


**UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**


Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	Fabio Camilo	
Apellido (s):	Vargas Torres	
Código:	20112375025	
E-mail:	Kmillo_13@hotmail.com	
Teléfono fijo:	463 17 24	
Celular:	320 892 28 43	

Ejecutor 2

Nombre (s):	Javier Humberto	
Apellido (s):	Díaz Giraldo	
Código:	20122375003	
E-mail:	Javierdg26@hotmail.com	
Teléfono fijo:	718 57 76	
Celular:	320 386 04 77	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	Banco de pruebas para transmisión de potencia convencionales y transmisión de variable continua CVT.	
Duración (estimada):	Seis (6) Meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Proyecto	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Optimización de procesos industriales	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Diseño de ingeniería mecánica	
Grupo de Investigación:	Ninguno	
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Diseño de máquinas, materiales de ingeniería, elementos de máquinas.	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	Ing. Víctor Ruiz	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)		

CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.1 Estado del arte.....	8
1.2 Justificación.....	14
2. Objetivos.....	15
2.1 Objetivo general.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3. MARCO TEÓRICO.....	16
4. METODOLOGÍA.....	31
5. CRONOGRAMA.....	33
6. PRESUPUESTO.....	33
7. BIBLIOGRAFÍA.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Banco de pruebas para transmisiones de elementos flexibles.....	10
Figura 2. Sistema de transmisión de cadena de rodillos.....	11
Figura 3. Distribución total del sistema de transmisión por engranajes.....	11
Figura 4. Sistema polea – correa.....	12
Figura 5. Secuencia de rodamientos montados en la estructura del banco didáctico.....	12
Figura 6. Equipo GUNT GL 210.....	13
Figura 7. Vista general y esquema de la máquina de ensayo FZG.....	13
Figura 8. Prototipo instalado en un pequeño vehículo.....	14
Figura 9. Esquema de un rodamiento de rodillos.....	17
Figura 10. Esquema de rodamientos axiales.....	17
Figura 11. Dentado de un engranaje.....	18
Figura 12. Tren de engranajes.....	19
Figura 13. Transmisión de polea.....	21
Figura 14. Perfil de una polea en V.....	22
Figura 15. Correas inadecuadas o fallos en las poleas.....	23
Figuras 16. Transmisión por cadena.....	25
Figura 17. Varias partes de una cadena de rodillos.....	26
Figura 18. Algunos estilos de cadenas de rodillos.....	26
Figura 19. Variador de velocidad.....	28

Figura 20. Torquímetro.....29

Figura 21. Motor trifásico.....30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de evaluación de diseño.....	8
Tabla 2. Cronograma de actividades.....	33
Tabla 3. Recurso material.....	33
Tabla 4. Recurso humano.....	34
Tabla 5. Presupuesto general del proyecto y fuente de financiación.....	34

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contexto Nacional

La creciente globalización de la economía y el aumento en la competencia laboral y empresarial en el país, ha obligado a las industrias y sectores productivos a contratar profesionales lo suficientemente preparados para mantenerse en un nivel adecuado para competir o bien para desarrollar proyectos investigativos con el fin de mejorar e implementar nuevos productos o servicios.

Debido a esta situación las universidades ofrecen a sus estudiantes un aprendizaje en su gran mayoría con modelos teóricos, pero estos en algunos casos se quedan cortos en cuanto a profundización o complemento experimental, sería de significativa importancia poder fortalecer el proceso de aprendizaje y así obtener profesionales con la formación adecuada para enfrentarse a los desafíos y retos del ámbito laboral.

Contexto Local

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas en su Facultad Tecnológica cuenta con diversas carreras de formación superior con gran reconocimiento a nivel nacional, en algunas de ellas el desarrollo de capacidades de investigación tecnológica en los estudiantes es necesario, como por ejemplo la Tecnología Mecánica e Ingeniería Mecánica.

Estas carreras radican sus métodos de enseñanza en clases teóricas siendo estas la principal fuente de aprendizaje que tienen los estudiantes, este aprendizaje no solo debe contar con estos métodos, si no debe ser complementado con la práctica experimental, que en algunas materias no es posible aplicar debido a la no disponibilidad de equipos o laboratorios.

No podemos olvidar que estos dos espacios académicos son factores fundamentales para llegar a ser atractivos en la industria, demostrando excelentes capacidades o para poseer los conocimientos necesarios para formar empresa.

Diagnóstico de la situación problema

En la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital y principalmente en los laboratorios de Tecnología e Ingeniería Mecánica no se cuenta con algún banco de pruebas para transmisiones de potencia, por ende no es posible verificar los datos obtenidos teóricamente ò profundizar en cuanto a estos sistemas, es importante dar un apoyo a la investigación y complemento de temas referentes en las materias de la rama de diseño y elementos de máquinas de la carrera.

Para solucionar en algún modo esta problemática se pretende diseñar un banco de pruebas para transmisiones de potencia tradicionales y transmisión de potencia variable continua (CVT), este equipo se fabricará con la ayuda de la universidad en cuanto a repuestos y elementos que a su tiempo se facilitarán y de los recursos propios para la compra de los restantes elementos.

Esto podrá generar un cambio en los programas de las materias relacionadas con el tema y dará un aprendizaje completo para así encaminar al estudiantado a obtener conocimientos necesarios para una formación integral.

Problema del proyecto de grado

Tiene mucha importancia tomar acciones para incentivar a los estudiantes a participar en investigaciones académicas con resonancia en la industria, con lo cual pueden aumentar sus experiencias y dar solución a futuros inconvenientes. Es de conocimiento en los estudiantes de Tecnología ò Ingeniería Mecánica que las máquinas en alguna parte o en algún mecanismo constan de alguna transmisión de potencia con la cual se genera movimiento rotacional controlado, dando lugar a diferentes tipos de transmisión, encontramos transmisiones muy comunes como transmisión de cadena, transmisión por poleas de tiempo y sincrónicas y otras como la transmisión de poleas de perfil en V , pero además de estas trasmisiones tradicionales existe otra no muy conocida en la industria ni en la academia, llamada transmisión variable continua (CVT), que reúne una gran innovación y ventajas en cuanto a rendimiento y eficiencia.

Se diseñará un banco de pruebas para estas transmisiones de potencia, tanto las tradicionales como la transmisión variable continua (CVT), esto para aclarar, verificar y seleccionar la mejor opción de transmisión , partiendo de algunas condiciones de operación y tendencias dadas en la maquinaria industrial, con este diseño se quiere obtener resultados que puedan ayudar a los ingenieros mecánicos a seleccionar una transmisión para algún diseño u optimización de

algún proceso, teniendo la opción de múltiples montajes, múltiples relaciones y lograr y así decidir con cual puede funcionar mejor sus proyectos.

CRITERIO DE DISEÑO	Transmisiones tradicionales	Transmisión variable continua
Dimensiones	Dependerá de las relaciones de velocidad que se deseen obtener y del espacio en el laboratorio.	Dependerá de las relaciones de velocidad que se deseen obtener y del espacio en el laboratorio.
Capacidad de potencia (HP) y velocidad (RPM)	Se emplearán motores y/o motor reductores con potencias no superiores a las utilizadas en las máquinas industriales de baja potencia.	Se emplearán motores y/o motor reductores con potencias no superiores a las utilizadas en las máquinas industriales de baja potencia.
Funcionalidad	Equipo de alta funcionalidad, fácil adquisición de materiales utilizados en la industria	Equipo de media funcionalidad, difícil adquisición de materiales y altos costos.
Utilidad	Únicamente para uso didáctico experimental de la facultad tecnológica.	Únicamente para uso didáctico experimental de la facultad tecnológica

Tabla 1. Criterios de evaluación del diseño

1.1 Estado del arte

Este estado del arte presenta la información relacionada al diseño de bancos de prueba y tipos de transmisión de potencia localizado en proyectos de grado, tesis, artículos e informes de investigación relacionada que se haya realizado en el sector académico e industrial en general.

Los bancos de prueba didácticos o industriales para transmisiones de potencia no han sido un campo investigado de manera profunda en nuestro continente y tampoco en nuestra región por lo cual la búsqueda de fabricaciones de estos ha sido complicada y dispendiosa

Se inicia con búsqueda de material de tipo científico y técnico en diferentes bibliotecas, revistas, bases de datos digitales y buscadores de internet relacionados con el tema. Se localizaron doce fuentes relacionadas con el sector de diseño de bancos de prueba en el área de transmisiones de potencia y diseños

de transmisiones variables continuas (CVT) de los cuales se seleccionaron siete fuentes que directamente involucran la tecnología. Estas fuentes fueron tomadas de sitios de internet y bases de datos físicas descritas a continuación.

Se realiza búsqueda de sitios Web que contienen bases de datos online de trabajos de grado, proyectos de investigación y libros en general clasificados en cuatro grupos: buscadores de nivel académico, buscadores de nivel industrial y especializado las bases de datos y bibliotecas de universidades y páginas de revistas indexadas y virtuales de carácter científico y técnico. En cada uno de estos se realiza una búsqueda de palabras exactas referentes a dos ítems: Banco de pruebas para transmisiones de potencia y transmisiones de potencia variable continua (CVT).

Entre los buscadores ingresamos al buscador Google académico que por medio del link de búsqueda avanzada y los ítems anteriormente mencionados se hallan listados de artículos y páginas con estas características que se mencionarán más adelante.

En cuanto a búsqueda académicas e ingreso en la búsqueda de información en páginas que contienen base de datos de tesis y artículos de universidades se hallaron: catalogo en línea de la biblioteca Luis Ángel Arango, SINAB Sistema Nacional de Bibliotecas de la Universidad Nacional de Colombia, Catálogo Público de la Biblioteca virtual de la Universidad de los Andes, Biblioteca en línea de la Universidad de Antioquia, Biblioteca digital EAFIT, repositorio institucional de la Universidad de la Salle.

Por otra parte se hallaron páginas de ubicación de revistas electrónicas y artículos en línea, entre estos se halla: El portal de la Revista Ingeniería e Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, Portal de revistas en línea Dialnet, Tesis electrónicas de la Universidad de Chile cybertesis.net, Universia, Revistas Facultad de ingeniería Universidad de Antioquia. De modo físico se cuenta con el listado de tesis de tecnología e ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Las doce fuentes fueron encontradas con el buscador de Google académico y están relacionadas con el diseño de bancos de prueba, sistemas de transmisiones de potencia, tipos de transmisiones de potencia, transmisión de potencia variable continua (CVT), materiales, procesos, características y generalidades de banco de pruebas para transmisiones de potencia. De estas fuentes, ocho son tesis de grado de ingeniería, cuatro nacionales provenientes de la Universidad de los Andes en Bogotá en la cual se diseña y construye una transmisión de variable continua, la segunda de la Universidad Pontificia

Bolivariana en Bucaramanga, donde se fabrica un banco de pruebas de sistemas de transmisión de potencia, en tercer lugar está el diseño de un banco didáctico de pruebas de mecanismos de la Universidad Nacional de Colombia en Medellín y la Universidad Industrial de Santander con un banco de pruebas para transmisiones de elementos flexibles en cuarto lugar, el restante de las tesis de Ingeniería son extranjeras, de México y España, también se encontró una tesis de maestría de la Universidad Autónoma de Nueva León, un estudio investigativo sobre CVT, un artículo de la revista técnica de investigación Dialnet del año 2012 y un banco didáctico para trasmisiones de potencia como recurso para el instructor de mantenimiento industrial del Sena en Bogotá.

De allí se seleccionan siete fuentes consideradas como apropiadas para el tema, debido a que están relacionadas directamente con el diseño de bancos de pruebas para transmisión de potencia y el diseño de una transmisión variable continua (CVT).

La primera fuente seleccionada para este estado del arte proviene de la Universidad Industrial de Santander en la cual los estudiantes Jonier Gómez Orduz y Henry Ochoa Álvarez (2004), diseñaron un banco de pruebas para transmisión de elementos flexibles con el cual analizan los diferentes tipos de transmisiones: Transmisiones de banda plana, transmisiones de banda en V, transmisiones de cadena, transmisiones de cable, y transmisiones de ejes flexibles.

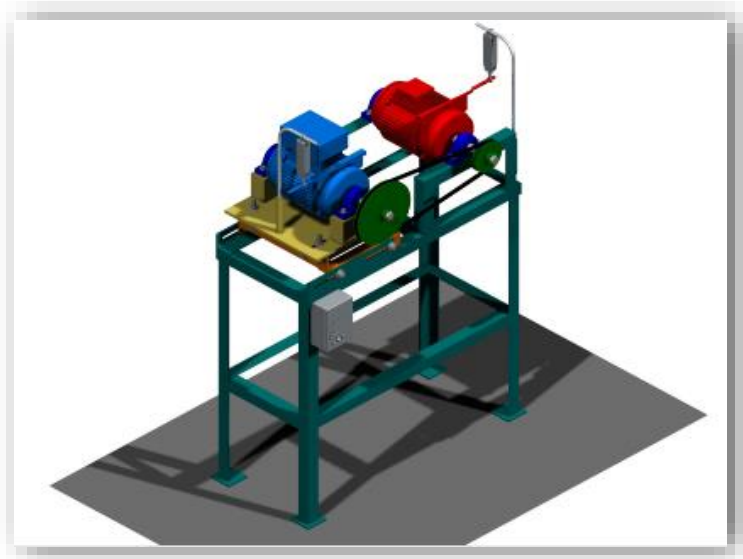


Figura 1. Banco de prueba para transmisiones de elementos flexibles
Fuente: <http://repository.uis.edu.co>

Un banco de pruebas de sistemas de transmisiones de potencia fue diseñado y fabricado por Diego Fernando Carvajal Ávila y Melvin Armando Rojas Galvis (2010), estudiantes de la Universidad Pontificia Bolivariana, este estudio permite ilustrar el comportamiento y desempeño de cada uno de los sistemas de transmisión de potencia en cuanto a pérdida de torque cuando cada uno de los sistemas es sometido a velocidades de giro variables, los sistemas analizados son: engranajes rectos, bandas planas, bandas trapezoidales y cadena de rodillos.

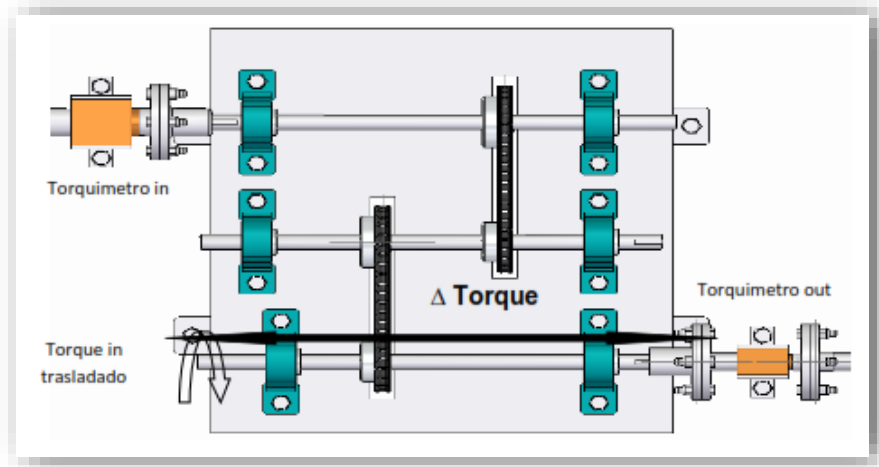


Figura 2. Sistema de transmisión por cadena de rodillos.

Fuente: http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1095/1/digital_19134.pdf

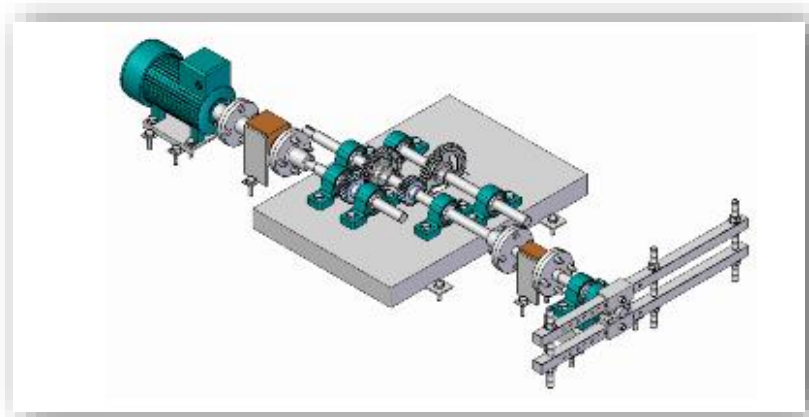


Figura 3. Distribución total del sistema de transmisión por engranajes.

Fuente http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1095/1/digital_19134.pdf

En la Universidad Nacional de Colombia – Medellín se desarrolló el diseño de un banco didáctico de pruebas en mecanismos diseñado y fabricado por Mauricio Alberto Roque Morales (2009), donde su objetivo fue que el usuario entendiera el

funcionamiento de un sistema de mecanismos bajo diferentes condiciones de operación que se podían simular en el mismo.

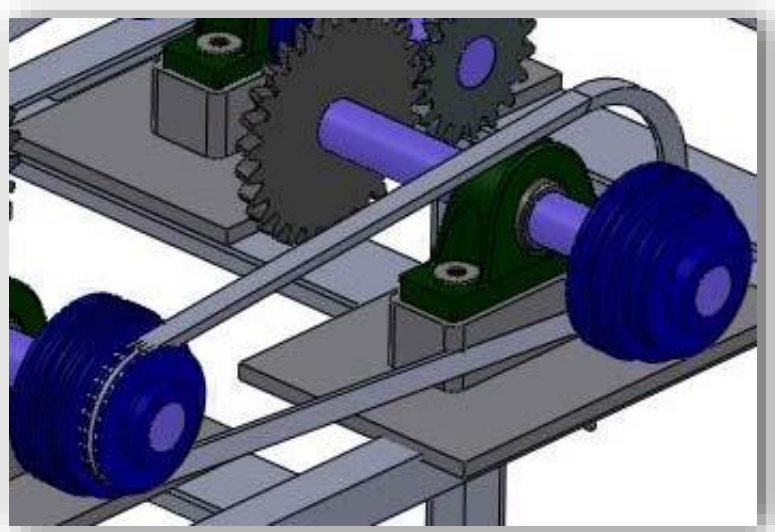


Figura 4. Sistema polea – correa.

Fuente http://www.bdigital.unal.edu.co/848/1/98667332_2009.pdf

El banco didáctico para transmisiones de potencia construido por estudiantes del SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), Armando Salgado y Santiago Rodríguez (2007) se llevó a cabo para el apoyo práctico del instructor de mantenimiento industrial, con él se pudo ejecutar procedimientos para montaje y desmontaje de elementos de máquinas, realizar procesos de análisis y cálculos de sistemas de transmisión de potencia y diagnosticar fallas y avería mecánicas.

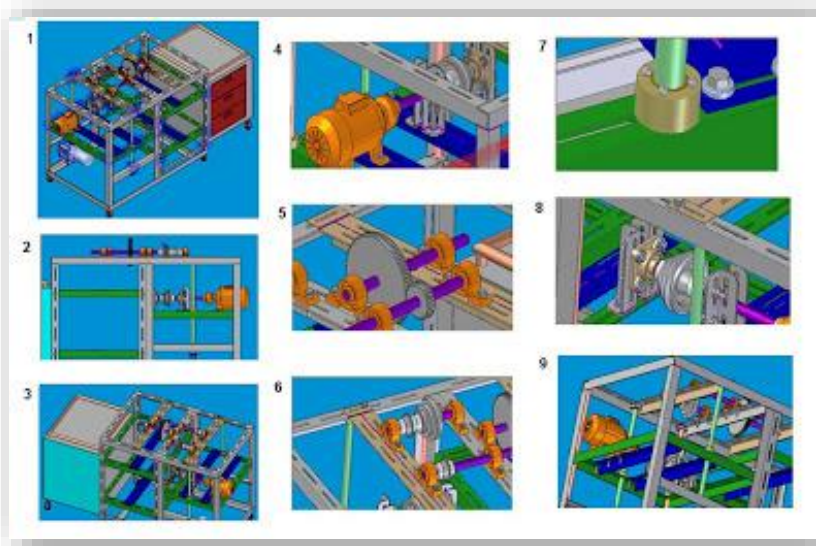


Figura 5. Secuencia de rodamientos montados en la estructura del banco didáctico.

Fuente: <http://banco-didactico-cmm.blogspot.com/>

Para este estado del arte también se encontró y tomó como fuente de recolección de información en estudios anteriores sobre este tema el banco de pruebas para engranajes, el cual se diseñó basándose en un equipo de medición del grado de eficiencia mecánica de transmisiones de engranes mediante comparación de la potencia mecánica impulsora y la impulsada, este diseño fue desarrollado por Raúl Ernesto Barba García con la ayuda de Cesar Arturo Rebollar Lucas (2008), estudiantes de la Universidad de Guadalajara-México.

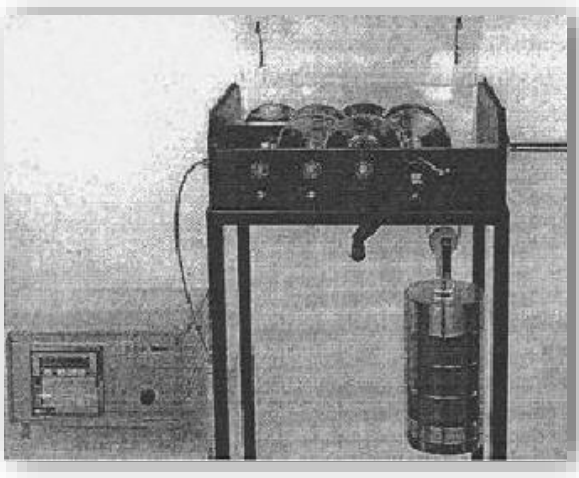


Figura 6. Equipo G.U.N.T. GL210

Fuente <http://expodime.cucei.udg.mx/marzo2008/memorias/BPengranes.pdf>

El diseño realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de las villas y la Universidad Veracruzana Sede Xalapa México, llevado a cabo por estudiantes de ingeniería mecánica Guillermo Abreu Ruano y Jorge L. Moya Rodríguez (2008), con este equipo se implementó la tesis de máquinas y equipos para el ensayo de transmisiones por engranajes.

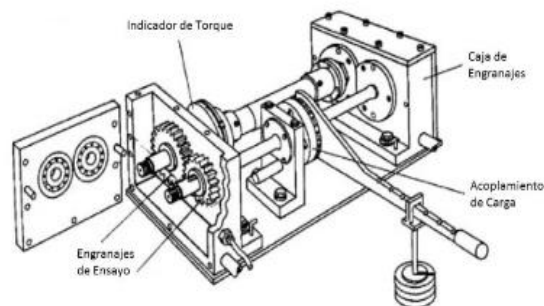
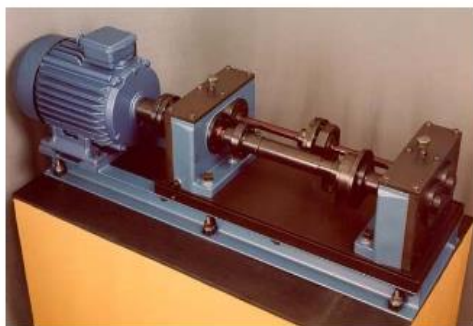


Figura 7. Vista general y esquema de la máquina de ensayo FZG

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/maquinas-y-equipos-ensayo-transmisiones-engranajes/maquinas-y-equipos-ensayo-transmisiones-engranajes.pdf>

La transmisión variable continua (CVT), es una transmisión desconocida en el sector industrial y académico, pero con estudios realizados por diferentes estudiantes en diferentes planteles de educación superior y laboratorios tecnológicos se ha podido esclarecer y verificar algunas ventajas que estas transmisiones tienen, Iñigo Guisasola (2006) se enfocó en el estudio y nuevo diseño de una transmisión variable continua (CVT), con el cual tiene como objetivo abrir una línea de investigación en el terreno de las CVT en el departamento de Automoción de la Escuela Superior de ingenieros de la Universidad de Navarra de San Sebastián.



Figura 8. Prototipo instalado en un pequeño vehículo.

Fuente: http://www.tecnun.es/automocion/proyectos/Transmision_continua/IñigoProyectoCVT.pdf

1.2 Justificación

Este proyecto de grado está enfocado a fortalecer los métodos de enseñanza en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en la Facultad Tecnológica y principalmente en las materias afines con elementos de máquinas, diseño de máquinas de tecnología e ingeniería mecánica.

Para destacar la importancia e interés que tiene llevar a cabo este proyecto de grado es necesario plantear los argumentos que soportan la ejecución del mismo, primero se observa la necesidad de elaborar un banco de pruebas que brindará un complemento en el aprendizaje tanto teórico como experimental, con el cual los futuros profesionales pueden obtener una formación práctica y completa de los diferentes tipos de transmisiones, sus ventajas y posterior selección, basándonos en la comparación y verificación experimental de los modelos teóricos expuestos en las materias encargadas de esta rama en la carrera.

Puesto en escena el desarrollo del estado del arte se encuentra diferentes métodos y proyectos trabajados en el ámbito del sector de diseño, referentes a bancos de prueba de transmisiones de potencia, tanto convencionales, como innovadores, este último la transmisión variable continua (CVT). De las diferentes opciones encontradas y ya referenciadas anteriormente que abordan el tema de este proyecto de grado se tomaron las principales técnicas investigativas desarrolladas por cada autor para definir así la mejor opción de diseño.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Diseñar y fabricar un banco de pruebas para transmisiones de potencia convencionales y de transmisión variable continua (CVT) para los laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en su Facultad Tecnológica.

2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar un análisis de necesidades para establecer requerimientos de diseño del banco
- Plantear alternativas de solución viables al problema de diseño establecido
- Realizar el diseño detallado de la solución escogida para cumplir con los requerimientos
- Construir el banco de pruebas de acuerdo con las condiciones del diseño
- Realizar la validación y puesta a punto de la operación del banco
- Desarrollar una guía de prácticas para utilizar el banco de pruebas
- Desarrollar un manual de mantenimiento preventivo y correctivo para el banco de pruebas.

3. MARCO TEÓRICO

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Los sistemas de transmisión tienen como objetivo llevar, a los diferentes elementos de una máquina la potencia y el movimiento producidos por un elemento motriz (motor) de manera que la máquina pueda funcionar y cumplir la finalidad para la que fue construida.

La transmisión de la fuerza y el movimiento producido por un motor se realiza mediante cadenas cinemáticas que son sistemas de elementos mecánicos convenientemente conectados para transmitir la fuerza y el movimiento.

Los elementos mecánicos más empleados para transmitir la fuerza y el movimiento a través de cadenas cinemáticas son: las transmisiones por correa, la transmisión por cadena y los engranajes, ya que normalmente el movimiento que se transmite es circular. Todos estos elementos mecánicos pueden ir montados sobre los llamados ejes de transmisión o sobre árboles de transmisión.

Los ejes de transmisión son piezas cilíndricas, generalmente de corta longitud, que sirven de soporte para las poleas, engranajes, piñones y otros elementos que se usan para este propósito.

Los árboles de transmisión son piezas cilíndricas más o menos largas que trabajan a torsión y flexión, son siempre giratorios y transmiten potencia y movimiento. En la práctica se utiliza muchas veces la expresión ejes de transmisión para designar tanto a los árboles de transmisión como a los ejes de transmisión propiamente dichos. En las cadenas cinemáticas se pueden encontrar también otros elementos o dispositivos de transmisión, como acoples y soportes.

RODAMIENTOS

Los rodamientos son soportes formados por dos aros o anillos concéntricos, entre los que se intercalan bolas o rodillos; en la figura 9 se puede apreciar un ejemplo de rodamiento como lo es el de rodillos.

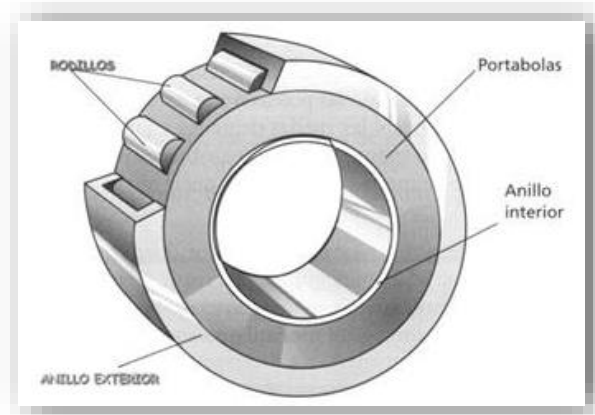


Figura 9. Esquema de un rodamiento de rodillos.
 Fuente: <http://jmdiezm.iespana.es>. Noviembre de 2009.

El anillo interior va ajustado en el eje o árbol de transmisión; y el anillo exterior, en el elemento de soporte. Con este dispositivo se elimina el rozamiento por fricción y convierte en un movimiento rodadura ya que al girar el árbol o eje, éste arrastra el anillo interior haciéndole rodar sobre las bolas o los rodillos situados entre los dos anillos. De esta manera se reducen las pérdidas de velocidad provocadas por el rozamiento.



Figura 10. Esquema de rodamientos axiales.
 Fuente: <http://jmdiezm.iespana.es>. Noviembre de 2009.

En la figura 10 se observa los rodamientos axiales en donde las bolas y los rodillos no deben tocarse entre sí, ya que si lo hiciese aumentaría el rozamiento. Para evitar que entren en contacto se separan mediante una jaula metálica llamada porta bolas o porta rodillos. Cuando los rodillos son muy finos reciben el nombre de agujas (rodamientos de agujas).

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA POR ENGRANAJES

Sistema mecánico basado en ruedas dentadas que sirve para transmitir el movimiento de rotación de un eje a otro, invirtiendo eventualmente sentido o modificando su velocidad angular; en la figura 3 se ilustra el perfil de un engranaje recto utilizado para la transmisión de movimiento. Esos mismos efectos podrían obtenerse sin engranajes donde los árboles motor o conductor y receptor conducido son dos cilindros lisos que están en contacto. Al girar en determinado sentido, el árbol motor transmite al árbol receptor un movimiento de sentido contrario. Por otra parte, la velocidad angular del segundo depende de la relación existente entre el diámetro de ambos. Si éste es igual, los dos darán el mismo número de vueltas por unidad de tiempo; pero si el cilindro receptor es mayor o menor, su velocidad será respectivamente inferior o superior a la del cilindro motor.

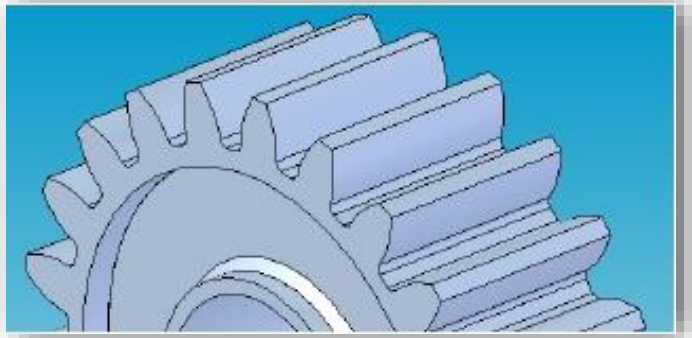


Figura 11. Dentado de un engranaje

Fuente: Elaborado por Melvin Rojas y Diego Carvajal Octubre de 2009.

Tren de engranajes.

Con engranajes también se pueden conseguir disminuciones o aumentos significativos de la velocidad de giro de los ejes acoplando un tren de engranajes.

En la figura 12 puede verse que las velocidades de giro de los ejes (N1, N2, N3 y N4) se van reduciendo a medida que se engrana una rueda de menor número de dientes a una de mayor número. Al igual que en los trenes de poleas, las ruedas B que giran solidarias entre sí (conectadas al mismo eje), y lo mismo sucede con D y E.

En este caso la relación de transmisión se calcula multiplicando entre sí las diferentes relaciones que la forman:

$$RT = (ZB / ZA) \times (ZD / ZC) \times (ZF / ZE)$$

RT: Relación de transmisión

Z: Número de dientes

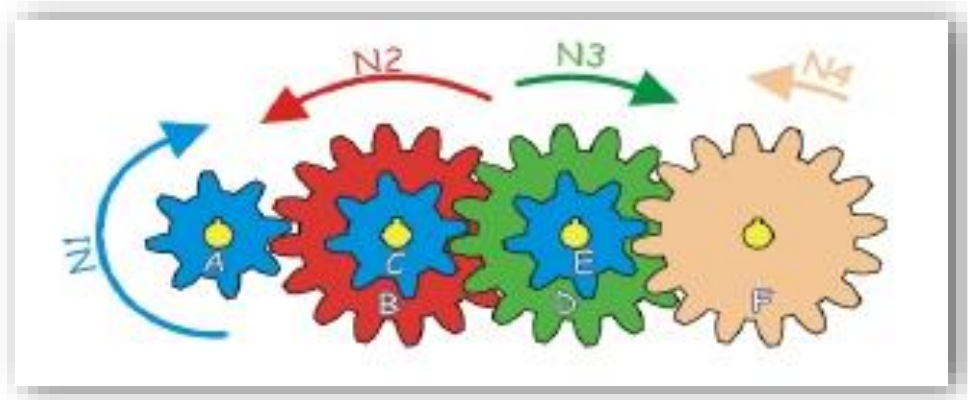


Figura 12. Tren de engranajes.

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3523358/tx-mecanismos-para-transmision-de-movimiento>. Noviembre de 2009.

Ventajas y desventajas

Las principales ventajas son mantener la relación de transmisión constante, incluso transmitiendo grandes potencias entre los ejes (casos automóviles, camiones, grúas, etc.), lo que se traduce en mayor eficiencia mecánica (mejor rendimiento).

Además permite conectar ejes que se cruzan (mediante tornillo sinfín), o que se cortan (mediante engranes cónicos) y su funcionamiento puede ser muy silencioso

Los engranajes proporcionan a las máquinas una graduación utilizable de relaciones de velocidad.

Los engranes permiten grandes transmisiones de potencia desde el eje de una fuente de energía hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo con pocas pérdidas de energía.

Los principales inconvenientes son su alto costo y poca flexibilidad (en caso de que el eje conducido deje de girar por cualquier causa, el conductor también lo hará, lo que puede producir averías en el mecanismo motor o la ruptura de los dientes de los engranajes). Otro inconveniente importante es que necesita lubricación (engrase) adecuada para evitar el desgaste prematuro de los dientes y reducir el ruido del funcionamiento.

Los engranes tienen como desventaja que no pueden transmitir potencia entre grandes distancias entre centros para estos casos se utiliza poleas o cadenas.

Los engranes tienen un costo elevado comparado con los otros tipos de transmisión por cadenas y poleas.

Materiales para engranajes

Los engranajes se hacen de una gran variedad de materiales, por ejemplo, de hierro gris y de hierro fundido aleado; de acero fundido, laminado y forjado; de latón; de bronce; y de tela impregnada. El hierro fundido tiene buenas propiedades de desgaste pero es débil en flexión, lo que necesita del uso de dientes relativamente grandes. Los aceros al bajo carbono no endurecido y de fácil maquinización pueden usarse para engranajes pero son adecuados solo en aplicaciones que requieren intensidad moderada y resistencia al impacto.

Una resistencia superior y una dureza superficial pueden solo por medio de tratamiento térmico, los procesos principales de producción para tratamiento térmico son los siguientes:

- Endurecimiento total.
- Carbo cementación.
- Nitruración.
- Inducción y temple por flameo.

Deterioro y fallo de los engranajes

Los engranajes están expuestos a sufrir deterioros si no se tiene un mantenimiento preventivo de los mismos y si no se generan sobrecargas en los sistemas para los cuales han sido construidos.

Los principales deterioros o fallas que surgen en los engranajes están relacionados con problemas existentes en los dientes, en el eje, o una combinación de ambos. Las fallas relacionadas con los dientes pueden tener su origen en sobrecargas, desgaste y grietas, y las fallas relacionadas con el eje pueden deberse a la desalineación del mismo produciendo vibraciones y ruidos.

Actualmente el uso de recursos predictivos para el estudio de fallas en máquinas está ganando gran terreno, especialmente en la utilización de parámetros de control de condición mecánica como señales de vibración, acústicas, eléctricas además de algunos ensayos no destructivos.

El deterioro prematuro de los engranajes puede deberse:

Diseño inadecuado, fabricación deficiente, tratamiento térmico deficiente, montaje inadecuado, ambiente agresivo, operación inadecuada.

Rendimiento de los engranajes.

La pérdida por cada par de engranajes rectos, helicoidales o cónicos es un tren ordinario, depende de la acción de cada diente sobre su diente compañero, que es una combinación de rodadura y deslizamiento. Para engranes precisos y bien lubricados la pérdida de potencia va desde 0,5% a 2% dando con esto un rendimiento aproximado del 98%.

SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA POR POLEAS

Los sistemas de transmisión por correa se emplean para transmitir la potencia y el movimiento, proporcionados por un elemento motor, entre dos ejes que se encuentran alejados uno del otro. Para ello se monta sobre cada uno de los ejes una polea y se enlazan ambas mediante una correa cerrada como se ilustra en la figura 13.

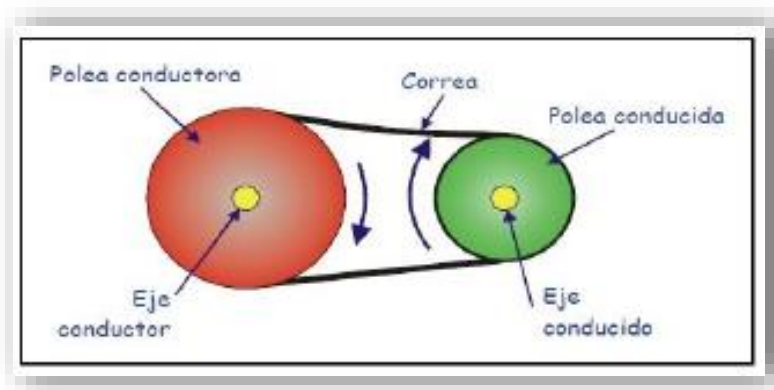


Figura 13. Transmisión de poleas

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/3523358/tx-mecanismos-para-transmision-de-movimiento>.

Noviembre de 2009.

Existen diferentes tipos de correas para llevar acabo la transmisión del movimiento. Estas correas se clasifican según la forma de su sección transversal, y pueden ser planas, redondas y trapezoidales como se observa en la figura 14.

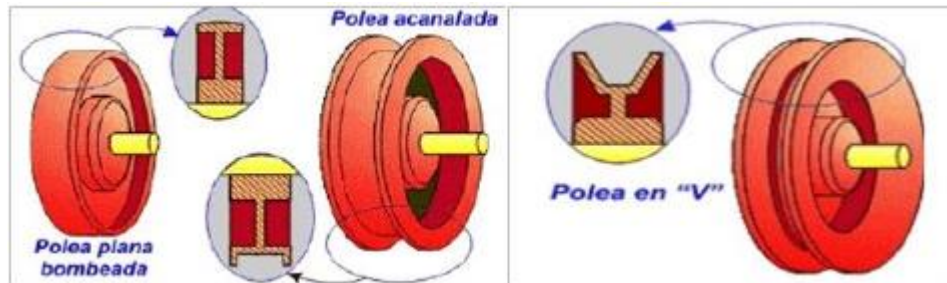


Figura 14. Perfil de una polea en V.

Tipos de poleas

Se dividen en dos grupos según su posición, que pueden ser fijas o móviles.

Polea fija: Este tipo de máquina cuelga de un punto fijo y aunque no disminuye la fuerza ejercida, que es igual a la resistencia, facilita muchos trabajos. La polea fija simplemente permite una mejor posición para tirar de la cuerda, ya que cambia la dirección y el sentido de las fuerzas. Por ejemplo, en un pozo de consigue subir un cubo lleno de agua de la forma más cómoda para nuestra anatomía, tirando hacia abajo en lugar de alzándolo.

Polea móvil: En esta modalidad, la polea está unida al objeto y puede moverse verticalmente a lo largo de la cuerda. De este modo, la fuerza es mucho mayor, ya que la carga es soportada por ambos segmentos de cuerda (cuantas más poleas móviles tenga, menos esfuerzo se necesita para levantar un peso o varios). La fuerza que se emplea para alzar una carga es la mitad de la resistencia que ofrece la misma, aunque para ello se tenga que halar de la cuerda el doble de la distancia.

Características de las bandas V

La mayor utilización de las correas trapeziales se debe a que presentan considerables ventajas sobre los otros tipos de correas.

Las correas trapezoidales, al tener su sección en forma de cuña tienden a clavarse en la acanalura de la periferia de la polea en la que van colocadas, evitando que la

correa se salga de dicha acanaladura. Además ejercen mayor presión sobre la polea, y así se evitan los resbalamientos de la correa en la polea.

Con las correas trapeciales se consigue una transmisión de movimiento más silenciosa y se reduce el riesgo de accidentes por rotura de correa, pues se fabrican de una sola pieza sin juntas ni uniones.

La transmisión por correa se emplea principalmente para transmitir movimiento entre ejes paralelos. Aunque también es posible transmitir movimiento entre ejes que no están paralelos, se necesitarían disposiciones complicadas de poleas y correas para conseguir llevarlo a cabo. Además, este tipo de disposiciones suele conllevar pérdidas de velocidad y la posibilidad de que las correas se salgan de las poleas.

El principal inconveniente del sistema de transmisión por correas es que siempre existen pérdidas de velocidad por el resbalamiento de las correas, sobre todo en el momento de la puesta en marcha o del arranque de la máquina.

Instalación de correas.

La durabilidad de la transmisión por correa depende en gran medida de la calidad del procedimiento de instalación de la misma. En efecto, una instalación y ubicación inadecuada puede provocar un funcionamiento deficiente caracterizado por un resbalamiento de la correa, un deterioro rápido de correa y polea, tensiones excesivas (e inútiles) en los sistemas de apoyo de los ejes, etc. En la figura 15 se puede observar la correcta ubicación de una banda trapecoidal reduciendo desgaste, posibles resbalamientos y un mal desempeño en la transmisión de movimiento.



Figura 15. Correas inadecuadas o fallos en las poleas.

Fuente: <http://www.automotrizmiga.com.mx>. Noviembre de 2009.

Fallo en transmisiones por correa.

Los fallos más comunes en transmisiones por correa son los que se exponen a continuación:

Rotura de la correa. Es el fallo más drástico y supone la interrupción de la transmisión de potencia. Las posibles causas que pueden estar relacionadas con el fallo de la correa por rotura suelen ser insuficiente dimensionamiento de la misma y otra también es contar con sobrecargas que impiden el eficiente funcionamiento de la correa.

Desgaste excesivo. El desgaste es un tipo de fallo natural de los sistemas de transmisión por correas puesto que estas trabajan a fricción y está relacionado con la vida útil de las mismas; por el contrario un desgaste excesivo es algo anormal y puede estar relacionado por las siguientes razones en el caso de correas trapezoidales

- Desgaste en la cara exterior de la correa.
- Desgaste las esquinas de la sección de la correa.
- Desgaste en las paredes laterales de la correa.
- Desgaste en la cara interna de la correa.
- Grietas en la cara interior de la correa.
- Quemado o endurecimiento de las superficies de la correa.
- Endurecimiento o agarrotamiento de la correa.
- Superficie de la correa abultada.

Ruido en la transmisión. Generalmente el hecho de la existencia de ruido es un síntoma de que algo anda en mal funcionamiento, por lo general es ocasionado por el resbalamiento de la correa, holgura excesiva de la correa, mal alineamiento de las poleas, incluso el uso de una correa inapropiada suelen ocasionar este tipo de problema.

Retorcimiento de las correas respecto de las poleas. Es un problema muy común el cual puede ser ocasionado por diferentes causas. Unas de las principales razones son la mala alineación de las poleas, presencia de materiales extraños en el canal de las poleas y cuando se utilizan poleas muy desgastadas o correas inadecuadas para el proceso.

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA POR CADENAS

Este tipo de transmisiones trabajan de acuerdo con el principio de engranaje. En las transmisiones por cadena que tienen el esquema de transmisión flexible abierta, en lugar de las poleas lo ocupan ruedas dentadas, a las que se llama piñones o catarinas y en vez de la banda flexible se tiene una cadena. En el caso de la transmisión por cadena, el movimiento y la fuerza se transmiten a cierta distancia de los piñones y se conserva el sentido de giro, proporcionando así un método accesible y eficiente para transmitir potencia entre los ejes paralelos como se ve en la figura 16.

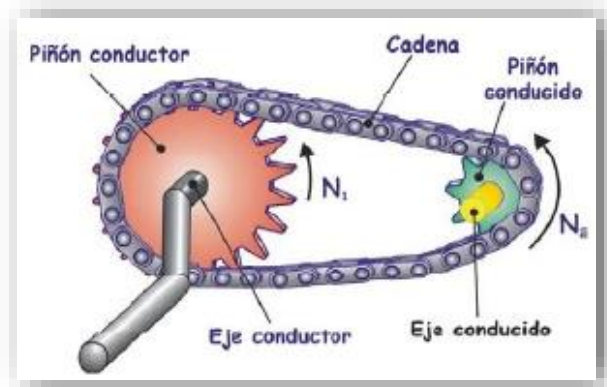


Figura 16. Transmisión por cadena

Una cadena es un componente confiable de una máquina, que transmite energía por medio de fuerzas extensibles, y se utiliza sobre todo para la transmisión y transporte de energía en los sistemas mecánicos. La función y las aplicaciones de la cadena son similares a la de una correa.

La cadena de rodillo de acero está formada por una serie de piezas de revolución que actúan como cojinetes, estando situados cada conjunto a una distancia precisa del otro mediante otras piezas planas llamadas placas. El conjunto cojinete está formado por un pasador y un casquillo sobre el que gira el rodillo de la cadena, ver figura 17. El pasador y el casquillo son cementados para permitir una articulación bajo presiones elevadas, y para soportar las presiones generadas por la carga y la acción de engranaje impartida a través de los rodillos de cadenas, generalmente las placas exteriores e interiores se someten a un proceso de templado para obtener una mayor tenacidad.

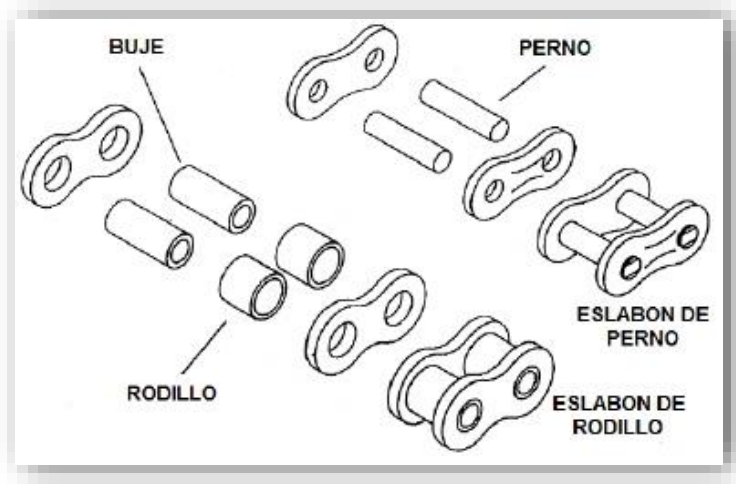


Figura 17. Varias partes de una cadena de rodillos.

Cuando se transmite potencia entre ejes giratorios la cadena entra en ruedas dentadas correspondientes llamadas catarinas.

Las cadenas no resultan afectadas por temperaturas relativamente altas ni por la presencia de aceite o grasa. Sin embargo las cadenas son más ruidosas que las bandas.

El tipo de cadena más común es la cadena de rodillos, en la que el rodillo sobre cada perno permite tener una fricción excepcionalmente baja entre la cadena y las catarinas. Existen otros tipos de cadena que comprenden una gran variedad de diseño de eslabones extendidos, como se observa en la figura 16, y se usan principalmente en aplicaciones de transportadores los cuales se emplean para distintos propósitos en la industria.

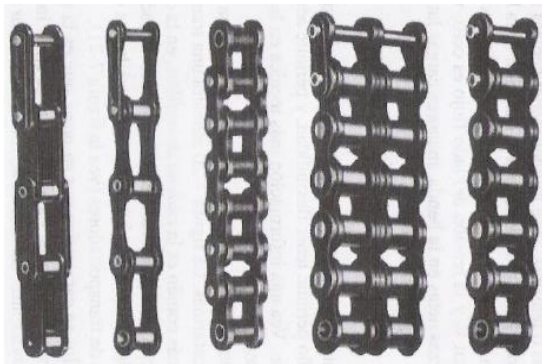


Figura 18. Algunos estilos de cadenas de rodillos

Tomado de Diseño de elementos de máquinas. Robert I Mott. 2006. Pág.284. Noviembre de 2009.

De derecha izquierda: 1. Cadena de rodillo estándar, una hilera, 2. Cadena de rodillos estándar, dos hileras (también existe de tres y cuatro hileras), 3. Cadenas de rodillo para trabajo pesado, 4. Cadena de rodillos para transporte doble paso.

Ventajas y desventajas

Las ventajas fundamentales de este tipo de transmisión son:

- Posibilidad de empleo en una amplia gama de distancia entre centros.
- Dimensiones exteriores menores que las transmisiones por correas.
- Ausencia de deslizamiento.
- Alta eficiencia.
- Pequeñas fuerzas actuando sobre los árboles, pues no necesitan tensado inicial.
- Posibilidad de transmitir el movimiento a varias ruedas.[9]

Las desventajas fundamentales de estas transmisiones son:

- Irregularidad durante el funcionamiento de la transmisión.
- Tienen una vida útil menor que la de los engranes debido al desgaste que se produce en la articulación.
- Exigen una precisión más alta en el montaje de los árboles que la de las transmisiones por correas.
- A medida que aumenta la velocidad periférica se exigen mejores condiciones de lubricación.

Materiales para las cadenas.

La selección del material y del tratamiento térmico adecuado en las cadenas, tiene una importancia decisiva para su duración, y para asegurar una suficiente capacidad de trabajo, que permita disponer de una elevada resistencia mecánica y al desgaste.

De forma general se recomienda que las bridas se ejecuten de planchas laminadas en frío, de aceros medios en carbono o aleados. Las bridas curvadas, como regla, se fabrican de aceros aleados, según la aplicación de la cadena, se someten a temple hasta lograr durezas de 40-50 HRC (Hardness Rockwell serie C).

Las piezas de los pasadores, ejes, manguitos y semicasquillos se ejecutan preferentemente de aceros para cementar y se someten a temple hasta 50-65 HRC. Los rodillos se fabrican de acero 60, con durezas entre 47-55 HRC.

Para la fabricación de las ruedas de cadenas (denominadas también estrellas) se emplea el acero para ruedas de hasta 30 dientes y por encima de esta cantidad de dientes generalmente se fabrican de fundición. Entre los aceros que pueden emplearse están los de medio contenido de carbono o aleados con temple superficial o total hasta alcanzar durezas de HRC 45 – 55, o aceros para cementar, con cementación a profundidades de 1 – 1.5mm y temple hasta HRC 55 – 60.

VARIADOR DE VELOCIDAD



Figura 19. Variador de velocidad.

Fuente: <http://www.siemens.com>. Noviembre de 2009.

Un variador de velocidad es un dispositivo electrónico usado fundamentalmente para controlar la velocidad de giro de máquinas (ver figura 19), particularmente de motores. En la industria donde habitualmente es necesario el uso de máquinas las cuales son impulsadas a través de motores eléctricos que generalmente operan a velocidades constantes, cuasi constantes o con valores que dependen de las características propias del motor, los cuales no son fáciles de modificar, por lo que es necesario la implementación de un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad, son utilizados en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en equipos de aire acondicionado, bandas transportadoras, en equipos de procesos de fabricación como tornos y fresadoras, en equipos de bombeo, etc.

Un variador puede fundamentarse en la combinación de un motor eléctrico y el controlador que es usado para regular la velocidad del mismo. La combinación de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permita

cambiar la velocidad de forma continua (sin dar un motor paso a paso) también puede ser designado como variador de velocidad.

Entre las diversas ventajas en el control del proceso proporcionadas por el empleo de variadores de velocidad destacan:

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Poder ajustar la tasa de producción.
- Lograr posicionamientos con alta precisión.
- Distintas velocidades de operación para cada fase del proceso.
- Controlar el torque que ofrece el motor.

TORQUÍMETRO.

Los torquímetros son dispositivos electrónicos empleados para la medición del torque (ver figura 12). La medición de par de torsión soportado por un eje rotatorio es de considerable interés por sí misma y una parte necesaria de las mediciones de potencia en ejes. La transmisión del par de torsión por medio de un eje rotatorio en general implica tanto una fuente de potencia como un sumidero (absorvedor o disipador de potencia), la medición del par de torsión puede ser lograda montando la fuente o el disipador en cojinetes y midiendo la fuerza de reacción.



Figura 20. Torquímetro

Fuente: <http://www.pcbloadtorque.com>. Noviembre de 2009.

MOTORES TRIFÁSICOS.



Figura 21. Motor trifásico.

Fuente: <http://www.motoresyenergia.com>. Noviembre de 2009.

Los motores trifásicos usualmente son más utilizados en la industria, ya que en el sistema trifásico se genera un campo magnético rotatorio en tres fases, además de que el sentido de la rotación del campo en un motor trifásico puede cambiarse invirtiendo dos puntas cualquiera del estator, lo cual desplaza las fases, de manera que el campo magnético gira en dirección opuesta (ver figura 21).

Tipos y características

Los motores trifásicos se usan para accionar máquinas – herramientas, bombas, elevadores, ventiladores, sopladores y muchas otras máquinas. Básicamente están contruidos de tres partes esenciales: Estator, rotor y tapas. El estator consiste en un marco o carcasa y un núcleo laminado de acero al silicio, así como un devanado formado por bobinas individuales colocadas en sus ranuras.

Básicamente son de dos tipos:

- De jaula de ardilla.
- De rotor devanado

El de jaula de ardilla es el más usado y recibe este nombre debido a que parece una jaula de ardilla de aluminio fundido. Ambos tipos de rotores contienen un núcleo laminado en contacto sobre el eje. El motor tiene tapas en ambos lados, sobre los cuales se encuentran montados los baleros sobre lo que rueda el rotor.

Estas tapas se fijan a la carcasa en ambos extremos por medio de tornillos de sujeción. Los baleros o chumaceras pueden ser de rodillos o de deslizamiento.

Aplicación

El motor eléctrico es una máquina rotatoria de movimiento infinito, que convierte energía eléctrica en energía mecánica, como consecuencia se desarrolla directamente en su aplicación trabajos mecánicos primordialmente rotatorios, sin embargo, mediante dispositivos, se puede convertir el movimiento rotatorio en movimientos bien determinados, dependiendo de su aplicación.

4. METODOLOGÍA

Fase de documentación estableciendo la necesidad del proyecto

La metodología para el diseño y fabricación del mecanismo inicia en su fase de documentación, en la cual se definirán las especificaciones del proyecto que dependen de los ya mencionados en el planteamiento del problema, para dar las pautas iniciales del diseño; luego se definen las funciones y restricciones del mecanismo y los criterios de evaluación; por otra parte se hará la recopilación del material teórico, libros, revistas, normas técnicas a aplicar y catálogos comerciales que serán necesarios en el diseño conceptual y de detalle, entre estos se encuentra la recopilación de datos de cada uno de los diseños posibles para el banco de pruebas, con el fin de definir los espacios necesarios en el laboratorio, las características operacionales del banco de pruebas y la posible ubicación del mecanismo dentro de los métodos de enseñanza de la carrera.

Fase de diseño

Diseño conceptual.

Se relaciona con la actividad de análisis de la información documental recopilada y la propuesta de varios conceptos de diseño alternativos para evaluar cada alternativa propuesta y valorar mediante los criterios de evaluación seleccionados en la fase de documentación. En esta fase se selecciona la posible solución estructural, y la forma de accionamiento de los sistemas móviles.

Diseño de detalle.

Luego del diseño conceptual se realiza las actividades de cálculo de estructura, análisis mecánico y sistema de accionamiento, en este punto se realiza el desarrollo y análisis CAE en software SolidWorks para proceder con la selección de perfiles de estructura, unión estructural, equipos, elementos de control, motores, y el desarrollo de planos de montaje y eléctrico.

Fase de fabricación.

En esta se realizará la fabricación del banco de pruebas en espacios propios, talleres prestados y es sus últimos pasos en las instalaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, la cual provee talleres para el mecanizado de las piezas de transmisión, y en algún grado el apoyo de mano de obra e insumos necesarios y descritos en los planos de fabricación y determinados a su tiempo con la coordinación del proyecto curricular.

Fase de validación y puesta a punto.

Luego de la fabricación se llevará a cabo el desarrollo de la puesta a punto y pruebas respectivas del banco, en esta fase también se corregirán los problemas encontrados en el funcionamiento del banco.

Fase de elaboración de documentos teórico- prácticos.

Realizaremos para esta fase los siguientes documentos teóricos y prácticos:

Documentos Teóricos: Básicamente este documento es el manual de operación del banco y en él se establecen los parámetros límites de funcionamiento de los sistemas involucrados, además incluirá un manual de mantenimiento preventivo y correctivo para su correcto funcionamiento.

Documentos Prácticos: Se elaborará una guía de laboratorio que pueda desarrollarse en el banco de pruebas, apoyando al docente en la profundización de sus clases teóricas.

Fase de elaboración de documentos finales.

En esta fase se realiza el documento de tesis de grado para optar a título de ingeniero mecánico, se elaborará el manual de uso y mantenimiento de la máquina, las memorias de cálculo y diagramas necesarios que soportan el diseño realizado.

5. CRONOGRAMA

Tabla No 2. Cronograma de actividades.

BANCO DE PRUEBAS PARA TRANSMISIONES DE POTENCIA CONVENCIONALES Y TRANSMISION VARIABLE CONTINUA (CVT)		DURACION EN MESES																							
FASE	ACTIVIDAD	MESES																							
		1				2				3				4				5				6			
SEMANAS		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
FASE DE DOCUMENTACION	Definición de especificaciones de diseño	■	■	■																					
	Funciones y restricciones del banco	■	■	■																					
	Recopilación de material teórico y técnico	■	■	■	■																				
FASE DE DISEÑO CONCEPTUAL	Análisis de la documentación		■	■	■																				
	Creación de propuesta de diseño			■	■	■																			
	Evaluación de propuesta de diseño				■	■	■																		
FASE DE DISEÑO EN DETALLE	Selección del principio de accionamiento					■	■	■																	
	Modelado en software Solidwoks						■	■	■	■															
	Cálculos generales estructura y componentes							■	■	■	■	■													
FASE DE FABRICACION	Cálculo principio de accionamiento								■	■	■	■													
	Fabricación de plano de montaje									■	■	■	■												
	Compra de materiales y equipos											■	■	■	■										
FASE DE PUESTA A PUNTO	Mecanizado de piezas en talleres y en la Univ.												■	■	■	■	■								
	Ensamble y armado del banco														■	■	■	■	■						
	Puesta a punto del banco																■	■	■	■	■				
FASE DE ELABORACION DE DOCUMENTOS FINALES	Prueba de funcionamiento																	■	■	■	■	■			
	Elaboración de manual de uso																			■	■	■	■	■	
	Elaboración de guía de práctica																				■	■	■	■	
	Elaboración de memorias de calculo																					■	■	■	
	Elaboracion del documento de Tesis de Grado																					■	■		

6. PRESUPUESTO

Tabla No 3. Recurso material

Generales	Detalle	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Total
Fotocopias	Fase de documentos finales	Unidad	80	\$ 50,00	\$ 4.000,00
Planos	Fase diseño detalle	Unidad	15	\$ 2.000,00	\$ 30.000,00
Impresión de planos	Fase detalle		15	\$ 2.000,00	\$ 30.000,00
Impresión de documentos	Fase de documentos finales		150	\$ 100,00	\$ 15.000,00
Suministro de oficina		Unidad	1	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
Transportes	Talleres-Universidad	Unidad	20	\$ 1.500,00	\$ 30.000,00
Gastos generales asociados al proyecto					\$ 159.000,00

Software	Detalle	Costo referencia	% Uso	Costo uso	Total
Licencia 1	Solid Works	\$ 1.000.000,00	1%	\$ 10.000,00	\$ 60.000,00

Tabla 4. Recurso humano

Descripción	Cantidad de personas	Dedicación semanal (Horas/Persona)	Valor hora (\$)	Costo Personal (\$)
Autores del proyecto	2	12	\$ 6.000,00	\$ 3.456.000,00
Director ó tutor (Interno)	1	1	\$ 30.000,00	\$ 720.000,00
Director ó tutor (Externo)	1	1	\$ 40.000,00	\$ 960.000,00
			Total	\$ 5.136.000,00

Tabla 5. Presupuesto general del proyecto y fuente de financiación

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO				
Duración estimada		Semanas		24
		Meses		6
Ítem	Cantidad	Descripción	Fuentes de financiación	Costo asociado
Recurso humano asociado	2	Autores del proyecto	Personal	\$ 3.456.000,00
	1	Director ó tutor (Interno)	Institucional	\$ 720.000,00
	1	Director ó tutor (Externo)	Empresarial	\$ 960.000,00
Total recurso humano				\$ 5.136.000,00
Otros	N/A	Software y equipo de apoyo	Institucional	\$ 60.000,00
	N/A	Gastos generales	Personal	\$ 144.000,00
	0%	Gastos imprevistos		
Total presupuestado				\$ 5.340.000,00

7. BIBLIOGRAFIA

MOTT, ROBERT L. Diseño de elementos de máquinas 4 ed. PEARSON EDUCATION, México 2006. ISBN: 970-26-0812-0.

JOSEPH EDWARD SHIGLEY LARRY D. MITCHELL, Diseño en ingeniería mecánica 4th Edition. Mc Graw Hill de México 1983. ISBN: 968-451-607-X

AGUAYO, F; CARO, A. "Ingeniería del Diseño y Desarrollo del Producto: Un enfoque desde la ingeniería concurrente (2004)

PEREZ MORENO, Romy. Análisis de mecanismos y problemas resueltos. 2 Ed 2. Editorial Alfaomega 2006

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Documentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1481-ISO 9001. Bogotá D.C

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto Y FERNANDEZ COLLADO, Carlos Y BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la investigación. 4 ed. Editorial Mc Graw Hill

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Documentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1481-ISO 9001. Bogotá D.C

GUILLERMO ABREU RUANO, JORGE L. MOYA RODRIGUEZ. Máquinas y equipos para el ensayo de transmisiones por engranaje. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. México. Universidad Central "Marta Abreu" de la Villas. JORGE VELEZ ENRIQUEZ, ALBERTO VELAZQUEZ PEREZ. Trabajo de grado

Ingeniero Mecánico – Eléctrico. México. Universidad Veracruzana – Sede Xalapa. (2008)

JONIER GOMEZ ORDUZ, HENRY OCHOA ALVAREZ. Banco de pruebas para transmisiones de elementos flexibles. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Colombia. Universidad Industrial de Santander (2004).

MAURICIO ALBERTO ROQUE MORALES. Diseño de un banco didáctico de pruebas de mecanismos. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Colombia. Universidad Nacional – Medellín (2009).

DIEGO FERNANDO CARVAJAL AVILA, MELVIN ARMANDO ROJAS GALVIS. Banco de pruebas de sistemas de transmisión de potencia. Trabajo de grado. Ingeniero Mecánico. Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana (2010).

RAUL ERNESTO BARBA, ORIZAGA MIGUEL ANGEL. Diseño de un banco de pruebas de engranajes cónicos y helicoidales. Trabajo de grado Ingeniería Mecánica – Eléctrico. Centro Universitario de ciencias exactas e ingenierías (2008).

ARMANDO SALGADO, SANTIAGO RODRÍGUEZ. Banco Didáctico para sistemas de transmisión de potencia. SENA Bogotá Colombia.(2007)

IÑIGO GUIASOLA. Estudio de una CVT. (2006).