}) + 2 * 300\text{cm} + \frac{(14.8\text{cm} - 8.7\text{cm})^2}{4 * 300\text{cm}}$$

$$L_c = 650\text{ cm}$$

Por lo que se seleccionó una correa trapezoidal de sección A Z 25,5 con una longitud de 650 cm., como se muestra en el anexo 9.

4.7. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

El diseño del banco de pruebas y simulador didáctico de frenos neumáticos se lo realizó en SOLIDWORKS spi 2014, el mismo que permitió dibujar los componentes del sistema neumático y a la vez la mesa de trabajo con el fin

de poder identificar los componentes de una manera rápida y de esta forma poder facilitar el estudio de las partes que lo componen.

4.7.1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

La estructura de la mesa de trabajo se diseñó de acuerdo a los componentes del sistema neumático de frenos, además la estructura está diseñada de un tubo cuadrado de acero de acuerdo a las descripciones, material, medidas y normas como se observa en la tabla 13.

Para la construcción de la mesa de trabajo se utilizaron equipos de protección personal, equipos de soldadura y corte apropiados para el proceso. La lista de los elementos se indica a continuación:

Elementos estructurales:

Tabla 13. Elementos de la estructura.

ITEMS	DESCRIPCION	MATERIAL	MEDIDAS	NORMAS
1	Estructura para soporte del sistema de frenos	Perfiles Cuadrados ASTM A-500	50X50X2	NTE INEN 2415:2008
2	Plancha para soporte de los elementos del sistema	Plancha de acero ASTM A-36	2200X1100X2	NTE INEN 115 : 2008
3	Soporte para el compresor	Triplex	1000X700	NTE INEN 2222 : 99
4	Estructura para las válvulas del sistema	Perfiles Cuadrados ASTM A-500	20X20X1.5	N2415 : 2008TE INEN

Con los materiales de la tabla 4 y los planos de construcción del diseño de la mesa soporte, se construyó la estructura soporte del banco del simulador de sistema de frenos de aire para el diferencial posterior del Isuzu FTR 1985.

4.7.1.1 Medición

Para realizar las mediciones se utilizó un flexómetro que permitió realizar medidas exactas y poder relacionar las medidas de la mesa de trabajo con las partes y piezas que conforman el sistema.

4.7.1.2 Corte

El corte de los elementos estructurales se lo realizó mediante una cortadora eléctrica de metales marca bosch con un disco de 14" y 1300 rpm como se observa en la figura 48.



Figura 49. Cortadora eléctrica.

4.7.1.3 Soldadura

El proceso de la construcción de la mesa de trabajo se la realizó bajo el proceso tipo GMAW (Soldadura de arco metálico) en este utilizamos la suelda MAG (Metal Active Gas) utilizando el alambre como material de aporte y el tanque de gas CO2 facilitando el trabajo como se observa en la figura 49.



Figura 50. Suelda MAG.

4.7.1.4 Pintura

El proceso de pintura se lo realizó con el fin de eliminar la corrosión que la estructura metálica genera y también para alargar la vida útil de la mesa de trabajo, de esta misma forma se realizó el proceso con todos los elementos que conforman el sistema de frenos neumáticos, se utilizó pintura de marca PINTULAC acrílica de varios colores para poder identificar cada parte del sistema y mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

A continuación se muestra en la figura 50 el flujo del proceso de pintura.

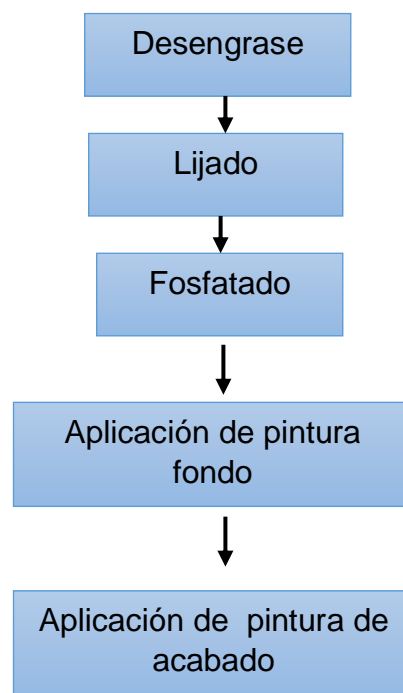


Figura 51. Proceso de pintura

- **Desengrase**

El desengrase es un proceso importante antes que una pieza sea sometida a la aplicación de pintura ya que mediante este se logra eliminar la grasa y aceites que hay en la superficie de los elementos para de esta forma evitar problemas de adherencia de pintura. Para la aplicación se utilizó un galón de desengrasante el cual se lo debe mezclar con agua en una relación 1:1 de

acuerdo a las necesidades. Luego de la aplicación del desengrasante es recomendable pasar un paño húmedo y secar.

- **Lijado**

Para el lijado de los elementos se utilizó lija 80, 120 y 240 el proceso se realiza secuencialmente desde la lija más abrasiva que es la 80 para retirar cualquier material, hasta la más suave que es 240 para dejar listo para aplicar la pintura.

- **Fosfatado**

Es la aplicación del fosfato de hierro como agente químico nos permitirá una buena adherencia sobre la superficie metálica y de esta forma pueda resistir

por más tiempo la agresión de agentes ambientales.

- **Aplicación de pintura fondo**

Se colocó pintura de fondo marca pintulac acrílico de color gris colocando 2 partes de pintura y una de diluyente, se utilizando un compresor y una pistola de soplete, el secado se lo realizo al ambiente, se aplicó dos manos de pintura fondo con 10 minutos entre aplicación y 40 minutos para el secado total.

- **Aplicación de pintura de acabado**

Se aplicó pintura acrílica de color negro y vario colores para identificar los elementos se utilizó aproximadamente $\frac{1}{4}$ de pintura negra mezclada con diluyente y $\frac{1}{8}$ de otros colores, se utilizó compresor y soplete para la aplicación de la pintura como se observa en la figura 51.

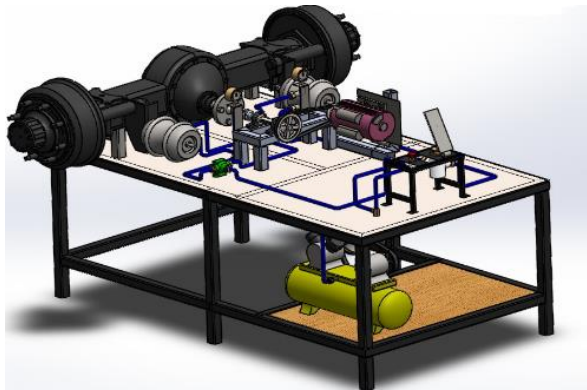


Figura 52. Aplicación de pintura de la mesa.

- **Diseño de la estructura del motor**

Para el diseño de la base del motor se utilizó el mismo tubo estructural de 50 x 50 x 2 mm bajo las mismas normas descritas anteriormente en la tabla 4. Sobre esta estructura está colocado un eje respectivamente acoplado con el diferencial y en el otro extremo un conjunto de poleas como se observa en la figura 52.

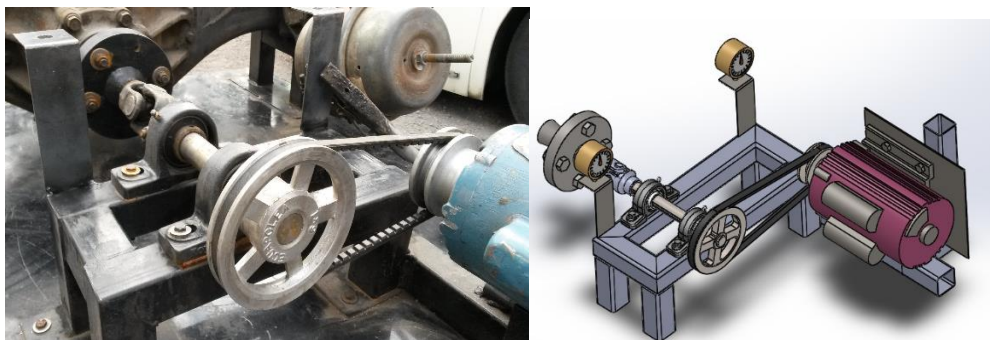


Figura 53. Diseño del conjunto motor – poleas y acople.

- **Diseño de la base porta válvulas**

Para el diseño de la base porta válvulas se tomó en cuenta las dimensiones de las válvulas de freno y bloqueo donde se utilizó un tubo estructural de 20X20X1.5 mm, bajo las normas descritas en la tabla de materiales, el diseño se observa en la figura 53.



Figura 54. Diseño de la base porta válvulas.

4.8 MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO DEL SIMULADOR DIDÁCTICO

4.8.1. PRUEBAS DE PRESIÓN DE AIRE EN EL SISTEMA

Para iniciar con el funcionamiento del banco didáctico, es necesario, realizar una inspección visual del sistema en general, por si existe alguna cañería fuera de posición o esta desconectada, al igual que estar conectado el motor eléctrico y compresor a la red, luego verificar los valores que marcan los manómetros una vez encendido el equipo, y realizar una inspección auditiva para identificar alguna fuga de aire existente.

4.8.2. PLAN DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

Teniendo en cuenta que el sistema de freno en un vehículo es de gran importancia, se debe realizar una inspección de los elementos que lo componen, dividiendo al mismo en dos sistemas, el sistema mecánico y neumático.

Para las inspecciones del sistema neumático se deben de revisar todos los elementos que componen este como:

- **Cañerías o conducto**

Se realiza una inspección visual y auditiva en las cañerías de alta presión del sistema para verificar que no existan fugas ni roturas, cuando sea necesario

reemplazar una cañería, se lo debe hacer por una cañería del mismo diámetro. Ver la figura 54.



Figura 55. Cañerías

- **Válvulas**

Se escucha que no exista fugas de aire, cuando sea necesario reemplazar la válvula o cambiar el kit de reparación, asegurarse de que esta válvula cuente con todos sus componentes como so resortes, sellos como se observa en la figura 55.



Figura 56. Válvulas

- **Compresor**

Se verifica el nivel de aceite del compresor, se verifica que la válvula de seguridad no se encuentre en modo off, se verifica el funcionamiento correcto de los manómetros al momento de encender el compresor, revisar que la válvula de purga del tanque del compresor está bien apretada y realizar la purga al culminar el trabajo. En la figura 56 se observa el compresor del simulador de frenos de aire.



Figura 57. Compresor

Para las inspecciones del sistema mecánico se deben de revisar y ajustar todos los elementos que componen este como:

- **Tensor de ajuste**

Se debe realizar un ajuste apropiado para obtener un buen frenado. Ver la figura 57.



Figura 58. Tensor de ajuste

- **Pulmones de freno**

Los pulmones de freno son los encargados de acumular aire para de esta manera vencer la presión del resorte tanto de freno como el de bloqueo, el accionamiento inicia cuando el aire a presión ingresa a la cámara del freno que contiene la varilla de empuje y el diafragma generalmente de caucho y de diámetros diferentes, el aire empuja la varilla de accionamiento provocando así el accionamiento de todos los elementos y frenando los tambores.

En la figura 58 se observa el pulmón de freno.



Figura 59. Pulmón de freno

- **Diafragma**

Los diafragmas del simulador de frenos de aire son de tipo 30, hay realizar un mantenimiento preventivo cada cierto tiempo de ser necesario hay que reemplazarlos.

En el caso del desmontaje es importante tener en cuenta tomar las seguridades del caso ya que los resortes pueden salir disparados y ocasionar daños.

En la figura 59 se observa el diafragma que utiliza el pulmón del sistema de frenos de aire.



Figura 60. Diafragma

- **Zapatas**

Se debe realizar una revisión periódica del estado de las zapatas y a su vez de los resortes y rodillos ya que es el conjunto que acciona todo el mecanismo, es muy importante tener en cuenta el ancho de la zapata para no dañar el disco. Ver la figura 60.



Figura 61. Zapatas de freno

4.8.3. MANUAL DE USO Y FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SIMULADOR DIDACTICO DE FRENOS DE AIRE

El simulador didáctico y banco de prueba del sistema de frenos neumáticos, se utiliza para reconocer e identificar los componentes del mismo y su funcionamiento. El mismo puede ser utilizado de forma total o parcial, contando con un sistema de desconexión eléctrica total por seguridad.

Información para la seguridad y cuidado del sistema.

- Voltaje a utilizar en el todos los elementos eléctricos 110Voltios.
- Utilizar el banco didáctico en un área techada.

- No operar el equipo con ropa demasiado holgada o prendas.
- No estar parados juntos a los tambores al iniciar el arranque.
- No permita que estudiantes manipulen el equipo solo por primera vez
- Realizar el mantenimiento programado.
- Desconecte el equipo totalmente para hacer limpieza, mantenimiento y fin de clases.
- Advertencia. Este equipo solo debe ser usado por el estudiante bajo la supervisión del docente o por una persona responsable del mismo.

El banco cuenta con un panel de control principal, por el cual se pueden desconectar y des-energizar el sistema y dispone de los siguientes elementos para el correcto funcionamiento.

- **Botones de encendido y apagado del motor y compresor**

Sirve para encender el motor y compresor del simulador de frenos de aire. Ver la figura 61.



Figura 62. Panel de control

- **Manómetros de presión**

Son manómetros de 16 bares. Sirve para observar la presión del aire que tiene el depósito del compresor y del sistema. Ver la figura 62.



Figura 63. Manómetros del sistema de aire

- **Regulador de presión y filtro**

Sirve para evitar que ingrese líquido en el aire e impurezas, y regular la presión con la cual vamos a operar el sistema. Ver la figura 63.



Figura 64. Regulador de presión

- **Válvula de bloqueo**

Bloquea el sistema ejecutando los frenos de estacionamiento. Ver la figura 64



Figura 65. Válvula del bloqueo del sistema

- **Tambores de freno**

Estos elementos ejecutan la acción de frenado a través de la acción de los mecanismos de frenado. Ver la figura 65



Figura 66. Tambor del freno

- **Válvula de pedal**

Al presionar la válvula de pedal ambos pulmones entran en funcionamiento y se frenan los dos tambores, desconectando al motor eléctrico del sistema para que no gire, al soltar la válvula de pedal los pulmones regresan a su posición

de inicio liberando los dos tambores y se conecta el motor eléctrico que acciona al sistema. Ver la figura 66.



Figura 67. Pedal del freno

- **Motor eléctrico**

Brindan la fuerza necesaria para dar el movimiento a los tambores por medio del sistema de transmisión. Ver la figura 67



Figura 68. Motor eléctrico

- **Cañerías flexibles**

Sirven para trasladar del aire a presión a los diferentes elementos neumáticos del banco, unidos por acoples rápidos, para la fácil conexión. Ver la figura 68.



Figura 69. Cañerías y acoples del sistema

- **Compresor de aire**

Suministra el aire comprimido y lo almacena en un depósito. Ver la figura 69.



Figura 70. Compresor del sistema neumático

- **Pulmón de doble acción**

Este pulmón tiene dos funciones: una para el servicio de frenado convencional y el otro para el freno de estacionamiento, frena y bloquea los tambores cuando el resorte vence la presión del sistema (20-35 psi). Ver la figura 70.



Figura 71. Pulmón de doble efecto

- **Tensores de ajuste**

Sirve para la regulación de los frenos, primeramente se debe desbloquear el sistema, liberar la rueda y con una llave 14mm ajustar todo y luego aflojar uno o dos dientes de acuerdo al giro de llanta. Ver la figura 71.



Figura 72. Tensor regulador de los frenos

- **Conductores eléctricos**

Sirve para trasladar la corriente eléctrica a los distintos elementos en el circuito. Ver la figura 72.



Figura 73. Conectores eléctricos

4.8.4. INSTRUCCIONES DE USO DEL BANCO DIDÁCTICO

A continuación se indica los pasos para el uso del simulador didáctico de frenos de aire.

- Conectar la alimentación del banco (110 v), luego accionar el botón de energización del sistema iniciando con el compresor y luego de finalizar la carga encender el motor eléctrico.
- Accionar el compresor de aire comprimido y esperar que los manómetros sobre pasen una presión de 60 psi.
- El equipo cuenta con un regulador de presión para el sistema, se puede variar la presión al girar la perrilla que se encuentra en la cabeza del regulador de presión.
- Se acciona el motor eléctrico, para hacer la práctica de frenado se debe tener en cuenta que la presión supere los 60 psi, se pisa la válvula de pedal y el motor se desconecta automáticamente ya que ha iniciado el frenado de los tambores, esto lo hace ya que cuenta con un interruptor eléctrico en la válvula de pedal del freno.

4.9. GUÍAS DE PRÁCTICAS

Para la utilización del banco didáctico los estudiantes deben tener en cuenta las guías prácticas, las cuales permitirán el uso del banco de forma correcta desarrollando el aprendizaje y conocimientos del sistema neumático y sus componentes como se observa en el anexo 8.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El desarrollo de este proyecto ha sido satisfactorio, ya que se investigó el funcionamiento del sistema de freno de aire, así como de cada uno de los elementos que lo componen en su conjunto, seleccionando los elementos adecuados para la construcción del simulador didáctico y su buen funcionamiento.
- Se diseñó, calculó y construyó el simulador didáctico de freno de aire, para las prácticas a realizar por los estudiantes, adquiriendo de esta forma un mayor conocimiento teórico y práctico del contenido del tema de clases.
- Se elaboró guías de práctica con el fin que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz interactúen con los elementos que intervienen en el simulador y manipulen de forma didáctica el sistema de freno de aire.

5.2. RECOMENDACIONES

- Ubicar el simulador didáctico en lugares donde el estudiante tenga espacio y visibilidad para que pueda realizar el estudio de los componentes y las prácticas en el sistema neumático de frenos de aire.
- Verificar que la fuente de corriente donde se va a conectar el banco didáctico tenga el voltaje adecuado, es decir 110 voltios para un correcto funcionamiento de los componentes electrónicos.
- Se recomienda que el compresor mantenga la presión necesaria de trabajo para identificar las posibles fugas de aire que dificultara el buen funcionamiento del sistema de frenos neumáticos.
- Luego de realizar las prácticas es necesario quitar la alimentación de corriente y desalojar el aire que queda en el sistema mediante la válvula de drenaje ubicada en el compresor.
- Se recomienda utilizar la herramienta necesaria para el mantenimiento de los pulmones de aire, tensores de ajuste y mecanismos de frenado.

NOMENCLATURA O GLOSARIO

I	Relación de transmisión
π	Constante
PMI	Punto muerto inferior
PMS	Punto muerto superior
R	Radio
H	Longitud
ρ	Densidad
M	Masa
V	Volumen
P	Presión
F	Fuerza
A	Área
W	Velocidad Angular
Y_{máx}	Flecha máxima
P	Fuerza que se aplica
A	Distancia desde la fuerza aplicada al apoyo de la viga
E	Módulo de Young o módulo elástico del acero
I	Momento de inercia
L	Longitud total del elemento
F_f	Fuerza de frenado
Al	Factor de relación entre la longitud del brazo del tensor de ajuste
P_p	Presión del sistema
n	Factor de seguridad
σ_{\max}	Limite elástico máximo del material utilizado

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.). Obtenido de

<https://www.google.com.ec/search?q=manometros+de+presion&biw>

<http://www.sabelotodo.org/automovil/frenos.html>. (s.f.). Obtenido de

<http://www.sabelotodo.org/automovil/frenos.html>

Aficionado sala mecanica. (2014). Obtenido de

<http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-2.htm>

Aire Comprimido, N. (2013).

<https://marcelocassani.wordpress.com/2012/08/31/tanques-de-aire-comprimido/>.

Airflex. (2014). Obtenido de <http://www.airflex.c>

Airfren. (2014). Obtenido de <http://www.airfren.com/es/catalogo/valvulas-de-proteccion-de-circuito/3>

Alamaula. (2011). Obtenido de [http://www.alamaula.com/capital-](http://www.alamaula.com/capital-federal/otros-vehiculos/platos-de-freno-enganches-nuevos-camion-mercedes-benz/13775222)

[federal/otros-vehiculos/platos-de-freno-enganches-nuevos-camion-mercedes-benz/13775222](http://www.alamaula.com/capital-federal/otros-vehiculos/platos-de-freno-enganches-nuevos-camion-mercedes-benz/13775222)

Alvarez Segovia, G. A. (2013). *Diseño y construcción de un banco didáctico de frenos*.

Arellano, R. (2013). *Tesis escrita Diseño y construcción de un modulo de control abs*.

Arpen disco de frenos. (2014). Obtenido de

<http://www.arpem.com/noticias/2010/coches/audi/audi-a1/fotos-noticias-motor/3p-disco-freno.html>

Autonocion. (2015). Obtenido de <http://www.autonocion.com/frenos-disco-tambor-componentes-tipos-funcionamiento/>

- Bearmach.* (2013). Obtenido de
<https://www.bearmach.es/productos/3/Recambios/pagina/8/>
- Bendix manual de frenos de aire.* (2004). Obtenido de
http://www.gruporacsa.net/html/Bendix/Manual_Frenos_de_Aire.pdf
- BENDIX manual de frenos de aire.* (2008). Obtenido de
http://www.gruporacsa.net/html/Bendix/Manual_Frenos_de_Aire.pdf
- Bradley. (2014).
http://www.solucionesdeaire.com/ecommerce/index.php?route=product/product&product_id=7.
- Byrnes, M. (2005). *Bumper to bumper.*
- carlos, C. (2008). *sistemas de frenos neumaticos.* latacunga
- Castro, M. d. (1994). *Enciclopedia del camión.*
- Castro, V. (1994). *FRENOS y SUSPENSIÓN.*
- Chango. (2008). *Diseño e instalación de un sistema de entrenamiento en el sistema de frenos neumaticos.* Latacunga.
- Corporación, T. (2010). *Sistema de frenado.*
- Diparsa.* (2011). Obtenido de <http://www.diparsa.ec/repuestos/sistema-de-freno-y-rueda/>
- Dominguez, E. J. (s.f.). *Elementos y piezas del sistema de frenos.*
- Dominguez E, F. J. (2003). *Sistemas de transmisión y frenado.*
- Eduardo Agueda, J. y. (2012). *Sistema de transmisión de fuerzas y trebes de rodajes.*
- Eduardo Agurea, J. n. (2009). *Tecnicas Básicas de mecánica y electricidad.*

El hinel. (2014). *Elhinel*. Obtenido de
http://www.elhinel.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=1206&Itemid=516

Frenos de aire . (2014). Obtenido de *Frenos de aire cdl10Ssec05.pdf*

Gualteri. (2004). *Manuales de frenos neumáticos*.

Gualtieri, P. (2004). *Manual de frenos Aplicación de Camiones y Omnibus*.
Noeri, Argentina.

http://i01.i.aliimg.com/img/pb/198/984/369/369984198_880.jpg. (s.f.).

Obtenido de

http://i01.i.aliimg.com/img/pb/198/984/369/369984198_880.jpg

<http://www.monografias.com/trabajos36/sistema-de-freno/sistema-de-freno2.shtml#ixzz3jt5rx81a>. (s.f.).

http://www.unioviedo.es/DCIF/IMecanica/Frenos/images/TIPOS_11.gif. (s.f.).

Obtenido de

http://www.unioviedo.es/DCIF/IMecanica/Frenos/images/TIPOS_11.gif

J, S. (1996). *El mundo de alta presión*.

Lamadrid, E. G. (1999).

Manómetros de presión. (2013). Obtenido de

<https://www.google.com.ec/search?q=manometros+de+presion&biw>

Manual del componentes del sistema de aire mack. (2015). Obtenido de

<http://www.bendixvrc.com/itemDisplay.asp?documentID=4346>

Monografias de sistemas de frenos neumáticos. (s.f.). Obtenido de

<http://www.monografias.com/trabajos72/sistema-frenos-neumatico/sistema-frenos-neumatico.shtml>

- Monografias sistema de frenos neumáticos.* (2013). Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos72/sistema-frenos-neumatico/sistema-frenos-neumatico.shtml>
- Norgren.* (2008). Obtenido de http://cdn.norgren.com/pdf/es_6fullcat_air_special_purpose.pdf
- Ochoa, A. B. (2014).
- Polmangueras.* (2013). Obtenido de http://www.polmangueras.com/home.php?main_page=index&cPath=2_8
- Recalfreno.* (2015). Obtenido de <http://recalfreno.com/es/productos/5>
- Remling, J. (1987). *El consultor automotriz.* Nueva York.
- Rendon, J. (2012). *Manual de frenos.* Limusa.
- Repuestos camiones y buses.* (2013). Obtenido de http://www.repuestoscamiones.es/repuestos_camiones_y_buses/suspension/deposito-de-aire-comprimido.aspx
- Ringme .* (2012). Obtenido de http://es.made-in-china.com/co_ringme/product_Main-Trailer-Parking-Valve-90007283-90007281-_hgushyong.html
- Ringme made in china.* (2012). Obtenido de http://es.made-in-china.com/co_ringme/product_Main-Trailer-Parking-Valve-90007283-90007281-_hgushyong.html
- Sabelotodo.* (2013). Obtenido de <http://www.sabelotodo.org/automovil/frenos.html>
- Schulz, E. (1985). *Equipos Diesel 1: Lubricación Frenos, Ruedas, Nuemáticos.* Mexico.

Sistema de frenos de aire epoch. (s.f.). Obtenido de Sistemas de frenos de aire:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3043/1/65T00092.pdf>

sistema de frenos neumáticos. (2012). Obtenido de

<http://www.incolbest.com/>

UNSW. (22 de Octubre de 2012). *Ciencia explicada.* Obtenido de

<http://www.ciencia-explicada.com/2012/10/una-de-fisica-la-rueda-y-el-suelo.html>

Verdaguer, A. (2004). *Manual de frenos neumáticos.*

Verlag. (1999). *Manual de la Técnica del automóvil.*

Wikipedia . (2014). Obtenido de

https://es.wikipedia.org/wiki/Freno_neum%C3%A1tico

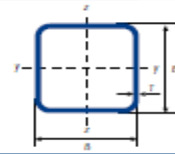
Zambrano. (2011). *Física vectorial.* Chile.

ANEXOS.

ANEXO 1.

MOMENTO DE INERCIA

Gama de producto: FRÍO



Gama perfil tubular en frío - cuadrado

DIMENSION ESPECIFICA DELADO	ESPEZOR ESPECÍFICO	MASA LINEAL	ÁREA SECCIÓN TRANSVERSAL	MOMENTO DE INERCIA	RADIO DE GIRO	MÓDULO ELÁSTICO	MÓDULO PLÁSTICO	MOMENTO DE INERCIA DETERMINADO	MÓDULO DE TORSIÓN	SUPERFICIE LIBRE POR UNIDAD DE LONGO	LAGO NOMINAL POR TONELADA	ÁREA SUPERIOR POR METRO					
B mm	B mm	T mm	M kg/m	A cm ²	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	I _x cm	I _y cm	W _{el} cm ³	W _{ep} cm ³	W _{el} cm ³	W _{ep} cm ³	I _t cm ⁴	C _t cm	A _m m ² /m	m	A _{sv} m ²
20	20	1,5	0,826	1,05	0,583	0,583	0,744	0,744	0,583	0,583	0,715	0,715	0,985	0,884	0,075	1,211	711
20	20	2	1,05	1,34	0,692	0,692	0,720	0,720	0,692	0,692	0,877	0,877	1,21	1,06	0,073	953	547
20	20	2,5	1,25	1,59	0,766	0,766	0,694	0,694	0,766	0,766	1,00	1,00	1,39	1,19	0,071	802	449
20	20	3	1,42	1,81	0,809	0,809	0,669	0,669	0,809	0,809	1,10	1,10	1,52	1,27	0,070	704	385
22	22	1,5	0,920	1,17	0,800	0,800	0,826	0,826	0,727	0,727	0,885	0,885	1,34	1,10	0,083	1,087	707
22	22	2	1,18	1,50	0,961	0,961	0,801	0,801	0,874	0,874	1,09	1,09	1,66	1,33	0,081	851	542
25	25	1,5	1,06	1,35	1,22	1,22	0,949	0,949	0,973	0,973	1,17	1,17	2,01	1,47	0,095	942	702
25	25	2	1,36	1,74	1,48	1,48	0,924	0,924	1,19	1,19	1,47	1,47	2,53	1,80	0,093	733	536
25	25	2,5	1,64	2,09	1,69	1,69	0,899	0,899	1,35	1,35	1,71	1,71	2,96	2,07	0,091	610	438
25	25	3	1,89	2,41	1,84	1,84	0,874	0,874	1,47	1,47	1,91	1,91	3,32	2,27	0,090	529	372
25	25	4	2,31	2,95	2,00	2,00	0,823	0,823	1,60	1,60	2,19	2,19	3,80	2,51	0,086	432	293
30	30	1,5	1,30	1,65	2,20	2,20	1,15	1,15	1,46	1,46	1,74	1,74	3,57	2,21	0,115	771	695
30	30	2	1,68	2,14	2,72	2,72	1,13	1,13	1,81	1,81	2,21	2,21	4,54	2,75	0,113	596	529
30	30	2,5	2,03	2,59	3,16	3,16	1,10	1,10	2,10	2,10	2,61	2,61	5,40	3,20	0,111	492	430
30	30	3	2,36	3,01	3,50	3,50	1,08	1,08	2,34	2,34	2,96	2,96	6,15	3,58	0,110	423	365
30	30	4	2,94	3,75	3,97	3,97	1,03	1,03	2,64	2,64	3,50	3,50	7,30	4,11	0,106	340	284
35	35	1,5	1,53	1,95	3,60	3,60	1,36	1,36	2,05	2,05	2,43	2,43	5,78	3,09	0,135	653	691
35	35	2	1,99	2,54	4,51	4,51	1,33	1,33	2,58	2,58	3,09	3,09	7,41	3,89	0,133	502	525
35	35	2,5	2,42	3,09	5,29	5,29	1,31	1,31	3,02	3,02	3,69	3,69	8,89	4,58	0,131	412	425
35	35	3	2,83	3,61	5,95	5,95	1,28	1,28	3,40	3,40	4,23	4,23	10,2	5,18	0,130	353	359
35	35	4	3,57	4,55	6,93	6,93	1,23	1,23	3,96	3,96	5,11	5,11	12,4	6,09	0,126	280	278
38	38	2	2,18	2,78	5,88	5,88	1,46	1,46	3,10	3,10	3,70	3,70	9,60	4,67	0,145	459	523
38	38	2,5	2,66	3,39	6,94	6,94	1,43	1,43	3,65	3,65	4,44	4,44	11,6	5,53	0,143	376	423
38	38	3	3,12	3,97	7,85	7,85	1,41	1,41	4,13	4,13	5,10	5,10	13,3	6,28	0,142	321	357
40	40	1,5	1,77	2,25	5,49	5,49	1,56	1,56	2,75	2,75	3,22	3,22	8,75	4,13	0,155	566	688
40	40	2	2,31	2,94	6,94	6,94	1,54	1,54	3,47	3,47	4,13	4,13	11,3	5,23	0,153	434	521
40	40	2,5	2,82	3,59	8,22	8,22	1,51	1,51	4,11	4,11	4,97	4,97	13,6	6,21	0,151	355	422
40	40	3	3,30	4,21	9,32	9,32	1,49	1,49	4,66	4,66	5,72	5,72	15,8	7,07	0,150	303	356
40	40	4	4,20	5,35	11,1	11,1	1,44	1,44	5,54	5,54	7,01	7,01	19,4	8,48	0,146	238	273
40	40	5	4,99	6,36	12,3	12,3	1,39	1,39	6,13	6,13	8,02	8,02	22,3	9,48	0,143	200	225
42	42	3	3,49	4,45	11,0	11,0	1,57	1,57	5,22	5,22	6,38	6,38	18,4	7,92	0,158	286	355
42	42	4	4,45	5,67	13,1	13,1	1,52	1,52	6,24	6,24	7,86	7,86	22,8	9,54	0,154	225	272
42	42	5	5,30	6,76	14,6	14,6	1,47	1,47	6,96	6,96	9,04	9,04	26,4	10,7	0,151	189	223
45	45	1,5	2,00	2,55	7,96	7,96	1,77	1,77	3,54	3,54	4,13	4,13	12,6	5,31	0,175	499	685
45	45	2	2,62	3,34	10,1	10,1	1,74	1,74	4,50	4,50	5,32	5,32	16,3	6,77	0,173	382	519
45	45	2,5	3,21	4,09	12,1	12,1	1,72	1,72	5,36	5,36	6,43	6,43	19,8	8,09	0,171	312	419
45	45	3	3,77	4,81	13,8	13,8	1,69	1,69	6,12	6,12	7,44	7,44	23,0	9,27	0,170	265	353
45	45	4	4,83	6,15	16,6	16,6	1,64	1,64	7,38	7,38	9,22	9,22	28,7	11,3	0,166	207	270
45	45	5	5,77	7,36	18,7	18,7	1,59	1,59	8,31	8,31	10,7	10,7	33,3	12,8	0,163	173	221
48	48	3	4,06	5,17	17,0	17,0	1,82	1,82	7,10	7,10	8,58	8,58	28,2	10,7	0,182	246	352
50	50	1,5	2,24	2,85	11,1	11,1	1,97	1,97	4,43	4,43	5,15	5,15	17,4	6,65	0,195	447	683
50	50	2	2,93	3,74	14,1	14,1	1,95	1,95	5,66	5,66	6,66	6,66	22,6	8,51	0,193	341	517
50	50	2,5	3,60	4,59	16,9	16,9	1,92	1,92	6,78	6,78	8,07	8,07	27,5	10,2	0,191	278	417

ANEXO 2.

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE UN TUBO S 275 JOH

Características mecánicas de los perfiles tubulares para construcción de acero no aleado según normas EN 10219 y EN 10210.

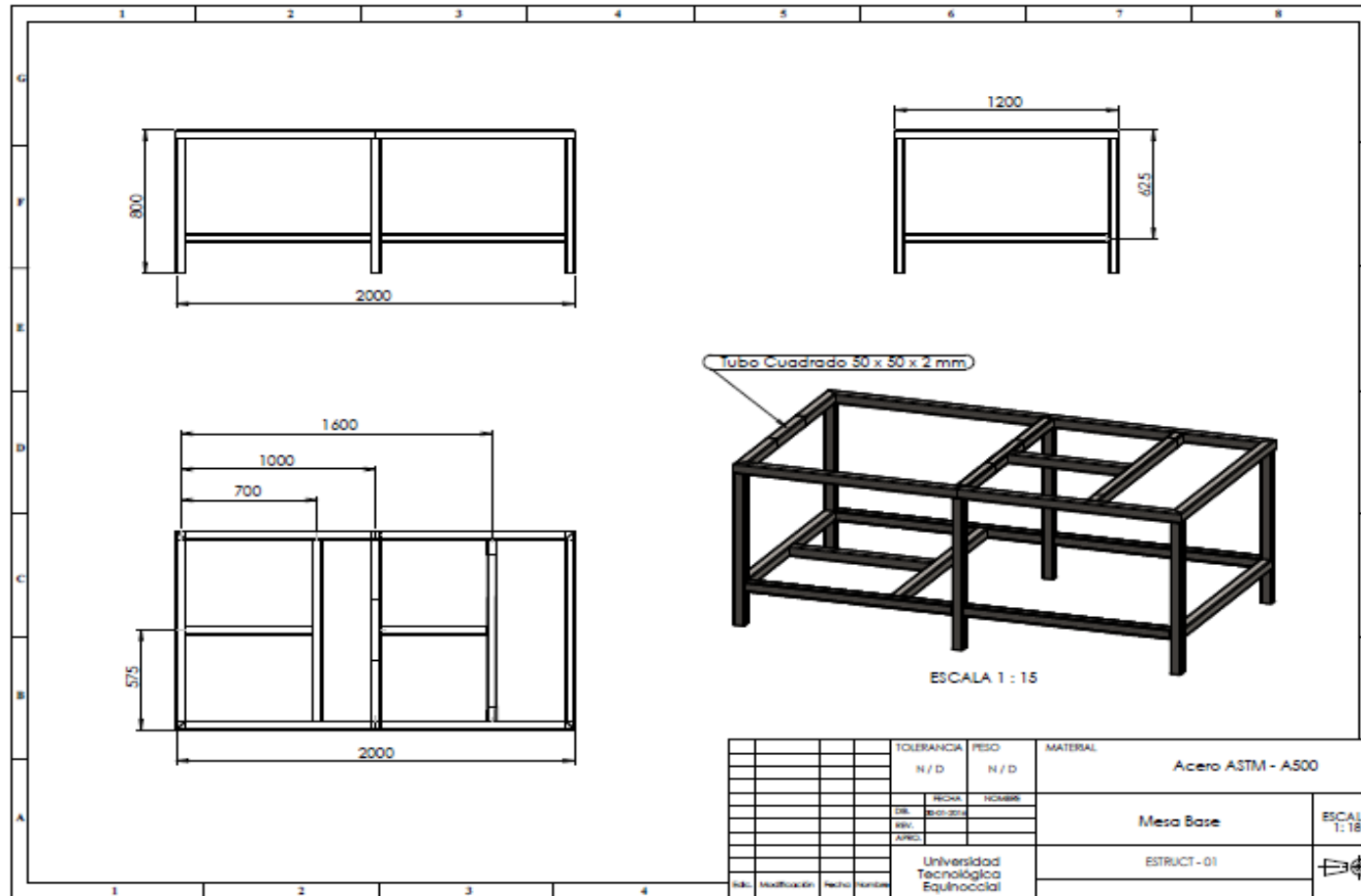
DESIGNACIÓN DE ACERO	LÍMITE ELÁSTICO MÍNIMO N/mm ²	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN N/mm ²			ALARGAMIENTO MÍNIMO %		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN POR CHOQUE	
	ESPESOR NOMINAL T ≤ 16 mm	ESPESOR NOMINAL			ESPESOR NOMINAL T ≤ 40 mm		TEMPERATURA DE RECARGO °C	ENERGÍA MEDIA MIN. AUTORIZADA PARA LAS PROBETAS NORMALIZADAS J
		T < 3 mm	FRÍO	CALENTE				
				3 mm ≤ T ≤ 40 mm	3 mm ≤ T ≤ 40 mm	FRÍO		
S 275 JOH	275	430/580	410/560		20 ^a	23	0	27
S 355 J2H	355	510/680	470/630		20 ^a	22	-20	27

a. Para tamaños de perfil D/T < 15 (sección circular) y (B+H)/2T < 12,5 (sección cuadrada y rectangular) el alargamiento mínimo se reduce a la mitad.

ANEXO 3.
COSTOS DEL PROYECTO

SISTEMA DE FRENOS DE AIRE	
PRESUPUESTO	
RUBRO	US\$
1.-EQUIPOS	
Herramienta	100
2.-MATERIALES Y SUMINISTROS	
Motor eléctrico	100
Compresor	150
Depósitos de aire	120
Válvulas de purga de rebose	60
Pulmones posteriores	80
Válvula de parqueo	50
Válvula check	40
Válvula relé	20
Válvula de freno	70
Eje diferencial	600
Cañerías de presión	80
Manómetros	35
Hojas	10
Tinta de impresora	25
Mesa	300
Pintura	30
3.-TRANSPORTE	100
4.- RECURSOS HUMANOS	150
5.-TRANSFERENCIA DE RESULTADOS	100
TOTAL	2150

ANEXO 4. MESA DE TRABAJO



ANEXO 8.
GUÍAS DE PRÁCTICA

PRÁCTICA # 1

TEMA: Reconocer e identificar los elementos del sistema de frenos de aire.

Objetivos:

Identificar los elementos del sistema de frenos de aire.

Conocer el funcionamiento de los elementos del sistema de frenos de aire

Bases conceptuales

Los elementos que conforman los sistemas neumáticos de frenos de aire son:

- Compresor de aire
- Regulador de presión
- Pulmón posterior de freno
- Válvula del pedal de freno
- Válvula de bloqueo
- Tensor de ajuste
- Válvula relé
- Válvula de drenaje
- Manómetros de presión
- Válvulas de seguridad

Material y equipos

- Simulador didáctico y banco de pruebas del sistema de frenos de aire del eje posterior

Para los alumnos

- Mandil personal
- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes

Procedimiento

1. Utilizar los equipos de protección personal
2. Identificar los elementos principales de los sistema de frenos de aire
3. Identificar por su simbología los elementos de un sistema de frenos de aire
4. Conectar el sistema a 110 voltios y arrancar el sistema
5. Observar el funcionamiento de los elementos.

Cuestionario de Investigación

- Describir los componentes del sistema de frenos de aire.
- Indique las funciones principales del pulmón de freno posterior.
- Porqué es importante drenar el depósito de aire.
- Cuál es la importancia de tener una válvula de seguridad en el sistema de frenos de aire y que sucedería si se obstruye.
- Para que se utiliza la válvula relé en el sistema de frenos de aire en el eje posterior.
- Cuál es la importancia del regulador de presión

- Utilizando simbología neumática dibuje el sistema de frenos de aire.

Bibliografía

- Schulz, Erick. 1985. EQUIPO DIESEL I: Lubricación, Hidráulica, Frenos, Ruedas, Neumáticos. Mexico D.F: Editorial Continental
- Wabco Sistemas y componentes
- Bendix Manual de frenos de aire.

PRÁCTICA # 2

TEMA: Identificar fallas y las variaciones de presión del sistema del simulador didáctico de frenos de aire.

Objetivos:

Identificar y conocer las posibles fallas del sistema de frenos neumáticos

Identificar y conocer la variación de presión que puede tener el sistema

Bases conceptuales

Las bases conceptuales para esta práctica comprende:

- Los manómetros de presión que normalmente trabaja entre los 7 y 8 bares y al mismo tiempo permiten identificar la presión con la que está trabajando el sistema
- La alarma de seguridad que indica que el sistema no ha alcanzado la presión necesaria de trabajo
- Reguladores de presión que se activa y pone a trabajar el compresor cuando hay presión baja
- La válvula de freno
- La válvula de bloqueo
- Mangueras
- Diafragmas del pulmón posterior de freno.

Material y equipos

- Simulador didáctico y banco de pruebas del sistema de frenos de aire del eje posterior

Para los alumnos

- Mandil personal
- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes

Procedimiento

- Utilizar los equipos de protección personal EPP.
- Conocer el funcionamiento de los elementos que son susceptibles de tener fallas
- Poner en funcionamiento el sistema
- Realizar caída de presiones desconectando mangueras o pisando a presionando a fondo el pedal del freno

Cuestionario de Investigación

- Identificar los elementos y explique cuáles son los motivos por los que puede existir una falla en el sistema.
- Identificar cual es el elemento que permite activar el compresor cuando este se encuentre con baja presión.

Bibliografía

- Wabco Sistemas y componentes
- Bendix Manual de frenos de aire.

PRÁCTICA # 3

TEMA: Pulmón posterior de freno de aire

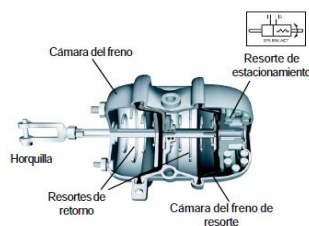
Objetivos:

Identificar los componentes que tiene el pulmón posterior del sistema frenos de aire.

Realizar un despiece e identificar las dos cámaras del pulmón posterior de freno de aire.

Bases conceptuales

1. Pulmón posterior de freno de aire



Material y equipos

- Simulador didáctico y banco de pruebas del sistema de frenos de aire del eje posterior

Para los alumnos

- Mandil personal
- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes

- Juego de llaves
- Prensa hidráulica
- Destornillador
- Pinza

Procedimiento

1. En primer lugar verificar que el equipo no tenga aire en el sistema, en caso de existir debemos aflojar la válvula de drenaje y dejar que todo el aire escape, entonces ajustamos la válvula nuevamente y se desconectan las mangueras.
2. Luego se realiza el desmontaje del pulmón posterior; para lo cual con una pinza sacamos el seguro que se encuentra en el pasador de la horquilla la cual sostiene a la varilla de accionamiento con el tensor de ajuste.
3. Retirar el pasador.
4. Colocar el perno de bloqueo en la parte posterior del pulmón, asegurándonos que haya sido colocado correctamente, se gira la tuerca y comprime de esa manera al resorte de bloqueo.
5. Con la ayuda de llaves se aflojan las tuercas y pernos que sostiene al pulmón posterior con la carcasa
6. Se coloca en la prensa hidráulica el pulmón del freno hasta vencer al resorte.
7. Después con la ayuda de llaves se afloja y retirar las abrazaderas de la cámara

8. Se Aflojan la tuerca del perno y se retira de la prensa hidráulica hasta el momento que este suelto completamente.

9. Luego se retiran los muelles, y se observa el estado de los diafragmas.

10. Por último sustituyen los diafragmas de ser necesarios y se comienza.

Cuestionario de Investigación

- Que es un pulmón de freno de aire para el eje posterior
- Cuantas cámaras tiene el pulmón de frenos aire
- Cuáles son los elementos de un pulmón de freno de aire
- Cuáles son los elementos que se debe dar mantenimiento

Bibliografía

- Wabco Sistemas y componentes
- Bendix Manual de frenos de aire.

PRÁCTICA # 4

TEMA: Regulación del frenado y descripción del tensor de ajuste.

Objetivos:

Conocer el funcionamiento y partes del tensor de ajuste

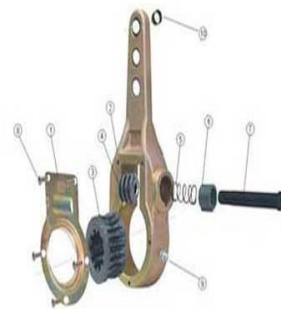
Aprender la forma correcta de regulación de frenos.

Bases conceptuales

- Tensor de ajuste
-



- 1.- Tapa
- 2.- Cuerpo
- 3.- Rosca
- 4.- Rueda helicoidal
- 5.- Resorte
- 6.- Manguito de bloqueo
- 7.- Eje sin fin
- 8.- Remache
- 9.- Graseo
- 10.- Cojinete



Material y equipos

- Simulador didáctico y banco de pruebas del sistema de frenos de aire del eje posterior

Para los alumnos

- Mandil personal
- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes
- Llave mixta 14mm para regulación

Procedimiento

1. Como primer paso se procede a ubicar visualmente el perno de regulación que se encuentra en la parte inferior del tensor de ajuste.
2. Con la ayuda de una llave 14mm, se procede a colocar la llave en la cabeza del perno.
3. Para comenzar la regulación se presiona ligeramente un seguro que se encuentra tapando la cabeza del perno.
4. Una vez presionado el seguro se gira a la derecha de manera que el tambor no gire o este frenado totalmente.
5. Para regular retrocedemos media vuelta esto permitirá que las zapatas se separen del tambor quedando la rueda liberada y obteniendo un frenado efectivo.

Cuestionario de Investigación

- Por qué realizamos la regulación de los frenos
- Para regular los frenos que necesitamos del sistema
- Qué elementos entran en funcionamiento al momento de regular los frenos

- Cuál es el procedimiento necesario para regular los frenos del eje posterior.


Bibliografía

- Wabco Sistemas y componentes
- Bendix Manual de frenos de aire.

ANEXO 9.

CATÁLOGO DE CORREAS INDUSTRIALES.

	CATÁLOGO DE CORREAS INDUSTRIALES	2010
---	---	-------------

DAYCO GOLD LABEL V - MM CORREAS TRAPECIALES DE SECCIÓN CONVENCIONAL	
--	---

SECCIÓN "Z" (10 x 6 mm.)

TIPO	DESARROLLO INTERIOR mm.	DESARROLLO PRIMITIVO mm.
Z15	381	406
Z16	406	431
Z17	432	457
Z17,25	438	463
Z18	457	482
Z19	483	508
Z19,50	495	520
Z20	508	533
Z20,50	521	546
Z21	533	558
Z21,25	540	565
Z21,50	546	571
Z21,75	552	577
Z22	559	584
Z22,25	565	590
Z22,50	572	597
Z23	584	609
Z23,50	597	622
Z23,75	603	628
Z24	610	635
Z24,75	629	654
Z25	635	660
Z25,50	648	673
Z26	660	685
Z26,50	673	698
Z27	686	711
Z27,50	699	724

SECCIÓN "Z" (10 x 6 mm.)

TIPO	DESARROLLO INTERIOR mm.	DESARROLLO PRIMITIVO mm.
Z34,50	876	901
Z35	889	914
Z35,50	902	927
Z36	914	939
Z36,50	927	952
Z36,75	933	958
Z37	940	965
Z37,50	953	978
Z38	965	990
Z38,25	972	997
Z39	991	1016
Z40	1016	1041
Z40,50	1029	1054
Z41	1041	1066
Z41,50	1054	1079
Z41,75	1060	1085
Z42	1067	1092
Z42,50	1080	1105
Z43	1092	1117
Z43,25	1099	1124
Z44	1118	1143
Z45	1143	1168
Z46	1168	1193
Z47	1194	1219
Z47,75	1213	1238
Z48	1219	1244
Z49	1245	1270