



Recuperación y mejora técnica del módulo didáctico de sistema de frenos del laboratorio de mecánica automotriz de la Universidad Antonio Nariño Sede Neiva

Gerson Jair Gutiérrez Cortes

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Neiva, Colombia
2020

Recuperación y mejora técnica del módulo didáctico de sistema de frenos del laboratorio de mecánica automotriz de la Universidad Antonio Nariño Sede Neiva

Gerson Jair Gutiérrez Cortes

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

Director:

Ph.D Francisco Maximiliano Fernández Periche

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Neiva, Colombia
2020

(Dedicatoria o lema)

*A Dios, por ser la fuente espiritual que día a día
me brinda pasión y valor por lo que hago;
gracias por estar observando mis pasos
durante todo mi proceso de formación tanto en
lo profesional como en lo personal y nunca
abandonarme en los momentos donde las
cosas no tienden a ser muy buenas.*

*A mis excelentes padres que siempre han dado
lo mejor de ellos como el mejor tiempo, los
mejores valores y sobre todo el mejor ejemplo
de superación y confianza, gracias por creer en
mis todos los días y en todos mis proyectos por
que por los valiosos esfuerzos de ellos son los
promotores de mis mejores logros*

Gerson Jair

Agradecimientos

El autor agradece a:

A la Universidad Antonio Nariño por la oportunidad de ofrecerme los espacios apropiados y las personas idóneas para mi formación profesional. Así mismo por permitir la infraestructura necesaria para el desarrollo de este trabajo.

A la Ingeniera Martha Solano quien con su valiosa colaboración durante mi paso por la carrera profesional, aportó con su experiencia y diligencia los procesos y estancia en la institución.

A mi director de tesis, PhD. Francisco Fernandez quien con su experiencia y conocimiento permitió la construcción de este trabajo de grado.

A mi amigo el Ing. Juan Manuel Bayona Arenas quien a la distancia me guio de igual manera con su conocimiento e ideas.

Resumen

Este trabajo de grado consistió en la recuperación de las funciones técnicas de varios elementos del módulo didáctico del sistema de frenos que existía en el laboratorio de mecánica automotriz de la UAN NEIVA, identificando los daños de algunos equipos y ampliando las posibilidades de realizar más actividades dentro del área de la mecánica del automóvil y la mecánica de fluidos, toda vez que el sistema de frenos comprende equipos que se trabajan en estas asignaturas. El módulo se encontraba en una condición NO FUNCIONAL ya que carecía de mantenimiento del mismo; en una primera inspección se encuentra su estructura corroída y con varios faltantes de piezas; así mismo se encuentra que la estructura tiene espacios que no aún aprovechables; la seguridad del módulo es precaria por cuanto existen elementos móviles y no hay resguardos de seguridad que permitieran un trabajo adecuado. Fue necesario la recuperación de este tipo de módulos por cuanto como activo fijo de la universidad requiere su constante manipulación para que no se deprecie su valor no solo comercial sino académico. Actualmente la institución viene en proceso de acreditación institucional así como en la renovación de sus registros calificados tales como el de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electromecánica. Por ello, este tipo de trabajos son necesarios como estrategia de recuperación de los equipos de laboratorio con los que cuenta la Universidad y como fortalecimiento de los contenidos programáticos (syllabus) de los programas de Ingeniería. Este trabajo se desarrolló en varias fases metodológicas. La primera de ellas bajo el primer objetivo que con base en la taxonomía de Bloom, realizó una descripción (CONOCER) de las condiciones actuales del módulo, determinando los componentes y su estado técnico; así mismo una inspección a la estructura que permita la adaptación de otros mecanismos que mejore técnicamente el módulo. Una segunda fase (ENTENDER) estuvo direccionada a la recuperación (MANTENIMIENTO) de los elementos existentes dentro del módulo y la redistribución de dichos accesorios teniendo en cuenta el nuevo diseño del módulo. La tercera fase (APLICAR) se fundamentó en la implementación de lo planteado en el diseño; El alcance que se obtuvo con este trabajo no es solamente la recuperación del mismo sino la actualización del sistema a uno más vigente y con mayores opciones para realizar prácticas. Se habilitó nuevamente un equipo que permita la práctica en temáticas como mecánica del automóvil y mecánica de fluidos.

Palabras clave: *hidráulica, frenos, módulo didáctico, mantenimiento, automóvil, fluidos.*

Abstract

This degree work consisted of recovering the technical functions of various elements of the didactic module of the brake system that existed in the UAN NEIVA automotive mechanics laboratory, identifying the damage of some equipment and expanding the possibilities of carrying out more activities within from the area of automobile mechanics and fluid mechanics, since the brake system includes equipment that works in these subjects. The module was in a NON-FUNCTIONAL condition since it lacked maintenance; in a first inspection its structure is corroded and with several missing parts; likewise it is found that the structure has spaces that are not yet usable; module security is precarious because there are mobile elements and there are no security guards that allow proper work. The recovery of this type of modules was necessary because as a fixed asset of the university it requires its constant manipulation so that its not only commercial but academic value is not depreciated. Currently the institution is in the process of institutional accreditation as well as in the renewal of its qualified registers such as that of Mechanical Engineering and Electromechanical Engineering. For this reason, this type of work is necessary as a recovery strategy for the laboratory equipment available to the University and as a strengthening of the program content (syllabus) of the Engineering programs. This work was developed in several methodological phases. The first one under the first objective, based on Bloom's taxonomy, made a description (KNOW) of the current conditions of the module, determining the components and their technical status; likewise an inspection to the structure that allows the adaptation of other mechanisms that technically improves the module. A second phase (UNDERSTAND) was aimed at the recovery (MAINTENANCE) of the existing elements within the module and the redistribution of said accessories taking into account the new design of the module. The third phase (APPLY) was based on the implementation of what was stated in the design; The scope that was obtained with this work is not only the recovery of the same but the update of the system to a more current one and with greater options to carry out practices. A team was again enabled to allow practice in topics such as automobile mechanics and fluid mechanics.

Keywords: hydraulics, brakes, didactic module, maintenance, automobile, fluids.

Contenido

	<u>Pág.</u>
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas	XV
Lista de cuadros.....	XVI
Lista de ecuaciones	XVII
Introducción	1
1. Marco teórico.....	7
1.1 Sistema de frenos.....	7
1.2 Componentes del sistema de frenos.....	8
1.2.1 Servofreno	8
1.2.2 Bomba de frenos.....	9
1.2.3 Canalizaciones.....	10
1.2.4 Pinzas de freno	11
1.2.5 Tipos de sistemas de frenos.....	11
1.3 Banco de pruebas.....	12
1.4 Tipos de bancos de pruebas.....	12
1.4.1 Banco de pruebas hidráulico	12
1.4.2 Banco de pruebas dinamométricas	13
1.4.3 Banco de pruebas inerciales	13
1.4.4 Banco de pruebas híbrido	13
1.4.5 Banco de Prueba de Transformadores.....	13
2. Resultados.....	21
2.1 Identificación de las condiciones técnicas actuales del módulo didáctico.....	21
2.2 Cálculos de diseño	29
2.3 Recuperación del Módulo	39
3. Conclusiones y recomendaciones.....	49
3.1 Conclusiones	49
3.2 Recomendaciones	50
A. Anexo: Banco de prueba	53
B. Anexo: Mesa de trabajo	55
C. Anexo: Circuito hidráulico.....	57

D. Anexo: Transmisión de potencia	59
4. Bibliografía	61

Lista de figuras

	<u>Pág.</u>
Figura 1-1: Sistema de frenos	7
Figura 1-2: Servofreno.....	9
Figura 1-3: Bomba de frenos	10
Figura 1-4: Canalizaciones	10
Figura 1-5: Pinza de freno	11
Figura 1-6: Sistema de Pruebas de Neumática serie 6081	14
Figura 1-7: Banco de pruebas oleo hidráulico.....	15
Figura 1-8: Banco de Automatización USTABUCA.....	16
Figura 1-9: Bancos procesos industriales UNAB	17
Figura 1-10: Banco didáctico de freno UPS.....	18
Figura 1-11: Banco Fallas Motor Ciclo OTTO UAN	20
Figura 1-12: Recuperación TORNOS ENCO UAN	20
Figura 2-1: Sistema actual de transmisión por banda del módulo didáctico	21
Figura 2-2: Cojinete del eje de las ruedas	22
Figura 2-3: Caliper mordaza de sistema de freno actual módulo didáctico	23
Figura 2-4: Sistema de freno lado izquierdo módulo didáctico.....	23
Figura 2-5: Arnés eléctrico de módulo didáctico actual	26
Figura 2-6: Barreras de seguridad en mal estado y/o desajustadas	26
Figura 2-7: Temática Mecanismos para el Módulo de Sistema de Frenos.....	27
Figura 2-8: Sistema de trasmisión de potencia	27
Figura 2-9: Temática Diseño Mecánico para el módulo del sistema de frenos	28
Figura 2-10: Transmisión y longitud de cadena	31
Figura 2-11: Diagrama de fuerza	34
Figura 2-12: Factores de ajuste de duración por confiabilidad, C_3	35
Figura 2-13: Datos del cálculo	36
Figura 2-14: Propiedades Acero SAE 1020	37
Figura 2-15: Sistema antes y después de la transmisión del módulo.....	40
Figura 2-16: Eje ruedas, antes y después	40
Figura 2-17: Pintado de módulo didáctico.....	41
Figura 2-18: Sistema hidráulico	42
Figura 2-19: Mantenimiento Bomba de Freno	42
Figura 2-20: Mantenimiento Sistema Freno de disco.....	43
Figura 2-21: Mantenimiento Sistema Freno de tambor o campana.....	43
Figura 2-22: Diagrama eléctrico del módulo didáctico	44

Figura 2-23: Habilitación de sistemas de accionamiento e indicadores	45
Figura 2-24: Habilitación de sistemas de accionamiento e indicadores	45
Figura 2-25: Habilitación de sistemas de accionamiento e indicadores	46

Lista de tablas

	<u>Pág.</u>
Tabla 2-1: Esfuerzos de diseño	30
Tabla 2-2: Datos motor Siemens 1lf3094-4ya90	31
Tabla 2-3: Especificaciones de la cadena	32

Lista de cuadros

	<u>Pág.</u>
Cuadro 2-1: Accesorios del módulo didáctico sistema de frenos	24
Cuadro 2-2: Condiciones de los equipamientos más importantes del módulo didáctico. Especificaciones técnicas.....	24
Cuadro 2-3: Datos estructura base.....	29
Cuadro 2-4: Falla de Von Mises	30
Cuadro 2-5: Relación de costos de la recuperación del módulo didáctico	47

Lista de ecuaciones

	<u>Pág.</u>
Ecuación 2-1: Coeficiente de seguridad	30
Ecuación 2-2: Velocidad con la que gira el eje de los rines	32
Ecuación 2-3: Longitud de la cadena	32
Ecuación 2-4: Potencia mecánica	32
Ecuación 2-5: Torque.....	33
Ecuación 2-6: Momento de inercia	33
Ecuación 2-7: Aceleración angular.....	33
Ecuación 2-8: Carga radial.....	35
Ecuación 2-9: Carga dinámica	36
Ecuación 2-10: Cálculo del momento en el plato del eje principal	37
Ecuación 2-11: Esfuerzo cortante	38
Ecuación 2-12: Esfuerzo normal	38
Ecuación 2-13: Cálculo teoría MOHR COULOMB.....	39

Introducción

Actualmente, en el ámbito de la educación superior colombiana se vienen desarrollando proyectos de grado que se sustentan en la construcción de módulos didácticos, los cuales quedan a disposición de las instituciones donde se realizan. La Universidad Antonio Nariño no es la excepción y por esta razón, en el acuerdo 48 donde se expide el reglamento de trabajo de grado, se puede evidenciar que en su artículo primero (1°) *“los temas para realizar los trabajos de grado se proyectarán de acuerdo con los siguientes criterios:”*; Allí puede leerse lo siguiente: *“Proyectos de ayudas educativas o de diseño y construcción de equipos que tengan por finalidad mejorar la docencia, la industria o la salud”*.

Existen módulos de pruebas o didácticos en todo el mundo usado para la simulación de procesos de acuerdo al trabajo a realizar; Varios de estos módulos didácticos los comercializan directamente empresas especializadas en la construcción de este tipo de equipos. FESTO, BOSCH, SCHNEIDER entre otras, son fabricantes de estos módulos.

Como se mencionó anteriormente, las instituciones de educación superior en varios países, tales son el caso de Ecuador, México o Colombia, establecen convenios para la adquisición de dichos equipamientos, con garantías de formación docente, mantenimiento y soporte técnico por varios años; esto hace que sea una alternativa interesante y sobre todo ideal para aquellas universidades que manejan altos recursos. Algunas otras instituciones recurren al desarrollo de proyectos de grado por parte de los estudiantes, para el desarrollo de este tipo de equipos.

En la Universidad Antonio Nariño sede Neiva se han realizado varios módulos didácticos relacionados a los contenidos que se vienen impartiendo en programas como Ingeniería Mecánica, Industrial, Electrónica entre otras. Al igual que en otras instituciones de educación superior y tal como se ha plasmado anteriormente, la UAN no ha sido ajena a

esta opción de desarrolló de equipos didácticos que han permitido la mejora de los procesos académicos de sus docentes y estudiantes.

Planteamiento del problema

Como se ha mencionado anteriormente, el laboratorio de Mecánica Automotriz de la UAN Neiva, cuenta con varios módulos didácticos que han permitido a docentes y estudiantes, colocar en práctica conceptos teóricos que se imparten en el aula de clase. Varios de esos módulos han sido producto del desarrollo de trabajos de grado de estudiantes de los programas de Ingeniería Mecánica y electromecánica.

La falta de mantenimiento adecuado, la manipulación incorrecta por falta de instructivos o prácticas estandarizadas y el no cuidado en su almacenamiento, ha permitido que varios de estos equipos se encuentren en mal estado, completamente deteriorados y algunos en proceso de reciclado. La falta de laboratorios adecuados con módulos didácticos proporciona una mala imagen de la institución para con sus estudiantes y la comunidad en general; los procesos de renovación de registros calificados y acreditación institucional se resienten de manera negativa cuando los pares académicos realizan visitas de cumplimiento de requisitos y no encuentran condiciones aptas para el proceso académico.

El módulo didáctico del sistema de frenos de estacionamiento automático fue un proyecto elaborado en el año 2015 por el estudiante de Ingeniería Mecánica UAN, Jose Andrés Suarez Castro, como alternativa de simulación de un proceso mecánico (hidráulico) en los sistemas de frenos de vehículos. Actualmente dicho módulo no se encuentra en funcionamiento y su aspecto evidencia falta de mantenimiento, de actualización y sobre todo de seguridad para el operador. Además de estar ocupando un espacio en el laboratorio que podría ser aprovechado de otra manera, los activos fijos que no son reparados o reemplazados se convierten en un problema para una institución como la Universidad Antonio Nariño.

Es necesario establecer una serie de actividades que permitan no solo la recuperación de dicho módulo sino su actualización y puesta en marcha ya que de no realizar dicho trabajo, los procesos actuales de renovación de registro calificado de Ingeniería Mecánica

y Electromecánica pueden verse afectados por la mala imagen que reflejan este tipo de situaciones.

Justificación

Es claro que el proceso de renovación de registros calificados y la acreditación institucional de la Universidad Antonio Nariño se convierten en deberes y trabajo de toda la comunidad Universitaria. La búsqueda de convenios institucionales y la mejora continua de la infraestructura para beneficio de los procesos académicos y administrativos son tareas que día a día se vienen desarrollando por todos los miembros de la UAN en pro de mejorar la calidad académica.

Según el acuerdo 48 en su artículo primero (1°) referencia que *“los temas para realizar los trabajos de grado se proyectarán de acuerdo con los siguientes criterios:”*; uno de ellos está claramente estipulado para el desarrollo de módulos didácticos; *“Proyectos de ayudas educativas o de diseño y construcción de equipos que tengan por finalidad mejorar la docencia, la industria o la salud”*. Con base en esta directriz, se plantea la posibilidad de recuperar el módulo didáctico de frenos que existe en el laboratorio de mecánica automotriz de la UAN sede Neiva, realizar el mantenimiento preventivo y correctivo necesario para su puesta en marcha y así mismo hacerle modificaciones que permitan la actualización de los sistemas y el desarrollo de algunas prácticas de laboratorio que permitan sentar principios teóricos vistos en asignaturas de los programas de FIMEB (Mecánica, electromecánica, electrónica).

Este trabajo también permitirá ampliar la posibilidad de infraestructura para los procesos académicos de extensión; así mismo, fortalecer los requisitos mínimos dentro de estándares de infraestructura para registros calificados y acreditaciones de los programas que ofrece la UAN SEDE NEIVA.

Objetivos

Objetivo General

Recuperar la funcionalidad y mejorar técnicamente el módulo didáctico de sistema de frenos del laboratorio de mecánica automotriz de la Universidad Antonio Nariño Sede Neiva

Objetivos Específicos

- Identificar las condiciones técnicas actuales del módulo didáctico y como se ajustan estas a los syllabus de las asignaturas asociadas a la mecánica automotriz y fluidos.
- Definir las acciones de mantenimiento del equipo, los equipos y elementos necesarios para la mejora técnica del módulo.
- Realizar las actividades de recuperación y puesta en marcha del módulo didáctico que permita la disponibilidad total de dicho equipamiento.

Alcance

El alcance de este proyecto se centró en la recuperación del módulo didáctico de frenos que existe actualmente en el laboratorio de Mecánica Automotriz de la UAN sede Neiva. Dicho módulo fue intervenido bajo mantenimiento preventivo y correctivo y la actualización de sus accesorios como sistema eléctrico, bomba hidráulica, tuberías entre otros elementos con los que cuenta el equipo.

Metodología

Este trabajo se desarrolló bajo un tipo de estudio explicativo dado que existía suficiente información de este conjunto de sistemas y que bajo una exhaustiva consulta documental, se determinó varias alternativas para la solución y desarrollo del proyecto. El diseño de la investigación se fundamentó en el apoyo documental y el trabajo de campo permitiendo establecer todos los lineamientos para el diseño de la actualización del equipo existente. Fue un trabajo con propósito aplicado ya que al final se entregó un producto tangible que permitirá el desarrollo de prácticas de laboratorio en la temática de fluidos y mecánica automotriz. El enfoque del estudio fue de tipo cuantitativo por cuanto

se requirió realizar diferentes tipos de mediciones permitiendo cuantificar las variables físicas de los sistemas hidráulicos y eléctricos del módulo.

Las fases de este trabajo se desarrollaron teniendo en cuenta sus tres objetivos basados en la taxonomía de Bloom donde establece que en primera instancia se requiere CONOCER el estado actual de mecanismo, diagnóstico técnico y posibilidades de mejora del mismo. En segunda instancia ENTENDER cómo pueden aprovecharse los elementos y equipos actuales, estructura y sistema mecánico y eléctrico para el nuevo diseño del módulo didáctico. Como tercera fase y según BLOOM, es necesario el APLICAR mediante la implementación del diseño, las mejoras funcionales y técnicas del módulo, colocando en prácticas las sesiones de laboratorio diseñadas y registrando la operatividad del equipo.

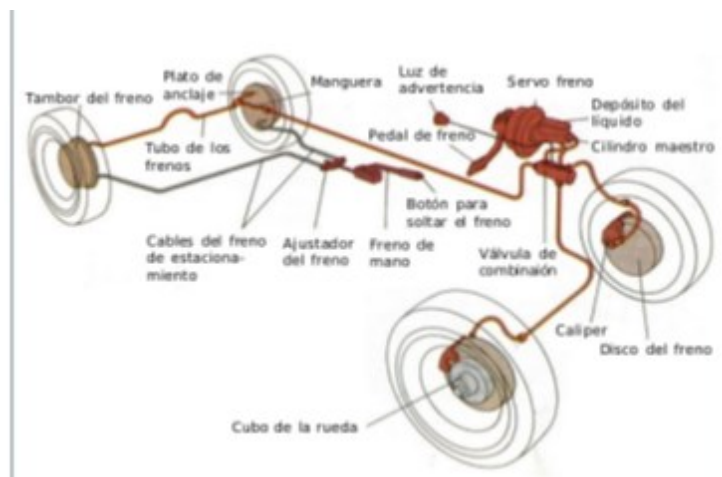
Las técnicas de recolección de datos están fundamentadas en el tipo de enfoque que se le dio al estudio. Al ser de tipo cuantitativo, se hizo necesario utilizar observación estructurada, mediciones con equipos o instrumentos especializados, listas de chequeo y matrices que permitieron el registro adecuado de todos los datos necesarios para el desarrollo del proyecto.

1.Marco teórico

1.1 Sistema de frenos

El sistema de frenos está diseñado para que a través del funcionamiento de sus componentes se pueda detener el vehículo a voluntad del conductor. La base del funcionamiento del sistema principal de frenos es la transmisión de fuerza a través de un fluido que amplía la presión ejercida por el conductor, para conseguir detener el coche con el mínimo esfuerzo posible (Corrado), como se ilustra en la Figura 1-1.

Figura 1-1: Sistema de frenos



Nombre de la fuente: Sistema de frenos. SlideShare. Disponible en: <https://es.slideshare.net/189301/sistemas-de-frenos-31940456>. 2014.

Todo dispositivo de frenado funciona por la aplicación de un esfuerzo ejercido a expensas de una fuente de energía. El dispositivo de frenado se compone de un mando, de una transmisión y del freno propiamente dicho (Montero Guallpa & Navas Neira, 2012).

Mando: es el mecanismo cuyo funcionamiento provoca la puesta en acción del dispositivo de frenado; suministra a la transmisión la energía necesaria para frenar o controlar esta energía.

Transmisión: es la unión de los elementos comprendidos entre el mando y el freno, acoplándolos de una manera funcional. La transmisión puede ser mecánica, hidráulica, eléctrica o combinada.

Freno: órgano en el cual se desarrollan las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo.

1.2 Componentes del sistema de frenos

El sistema de frenos consta de los siguientes elementos:

1.2.1 Servofreno

El servofreno se refiere a los mecanismos o sistemas de mecanismos que sirven para minimizar el esfuerzo humano que hay que hacer sobre el mando de freno de un vehículo para frenarlo.

El servofreno de vacío fue ideado en la época de los frenos mecánicos, se trata de un sistema neumático, que aprovecha la depresión o el vacío generado en el colector de admisión del motor de explosión para desmultiplicar el esfuerzo que hace el conductor con su pie sobre el pedal del freno. En los motores diésel esta depresión no existe debido a la ausencia de mariposa, por lo que se obtiene a través de una bomba de vacío o depresor sección de un servofreno, con el pedal a la izquierda y la bomba a la derecha. El vacío crea una depresión en una cámara que actúa sobre un embolo contenido dentro de ella, al abrir una válvula cuando se acciona el pedal de freno, la válvula permite el paso de la presión atmosférica al otro lado del embolo, haciendo que éste se desplace.

El émbolo actúa por medio de su vástago sobre el pistón de la bomba principal de freno hidráulico para generar en los dispositivos situados en las ruedas del vehículo (freno de tambor o de disco) una fuerza de frenado aún mayor, debido al principio de Pascal. En efecto, si el área del pistón de la bomba es la mitad del área de los pistones de los discos o los tambores de freno, la fuerza hidráulica que se transmite es el doble (Montero Guallpa & Navas Neira, 2012).

Figura 1-2: Servofreno



Nombre de la fuente: Montero Guallpa, Walther René; Navas Neira, José Miguel. Diseño y construcción de dos bancos didácticos funcionales del sistema de frenos hidráulico mixto disco- tambor. Tesis. Ingeniería Mecánica Automotriz. Ecuador. 2012.

1.2.2 Bomba de frenos

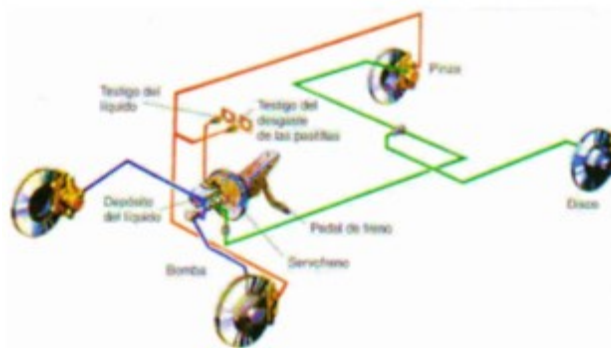
La función de la bomba de frenos, es la de convertir o transformar la fuerza mecánica de la presión ejercida por el conductor del vehículo sobre el pedal de freno, en presión hidráulica. Esta presión hidráulica transmitida a través de las mangueras y líneas del sistema, crea la presión necesaria en el caliper, y cilindros de las ruedas para activar el sistema de frenos obteniendo la disminución de la velocidad o el detenimiento del vehículo. La bomba puede cumplir con la función siempre y cuando el sistema "no contenga aire" (Anonimo, 2012).

Figura 1-3: Bomba de frenos

Nombre de la fuente: Montero Gualpa, Walther René; Navas Neira, José Miguel. Diseño y construcción de dos bancos didácticos funcionales del sistema de frenos hidráulico mixto disco- tambor. Tesis. Ingeniería Mecánica Automotriz. Ecuador. 2012.

1.2.3 Canalizaciones

Las canalizaciones se encargan de llevar la presión generada por la bomba a los diferentes receptores, se caracterizan por que son tuberías rígidas y metálicas, que se convierten en flexibles cuando pasan del bastidor a los elementos receptores de presión. Estas partes flexibles se llaman “latiguillos “y absorben las oscilaciones de las ruedas durante el funcionamiento del vehículo. El ajuste de las tuberías rígidas o flexibles se realiza habitualmente con acoplamientos cónicos, aunque en algunos casos la estanqueidad se consigue a través de arandelas deformables (cobre o aluminio) (Corrado)

Figura 1-4: Canalizaciones

Nombre de la fuente: Corrado, Latino Raúl. Canalizaciones. Sistema de frenos. Escuela del trabajo Domingo Sarmiento. Departamento Automotores. Disponible en: <http://www.escueladeltrabajo.net/frenos.pdf>

1.2.4 Pinzas de freno

Es un elemento encargado de soportar las pastillas además de empujarlas contra el disco cuando se presuriza el sistema y está sometida a esfuerzos importantes durante el frenado como puede ser las temperaturas y las vibraciones.

Figura 1-5: Pinza de freno



Nombre de la fuente: Vaca, Patricio; Castro, Juan; Quiróz, Leónidas. Banco de pruebas para el análisis y comportamiento térmico del sistema de frenos de disco y tambor en automóviles. Universidad de las fuerzas armadas. Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8199/1/AC-ESPEL-MAI-0459.pdf>

1.2.5 Tipos de sistemas de frenos

En la actualidad, los dos grandes sistemas que se utilizan en los conjuntos de frenado son: frenos de disco (contracción externa) y frenos de tambor (expansión interna). Todos los conjuntos de frenado sean de disco o de tambor tienen sus elementos fijos sobre la mangueta del vehículo, a excepción de los elementos que le dan nombre y que son sobre los que realizamos el esfuerzo de frenado (estos elementos son solidarios a los conjuntos de rueda a través de pernos o tornillos) (Corrado).

Características del freno a disco:

- Mayor refrigeración.
- Montaje y funcionamiento sencillo.
- Piezas de menor tamaño para la misma eficacia.

Características del freno de tambor:

- Menor eficacia y rendimiento.
- Refrigeración escasa.

- Sistema y diseño más complejo.

1.3 Banco de pruebas

Cuando hablamos de bancos de pruebas nos referimos al conjunto elementos utilizados para probar un diseño. El concepto se basa en la analogía con un banco de pruebas físico, utilizado para verificar el funcionamiento de un dispositivo. El término se usa en varias disciplinas para describir un ambiente de desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción. Es un método para probar un módulo particular (función, clase o biblioteca) en forma aislada (Sánchez, 2011).

1.4 Tipos de bancos de pruebas

Existen bancos de pruebas para diferentes áreas como (Silva, 2013):

1.4.1 Banco de pruebas hidráulico

El banco de prueba hidráulico posee la característica que está conectado a un ordenador que a su vez tiene una plaqueta de adquisición de datos, esto permite realizar las siguientes tareas:

- Durante la prueba se puede observar por un monitor el caudal que genera la bomba, la temperatura del fluido, las revoluciones por minuto del elemento, el tiempo desde que se puso en marcha, etc.
- Permite ver en tiempo real las gráficas correspondientes a presión, caudal, temperatura, rpm., voltaje, etc.
- El banco conjuntamente con el ordenador actúan realizando la prueba de acuerdo a los datos suministrados por el fabricante.
- También podemos visualizar cada instrumento en el monitor del ordenador y cambiar escala de valores, convertir unidades, etc.

1.4.2 Banco de pruebas dinamométricas

Producen un frenado del motor por acción de un dispositivo “activo” que disipa la energía entregada en forma de calor. Los más comunes son los eléctricos de corrientes parasitas y las hidráulicas.

1.4.3 Banco de pruebas inerciales

No poseen un elemento que produzca una carga, sino que cuentan con una masa inercial que opone resistencia al motor o vehículo, solamente mientras este esté acelerándose. No producen resistencia en un régimen de RPM estacionario.

1.4.4 Banco de pruebas híbrido

Posee una masa inercial importante y al mismo tiempo cuenta con un dinamómetro para producir carga en régimen fijo. El caso más común es el de los rolos con dinamómetro acoplado.

1.4.5 Banco de Prueba de Transformadores

Se le da por nombre banco de prueba de transformadores porque es el lugar que contiene los equipos necesarios para realizar todas las pruebas respectivas para garantizar que el transformador se encuentra en condiciones de trabajo.

El transformador se somete a unos minutos de observación bajo las pruebas de tensión y corriente este equipo está conformado por dos partes:

- La parte de control la cual se encarga de la activación y desactivación de las pruebas aplicadas al transformador.
- La parte de fuerza es la parte que maneja las tensiones y corrientes aplicadas al transformador

En la actualidad existen módulos de pruebas o didácticos en todo el mundo usado para la simulación de procesos de acuerdo al trabajo a realizar; a continuación, se enunciarán algunos de ellos.

- **Sistema de prueba de Neumática serie 6081.** El Sistema didáctico en neumática, modelo 6081 de Lab-Volt, “es un programa modular para la capacitación en neumática y sus aplicaciones. El sistema está dividido en seis subsistemas: Fundamentos de neumática, Control eléctrico de los sistemas neumáticos, Aplicaciones de neumática –PLC (controladores lógicos programables), Servocontrol de sistemas neumáticos, Detección de fallas en los circuitos neumáticos y Sensores” (LabVolt Sistema didáctico, 2015).

Figura 1-6: Sistema de Pruebas de Neumática serie 6081



Nombre de la fuente: LabVolt Sistema didáctico, LabVolt. 10 Noviembre 2015. Disponible en: www.labvolt.com/downloads/dse6081.pdf.

- **Banco de prueba oleo hidráulico.** Este banco de prueba “Permite simular circuitos oleo-hidráulicos mediante el uso de componentes como válvulas manuales, electroválvulas, cilindros y motores, además de incorporar transductores de presión en una pantalla HMI, las variables oleo-hidráulicas del proceso como velocidad, rpm, presión y torque (VIGNOLA, 2015).

Figura 1-7: Banco de pruebas oleo hidráulico



Nombre de la fuente: VIGNOLA. Bancos didácticos. 2015. Disponible en: http://74.115.212.250/~vignola2/index.php?option=com_content&view=article&id=1330&Itemid=126

En los párrafos anteriores, se mencionaron módulos didácticos que comercializan directamente empresas especializadas en la construcción de este tipo de equipos. Muchas instituciones de educación superior establecen convenios para la adquisición de dichos equipamientos, con garantías de formación docente, mantenimiento y soporte técnico por varios años; esto hace que sea una alternativa interesante y sobre todo ideal para aquellas universidades que manejan altos recursos.

Algunas otras instituciones recurren al desarrollo de proyectos de grado por parte de los estudiantes, para el desarrollo de este tipo de equipos.

Son ejemplo de algunas instituciones que utilizan módulos de prueba para simular procesos de la vida real:

- **Bancos de prueba de Automatización Universidad Santo Tomas.** En la universidad Santo Tomas existen “Bancos para pruebas y prácticas en los laboratorios de accionamientos, protecciones eléctricas, instrumentación y automatización industrial (Arenas, 2011).

Figura 1-8: Banco de Automatización USTABUCA



Nombre de la fuente: Bayona Arenas, Juan Manuel. Diseño y construcción de un banco didáctico en automatización industrial para el laboratorio de mecatrónica de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga. 2011.

Dicho módulo fue construido con recursos del estudiante y en su gran mayoría, institucionales. La Universidad facilitó todo lo relacionado a los equipos como un PLC SIEMENS S7-200 entre otros equipamientos. El bastidor, los elementos como borneras, cables, impresiones y demás, fueron inversiones hechas por el estudiante.

Otros de los ejemplos de módulos o bancos didácticos realizados por los estudiantes se puede observar en la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Dentro de sus laboratorios existen varios equipos desarrollados por lo estudiantes para las prácticas de procesos industriales (Bucaramanga, 2019).

Figura 1-9: Bancos procesos industriales UNAB



Nombre de la fuente: Universidad Autónoma de Bucaramanga. UNAB. 2019. Disponible en: www.unab.edu.co/servicios

Entre los equipos con los cuales cuenta el laboratorio UNAB desarrollado por estudiantes se tienen:

- Sensores
- Actuadores
- Sistemas SCADA

A nivel internacional también pueden encontrarse varios trabajos de grado relacionados a módulos o bancos didácticos que son aportes que hacen los estudiantes para las instituciones donde realizan sus estudios de pregrado.

Los señores Montero y Navas desarrollaron su proyecto de grado titulado DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS BANCOS DIDÁCTICOS FUNCIONALES DEL SISTEMA DE FRENOS HIDRÁULICO MIXTO DISCO-TAMBOR, para la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca – Ecuador. En este trabajo, los estudiantes dejaron un módulo para “el beneficio de los catedráticos y estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana”. Así mismo “Se pudo evidenciar que el laboratorio de sistemas de traslación de la carrera de Ingeniería Automotriz, carecía de un banco con sistema de frenos hidráulico mixto disco-tambor para que los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos adquiridos acerca del tema” (Montero Guallpa & Navas Neira, 2012).

Figura 1-10: Banco didáctico de freno UPS



Nombre de la fuente: Montero Gualpa, Walther René; Navas Neira, José Miguel. Universidad Politécnica Salesiana. Diseño y construcción de dos bancos didácticos funcionales del sistema de frenos hidráulico mixto disco-tambor. 2012. Disponible en: <file:///C:/Users/Administrador/Downloads/UPS-CT002376.pdf>

Los señores Fraga e Itás realizaron para la Universidad Técnica del Norte de Ibarra – Ecuador un proyecto denominado MÓDULO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE FRENOS ABS Y ASISTENCIA ASR DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK A DIESEL el cual en su resumen acotan que, “la elaboración de este Módulo didáctico para la enseñanza del funcionamiento del Sistema Antibloqueo de frenos ABS y Sistema Antideslizante ASR de la Camioneta Volkswagen Amarok a diesel debe obedecer a necesidades concretas y organizadas de acuerdo a sus cualidades ,habilidades ,experiencia ,motivación, imaginación entre otros” (Fraga Portilla & Itás Angulo, 2008).

Obregón en su proyecto titulado DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDACTICO DE ENTRENAMIENTO PARA FRENOS DE AIRE DE CAMIONES para la Universidad Internacional del Ecuador, resume que “La idea de construcción de este módulo didáctico para inicios del 2013 en la Universidad Internacional del Ecuador sede Guayaquil hace de éste la necesidad de un recurso de simulación en cuanto a sistemas neumáticos para frenos de camiones donde pueden observar cómo se lleva a cabo los circuitos neumáticos y eléctricos en los diferentes componentes del sistema neumático de freno. La viabilidad práctica de bases fuertes en un estudiante de Ingeniería en Mecánica Automotriz mejorará indudablemente el desempeño en sus prácticas de pasantías

logrando así una satisfacción personal y empresarial con una alta competitividad en el mercado”.

En la Universidad Antonio Nariño sede Neiva se han realizado varios módulos didácticos relacionados a los contenidos que se vienen impartiendo en programas como Ingeniería Mecánica, Industrial, Electrónica entre otras. Al igual que en otras instituciones de educación superior y tal como se ha plasmado anteriormente, la UAN no ha sido ajena a esta opción de desarrollo de equipos didácticos que permitan la mejora de los procesos académicos de sus docentes y estudiantes.

Los señores Parra y Puentes en su proyecto titulado IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FALLAS EN UN SIMULADOR DIDÁCTICO PARA MOTOR DE UN MAZDA ALLEGRO 1600 CC DE COMBUSTIÓN INTERNA CON CICLO OTTO PARA LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO “UAN”, realizaron una recuperación del módulo que existía en el laboratorio, pero que por falta de mantenimiento había perdido su funcionalidad y por ende la posibilidad de operar el equipo. Definen que “este proyecto tiene como objetivo principal aprovechar y recuperar un motor de combustión interna que se encuentra en el laboratorio de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño, sede Buganviles, con la finalidad de diseño e implementación de un simulador didáctico de fallas con fines educativos”. Sus resultados fueron la recuperación de la funcionalidad del equipo, la implementación de un panel de pruebas y la mejora del proceso académico de los estudiantes por cuanto “Los resultados obtenidos de este proyecto aportan beneficios a toda la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño por el enfoque teórico-práctico, ayudando a la recuperación y aprovechamiento de equipos que están en deterioro por falta de uso por parte de la comunidad estudiantil” (Parra & Puentes, 2019).

Figura 1-11: Banco Fallas Motor Ciclo OTTO UAN



Nombre de la fuente: Parra, Cristhian; Puentes, Carlos. Implementación de un sistema de fallas en un simulador didáctico para motor de un mazda allegro 1600CC de combustión interna con ciclo otto para la UAN. Informe. 2019. UAN. Neiva.

Los autores Camacho y Olaya en su proyecto titulado RECUPERACIÓN DE LOS TORNOS ENCO 109-1005 A-B, DEL TALLER DE MECÁNICA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE BUGANVILES plantearon como estrategia de recuperación de los equipos existentes en dicha institución, una serie de actividades de mantenimiento que permitieran nuevamente su operatividad; así mismo se estableció unas prácticas que permitieran darle uso a las máquinas herramientas intervenidas (Olaya Gonzalez & Camacho Araujo, 2019).

Figura 1-12: Recuperación TORNOS ENCO UAN



Nombre de la fuente: Olaya Gonzalez, Cristian Amilcar; Camacho Araujo, Paola Andrea. Recuperación de los tornos enco 109-1005 a-b, del taller de mecánica industrial de la universidad antonio nariño. Informe. 2019. UAN. Neiva

2.Resultados

Con base en las actividades planteadas en cada uno de los objetivos propuestos y utilizando una metodología establecida, los resultados obtenidos por actividades fueron los siguientes.

2.1 Identificación de las condiciones técnicas actuales del módulo didáctico.

Este módulo didáctico se encuentra en la universidad desde el año 2015 y es el resultado de un trabajo de grado realizado por un graduado del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Antonio Nariño Sede Neiva. Dicho módulo fue construido con varios cálculos de diseño mecánico en su estructura mas no es claro en el mecanismo principal del equipo, como la selección de la potencia del motor o el diámetro del eje donde está montado todo el sistema de tracción del mismo. En la figura 2-1 puede apreciarse que el sistema de tracción implementado es simplemente una transmisión por banda y de alguna manera este viene sujeto al eje de tal forma que ante una acción de frenado, no emula de manera adecuada lo que realmente sucede en un vehículo.

Figura 2-1: Sistema actual de transmisión por banda del módulo didáctico



Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

En términos generales, se encuentra un equipamiento en un marcado deterioro que impide que este sea utilizado para circunstancias de clase o en cualquier evento institucional donde se requiera llevar simuladores de este tipo de sistemas.

Los cojinetes en los que se encuentran actualmente apoyado el eje motriz presentan desgaste ya que al ser sometido el eje a un movimiento giratorio, este presenta dificultad para el movimiento y ruido en cada uno de ellos.

Figura 2-2: Cojinete del eje de las ruedas



Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

Estos elementos mecánicos requieren ser cambiados dada la necesidad de tener un sistema de tracción adecuado para el buen funcionamiento del módulo.

El sistema cuenta con una bomba de cilindro maestro de freno para jeep CJ5 de marca *cardone*, que al realizarse las pruebas respectivas presentan fugas en su empaquetadura. Dicha avería lleva al no funcionamiento de este elemento. Su daño se debe al no uso del equipo y la exposición a los factores ambientales del laboratorio, temperatura, humedad y corrosión.

El módulo actual tiene un sistema de freno de disco de mordaza ubicado al lado derecho del mismo. Dicho sistema presenta problema en los caliper de la mordaza lo que puede representar un accidente con este elemento. Se presume que el daño del caliper de la mordaza se debió al poco uso del equipo y al deterioro por tiempo y otros agentes, del líquido de freno del sistema.

Se realizó el desmonte del equipo encontrando el daño de los caliper de la mordaza, las pastillas o balatas de freno en mal estado y corrosión en algunas partes del sistema de freno de disco. La siguiente figura presenta el sistema de mordaza, caliper del equipo.

Figura 2-3: Caliper mordaza de sistema de freno actual módulo didáctico



Nombre de la fuente: Autor

Al lado izquierdo del módulo se encuentra un sistema de freno de tambor o de banda. En este sistema se encontró que las bandas estaban desgastadas por el tiempo. El sistema interno del bocín se observaba sin mantenimiento preventivo. La siguiente figura evidencia el estado de la misma.

Figura 2-4: Sistema de freno lado izquierdo módulo didáctico



Nombre de la fuente: Autor

La gran mayoría de accesorios y elementos que constituyen el banco se encuentran en mal estado, sea por la acción del uso o bien por la exposición ante agentes ambientales y la presencia de animales que en este caso, perjudicaron algunas conexiones eléctricas del sistema.

Algunos accesorios o elementos del módulo didáctico son a continuación:


Cuadro 2-1: Accesorios del módulo didáctico sistema de frenos

Cantidad	Accesorios
2	Manómetros marca ASTRO de 0 a 1000 psi
2	Rines comunes 14x5
1	Sistema de polea con un eje transversal con diámetro de 35 mm de salida
1	Sistema de freno de disco de mordaza RH
1	Sistema de freno de banda o campana LH
1	Transformador de voltaje de 220 a 110 v y 12 V
1	Switch On/Off
1	Sistema mecánico de pedal
1	Sistema de componentes eléctricos (fusibles, contactores, cables calibre 14, interruptores)
1	Tubería de ¼ in.
1	Perfil de la estructura de la mesa de 40x40 con espesor de 2 mm




Nombre de la fuente Autor

Varios de estos elementos mencionados anteriormente se pueden recuperar con algunas actividades de mantenimiento preventivo. Es el caso de los cambios de empaquetadura de la bomba hidráulica del sistema de frenos. Así mismo el motor eléctrico tiene algunos problemas en sus rodamientos y requiere de limpieza general. A continuación en el cuadro siguiente, se referencian los equipamientos más importantes del módulo y las condiciones con que estos se encontraron.

Cuadro 2-2: Condiciones de los equipamientos más importantes del módulo didáctico. Especificaciones técnicas

Imagen	Equipo	Estado	Descripción del estado	Características técnicas	Costo Actual
	Bomba de Cilindro <i>CARDONE</i>	No tiene función	Presenta fugas por empaquetaduras. Pierde presión fácilmente para su trabajo	Package Dimensions: 9.500 x 5.500 x 4.625 inches UPC: 082617680394 Bore Diameter (N): 1.000" E-Waste: No Installation Hardware Included: No Master Cylinder Color/Finish: Gray Master Cylinder Material: Cast Iron Mounting Hole Quantity: 2 Package Contents: Master Cylinder Pedal Rod Included: No Port Count: 2 Primary Port Size: 1/2 x 20 Product Condition: New Reservoir Included: Yes Reservoir Material: Cast Iron Reservoir Type: Integral Secondary Port Size: 1/2 x 20	\$120.000

Cuadro 2-2: (Continuación)

	<p>MOTOR SIEMENS 1LF3094- 4YA90</p>	<p>Funcional</p>	<p>Se requiere hacer limpieza interna y revisión de los bujes</p>	<p>BG 090L TIPO DE SERVICIO S1 1,5HP COS A 0,7 60 HZ *115/230 V *FS 1,0 20/10A FS 1,15 23/115 A A 115/ 57.5 A 1.748 RPM 540-648 UF</p>	<p>\$450.000</p>
	<p>PERFILES CUADRADOS</p>	<p>Funcional</p>	<p>Se requiere hacer algunas soldaduras y tratamiento de la corrosión de algunas partes</p>	<p>ANCHO: 40 MM ALTO:40 MM ESPESOR: 2 MM MATERIAL: ASTM A36</p>	<p>\$150.000</p>
	<p>MANÓMETRO ASTRO</p>	<p>Funcional</p>	<p>Limpieza y Calibración</p>	<p>PRESIÓN 0 A 1000 P.S.I</p>	<p>\$50.000</p>

Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

Se realizaron pruebas de continuidad en el arnés eléctrico encontrando algunos conductores deteriorados, borneras de elementos eléctricos como interruptores y contactos sulfatados lo que impide la funcionalidad de algunos subsistemas del módulo eléctrico. Por método de observación directa se detalló que algunos cables estaban desconectados y no había identificación de los mismos mediante planos o algo similar. La siguiente figura evidencia el mal estado del arnés eléctrico.

Figura 2-5: Arnés eléctrico de módulo didáctico actual



Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

En cuanto a la estructura del módulo (bastidor) se pudo determinar que esta presentaba golpes de consideración en algunos perfiles (tubos). La soldadura en algunas uniones estaban deterioradas y la pintura de la misma estaba en mal estado. Algunas leyendas o identificaciones ya no se encontraban legibles lo que como control administrativo de seguridad, hace deficiente la misma ante cualquier trabajo con el equipo.

Las rejillas o barreras de seguridad que cubren las partes móviles del equipo estaban en mal estado, algunas de ellas oxidadas y sueltas. En la figura siguiente puede evidenciarse algunas de estas condiciones.

Figura 2-6: Barreras de seguridad en mal estado y/o desajustadas



Fuente: Autor del Proyecto

Con respecto a la pertinencia y posibilidades de trabajo de este equipo en algunas asignaturas y realizando un barrido en la malla curricular del programa de ingeniería mecánica de la universidad, es posible elaborar prácticas o visitas asistidas por el

docente en asignaturas como MECANISMOS y DISEÑO MECÁNICO I y II. En estas asignaturas se trabajan temáticas como grados de libertad de mecanismos; para ello y de la mano del diseño mecánico, se trabajan con mecanismos rotatorios presentes en el juego de engranajes cónicos para la transmisión de potencia al eje; un sistema articulado presente en la mordaza del sistema de freno de disco. Allí podrían trabajarse como el tema de juntas superiores e inferiores entre otros casos. La siguiente figura refleja un extracto del syllabus de mecanismos donde podría asociarse este módulo.

Figura 2-7: Temática Mecanismos para el Módulo de Sistema de Frenos

		Software.
4	Engranajes y trenes de engranajes.	4.1 Nomenclatura, clasificación y aplicación de los engranes (rectos, cónicos y helicoidales). 4.2 Ley fundamental del engrane. 4.3 Análisis cinemático de trenes de engranajes (simples, compuestos y planetarios).
5	Introducción a la síntesis de mecanismos.	5.1 Clasificación de problemas en la síntesis de mecanismos. 5.2 Espaciamiento de los puntos de precisión (exactitud) para la generación de funciones. 5.3 Diseño gráfico y analítico de un mecanismo de

Nombre de la fuente: Syllabus Mecanismos UAN

El sistema actual posee un sistema de transmisión de potencia mediante una polea y una banda que conecta el eje del vehículo con el motor eléctrico. En el que se deja se hace un cambio de este tipo de sistema a uno piñon, cadena lo que permite dar mayor potencia al sistema de frenado y emular aún mejor este proceso mecánico. La siguiente figura refleja los dos tipos de mecanismos del módulo, el actual y el propuesto al final.

Figura 2-8: Sistema de trasmisión de potencia



Antes

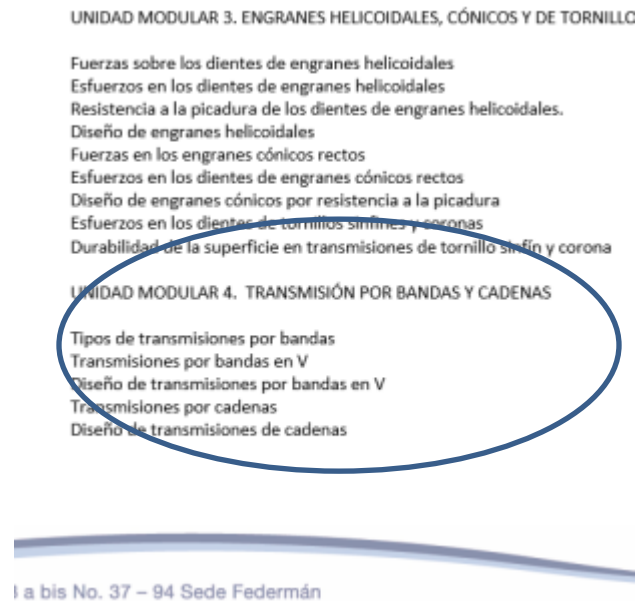


Después

Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

Para la asignatura Diseño Mecánico se podría trabajar todo lo relacionado a los cálculos de potencia de un motor, en este caso, eléctrico; los cálculos necesarios para un sistema de piñón – cadena y el cálculo del eje en un equipamiento como estos.

Figura 2-9: Temática Diseño Mecánico para el módulo del sistema de frenos




Nombre de la fuente: Syllabus Diseño Mecánico II – UAN NEIVA

Para finalizar las actividades realizadas en este primer objetivo, se concluye que el estado actual del módulo no permite su utilización. Varios de sus sistemas no están aptos para el funcionamiento y representa un riesgo para el operario, en este caso, estudiantes y docentes. Así mismo, el deterioro de varios elementos perjudican el patrimonio institucional lo que conlleva a una mala imagen del programa y sus laboratorios.

2.2 Cálculos de diseño

SIMULACIÓN DE CARGA EN ESTRUCTURA BASE CON CRITERIO DE FALLA DE VON MISES

Cuadro 2-3: Datos estructura base

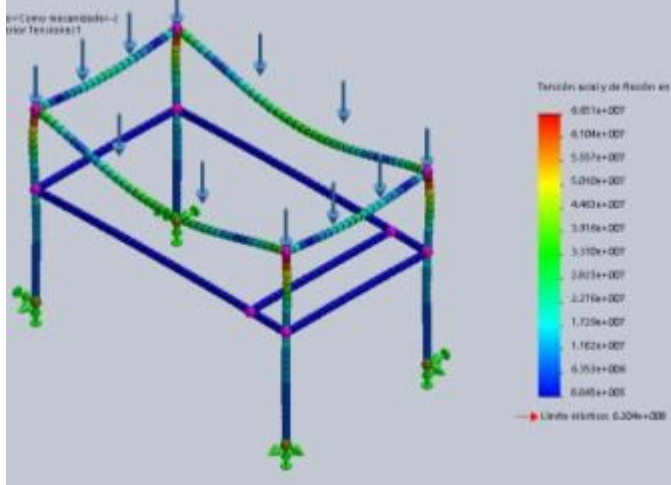
ESTRUCTURA BASE EN PERFIL CUADRADO 40X40 de 2.5mm DE ESPESOR	PROPIEDADES DEL MATERIAL	
	Nombre: Tipo de modelo: Límite elástico: Límite de tracción: Módulo elástico: Coefficiente de Poisson: Densidad: Módulo cortante: Coefficiente de dilatación térmica:	ACERO ASTM A36 Isotrópico elástico lineal 6.20422e+008 N/m ² 7.23826e+008 N/m ² 2.1e+011 N/m ² 0.28 7700 kg/m ³ 7.9e+010 N/m ² 1.3e-005 /Kelvin

Nombre de la fuente: SolidWork

Resultados de la simulación:

Teniendo en cuenta que la estructura soporta un peso total de 100Kg, se realiza un análisis del comportamiento de la estructura respecto a esta carga por medio del criterio de falla de Von Mises.

Cuadro 2-4: Falla de Von Mises

Criterio de falla de Von Mises	Resultados
	<p>Carga máxima soportada por la estructura: 6.651e+007N/m²</p> <p>Carga mínima soportada por la estructura: 8.845e+005N/m²</p>

Nombre de la fuente: Autor del proyecto

Tabla 2-1: Esfuerzos de diseño

TABLA DE ESFUERZOS DE DISEÑO			
	Esfuerzo de diseño (N/m ²)	Esfuerzo del material (N/m ²)	Coeficiente de seguridad
Ensamblaje	6.651e+007N/m ²	6.20422e+008 N/m²	9.32

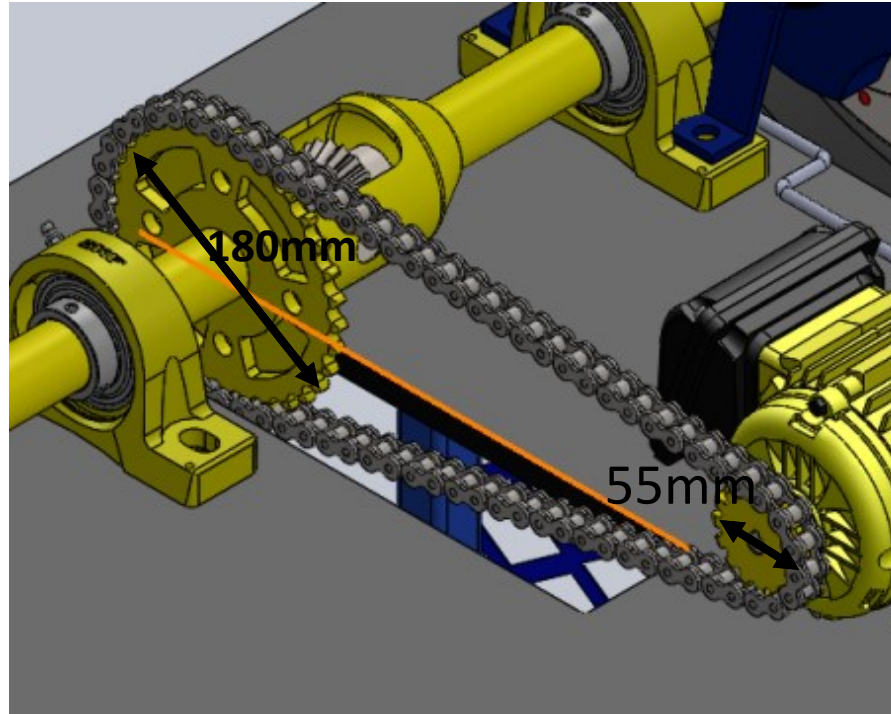
Nombre de la fuente: Autor

Ecuación 2-1: Coeficiente de seguridad

$$\eta = \frac{\sigma_{material}}{\sigma_{diseño}} = \frac{6.20422e + 008 \text{ N/m}^2}{6.651e + 007\text{N/m}^2} = 9.32$$

- CALCULOS DE RELACION DE TRASMISION Y LONGITUD DE CADENA

Figura 2-10: Transmisión y longitud de cadena



Nombre de la fuente: Autor

Tabla 2-2: Datos motor Siemens 1lf3094-4ya90

Motor Siemens 1lf3094-4ya90
POTENCIA: 1.5 HP
COS α 0,7
60 HZ: 115/230 V
1748 RPM

Nombre de la fuente: Autor del proyecto

Ecuación 2-2: Velocidad con la que gira el eje de los rines

$$N1 * D1 = N2 * D2$$

$$N2 = \frac{N1 * D1}{D2} = \frac{1748rpm * 55mm}{180mm} = 534.1 rpm$$

LONGITUD DE LA CADENA

Tabla 2-3: Especificaciones de la cadena

CADENA ESLABONADA DE ACERO 428H	
Paso	12,7 mm
Diámetro del eslabón	8,51 mm
Ancho total de la cadena	9,4 mm
Longitud de la cadena	12,4 m
Resistencia a la tracción	20,8 KN

Nombre de la fuente: Autor

Ecuación 2-3: Longitud de la cadena

$$Longitud\ de\ la\ cadena = \left(2C + \frac{S}{2} + \frac{40.53}{C} \right) * 12.7$$

Donde:

C: Distancia entre ejes dividida el paso de la cadena

S: Sumatoria del número de dientes del piñón y el plato

$$Longitud\ de\ la\ cadena = \left((2 * 27) + \frac{56}{2} + \frac{40.53}{27} \right) * 12.7 = 1060\ mm = 1.06\ metros$$

- **CALCULOS DE TORQUE Y POTENCIA REQUERIDA POR EL MOTOR**

Ecuación 2-4: Potencia mecánica

$$P = T * \omega$$

Donde:

P: Potencia mecánica [Watts]

T: Torque [N.m]

ω : Velocidad angular [Rad/s]

$$\omega \left[\frac{rad}{s} \right] = \frac{2\pi}{60} N [RPM] \text{ para } N = 534.1 \text{ rpm}$$

$$\omega \left[\frac{rad}{s} \right] = \frac{2\pi}{60} (534.1) [RPM] = 55.93 \text{ rad/s}$$

TORQUE:

Ecuación 2-5: Torque

$$T = I * \alpha$$

Donde:

I: Momento de inercia

α : Aceleración angular

MOMENTO DE INERCIA:

Ecuación 2-6: Momento de inercia

$$I = \frac{1}{2} m * r^2$$

Donde:

m: Masa [Kg]

r: Radio del piñón de conducido [m]

$$I = \frac{1}{2} (50Kg)(0.09^2) = 0.2Kg.m^2$$

ACELERACION ANGULAR:

Ecuación 2-7: Aceleración angular

$$\alpha = \frac{V_f - V_0}{t}$$

Donde:

Vf: Velocidad final

V0: Velocidad inicial "El motor arranca desde el reposo, por eso V0=0

t: Tiempo que tarda en alcanzar Vf

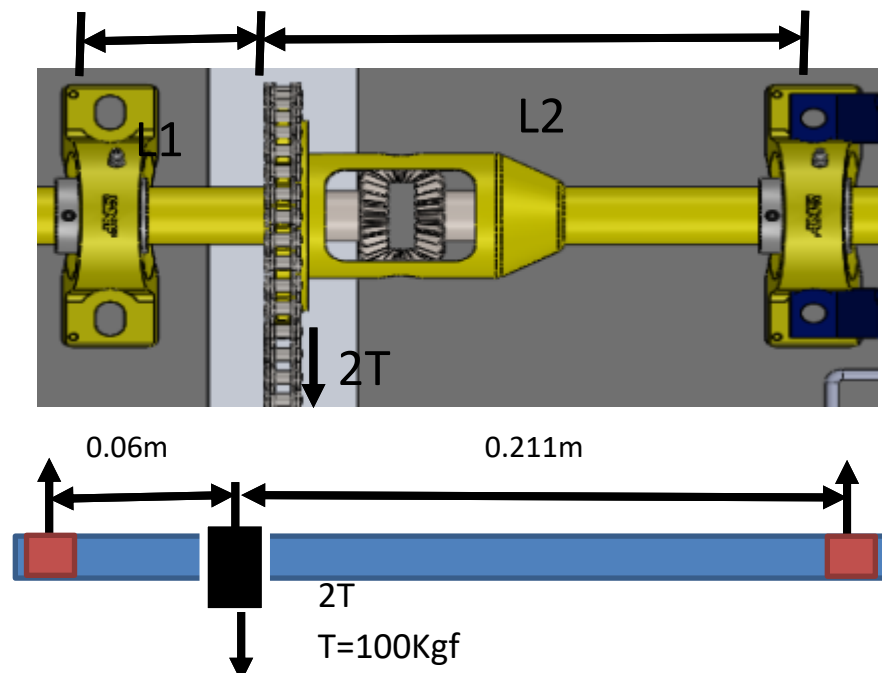
$$\alpha = \frac{55.93 \text{ rad/s} - 0}{2 \text{ s}} = 27.96 \text{ rad/s}^2$$

$$T = (0.2 \text{ Kg.m}^2) \left(27.96 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right) = 5.66 \text{ N.m}$$

$$P = (5.66 \text{ N.m}) \left(55.93 \frac{\text{Rad}}{\text{s}} \right) = 316.67 \text{ Watts} = 0.42 \text{ HP}$$

- **CALCULO DE CARGA DINAMICA PARA LAS CHUMACERAS Y CARGA RADIAL**

Figura 2-11: Diagrama de fuerza



Nombre de la fuente: Autor del proyecto

Ecuación 2-8: Carga radial

$$\sum F = 0 : T_1 + T_2 - 2T = 0$$

$$\sum M = 0 : -2T * L_1 + T_2(L_1 + L_2) = 0$$

$$T_2 = 2T \frac{L_1}{L_1 + L_2} = (2 * 100Kgf) \left(\frac{0.06}{0.06 + 0.211} \right) = 44.28Kgf$$

$$T_1 = 2T \left(1 - \frac{L_1}{L_1 + L_2} \right) = (2 * 100Kgf) \left(1 - \frac{0.06}{0.06 + 0.211} \right) = 155.71Kgf = 343.28lbf$$

Para temas de cálculo utilizamos el valor máximo de carga radial sobre las chumaceras 343.28lbf

CÁLCULO DE CARGA DINÁMICA

$$N_b = 534.1 \text{ rpm}$$

Vida util de chumacera son 15.000 horas

Figura 2-12: Factores de ajuste de duración por confiabilidad, C_3

Confiabilidad (%)	C_R	Nomenclatura de la duración
90	1.0	L_{10}
95	0.62	L_1
96	0.53	L_4
97	0.44	L_2
98	0.33	L_5
99	0.21	L_1

Nombre de la fuente: Diseño de lementos de máquinas de Robert Mott. 4ta Edición

Confiabilidad del 95% $C_R = 0.62$

$$P = 343.28 \text{ lbf}$$

$m_k = 3$ Elementos rodantes esfericos

Ecuación 2-9: Carga dinámica

$$(L_{10}) = \frac{10^6 * L_{10}}{60 * N_b}$$

$$L_{10} = \frac{(L_{10}) * 60 * N_b}{10^6} = \frac{(15.000hr)(60 \frac{min}{rev})(1150 \frac{rev}{min})}{10^6 rev} = 1035$$

$$L_{aR} = C_R * L_5$$

$$L_5 = \frac{L_{aR}}{C_R} = \frac{1035}{0.62} = 1669.35$$

Carga dinamica:

$$C = P * (L_5)^{\frac{1}{m_k}} = (343.28lb)(1669.35)^{\frac{1}{3}} = 4075.21lb$$

$$C = 17.91 \text{ kN}$$

Figura 2-13: Datos del cálculo

Datos del cálculo			
Capacidad de carga dinámica básica	C	25.5	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	15.3	kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.655	kN
Velocidad límite		5300	r/min

Nombre de la fuente: SKF

CÁLCULO DE DIÁMETRO DEL EJE

Se pretende utilizar un acero SAE 1020 que es el más comercial y temas de costos es uno de los más económicos, a continuación se realiza el cálculo del diámetro que se requiere del eje para ser utilizado en el sistema:

Figura 2-14: Propiedades Acero SAE 1020

Tipo de proceso y acabado	Resistencia a la tracción		Límite de Fluencia		Alargamiento en 2" (%)	Reducción de área (%)	Dureza (HB)	Relación de maquinabilidad EF =100%
	PSI	MPa	PSI	MPa				
Caliente y maquinado	58000	400	32000	220	25	50	116	70
Estirado en frío	64000	440	36000	370	15	40	126	

Nombre de la fuente: Society of Automotive Engineers. SAE.

Iniciamos realizando el cálculo del momento en el plato conducido del eje principal, para este caso usamos la mayor carga radial en la chumacera T1 puesto que es donde se presenta mayor momento flector lo que implica que es un punto crítico, como asumimos que el sistema se encuentra estático, es decir, $\sum F = 0$ (Ecuación 8), entonces:

Ecuación 2-10: Cálculo del momento en el plato del eje principal

$$M = F * d$$

Donde: d= 0.06 m=2.36in

$$M = (343.28\text{ lbf})(2.36\text{ in}) = 810.14\text{ lb} - \text{in}$$

Ecuación 2-11: Esfuerzo cortante

$$\tau = \frac{T * r}{\frac{\pi}{2} r^4}$$

T: Torque (Torque anteriormente calculado T=5.66N.m =50lb.in)

r: Radio del eje

$$\tau = \frac{100 \text{ lb. in}}{\pi * (\frac{D}{2})^3}$$

$$\tau = \frac{254.64}{D^3}$$

Ecuación 2-12: Esfuerzo normal

$$\delta = \frac{M * r}{\frac{\pi}{4} * r^4}$$

M: Momento (M=810.14 lb-in)

r: Radio del eje

$$\delta = \frac{4 * M}{\pi * (\frac{D}{2})^3}$$

$$\delta = \frac{8252}{D^3}$$

$$\delta_{max}, \delta_{min} = \frac{\delta}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\delta}{2}\right)^2 + (\tau)^2}$$

$$\delta_{max} = \frac{8259.85}{D^3}$$

$$\delta_{min} = \frac{-7.85}{D^3}$$

TEORIA DE MOHR-COULOMB

Ecuación 2-13: Cálculo teoría MOHR COULOMB

$$\frac{\delta_{max}}{S_{ut}} - \frac{\delta_{min}}{S_{uc}} = \frac{1}{n} \quad \delta_{max} = 0 = \delta_{min} \text{ y } \left| \frac{\delta_{min}}{\delta_{max}} \right| = 1$$

$$\frac{8259.85}{D^3} - \frac{-7.85}{D^3} = \frac{1}{2.8}$$

Para $n=2.8$ tomando ese valor como factor de seguridad

$$\frac{0.14}{D^3} + \frac{2.45 * 10^{-4}}{D^3} = \frac{1}{2.8}$$

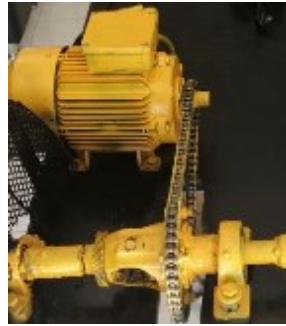
$D = \sqrt[3]{0.39} = 0.73 \text{ in} = 18.5 \text{ mm}$ Diámetro sugerido para el eje de transmisión.

2.3 Recuperación del Módulo

Teniendo en cuenta los hallazgos encontrados en el primer objetivo, fallas y daños en algunos elementos, la falta de mantenimiento de la parte eléctrica y su estructura, pudo concluirse que la recuperación del módulo era total. Hubo necesidad de rediseñar el sistema eléctrico del módulo, ejecutar la pintura del bastidor, hacer un nuevo cálculo del eje que sujeta las llantas, un mantenimiento exhaustivo a los dos sistemas de frenos, tanto el de campana como el de disco, cambio de algunos de estos elementos, recuperación de la bomba hidráulica entre otras actividades tecnológicas. La siguiente figura evidencia el cambio del sistema de transmisión de potencia que anteriormente mantenía el módulo. Esto se realizó con los cálculos respectivos que puede evidenciar en el anterior objetivo.

Figura 2-15: Sistema antes y después de la transmisión del módulo

Antes – Banda / Polea



Después - Cadena

Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

El cambio de la transmisión permitió que el sistema de frenos fuera más semejante al que se puede tener en un vehículo. Muchas veces, la polea “patinaba” y el sistema de frenos no realizaba su acción de manera adecuada. Así mismo, al accionar un sistema de frenos se “tacaban” las dos ruedas si tener en cuenta la distribución de esfuerzo que soportaba el eje y presión de frenado. Por esta razón se colocó una diferencial que distribuyera las fuerzas dependiendo del tipo de sistema de freno. Para ello fue necesario de igual manera hacer los cálculos de un nuevo eje y, con el motor eléctrico con el que ya se contaba, ajustar dichos cálculo con la cadena y con los otros elementos del módulo. A continuación se colocan las evidencias cuando fue implementado el eje de las ruedas.

Figura 2-16: Eje ruedas, antes y después

Antes



Después

Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

La potencia del motor no estaba siendo aprovechada con la configuración anterior del módulo y si se estaba de alguna manera colocando en riesgo al operario ya que dependiendo de la presión de la activación del sistema, era posible que este tuviera alguna ruptura que generara algún tipo de accidente.

Se realizó así mismo una adecuación de la pintura del módulo ya que por la exposición a las altas temperaturas, humedad y falta de mantenimiento, este se encontraba en mal estado; así mismo, el módulo era soporte de cosas no relacionadas con el laboratorio o con el equipo. La figura evidencia el trabajo realizado en pintura al módulo, teniendo en cuenta algunas recomendaciones técnicas como pintura electrostática en la estructura y algunos colores según norma técnica.

Figura 2-17: Pintado de módulo didáctico



Pintura – Antes



Pintura - Después

Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

La lámina de madera donde reposan los elementos del módulo fue reemplazada ya que por la humedad y el comején, se encontraba debilitadas en algunos puntos de la misma. La estructura metálica fue sometida a puntos de soldadura ya que por vibraciones que se presentaban del mismo uso y falta de mantenimiento, algunas estaban en mal estado y requerían de refuerzos que permitieran mejorar la seguridad del módulo.

El sistema hidráulico fue recuperado ya que este se encontraba en mal estado por falta de uso. El líquido se encontraba para cambio; las empaquetaduras en mal estado lo que permitía fugas de la misma. Algunas secciones de la tubería presentaban obstrucciones y otras tenían porosidades.

Figura 2-18: Sistema hidráulico



Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

Los manómetros de igual manera fueron sometidos a una limpieza y calibración por parte de un proveedor local. Las empaquetaduras de la bomba fueron cambiadas y el líquido reemplazo, utilizando un DOT 4 para ello.

Figura 2-19: Mantenimiento Bomba de Freno



Antes



Después

Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

El líquido tenía sedimentación y por recomendaciones del fabricante también se hizo necesario el cambio del fluido.

El sistema de campana y freno de disco también fueron intervenidos. El disco presentaba alabeo y este fue rectificado por un proveedor local. Así mismo fueron reemplazadas las balatas o pastillas de freno de dicho sistema.

Figura 2-20: Mantenimiento Sistema Freno de disco



Antes

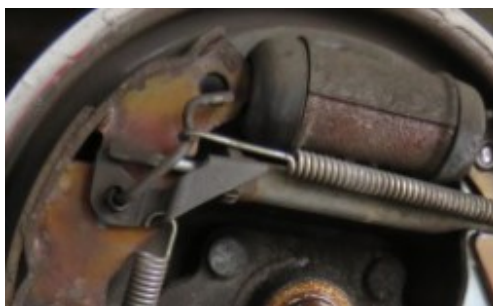


Después

Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

En el sistema de freno de campana o trasero, se hizo una limpieza ya que tenía bastante polvo de asbesto por el uso de las bandas. Así mismo se hizo un ajuste y se purgó el sistema para la optimización del sistema.

Figura 2-21: Mantenimiento Sistema Freno de tambor o campana



Antes



Después

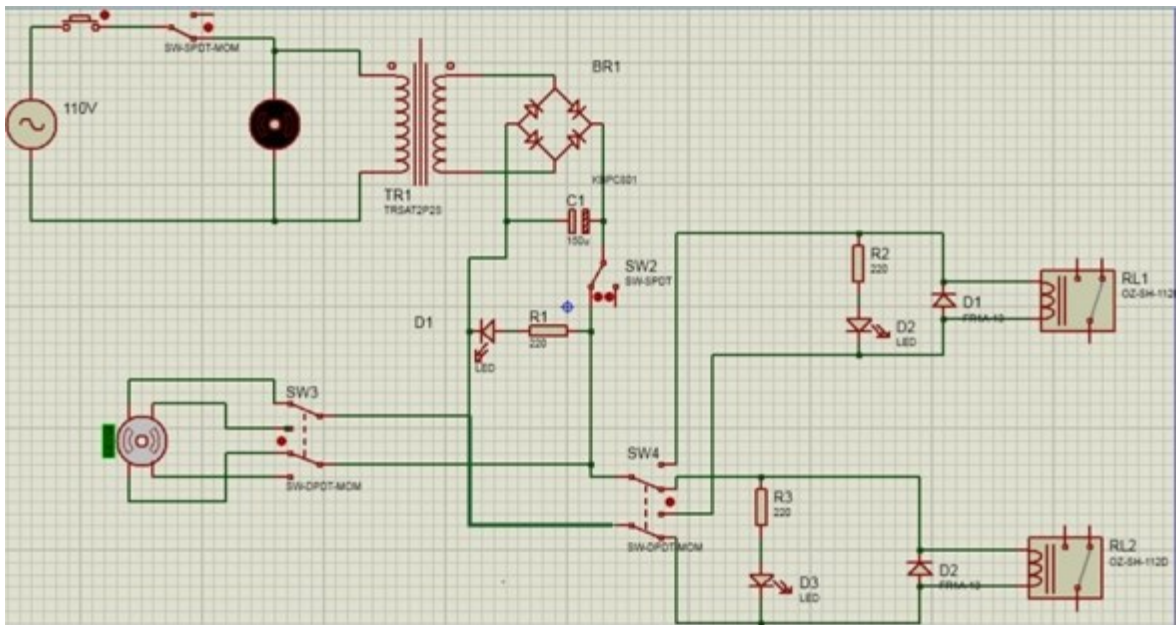
Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

Como se puede observar en la figura anterior, el tambor fue reemplazado ya que había pérdida de fluido y se realizó una adaptación de los sistemas mecánicos de la campana. Las bandas fueron reemplazadas por unas nuevas ya que estas estaban cristalizadas.

Otro de los sistemas intervenidos dentro del módulo fue el eléctrico. Como se mencionó en los resultados del primer objetivo, gran parte del arnés se encontraba en mal estado ya que una parte fue desmembrado por animales, otra parte sulfatada en los bornes de los elementos eléctricos, entre otros factores.

A continuación se evidencia la elaboración de un plano preliminar sobre la instalación eléctrica que se deja en el módulo.

Figura 2-22: Diagrama eléctrico del módulo didáctico



Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

En la revisión bibliográfica del trabajo anterior, no se evidencia un plano eléctrico para este módulo. Se realizó una modificación en la parte eléctrica de tal modo que cuando se acciona el sistema de frenado y este logra su máxima acción, el motor “desenclava” de tal forma que deje de suministrar energía y este realice un paro. Así mismo se recupera el botón de paro de emergencia el cual no estaba disponible en el módulo actual.

Los cables del arnés fueron identificados y señalizados como determinar la norma para futuros mantenimientos del mismo. Se habilitaron algunos indicadores que no estaban en funcionamiento y se reacondicionó un sistema de protección ante aumentos de corriente en el sistema.

Figura 2-23: Habilitación de sistemas de accionamiento e indicadores



Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

Las protecciones de seguridad ante sistemas móviles, en este caso las ruedas, el sistema de transmisión y eje, fueron recuperadas de igual manera. Estas protecciones son necesarias para la manipulación del módulo ya que ante todo, se debe salvaguardar la seguridad de los operarios y así lo establece la norma colombiana en la resolución 2400 de 1979. A continuación se evidencia en la siguiente figura, dicha recuperación.

Figura 2-24: Habilitación de sistemas de accionamiento e indicadores



Antes

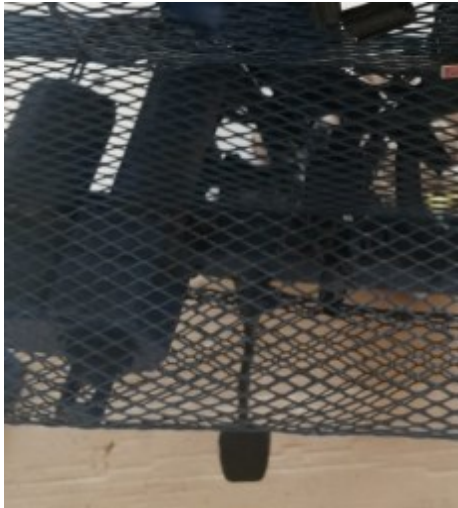


Después

Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

La pedalera y su sistema mecánico de acoplamiento fue ajustada y lubricada. Esta no presentaba elementos de consideración. Para terminar el montaje de todos los elementos, se realizó una lubricación de todas las partes móviles y una limpieza. A continuación se evidencia dicho trabajo.

Figura 2-25: Habilitación de sistemas de accionamiento e indicadores



Pedal Freno Módulo



Lubricación post-montaje

Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

La puesta en marcha del equipo permite verificar si la recuperación efectuada en el módulo, fueron las adecuadas. Estas se evidencian en la sustentación pública del trabajo mediante un video presentado a los jurados y el cual se anexará como entregables de este proyecto. Ante la situación actual del confinamiento obligatorio por la pandemia mundial ante COVID-19, fue imposible para el autor de este trabajo elaborar otras actividades relacionadas a la documentación de prácticas ya que no es posible el desplazamiento hasta el taller donde se encuentra el módulo actualmente. Este está en la ciudad de Neiva mientras el autor de este documento se encuentra en el municipio de Palermo.

Como último ítem de este objetivo, el autor relaciona los costos asumidos para la recuperación del módulo, objetivo primordial de este trabajo.

Cuadro 2-5: Relación de costos de la recuperación del módulo didáctico

N°	Sistema o Elemento	Cantidad	Valor
1	Mantenimiento Sistema Eléctrico	1	250.000
2	Mantenimiento Sistema Hidráulico	1	90.000
3	Mantenimiento Sistema Mecánico de Frenos	1	300.000
4	Pintura del Bastidor	1	200.000
5	Sistema Mecánico Banda a Cadena	1	350.000
6	Mantenimiento estructura, panel	1	150.000
7	Sistema de Guardas de Seguridad	1	100.000
TOTAL			1.440.000

Nombre de la fuente: Autor del Proyecto

A tener en cuenta, cada uno de los sistemas tiene varios elementos que fueron intervenidos y que están relacionado en el primer objetivo. Algunas actividades que involucran costos superiores, que no fueron ejecutadas por el autor y se pueden encontrar en la relación anteriormente descrita, son el mantenimiento preventivo del motor eléctrico, la mano de obra del montaje eléctrico, sistemas de protección, los materiales eléctricos reemplazados entre otras. Así mismo la limpieza y mantenimiento de discos de freno, entiéndase rectificadora de discos, entre otros elementos. La compra del repuesto del sistema diferencial fue más alto del que se esperaba puesto que era un elemento de “segunda”.

El objetivo general de este trabajo fue cumplido. Recuperar y mejorar técnicamente el módulo didáctico de sistema de frenos del laboratorio de mecánica automotriz de la Universidad Antonio Nariño Sede Neiva. Se realizó cambios de sistemas mecánicos (mecanismos), se habilitó nuevamente el sistema hidráulico.

3. Conclusiones y recomendaciones

3.1 Conclusiones

Como hallazgos del primer objetivo es necesario concluir que el mayor culpable del estado en el que se encontraban los accesorios y elementos del módulo didáctico era la falta de mantenimiento preventivo de todos los dispositivos, la falta de uso y la exposición a la intemperie de los mecanismos que conformaban el módulo. Los cables eléctricos habían sido deteriorados por la presencia de animales, los rodamientos del motor eléctrico presentaban corrosión por exposición a la humedad y el líquido hidráulico en malas condiciones por contaminación de corrosión; el bastidor del módulo tenía situaciones afectaciones en su soldadura y la pintura del mismo estaba en mal estado. Varios elementos de sujeción del sistema de frenado estaban averiados y fue necesarios cambiarlos.

Así mismo, el módulo presentaba un rezago tecnológico puesto que los elementos instalados carecían de algunos repuestos en el mercado lo que llevo a la sustitución de algunos de estos accesorios. Igualmente la pertinencia del módulo en ese momento no permitía su uso de manera apropiada en las asignaturas asociadas a esta temática.

Las asignaturas del programa de ingeniería mecánica en donde este módulo didáctico puede ser aprovechado son mecanismos y diseño mecánico I y II, ya que gran parte del sistema de transmisión de potencia son trabajados en los contenidos de estas asignaturas.

En el segundo objetivo se pudo concluir con en este trabajo que varios de los elementos iniciales no habían sido seleccionado bajo criterios de diseño mecánico apropiados. Un caso en especial fue el eje que sujeta las ruedas del módulo y que soportan los esfuerzos mecánicos del peso de las mismas y la acción de frenado del sistema. El diámetro del eje estaba por debajo de los parámetros teniendo en cuenta la potencia del motor y la presión de frenado del sistema. Se corrigió el diseño del mismo.

Otros de los factores de diseño que se tuvo en cuenta en esta recuperación y actualización tecnológica fue la necesidad de cambiar el sistema de transmisión ya que contaba con un sistema de banda polea lo que no era acorde a la potencia del motor del que hacía parte del módulo. Por ello se realizó un nuevo diseño teniendo en cuenta dicha potencia y se seleccionó un sistema de piñón – cadena que permitió mejorar la emulación del sistema de frenos de un vehículo

Se realizaron los planos respectivos del módulo teniendo en cuenta la estructura o bastidor, la disposición de los elementos en el módulo y los despieces necesarios para la descripción del montaje del mismo. Se realizó un diagrama eléctrico que evidencia la conexión de todos los elementos del módulo.

Como conclusión del tercer objetivo se puede señalar que el reacondicionamiento del módulo se hizo con base en los cálculos presentados en el segundo objetivo. Fueron habilitadas otras alternativas tecnológicas que permitirán emular otros factores del sistema de frenado que anteriormente no se tenían. Los elementos que se encontraban averiados fueron reemplazados por unos nuevos. La red hidráulica fue reemplazada, el motor y los elementos mecánicos fueron reacondicionados teniendo en cuenta las posibilidades de prácticas que se podrían desarrollar en la asignatura mecanismos, dinámica entre otras.

Los costos que llevaron a la recuperación del módulo permiten concluir que si era más factible la recuperación de este, que la compra de un equipo nuevo. El módulo queda funcional.

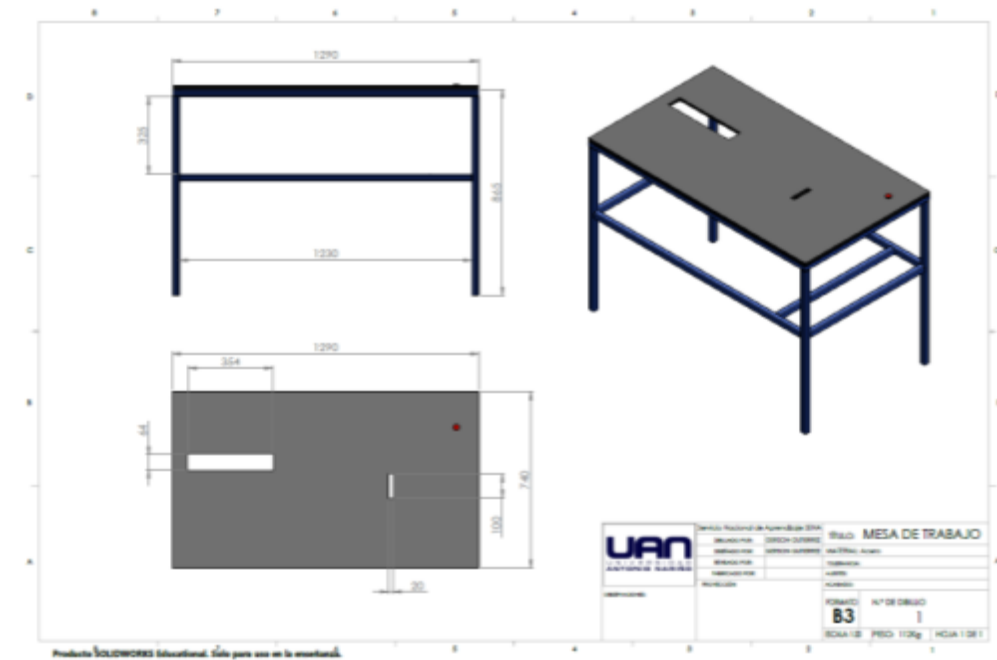
3.2 Recomendaciones

Es necesario recomendar a quienes estén interesados en seguir haciendo mejora técnica de este equipamiento, la revisión periódica de los syllabus que puedan utilizar este módulo de tal forma que mantenga vigencia en el quehacer docente y estudiantil.

La elaboración de prácticas para laboratorio de este módulo es de vital importancia para su uso periódico. Se requiere que futuros trabajos relacionados a este módulo puedan ser proyectos de grado alineados a la elaboración de guías pedagógicas con este equipo.

El mantenimiento autónomo para este y otros equipos debe ser constante ya que el sitio donde estos equipamientos se encuentran, demandan un monitoreo constante que no permita el deterioro por factores climáticos, naturales. Se requiere establecer una planificación de mantenimiento no solo de este equipo sino de todos los que se encuentran en el laboratorio de mecánica automotriz de la UAN Sede Neiva.

B. Anexo: Mesa de trabajo



4. Bibliografía

- Anonimo. (Noviembre de 2012). *Blogspot*. Obtenido de Mecanica Automotriz. Sistema de freno: <http://todomecanicaa.blogspot.com/p/sistema-de-freno.html>
- Arenas, J. M. (15 de Julio de 2011). Diseño y construcción de un banco didáctico en automatización industrial para el laboratorio de mecatrónica de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga. Bucaramanga.
- Bayona, J. M. (23 de Junio de 2010). *La venganza de Juan*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2019, de Papito lindo: www.juanma.com
- Bucaramanga, U. A. (20 de Noviembre de 2019). *Universidad Autonoma de Bucaramanga*. Obtenido de UNAB: www.unab.edu.co/servicios
- Corrado, R. (s.f.). *Escuela de Trabajo Domingo Faustino Sarmiento*. Obtenido de <http://www.escueladeltrabajo.net/frenos.pdf>
- Fraga Portilla, J. A., & Itás Angulo, P. D. (2008). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2775>
- LabVolt Sistema didáctico. (10 de Noviembre de 2015). *LabVolt*. Obtenido de www.labvolt.com/downloads/dse6081.pdf
- Montero Guallpa, W. R., & Navas Neira, J. M. (2012). *Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de Diseño y construcción de dos bancos didácticos funcionales del sistema de frenos hidráulico mixto disco-tambor: <file:///C:/Users/Administrador/Downloads/UPS-CT002376.pdf>
- Olaya Gonzalez, C. A., & Camacho Araujo, P. A. (2019). *RECUPERACIÓN DE LOS TORNOS ENCO 109-1005 A-B, DEL TALLER DE MECÁNICA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE BUGANVILES*. Neiva: UAN.
- Parra, C., & Puentes, C. (2019). *Implementación de un sistema de fallas en un simulador didáctico para motor de un mazda allegro 1600CC de combustión interna con ciclo otto para la UAN*. Neiva: UAN.
- Sánchez, J. A. (Enero de 2011). *FEDERACION DE ENSELANZA DE ANDALUCIA*. Obtenido de Temas para la educación: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docuipdf.aspx?d=7911&s=>

Silva, E. (2013). Rediseño del banco de pruebas para transformadores de distribución en la empresa Corpoelec. 139. Maracay, Venezuela.

VIGNOLA. (12 de Septiembre de 2015). *Bancos didácticos VIGNOLA*. Obtenido de http://74.115.212.250/~vignola2/index.php?option=com_content&view=article&id=1330&Itemid=126