



Diseño y construcción de un Banco Didáctico de engranajes para transmisión de potencia en la Universidad Antonio Nariño sede Neiva

Carlos Alberto Giraldo Buitrago

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Neiva, Colombia
2021

Diseño y construcción de un Banco Didáctico de engranajes para transmisión de potencia en la Universidad Antonio Nariño sede Neiva

Carlos Alberto Giraldo Buitrago

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

Ingeniero Mecánico

Director:

Ph. D. Ingeniero Karel Joel Arencibia Ávila
Ingeniero Mecánico

Línea de Investigación:

Diseño Mecánico de Elementos de máquinas.

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva, Colombia

2021

(Dedicatoria o lema)

A mi familia, pilar fundamental de mis principios, convicciones y del proceso de formación integral a nivel personal y profesional como resultado del apoyo incondicional.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme desarrollar este proyecto de investigación a pesar de los diferentes obstáculos presentados, por darme salud en estos tiempos difíciles; a la Universidad Antonio Nariño y a su valioso equipo de docentes del más alto nivel; nuevamente a mi tutor que con dedicación, competencia y experticia me oriento y me asesoro técnica y pedagógicamente.

Resumen

Los estudiantes del programa de ingeniería Mecánica de la Universidad Antonio Nariño, sede Neiva, no cuentan con un banco que les permita realizar laboratorios para prácticas de sistemas de engranaje combinados (polea-correa-piñones) ya que los disponibles actualmente solo permiten el cálculo de engranajes rectos y helicoidales, lo cual no permite complementar el pensum de la materia de diseño mecánico I y II. De acuerdo con lo anterior, el trabajo de investigación planteado tiene como objetivo diseñar y construir un Banco Didáctico de engranajes para transmisión de potencia en la Universidad Antonio Nariño sede Neiva. La metodología diseñada para lograr este objetivo incluye 4 fases, las cuales inician con la Identificación de los diferentes tipos de transmisiones de potencia y selección de los que harán parte del banco didáctico; el prototipo del banco didáctico, así como cálculos y selección de materiales para su construcción y la quinta fase que implica la elaboración de guías de laboratorio y manual de operación del banco para los estudiantes del programa de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño sede Neiva; Como resultado alcanzado se construyó un banco didáctico de engranajes para transmisión de potencia con un motor de 1 HP, el cual trabaja a una velocidad angular de 1800 rpm, con tres trenes de transmisión; el banco desarrollado permite a los estudiantes fortalecer sus competencias en el cálculo de sistemas de transmisión de potencia como torques, velocidad, relación de tren de potencia.

Palabras clave: Engranajes, transmisión de potencia, ejes, banco didáctico

Abstract

The students of the Mechanical Engineering program at the Universidad Antonio Nariño, Neiva, do not have a bench that allows them to perform laboratories for combined gear systems practices (pulley-belt-pinions) since those currently available only allow the calculation of spur and helical gears, which does not allow complementing the curriculum of the subject of mechanical design I and II. According to the above, the research work proposed aims to design and build a didactic bench of gears for power transmission at the Universidad Antonio Nariño, Neiva. The methodology designed to achieve this objective includes 4 phases, which begin with the identification of the different types of power transmissions and selection of those that will be part of the didactic bench; the prototype of the didactic bench, as well as calculations and selection of materials for its construction and the fifth phase that implies the elaboration of laboratory guides and operation manual of the bench for the students of the mechanical engineering program of the Universidad Antonio Nariño, Neiva; As a result, a didactic power transmission gear bench was built with a 1 HP motor, which works at an angular speed of 1800 rpm, with three transmission trains; the developed bench allows students to strengthen their skills in the calculation of power transmission systems such as torques, speed, power train ratio.

Keywords: Gears, power transmission, shafts, didactic bench

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XIV
Lista de Símbolos y abreviaturas	XV
Introducción	1
Capítulo 1: Marco referencial	5
1.1 Estado del arte	5
1.2 Bancos didácticos actuales en la UAN	9
1.3 Marco conceptual	11
1.3.1 Sistemas de transmisión de potencia	11
1.3.2 Rodamientos	12
1.3.3 Sistemas de transmisión de potencia por engranajes	13
1.3.4 Sistema de transmisión de potencia por poleas	13
1.3.5 Sistemas de transmisión de potencia por cadenas	15
1.3.6 Ejes	15
1.4 Ventajas y desventajas de los sistemas de engranaje	17
Capítulo 2: Diseño prototipo	19
2.1. Requerimientos técnicos	19
2.2. Alternativas de banco	21
2.2.1. Alternativa eléctrica	21
2.2.2. Alternativa neumática	22
2.2.3. Alternativa hidráulica	22
2.2.4. Características de las alternativas	23
2.3. Definición del concepto	25
Capítulo 3: Cálculos y dimensionamiento	27
3.1. Cálculo de transmisión de potencia por correa trapezoidal y poleas	27
3.2. Cálculo de transmisión de potencia por cadenas	32
3.3. Cálculo de transmisión por piñones helicoidales.	36
3.3.1. Relación del primer tren 3:1	36
3.3.2. Relación del segundo tren 3:1	38
3.3.3. Relación del tercer tren 3:1	39

Capítulo 4: Construcción del banco didáctico de engranajes para transmisión de potencia	41
4.1. Componentes adquiridos	41
4.2. Componentes mecanizados.....	42
4.3. Componentes mediante equipo de soldadura	42
4.4. Construcción banco didáctico	43
Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones	45
5.1. Conclusiones	45
5.2. Recomendaciones.....	46
Bibliografía	47

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Banco de pruebas de engranajes cilíndricos	6
Figura 1-2: Banco de prueba manivela-deslizador.....	6
Figura 1-3: Banco de pruebas para caja de cambios.....	7
Figura 1-4: Banco prueba transmisión potencia.....	8
Figura 1-5: Banco de pruebas de engranaje.....	9
Figura 1-6: Banco de pruebas de engranaje.....	11
Figura 1-7: Esquema de rodamiento	12
Figura 1-8: Dentado de un engranaje	13
Figura 1-9: Dentado de un engranaje	15
Figura 1-10: Dentado de un engranaje	17
Figura 3-1: Factor de servicio (Fs).....	28
Figura 3-2: Selección perfil correa trapezoidal.....	29
Figura 3-3: Tipos de correa trapezoidales	29
Figura 3-4: Diámetros de perfil	30
Figura 3-5: Coeficiente f1	32
Figura 3-6: Coeficiente f2	33
Figura 3-7: Coeficiente f3	34
Figura 3-8: Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606 (Serie europea).....	35
Figura 3-9: Referencias de cadenas comerciales en norma ANSI	35
Figura 3-10: Factor de guiado	38
Figura 4-1: Motor eléctrico para banco didáctico	41
Figura 4-2: Mecanizado piezas piñón, eje	42
Figura 4-3: Chasis banco didáctico.....	42
Figura 4-4: Ensamble chasis, motor, caja reductora, polea, piñón, correa y cadena	43

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Requerimientos bancos actuales	19
Tabla 2-2: Resultado comparativo de requerimientos para prototipo	20
Tabla 2-3: Factores diferenciadores de alternativas.	23
Tabla 2- 4: Criterios de valoración.....	24
Tabla 2-5: Valoración de alternativas.	25
Tabla 2-6: Diseño preliminar del prototipo	26

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
E	Distancia entre poleas	mm	
N_d	potencia efectiva de diseño	$\frac{Nm^2}{g}$	$N_d = N \cdot f_s$
v_e	Velocidad de entrada	m^2	
P	potencia del motor KW		Kw
f	Factor de servicio		

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
L_0	Longitud de la Correa	mm	<i>Ecu. (3.5)</i>
i_f	Ciclos de tensión		
Z_2	Numero de dientes	n	
β	Angulo hélice		
ω	Velocidad angular	1	rad/s

Subíndices

Subíndice	Término
α	Angulo de presión
T	Torque
E	Experimental

Superíndices

Superíndice	Término
N	Exponente, potencia

Abreviaturas

Abreviatura	Término
RPM	Revoluciones por minuto
mm	milímetros
$N.m$	Newton por metro

Introducción

Los sistemas de engranajes para transmisión de potencia ocupan un lugar muy importante en la industria moderna debido a que a partir de ellos se genera un movimiento el cual constituye la base para transmisión de potencia en diferentes aplicaciones de la industria, como la automotriz, la de fabricación de maquinaria, herramientas y equipos entre otras.

El siglo XIX, fue denominado la época de oro de los sistemas de engranaje ya que se empezaron a diseñar modelos para multiplicar la potencia de las máquinas convencionales de la época, lo que condujo a mejorar la eficiencia, reducir tiempos de operaciones a nivel fabril; estos sistemas ayudaron a garantizar condiciones confortables de trabajo, disminuyendo así, los riesgos laborales causados por los esfuerzos manuales realizados por la parte humana operativa de la época.

Reconocidas universidades en el mundo como: Universidad de Barcelona (España), la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad nacional de Colombia, la universidad javeriana y la universidad San buena ventura, cuentan en sus laboratorios con bancos didácticos de sistemas de engranaje para transmisión de potencia, lo que permite a los estudiantes desarrollar prácticas de laboratorios fortaleciendo sus competencias en el cálculo de variables como potencia, diseño ejes, relación de transmisión para el diseño de máquinas que emplean este tipo de mecanismos; por otro lado; sin embargo existen oportunidades de mejora al tratar de combinar estos mecanismos con sistemas inteligentes con el fin de realizar un mejor control proceso del mismo; por lo que se hace necesario ampliar el alcance de los mismos respecto al conocimiento mecánico dado por estos bancos didácticos para desarrollar una eficiente estrategia de aprendizaje.

Según Aparicio (2014) propone una estrategia de aprendizaje teórico práctica, la cual resulta ser más efectiva, ya que sus acciones logran fortalecer el conocimiento y desarrollo de habilidades para el aprendizaje (1); de acuerdo a esto muchas de las áreas temáticas tratadas en todos los programas de educación requieren para ello dicha

combinación; el programa de ingeniería mecánica no es la excepción, ya que las habilidades combinadas que deben adquirir los ingenieros mecánicos egresados se fundamentan en poder entender, determinar, calcular variables, para generar propuestas sobre los sistemas de transmisión de potencia los cuales involucran elementos como engranajes, piñones, correas, cadenas, ejes, motores entre otros.

Actualmente los avances en la tecnología, conllevan a que las empresas sean más competitivas; esta orientación implica que los profesionales egresados de ingeniería mecánica tengan la preparación suficiente a nivel técnico-práctico para enfrentarse a problemáticas derivadas de equipos maquinarias de cualquier sector de la industria (2).

Uno de los fundamentos más importantes en la carrera de ingeniería mecánica, sobre la cual se soporta algunos principios de desarrollo del programa, son los engranajes (sistemas de transmisión de potencia), ya que constituyen la base de funcionamiento de las máquinas en su aplicación a diferentes sectores de la industria; de acuerdo a esto, resulta importante que el ingeniero mecánico, pueda entender, analizar, desarrollar propuestas con miras a garantizar planteamientos de uso orientadas a la aplicación en su entorno real (3).

Esto requiere de la integración de áreas básicas de formación, las cuales comprenden materias como diseño mecánico I y II, las cuales entregan la base teórica de temáticas como esfuerzos combinados, tipos de carga, diseño de ejes, diseño de engranajes rectos, helicoidales, cónicos, de tronillo sin fin corona, transmisión por bandas y cadenas las cuales se encuentran en los contenidos programáticos; sin embargo para alcanzar este objetivo, se ha identificado en la Universidad Antonio Nariño sede Neiva, que actualmente existen dos bancos didácticos construidos uno en el 2016 cuyas características corresponde a una caja de cambios con piñones de tipo helicoidal, junto con un banco didáctico construido en el 2020 sobre engranajes rectos con variador de velocidad; las competencias desarrolladas a partir de estos bancos comprenden cálculos con piñones helicoidales, transmisión de potencia, variación de velocidad entre otras variables, dejando un vacío en lo concerniente a sistemas combinados de engranajes los cuales tienen un alto uso en la industria de maquinaria actual, como sistemas de cadenas, correas, engranajes por lo que se requiere fortalecer los conocimientos sobre cálculos, montajes, mediciones de los elementos que componen los principios de

engranajes, ejes, poleas, correas, cadenas entre otras, las cuales no se obtienen con los bancos actuales (4).

La problemática tratada en el párrafo anterior, infiere que los bancos actuales tienen como alcance sistemas de engranajes simples para cálculos de poleas, piñones rectos, helicoidales, los cuales fortalecen las competencias relacionadas con cálculo, diseño de mecanismo de transmisión de potencia; sin embargo este conocimiento no es suficiente ya que en la asignatura de diseño mecánico, se consideran otras temáticas para alcanzar una formación integral en las que se incluye diseño de ejes, esfuerzos, transmisión de potencia, curvas de velocidad, fuerza, cadenas, piñones, engranajes mixtos; los cuales según Gonzales (2013) son parte integral de la totalidad de las máquinas de producción actualmente; de ahí la importancia de establecer una propuesta complementaria para mejorar dichas competencias.

Para lograr la implementación del banco Didáctico de engranajes para transmisión de potencia, se planteó el siguiente **Objetivo General**: Diseñar y construir un Banco Didáctico de engranajes para transmisión de potencia en la Universidad Antonio Nariño sede Neiva. Para el cumplimiento de este objetivo general se plantearon cuatro objetivos específicos los cuales son:

- Identificar los diferentes tipos de transmisiones de potencia y seleccionar la que harán parte del banco didáctico.
- Elaborar el prototipo del banco didáctico, así como cálculos y selección de materiales.
- Construir el banco y evaluar su funcionalidad.
- Elaboración de guías de laboratorio y manual de operación del banco.

Las razones para la elaboración de este proyecto se fundamentan en que las prácticas en laboratorios para cualquier disciplina académica son fundamentales para fomentar la formación de líderes con alto grado de conocimiento que sirvan a la sociedad y a la industria en la solución de problemas reales bajo un enfoque de optimización de y efectividad de los recursos disponibles.

La importancia del banco propuesto es que permite realizar prácticas de laboratorio para determinar el comportamiento de variables asociadas a sistemas de transmisión de

potencia (ejes, piñones, cadenas, poleas), la cual es una práctica utilizada en las asignaturas de diseño mecánico I y II en el programa de ingeniería mecánica.

La metodología empleada para el desarrollo del proyecto contempla 5 fases, las cuales son:

Fase 1: Investigación, la cual se compone de actividades como la revisión estado del arte y la identificación de principios teóricos a emplear en banco.

Fase 2: Diseño, la cual se compone de actividades como el desarrollo de detalle, elaboración de prototipos, la selección de la alternativa del banco mediante matriz morfológica, el método de valoración por puntos para selección, la realización de cálculos, la selección de materiales para su construcción, el modelado CAD/CAM de piezas junto con el acotado de planos para su diseño.

Fase 3: Fabricación, el cual se compone de dos actividades como son la adquisición de materiales según parámetros de diseño, para su posterior mecanizado y acabado de piezas.

Fase 4: Ensamble y evaluación, en esta fase las actividades a desarrollar contemplan el montaje de elementos, el montaje del motor, así como la prueba de funcionalidad del banco.

Fase 5: Elaboración de guías didácticas, para ello se elaborará el manual de operación, el manual de mantenimiento, junto con la guía de laboratorio de sistemas de transmisión de potencia para los ensayos por parte de los estudiantes de la UAN.

La Universidad Antonio Nariño sede Neiva, en especial el Programa de Ingeniería Mecánica beneficiaría a toda la población de estudiantes, así como sus egresados, ya que su implementación le permitiría contar con la infraestructura necesaria para la realización de una práctica de laboratorio para las materias de diseño mecánico I y II, en cuanto a los sistemas de transmisión de potencia de los diferentes mecanismos que se usan en la industria actual.

Capítulo 1: Marco referencial

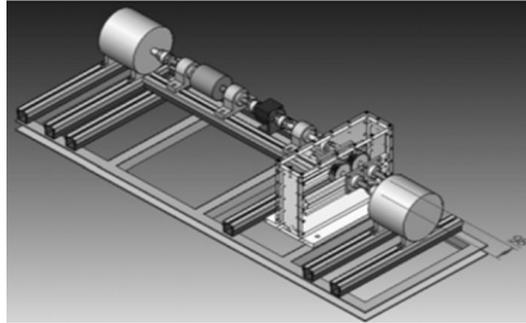
El capítulo 1 presentado continuación trata sobre el marco de referencia que sustenta la propuesta; partiendo del estado del arte, se busca ubicar al lector mediante antecedentes y estudios realizados sobre el tema de investigación en un contexto internacional y nacional; a partir de ello, se muestra el marco conceptual como parte del numeral 1.2, el cual enseña los elementos que componen un sistema de engranaje y su definición con miras a que exista claridad sobre aspectos funcionales de los componentes de los sistemas de engranajes.

1.1 Estado del arte

Todas las ciencias de la educación han constatado que el aprendizaje en las personas se hace más eficiente, cuando se enseña la teoría acompañada de ayudas didácticas como experimentos o prácticas de laboratorio, esto para que se pueda aplicar y comprobar las teorías expuestas en las aulas de clase.

Dentro de los estudios realizados y antecedentes de investigación sobre bancos didácticos de engranajes para transmisión de potencia, se puede inferir, que estos componen un sin número de aplicaciones en diferentes sectores de la industria y ramas temáticas; dentro de estos tenemos las siguientes investigaciones como se indica a continuación:

Martínez (2012), como se indica en la figura 1-1, diseño un banco de pruebas para engranajes cilíndricos rectos con el fin de poder realizar pruebas de campo que le permitan asociar las bases teóricas aprendidas en clases con la aplicación de principios para mejorar la capacidad de análisis de los estudiantes del programa de ingeniería mecánica (5).

Figura 1-1: Banco de pruebas de engranajes cilíndricos

Fuente: P. N. Martínez H; (5).

Hincapié (2013) desarrollo un proyecto de nombre “Diseño y construcción de un banco de pruebas para mecanismos manivela-deslizador”, el cual tuvo como objetivo, incorporar la teoría asociada al entendimiento de la cinemática de los mecanismos planos y sus diferentes aplicaciones, por tal razón se indican las formas constructivas de los mecanismos manivela-deslizador, tipos de análisis, vibraciones mecánicas, fallas habituales y el balanceo entre otros; el diseño del banco de pruebas inicialmente insinúa la pre selección del tipo de forma constructiva mediante la presentación de diferentes prototipos educativos, permitiendo la selección mediante un desglose comparativo donde se incluyen finalidad, detalles y balanceo de cada uno. Una vez realizado esto, se muestran los diferentes elementos que conforman los mecanismos con un análisis previo de cada forma constructiva seleccionada y sus criterios de dimensionamiento acorde con la teoría asociada, además cada uno de ellos cuenta con una simulación del comportamiento estructural del elemento bajo una carga determinada como se indica en la figura 1-2 (6).

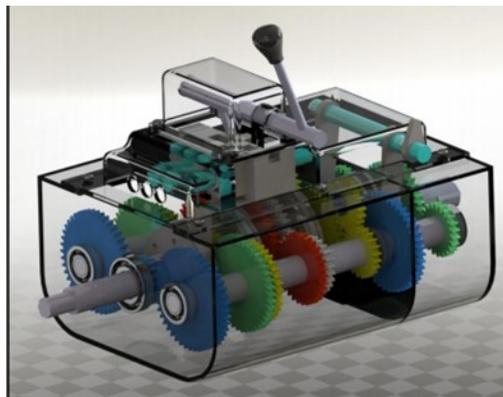
Figura 1-2: Banco de prueba manivela-deslizador

Fuente: A. Hincapié V; (6)

Galarza y Pérez (2014), construyeron un prototipo de banco de pruebas de una caja de cambios manual de tres ejes; el objetivo de este, era comprender su funcionamiento, desarrollar habilidades y reconocer averías a través de procesos de armado, desarmado y observación; para ello se realizaron cálculos del número de dientes de cada uno de los engranajes, por lo que se utilizó el método iterativo de aproximaciones sucesivas, que permite calcular el número de dientes de los engranajes de cualquier caja de cambios a partir de cualquier relación de transmisión que se proponga.

A través de la simulación de cargas y los esfuerzos a los que se sometería el funcionamiento de la caja cambios. Cada caja cuenta con tres ejes paralelos con engranes locos y fijos, para así transmitir la potencia deseada. Esta herramienta didáctica tiene una estructura de soporte y un motor trifásico, que después de las respectivas pruebas genera conocimiento suficiente en sistemas de transmisión de potencia. El funcionamiento de la caja de cambios permitirá desarrollar habilidades y destrezas en las personas, por lo que se recomienda utilizar esta herramienta didáctica previo al conocimiento de su guía de usuario, ejecutando su respectivo plan de mantenimiento para alargar su vida útil como se indica en la figura 1-3 (7).

Figura 1-3: Banco de pruebas para caja de cambios

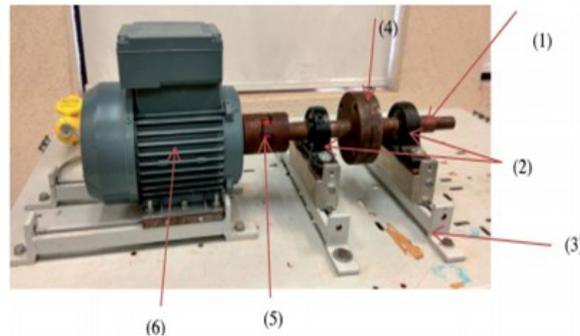


Fuente: L. Galarza V y B. Pérez B; (7).

Ospina y Lizárraga (2017), construyeron un prototipo de banco didáctico con el objetivo de poder investigar fenómenos asociados a vibraciones a partir del análisis de fatiga; así como prácticas de desbalance y velocidades críticas además de proporcionar el procedimiento de prueba para la realización de prácticas de laboratorio necesarias en el proceso de formación para ingenieros mecánicos; el banco didáctico, está integrado como se indica en la figura 1-4, por un (1) eje de acero ASTM 1045 estirado en frío de un

diámetro de 15.8 mm, una longitud de 320 mm y una masa de 0.84 kg, soportado en sus extremos de dos chumaceras (2), los cuales se encuentran montados sobre la base de la estructura (3). Fijado al eje se encuentra el (4) volante, el cual tiene una masa de 2.24 kg. El eje es impulsado mediante un (5) acoplamiento directo por un (6) motor de $\frac{1}{4}$ hp (186 watts) marca SIEMENS con una velocidad de giro máxima de 1750 rpm montado sobre la base de la estructura (8).

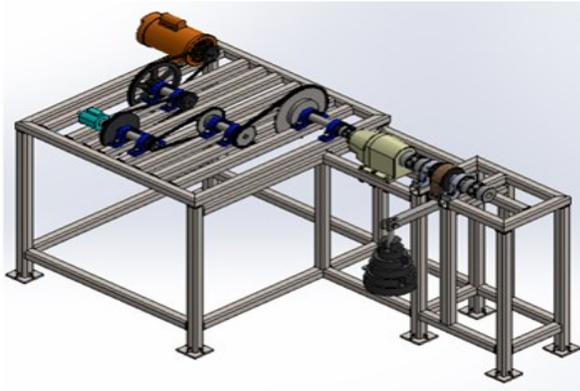
Figura 1-4: Banco prueba transmisión potencia.



Fuente: P. Espino, A. Lizarraga y E. Olaguez; (8)

Gamboa y franco (2019), diseñaron un banco de pruebas para transmisión de potencia como se indica en la figura 1-5, cuyo objetivo era poder identificar el funcionamiento de los sistemas de mecanismos, permitiendo experimentar con ayuda de herramientas de medición para obtener datos relacionados con el torque, potencia y velocidad angular entre otros.

este banco se dota de mecanismos de engranes, poleas y cadenas para hacer posible el cambio de posicionamiento de los elementos, distancia entre centros, la ubicación y geometría de elementos, lo cual complementaba la enseñanza teórica con la práctica, por lo tanto, los parámetros establecidos a partir de metodologías como Canvas y QFD para establecer los posibles diseños que suplen los requerimientos del cliente (9).

Figura 1-5: Banco de pruebas de engranaje

Fuente: K. J. Gamboa B y J. S. Franco R; (9)

Como se ha identificado en el estado del arte, existen variaciones del banco didáctico desarrolladas en las más importantes universidades a nivel mundial, dada la importancia que tiene para la población estudiantil la realización de prácticas de laboratorio para determinar y calcular variables asociadas a sistemas de transmisión de potencia, las cuales tienen una total participación en los equipos y máquinas empleadas en diferentes industrias y actividades de la vida diaria, lo que indica una gran tendencia de uso en dichas universidades; por ende resulta fundamental el desarrollo de la propuesta para su aplicación en la Universidad Antonio Nariño establecer los bancos existentes en la UAN, como se indica en el epígrafe a continuación.

1.2 Importancia de los bancos didácticos para prácticas de laboratorio

Espinosa et al (2017), en su investigación de nombre “Laboratory practices didactic strategy in Building Scientific “, plantea que la estrategia de laboratorios didácticos para complementar el proceso de enseñanza y aprendizaje en los estudiantes ya sea a nivel básico, medio y superior, promueve y despierta en el estudiante su carácter investigador; a lo que se suma el aumento de su propia competitividad a nivel cognitivo y práctico, llevándolo a interactuar con una realidad aproximada de los eventos probables en su diario vivir (10). De igual forma Gutiérrez Sarmiento (2020), especialistas en diseño de bancos didácticos para el sector de educación superior, consideran que el trabajo práctico en laboratorio proporciona la experimentación, el descubrimiento, evitando el

concepto de “resultado correcto” que se tiene cuando se aprenden de manera teórica, es decir, sólo con los datos procedentes de los libros. La experiencia en laboratorio también brinda la valiosa oportunidad para que los estudiantes desarrollen, además, habilidades de comunicación tanto oral como escrita, liderazgo y cooperación, aparte del desarrollo de sus propias competencias las cuales se afianzan a partir de un proceso ordenado y lógico para producir resultados válidos (11).

Desde una perspectiva científica algunos teóricos validan en sus modelos propuestos, la importancia de alternar la teoría con la práctica, ejemplo de esto, el modelo de Kemmis - McTaggart de la investigación-acción, la cual se basa en la planificación, acción, observación, así como la reflexión. Cada uno de los momentos implica una mirada retrospectiva, una intención prospectiva **que** forman conjuntamente una espiral auto reflexiva de conocimiento de forma paralela con la acción. La propuesta de Huberman-Levinson, que plantea generar acuerdos interinstitucionales para el desarrollo de transferencia de conocimiento; el enfoque de Porlán-Rivero, que plantea construir conocimiento profesional docente a partir de prácticas enfocadas en trabajo en equipo y la propuesta de Rozada de construir pequeñas pedagogías a partir de prácticas en el proceso de formación basadas en laboratorios y herramientas tecnológicas de comunicación (12).

1.3 Bancos didácticos actuales en la UAN

Actualmente existen bancos didácticos enfocados en sistemas de engranajes rectos lo que conlleva en la práctica a un solo tipo de cálculo; de aquí la importancia de poder identificar los bancos actuales y el propuesto como se indica en la figura 1-6.

Figura 1-6: Banco de pruebas de engranaje

BANCO DIDÁCTICO -2016	BANCO DIDÁCTICO -2020	BANCO DIDÁCTICO PROPUESTO
<ul style="list-style-type: none"> • CAJA DE CAMBIOS • CARACTERÍSTICAS: Piñones helicoidales y rectos • CÁLCULOS QUE SE REALIZAN: diseño y cálculo de piñón, transmisión de potencia 	<ul style="list-style-type: none"> • BANCO DIDÁCTICO ENGRANAJES RECTOS • CARACTERÍSTICAS: Piñones Rectos • CÁLCULOS QUE SE REALIZAN: diseño y cálculo de piñón, transmisión de potencia, variación de velocidad, geometría de piñones y transmisión de potencia entre 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y construcción de un Banco Didáctico de engranajes para transmisión de potencia en la Universidad Antonio Nariño sede Neiva. • CARACTERÍSTICAS: piñones rectos , helicoidales, transmisión por cadena, ejes, poleas acanaladas, cadena de rodillos • CÁLCULOS QUE SE REALIZAN: Diseño ejes, relación de transmisión por cadena, poleas, piñones, transmisión de potencia, determinación de bandas para transmisión de potencia, diseño y generación de transmisiones por cadena y polea

Fuente: Autor, 2021

La figura 1-6 muestra de forma sintetizada que el banco propuesto a comparación de los dos anteriores tiene un mayor alcance en cuanto a las características y los cálculos que se realicen , ya que este integra de una mejor y mayor forma todos los sistemas de engranaje para el cálculo de transmisión de potencia, lo que en cierta medida fortalece competencias que garantizan una oportunidad para que los ingenieros de mecánica de la UAN, puedan resolver situaciones en contexto reales a nivel profesional para lo cual se prepararon.

1.4 Marco conceptual

En los del 1.3.1. al 1.3.7 se exponen los diferentes conceptos los cuales son fundamentales para el desarrollo de la propuesta; de acuerdo con lo anterior se tiene:

1.4.1 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. (10)

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. (10)

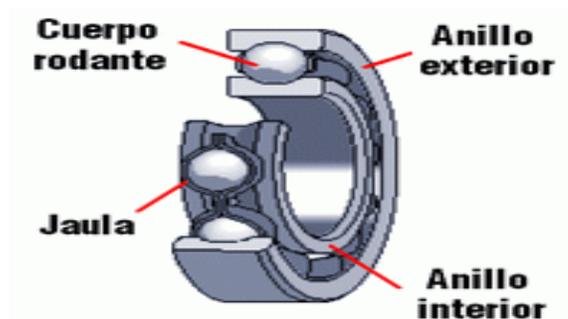
Los árboles de transmisión son piezas cilíndricas más o menos largas que trabajan a torsión y flexión, son siempre giratorios y transmiten potencia y movimiento. En la práctica se utiliza muchas veces la expresión ejes de transmisión para designar tanto a los árboles de transmisión como a los ejes de transmisión propiamente dichos.

En las cadenas cinemáticas se pueden encontrar también otros elementos o dispositivos de transmisión, como acoples y soportes. (10)

1.4.2 Rodamientos

Los rodamientos son soportes formados por dos aros o anillos concéntricos, entre los que se intercalan bolas o rodillos; en la figura 1-7 se puede apreciar un ejemplo de rodamiento como lo es el de rodillos.

Figura 1-7: Esquema de rodamiento



Fuente: Tomado de Ikastaroak, (11)

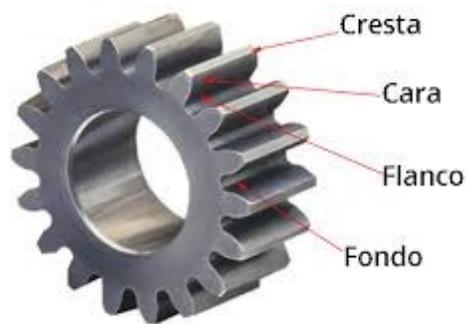
El anillo interior va ajustado en el eje o árbol de transmisión; y el anillo exterior, en el elemento de soporte. Con este dispositivo se elimina el rozamiento por fricción y se convierte en un movimiento rodadura ya que, al girar el árbol o eje, éste arrastra el anillo interior haciéndole rodar sobre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

1.4.3 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 1-8 se muestra el perfil de un engranaje recto utilizado para la transmisión de movimiento (12).

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. (12)

Figura 1-8: Dentado de un engranaje



Fuente: Tomado de ingmecafenix; (13)

1.4.4 Sistema de transmisión de potencia por poleas

La polea se considera como un mecanismo o una máquina simple que, mediante la tracción emitida por una fuerza, puede desplazar grandes cargas y se compone de los siguientes elementos como se indica en la figura 1-9.

Figura 1- 9: Componentes de una polea

Fuente: Tomado de ingmecaefnix; (13)

Se compone de un cuerpo de forma cilíndrica o de disco, los cuales suelen tener agujeros en su forma para alivianar el peso de la polea; el cubo la parte central del cuerpo, el cual dispone de un agujero donde se coloca un eje con el fin de que la polea se mantenga fija; la estructura es donde se aloja el cuerpo, en ocasiones provista de un gancho para anclarla en algún tipo de pared, techo o lugar óptimo para su anclaje y por último el canal, el cual es la parte con forma de carril por la que se pasa y se hace rodar la cuerda.

En cuanto su forma de uso existe poleas simples, móviles y polipastos; en función del tipo de la forma de la ranura la figura 1-10 indica que pueden ser:

Figura 1-10: Ranuras de poleas

Fuente: Tomado de ingmecaefnix (13)

1.4.5 Sistemas de transmisión de potencia por cadenas

Los sistemas de transmisión por cadena se emplean para transmitir movimiento entre dos ejes paralelos que se encuentran alejados entre sí, aunque las diferentes configuraciones de los elementos que la componen, pueden hacer variar la función final del sistema, es decir, el sistema puede tener la finalidad de transmitir movimiento entre los ejes, servir como sistemas de elevación o como sistemas transportadores

Estos sistemas constituyen uno de los métodos más eficientes utilizados para transmitir potencia mecánica, dado que los dientes de las ruedas dentadas evitan que la cadena se resbale. Esta condición les da más capacidad de transmisión y las hace más confiables.

El sistema consta de dos ruedas dentadas y un miembro deformable formado por una serie de eslabones rígidos que pueden tener un giro relativo entre ellos los cuales constituyen una cadena, como se indica en la figura 1-11. Estos sistemas transmiten el movimiento entre los ejes por medio del empuje generado entre los eslabones de la cadena y los dientes de las ruedas, que en la práctica se conocen como sprockets

Figura 1-11: Dentado de un engranaje



Fuente: Ruiz (2019); (14)

1.4.6 Ejes

Un eje es un elemento sobre el que se apoya una pieza giratoria, por lo tanto, su única función es ser soporte y no se ve sometido a esfuerzos de torsión. Los ejes sirven para soportar piezas inmóviles, oscilantes o rotatorias de máquinas, pero no transmiten ningún momento de giro, por lo que generalmente están sometidos a flexión.

La configuración típica de un eje es la de un elemento de sección circular escalonado, con mayor sección en el centro, de manera que los distintos elementos puedan montarse sobre él por los extremos, lo que proporciona mayor sección resistente en la zona central, donde la flexión ocasiona los mayores esfuerzos.

Fases en el diseño de ejes de transmisión

1. Definir las especificaciones de velocidad de giro y potencia de transmisión necesaria.
2. Seleccionar su configuración, es decir, elegir los elementos que irán montados sobre el eje para la transmisión de potencia deseada y elección del sistema de fijación de cada uno de estos elementos al eje.

El diseño constructivo consiste en la determinación de las longitudes y diámetros de los diferentes tramos o escalones, así como en la selección de los métodos de fijación de las piezas que se van a montar sobre el árbol. En esta etapa se deben tener en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

3. Proponer la forma general para la geometría del eje a la hora del montaje de los elementos elegidos.
4. Determinar los esfuerzos sobre los distintos elementos que van montados sobre el eje. Los elementos de transmisión de potencia como las ruedas dentadas, poleas y estrellas transmiten a los árboles fuerzas radiales, axiales y tangenciales. Debido a estos tipos de carga, en el árbol se producen generalmente distintos tipos esfuerzos:
 - Por flexión
 - Torsión
 - Carga axial
 - Cortante
5. Calcular las reacciones sobre los soportes.
6. Calcular las sollicitaciones en cualquier sección. Siendo sollicitaciones las reacciones internas que se producen en una sección de un sólido como consecuencia de las fuerzas externas aplicadas sobre el mismo.

7. Seleccionar el material del eje y de su acabado. El más utilizado es el acero y se recomienda seleccionar un acero de bajo o medio carbono, de bajo costo. Si las condiciones de resistencia son más exigentes que las de rigidez, podría optarse por aceros de mayor resistencia.
8. Seleccionar el coeficiente de seguridad adecuado, en función de la manera en que se aplica la carga.
9. Localizar y analizar los puntos críticos en función de la geometría y de las sollicitaciones calculadas.
10. Verificar su resistencia: – Estática – A la fatiga – A las cargas dinámicas

1.5 Ventajas y desventajas de los sistemas de engranaje

Como lo indica el numeral 1.4, la figura 1-12, nos muestra las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de engranaje.

Figura 1-12: Dentado de un engranaje

TIPO DE TRANSMISIÓN	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Polea y Correa	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento suave. • No existen choques. • No generan ruido. • Funcionan como un fusible mecánico. • Diseño sencillo. • Costo bajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes dimensiones exteriores. • Poca estabilidad por deslizamiento elástico. • Baja vida útil de la correa. • Bajas potencias. • Inseguro.
Transmisión Piñón Cadena	<ul style="list-style-type: none"> • No existe deslizamiento. • Las ruedas sobre las cadenas, no tienen que tener el diámetro tan grande como las poleas con bandas. • No necesitan de pre-tensión sobre la cadena. 	<ul style="list-style-type: none"> • Son ruidosas y fuente de vibración. • El costo es relativamente alto • Montaje complicado. • El mantenimiento crítico y minucioso, se deben lubricar, de acuerdo a su fabricante
Sin Fin Corona	<ul style="list-style-type: none"> • Poco espacio para el montaje. • Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Son ruidosas y fuente de vibración. • Altos niveles de Lubricación • Montaje complicado. • El mantenimiento crítico y minucioso. • Baja confiabilidad.
Engranajes	<ul style="list-style-type: none"> • Gran variedad de velocidad • Ideal Para Transmisiones altas Potencias 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos elevados • Utiliza varios trenes de engranajes para bajas velocidades • Poco eficiente • Frecuentes cambios de Lubricante • Gran Tamaño

Fuente: Rojas, (15)

De acuerdo con lo establecido en este capítulo uno se puede concluir que los componentes básicos de un sistema de transmisión de potencia comprenden poleas, cadenas, poleas, piñones, ejes que de acuerdo a su uso se seleccionan para obtener un mejor rendimiento en dicha transmisión usados en equipos y maquinarias; el estado del arte nos valida el hecho de que en la totalidad de máquinas de las diferentes industrias existen mecanismos de transmisión, esto conlleva a que en las universidades en donde existe la carrera de ingeniería mecánica se implementen bancos didácticos para cálculos de transmisión de potencia los cuales son fundamentales para fortalecer las competencias de los futuros ingenieros; de acuerdo con lo anterior y en esa misma línea la universidad Antonio Nariño cuenta con bancos didácticos para cálculos de sistemas de engranajes como piñones helicoidales, evidenciando que se deben contar con otro tipo de bancos que permitan realizar cálculos con sistemas de engranes combinados para fortalecer las competencias de los estudiantes del programa de mecánica de la UAN, por ende el presente documento busca a partir de este primer proceso de investigación diseñar un banco didáctico para el cálculo de transmisión de potencia mediante sistemas combinados de engranajes como se indica en el capítulo 2 a continuación.

Capítulo 2: Diseño del prototipo

El siguiente capítulo describe los aspectos a tener en cuenta para el diseño del prototipo, partiendo de una caracterización de los bancos didácticos actuales, con el fin de establecer los aspectos diferenciadores, que se emplearan para el banco propuesto a partir de un análisis comparativo de bancos didácticos a emplear ya sea de tipo hidráulico, neumático y/o eléctrico para el prototipo.

2.1. Requerimientos técnicos

Tomando como base los antecedentes presentados en el estado del arte y su correspondiente caracterización sobre su funcionamiento; a continuación, se presentan los diferentes antecedentes junto con su objetivo, mecanismos empleados y las competencias que desarrollan los estudiantes a nivel de práctica de laboratorio con los bancos didácticos diseñados en universidades como la Nacional (Colombia), U de Chimborazo (ecuador), Universidad Distrital Francisco José de Caldas, de Bogotá entre otras.

Tabla 2-1: Requerimientos bancos actuales

Características	Antecedente	Antecedente	Antecedente	Antecedentes	Banco UAN	Banco Uan
	1	2	3	4	1	2
Engranajes	Cilíndricos rectos	Cilíndricos rectos	Cilíndricos rectos	Cilíndricos rectos	cilindros rectos	helicoidales
Poleas	-	-	-	-	-	-
Correas	-	-	-	-	-	-
Ejes	Si	si	si	si	si	si
Cadenas	-	-	-	-	-	-
piñones	si	si	si	si	si	si
Motor	Hidráulico	Hidráulico	Neumático	-	Eléctrico-	Eléctrico
Objetivo	Diseñar engranajes de tipo recto para un sistema de frenado	Diseñar y medir sistemas de engranaje de cilindros rectos	Diseño engranajes para simular caja tipo Fuller RT 12609L	Medir vibraciones mecánicas a partir de velocidad crítica	Medir la relación de transmisión entre engranajes	Medir la relación de transmisión entre engranajes
conocimientos adquiridos	Cálculo Engranajes, potencia de motor	Cálculo Engranajes, potencia de motor. Diseño ejes	Cálculo Engranajes, potencia de motor, velocidad	Cálculo Engranajes, Análisis de vibraciones mecánicas	Cálculo Engranajes, variación potencia, velocidad, R.P.M	Cálculo Engranajes, R.P.M

Fuente: Autor, 2021

De acuerdo con lo anterior se debe incluir en la propuesta características adicionales que no contemplan los de la tabla 2-1 como por ejemplo:

Combinación de engranajes rectos, helicoidales y cónicos que permitan desarrollar cálculos para su diseño, lo cual se debe a que en la industria de maquinaria para producción, emplean en sus mecanismos estos tipos de engranaje, como el caso de máquinas para sistema de empaclado, pelado, industria automotriz entre otros; de aquí su importancia; de igual forma, estos mecanismos son acoplados mediante sistemas combinados de transmisiones por correa, cadena o poleas las cuales no se identifican en los bancos propuestos y que son necesarios para fortalecer las competencias de las asignaturas de mecanismos, diseño mecánico II a nivel de cálculo, diseño, comprensión, funcionamiento, aplicación, ensayos de laboratorio entre otros, según lo anterior los requerimientos que deben incluir los del estudio son:

Tabla 2-2: Resultado comparativo de requerimientos para prototipo

Características		Propuesto
Engranajes	Cónicos, rectos y helicoidales	
Poleas		si
Correas		si
Ejes		si
Cadenas		si
Piñones		si
Motor		Eléctrico
Objetivo	Establecer de manera integral la identificación, cálculo de engranajes y sistemas combinados de transmisión de potencia para desarrollar competencias en el diseño, estación, comprensión de fenómenos, cálculo de velocidad variable, torque, potencia, fuerzas dinámicas y estáticas	
conocimientos adquiridos	Cálculo de todo tipo de engranajes, potencia de motor, torque velocidad, transmisión por cadena, poleas y correas, Variación de velocidad, fuerzas dinámicas, diseño de transmisión, laboratorios de velocidad vs potencia	

Fuente: Autor,2021

De acuerdo con los requerimientos técnicos obtenidos de las asignaturas de mecanismos, diseño mecánico I, II y de los bancos analizados en el estado del arte se concluyó que la propuesta debe incluir de forma integral los elementos como piñones, poleas, engranajes, ejes , cadenas que permitan realizar cálculos de transmisión de

potencia; para ello se deben considerar alternativas con el fin de poder seleccionar la de mayor conveniencia para dar cumplimiento con el objetivo trazado como se indica en el siguiente epígrafe.

2.2. Alternativas de banco

Para poder seleccionar la mejor alternativa de banco didáctico que se ajuste a dichos requerimientos en función de las asignaturas de mecanismos y diseño mecánico II las opciones planteadas en el presente estudio consideran los siguientes aspectos mencionados en el numeral 2.2.1

2.2.1. Alternativa eléctrica

En esta alternativa se tiene como principio de funcionamiento para el diseño de un banco didáctico para cálculo de transmisión de potencia, un motor eléctrico que será el encargado de proporcionar la fuerza necesaria para generar la potencia para simular el movimiento a partir de engranajes y transmisiones combinadas, las cuales deben garantizar el movimiento rotativo otorgado por el motor, para que este convierta en movimiento lineal o alternativo.

Ventajas

- Funcionan indistintamente con cualquier tipo de corriente.
- Poseen un elevado par de arranque.
- La velocidad se adapta a la carga.
- Ideal para trabajo pesado.

Desventajas

- Mantenimientos periódicos que requieren de un control y monitoreo.
- Costos de consumo de energía.
- Elementos y sistemas más pesados.
- Riesgos en su operación.
- Menos durabilidad de elementos por desgaste.

2.2.2. Alternativa neumática

En esta alternativa se tiene como principio de funcionamiento para el diseño de un banco didáctico, un cilindro neumático que se encargará de proporcionar la fuerza necesaria para realizar la transmisión de movimiento del sistema engranajes, este banco didáctico, estará compuesto por circuitos y componentes neumáticos (compresor, mangueras, válvulas, unidad de mantenimiento, etc.) para que el cilindro pueda realizar su función

Ventajas

- Disponibilidad del aire.
- Ideal para trabajos repetitivos.
- No se afecta por los cambios de temperatura.
- Es posible almacenar en acumuladores para abastecer el sistema.
- No hay riesgos.
- No se ensucia.
- El aire comprimido es un medio de trabajo rápido.
- Sistemas simples y menos costosos.

Desventajas

- El aire comprimido tiene que ser acondicionado, ya que puede producirse un desgaste de los elementos mecánicos neumáticos. Es necesario la eliminación de impurezas y humedad previas a su utilización.
- El aire comprimido es económico solamente hasta 20,000 y 30,000 Newton según la carrera y la velocidad.
- El escape de aire produce ruido.
- Debido a su gran compresibilidad, no se obtienen velocidades uniformes.

2.2.3. Alternativa hidráulica

En esta alternativa se tiene como principio de funcionamiento para el diseño de un banco didáctico para transmisión de potencia un cilindro y una bomba hidráulica que serán las encargadas de proporcionar la fuerza necesaria para el movimiento de eje y los engranajes acoplados, este banco didáctico, se compone de circuitos y componentes

hidráulicos (mangueras, válvulas, bombas, etc.), además será necesario un aceite que sirva para esta utilidad y un lugar de almacenamiento con sus respectivos filtros.

Ventajas

- Transmisión de fuerzas.
- Ideal para trabajo pesado.
- Arranque desde cero con carga máxima.
- Movimientos homogéneos e independientes de la carga.
- Buenas características de mando.
- Protección de sobrecarga.

Desventajas

- Contaminación del entorno por causa de fugas.
- Sensibilidad a la suciedad.
- Dependencia de la temperatura.
- Se obtienen velocidades bajas en los actuadores.
- Por su alta presión exige un buen mantenimiento.
- Costos demasiado elevados.

2.2.4. Características de las alternativas

Dentro de los factores o aspectos que diferencian las tecnologías como alternativas para el diseño del banco didáctico, se realizó una comparación vía matriz morfológica para evaluarlas y proceder a la selección de la mejor opción, la tabla 2-3 indica dicha caracterización.

Tabla 2-3: Factores diferenciadores de alternativas.

Sistema Hidráulico	Sistema Neumático	Sistema eléctrico
La acción la ejerce un cilindro sobre un eje que acopla un sistema eje-engranaje	La acción la ejerce un cilindro sobre un eje que acopla un sistema de engranaje	La acción la ejerce un motor eléctrico
Costos de mantenimiento elevado	Costo moderado	Mayor costo de mantenimiento
Fuerza hidráulica	Fuerza neumática	Fuerza eje engranaje, polea o cremallera
Versatilidad en trabajos pesados	Versatilidad en trabajos repetitivos	Versatilidad en trabajos pesados
No sufre calentamiento	No sufre calentamiento	Motor debe parar para evitar calentamiento
Accesorios simples	Accesorios son más ligeros y económicos	Accesorios pesados y más

Fugas que impactan a nivel ambiental y el proceso	No hay impacto a nivel ambiental	costosos
No genera riesgos de operación	No genera riesgos de operación	Impacto ambiental por demanda de energía eléctrica
		No genera riesgos de operación

Fuente: Autor, 2021

2.2.5. Metodología de ponderación por puntos

Para poder establecer o seleccionar una alternativa que se ajuste de forma integral a los requerimientos programáticos planteados a nivel de mecanismos y diseño mecánico I, II, se empleó el método de valoración por puntos que consiste en asignar una puntuación que va de 1 a 3, siendo 1 la menor valoración (malo) es decir que no contribuye desde el aspecto evaluado al cumplimiento del prototipo, 2 valoración media y 3 la mayor puntuación (bueno) como se indica en la tabla 2-4 a continuación:

Tabla 2- 4: Criterios de valoración

Ponderación	Sistema de operación	Costo mantenimiento.	Principio mecánico empleado.	Condición de temperatura motor.	Versatilidad y uso para el trabajo repetitivo.	Desgaste en accesorios.	Impacto ambiental.	Riesgos en manipulación.
Malo=1	No funciona con cualquier tipo de corriente o no se puede adaptar	Tanto las frecuencias como el costo son altos, requiere de cambios de elementos y solo el fabricante puede realizarlo, mantenimiento correctivo y especializado	Emplea un principio mecánico (poleas o piñones)	Motor presenta sobre calentamiento y parada por tiempo de operación	No se puede adaptar o integrar a otros mecanismos, requiere de paradas en tiempo para enfriar y calibrar por efecto de trabajo repetitivo Se puede integrar como máximo, a un nuevo mecanismo, solo permite prácticas de cálculo de una sola variable	Alto desgaste de piezas	Los insumos o materiales usados para su funcionamiento contaminan el medio ambiente, ruido excesivo	Presenta riesgos de manipulación, los cuales pueden generar accidentes, amputaciones o pérdida de la vida
Media=2	Requiere de variaciones o adecuaciones para su funcionamiento	Frecuencias de mtto mensuales y requiere cambio de elementos por vida útil y lo realiza la empresa, costos promedios, mantenimiento preventivo	Emplea máximo dos principios de mecanismos	Motor presenta sobre calentamiento, pero no para su operación	No requiere de paradas y se puede integrar con facilidad a nuevos procesos para nuevas mediciones	Desgaste de piezas sujeto a manual de operación	Presencia de fugas, malos olores y gases en su operación	Los riesgos son mínimos y pueden ser prevenidos
Bueno= 3	Se adapta a cualquier tipo de corriente	Frecuencias trimestrales, bajo costo de mantenimiento, preventivo y predictivo.	Combina más de dos principios; como poleas, ejes, piñones, cadenas, correas para transmisión de potencia	Motor no se calienta, por lo tanto, no pone en riesgo su funcionamiento		Desgaste por vida útil	No contamina el medio ambiente, no presenta fugas de fluidos en su operación	No representa riesgo alguno en su manipulación

Fuente: Tomado de Niebles, (19) (20)

De acuerdo con lo anterior, al evaluar analiza cada criterio y de acuerdo a él, asigna una calificación a las diferentes alternativas propuestas, en una escala que va de 1,2 ó 3 en cada celda de la tabla 2-5; el resultado final de esta evaluación se obtiene de la sumatoria por alternativas de los criterios empleados y la de mayor ponderación, será la tecnología seleccionada para el diseño del banco didáctico; en la tabla 2-5 se muestran los resultados obtenidos con respecto a la ponderación realizada en las diferentes alternativas para la selección del prototipo a partir de la tabla 2-4.

Tabla 2-5: Valoración de alternativas.

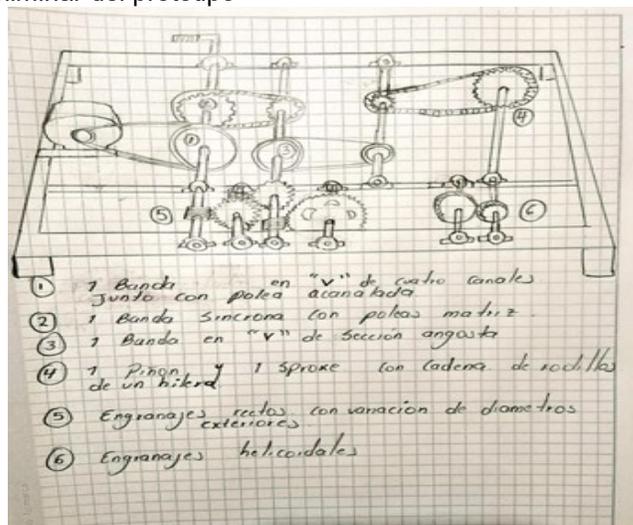
Aspecto Evaluado	Sistema Hidráulico	Sistema Neumático	Sistema eléctrico
Sistema de operación.	2	3	3
Costo mantenimiento.	1	2	2
Principio mecánico empleado.	3	2	3
Condición de temperatura motor.	3	3	3
Versatilidad y uso para el trabajo repetitivo.	1	3	3
Desgaste en accesorios.	3	2	2
Impacto ambiental.	1	3	3
Riesgos en manipulación.	2	3	3
TOTAL	16	21	22

Fuente: Autor.

De acuerdo con la ponderación de la tabla 2-4, la alternativa seleccionada corresponde al uso de un sistema eléctrico para el diseño del prototipo; ya que este sistema permite desde el inicio acoplar mecanismos de transmisión, engranajes, elementos fijos y móviles; lo que implica un entendimiento integral de sistemas de engranajes y de potencia vistos en diseño de máquinas II y mecanismos

2.3. Definición del concepto

Teniendo en cuenta que la alternativa eléctrica fue la seleccionada por obtener una mayor puntuación; se presenta a continuación el primer bosquejo a mano alzada del concepto de prototipo de banco didáctico de engranajes para transmisión de potencia, el cual relaciona sus componentes principales en la figura 2-5.

Tabla 2-6: Diseño preliminar del prototipo

Nota. La figura muestra un diseño preliminar del bando didáctico propuesto y los componentes principales numerados de 1 a 6

Fuente: Autor, 2021

Para el diseño preliminar es necesario tener una vista previa de cada pieza o elemento de la máquina con unas medidas tentativas, para que así se empiece a dimensionar cómo será el tamaño del prototipo.

De acuerdo con lo desarrollado en el capítulo 2 se concluyó que la mejor alternativa a partir del análisis realizado mediante matriz morfológica y la valoración por puntos, corresponde a un bando didáctico eléctrico, ya que obtuvo la mejor puntuación con respecto a los ítems evaluados como costos de mantenimiento, principio de operación, sistemas mecánicos empleados, riesgos en manipulación entre otros.

Por otro lado, la definición del concepto contempla un banco didáctico cuyos componentes incluyen piñones, ejes, poleas, cadena impulsada por un motor eléctrico, los cuales se definirán a partir de los cálculos y dimensionamiento realizados como se indica en el capítulo 3.

Capítulo 3: Cálculos y dimensionamiento

En el siguiente capítulo muestra los cálculos realizados para los diferentes mecanismos diseñados en el banco didáctico, de acuerdo con lo anterior, se parte del mecanismo de transmisión de potencia por correa trapezoidal y poleas, los cálculos de transmisión por cadena y de piñones helicoidales

3.1. Cálculo de transmisión de potencia por correa trapezoidal y poleas

Para la realización de los cálculos partimos del hecho de que el motor a trabajar es de 1 HP a una velocidad angular de 1800 rpm ya que según Myszcza (16) esta capacidad de motor, suministra la potencia necesaria para transmitir el movimiento a un mecanismo correa-polea; esta decisión se toma bajo el argumento de que si comparamos un motor de 0.25, 0.5 y de 1 hp tiene el mismo valor comercial, por ende al comparar potencia entregada vs Precio, resulta más conveniente para el proyecto tomar ese rango de potencia.

Para determinar la potencia efectiva de diseño, el autor sugiere el uso de la siguiente ecuación (3.1)

$$N_d = N \cdot f_s \quad (3.1)$$

De donde:

N_d =potencia efectiva de diseño

N =potencia a transmitir

f_s =factor de servicio de la transmisión

Este factor de servicio se obtiene de la figura 3-1 como se indica a continuación:

Figura 3-1: Factor de servicio (Fs)

Máquina accionada		Máquina motriz					
Clase	Ejemplos	Motores eléctricos (C.A. de arranque suave, C.D. con arrancador estrella delta, C.D. Shunt), motores de combustión interna con más de 4 cilindros, máquinas con acoples flexibles.			Motores eléctricos (C.A. de arranque directo, C.D. serie y compuesto), máquinas de combustión interna con menos de 4 cilindros.		
		Horas de trabajo diarias			Horas de trabajo diarias		
		<10	10 a 16	>16	<10	10 a 16	>16
1 (servicio ligero)	Agitador (densidad uniforme). Ventilador y soplador (<7.5kW). Compresor y bomba centrífuga. Banda transportadora (carga uniforme).	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
2 (servicio medio)	Agitador (densidad variable). Ventilador y soplador (>7.5kW). Compresor y bomba rotatoria. Banda transportadora (carga no uniforme), Generador, Lavadora, Eje de transmisión. Máquina herramienta, Imprenta, Máquina para madera.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
3 (servicio pesado)	Máquina para fabricar ladrillo. Elevador, Compresor y Bomba recíproca. Transportadora (carga pesada), Montacargas, Molino de percusión, Pulverizadora, Prensa, Cizalla, Maquinaria para caucho, Vibrador, Maquinaria textil	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
4 (servicio extra pesado)	Troqueladora, Laminadora Trituradora circular, de mordazas, de rodillos Molino triturador de bolas y de barras	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Nota: Para transmisiones con reducción de velocidad: Si $(1.0 < i < 1.24)$ multiplique f_s por 1.0 Si $(1.25 < i < 1.74)$ multiplique f_s por 1.05 Si $(1.75 < i < 2.49)$ multiplique f_s por 1.11 Si $(2.5 < i < 3.49)$ multiplique f_s por 1.18 Si $(i > 3.5)$ multiplique f_s por 1.25							

Fuente: Myszcza (16)

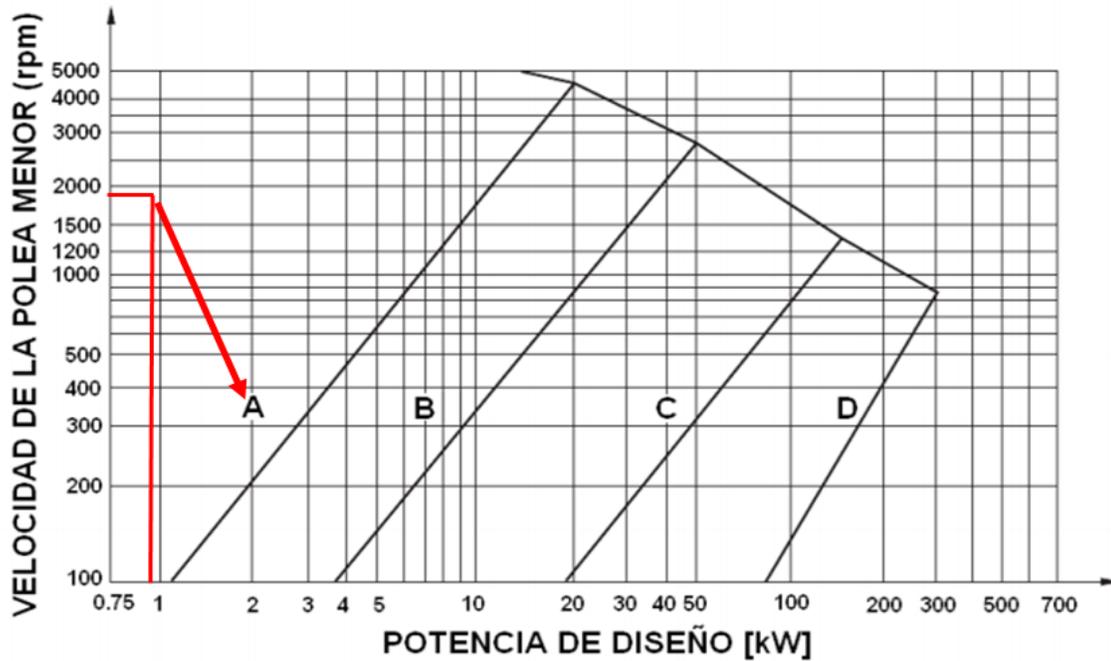
En este caso según la tabla de factores de servicio, se opta por un servicio medio, ya que se ajusta a las condiciones del banco didáctico al tener un eje de transmisión, y al ser un motor eléctrico A.C de arranque directo con un periodo de 10 a 16 horas de trabajo. Por tanto, el factor de servicio será de 1.3; al reemplazar este valor en (3.1) se obtiene la potencia efectiva de diseño.

$$N_d = 0.745 \text{ KW} * 1.3$$

$$N_d = 0.968 \text{ KW}$$

Calculada la potencia de diseño, se selecciona el perfil ideal de la correa por tabla, en función de su velocidad angular tomando como criterio la potencia efectiva de diseño.

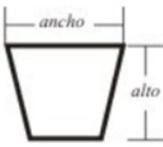
Figura 3-2: Selección perfil correa trapezoidal



Fuente: Disponible en internet (17)

Para una potencia de 0.968 KW, a una velocidad angular de 1800 rpm, la correa trapezoidal es tipo A; sus características se indican en la figura 3-3.

Figura 3-3: Tipos de correa Trapezoidales

<i>Sección Transversal</i>	<i>Tipo de Correa</i>	<i>Pulgadas</i>		<i>Milímetros</i>	
		<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>
	HA	0.50	0.31	12.70	7.90
	HB	0.66	0.41	16.70	10.30
	HC	0.88	0.53	22.20	13.50
	HD	1.25	0.75	31.80	19.00
	HE	1.50	0.91	38.10	23.00

Fuente: Disponible en internet (18)

Definido el tipo de correa se procede con la selección del diámetro de la polea, la cual viene dada por el diámetro efectivo de la polea en función a la distancia entre centros y a

su relación, la relación de transmisión en este caso será de 3:1. Para este cálculo Shigley, (19) , sugiere el uso de la ecuación (3.2), de donde:

i = relación de transmisión deseada

d_1 = Diámetro de la polea motriz

d_2 =: Diámetro de la polea accionada

Al calcular se tiene:

$$i = d_2/d_1 \quad (3.2)$$

$$3 = d_2/d_1$$

La selección de las poleas se realiza con base en los catálogos que proporcionan los fabricantes de transmisiones por correa trapecial. De acuerdo con lo anterior los diámetros de perfil estándar son:

Figura 3-4: Diámetros de perfil

Perfil	A	B	C	D
Diámetro mínimo [mm]	71	112	180	355

Fuente: Ingemecánica, (20)

Sin embargo, por medidas comerciales de material, se opta por un diámetro de 75 mm para ajustar el diámetro en función a un material de 3" 76.2mm, de donde al reemplazar en (3.2), se tiene:

$$d_2 = 3 * 75 \text{ mm}$$

$$d_2 = 225 \text{ mm}$$

Como ya se tiene los datos de los diámetros, se procedió a determinar la velocidad de la correa, para lo cual Myszca (16) propone la siguiente ecuación:

$$v = \frac{n_1 * \pi * d_1}{60000} = \frac{n_2 * \pi * d_2}{60000} \quad (3.3)$$

Al reemplazar estos valores en (3.3) se tiene que la velocidad de la correa es:

$$v = \frac{1800 * \pi * 75mm}{60000}$$

$$v = 7.06 \text{ m/s}$$

Con los datos de los diámetros se estima adicionalmente la distancia entre centros de las poleas, según la ecuación (3.4), que dicta la normativa DIN 7753.

$$a = 2 * (d_1 + d_2) \quad (3.4)$$

Como se conocen los diámetros, entonces se tiene: $a = 2 * 75 - 225$)

$$a = 300 \text{ mm}$$

Con los datos anteriores Myszca (16) en su libro de máquinas y mecanismos establece que para el cálculo de la longitud de la correa se debe emplear la ecuación (3.5)

$$L_0 = 2 * a + \frac{\pi}{2} * (d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 * a} \quad (3.5)$$

De donde al reemplazar los valores calculados anteriormente en (3.5), se obtiene la longitud la cual arroja el siguiente resultado:

$$L_0 = 2 * 300 + \frac{\pi}{2} * (225 + 75) + \frac{(225 - 75)^2}{4 * 300}$$

$$L_0 = 920.32 \text{ mm}$$

$$L_0 \approx 920 \text{ mm}$$

Al verificar los ciclos de tensión dados por la ecuación (3.6), se obtiene la cantidad de flexiones por segundo como lo indica la ecuación (3.6):

$$i_f = 1000 * n_p * \frac{v}{L_0} \quad (3.6)$$

$$i_f = 1000 * 1 * \frac{7.06 \text{ m/s}}{1.4 \text{ m}}$$

$$i_f = 5042.85 \text{ s}$$

De acuerdo con los cálculos realizados en este epígrafe se concluye que la potencia efectiva de diseño es de 0.968 KW, a una velocidad angular de 1800 rpm, la correa trapezoidal es tipo A y trabaja a una velocidad de 7.06 m/s; la distancia entre ejes de la correa trapezoidal y las poleas es de 300 mm y la longitud de la correa es de 920 mm; establecidos los parámetros del primer sistema de transmisión, se procede a determinar

mediante cálculos los parámetros de transmisión por cadena que componen el banco como se indica a continuación en el ítem 3.2.

3.2. Cálculo de transmisión de potencia por cadenas

Una vez calculada y estudiada la transmisión por poleas, se genera una salida por transmisión de cadena; para lo cual los datos utilizados serán los siguientes:

Potencia: 1HP (0.746 KW)

Número de revoluciones

$$n_1 = 600 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 200 \text{ rpm}$$

Distancia entre centros: 305 mm

El coeficiente o factor de trabajo f_1 viene dado por:

Figura 3-5: Coeficiente f_1

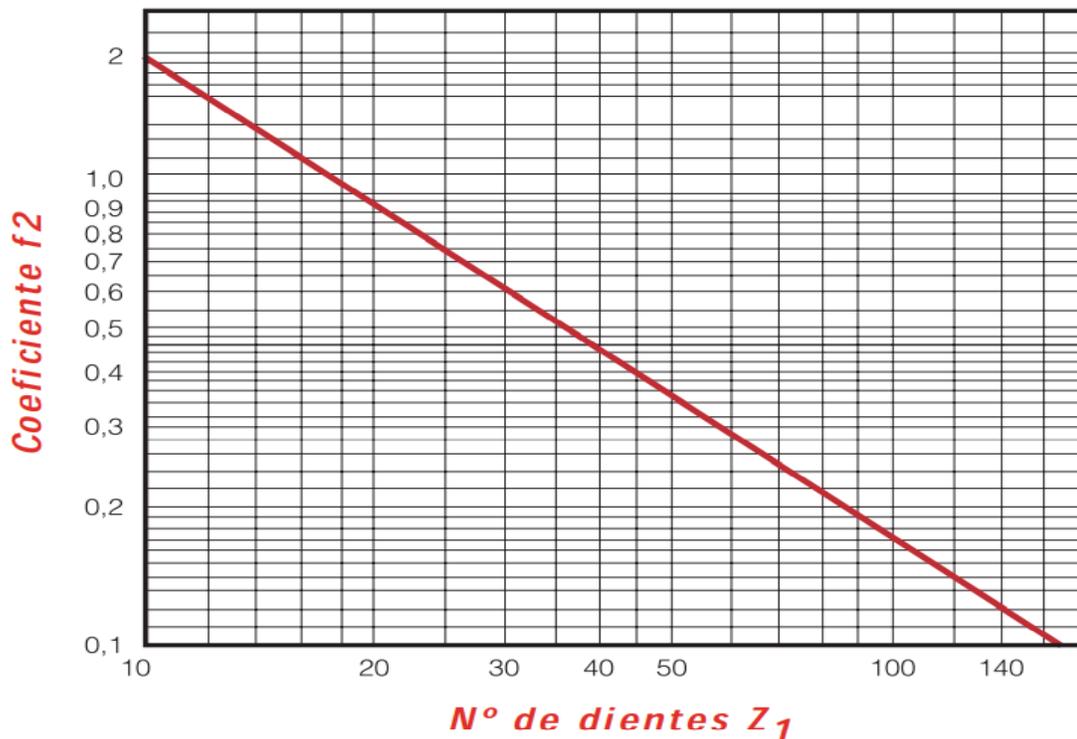
Tipo de carga	Ejemplo de máquinas	Motor eléctrico o turbina	Accionamiento	
			Motor de combustión interna Trans. hidráulica	Trans. mecánica
Regular	Agitadores de líquidos. Bombas centrífugas y de engranajes. Compresores centrífugos. Elevadores y transportadores con carga regular. Generadores y alternadores. Hiladoras. Maquinaria de imprenta. Maquinaria para la fabricación de papel. Montacargas y ascensores. Teleféricos. Maquinas herramientas (toros, taladradoras, fresadoras, rectificadoras). Ventiladores y máquinas soplantes.	1	1	1,2
Irregular	Agitadores de sustancias poco fluidas. Bombas de émbolo de más de 2 cilindros. Compresores alternativos de más de 2 cilindros. Hélices (aplicaciones marinas). Elevadores y transportadores con carga irregular. Laminadoras. Mezcladores. Maquinaria para carpintería. Maquinaria para formar tubos. Trefiladoras. Molinos para materias homogéneas y blandas. Telares.	1,3	1,2	1,4
A golpes	Aparejos de elevación. Bombas de 1 y 2 cilindros. Dragas. Excavadoras. Elevadores y transportadores con carga muy irregular y pesada. Grúas. Maquinaria para perforación. Maquinaria para fabricar ladrillos. Maquinas herramientas (prensas, cizallas, limadoras, cepilladoras). Molinos para materias duras e irregulares. Rotocultivadores. Trituradoras.	1,5	1,4	1,7

Fuente: Ingemecánica, (20)

Como se trata de una transmisión mecánica, se opta por un factor $f_1 = 1.2$, como se indica en el círculo de selección de la figura 3-5; A continuación, se selecciona el coeficiente f_2 de tamaño en función al número de dientes, para lo cual se determina un numero de dientes Z_1

$$Z_2 = 15$$

Figura 3-6: Coeficiente f_2



Fuente: Ingemecánica, (20)

De acuerdo con la figura 3-6, al relacionar el número de dientes z_1 con el coeficiente, el valor de $f_2 = 1.2$

Conocidos los valores de los coeficientes, se procede a determinar el coeficiente de distancia entre centros en función a la relación como lo propone JORESA (21).

Figura 3-7: Coeficiente f3

		Relación de transmisión							
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	8:1
Distancia entre centros, C	20 pasos	1,45	1,25	1,15	1,08	1,03	0,99	0,96	0,92
	30 pasos	1,31	1,14	1,06	1,01	0,97	0,94	0,91	0,87
	40 pasos	1,22	1,07	1,00	0,95	0,92	0,89	0,86	0,84
	50 pasos	1,15	1,01	0,95	0,91	0,88	0,85	0,83	0,81
	60 pasos	1,08	0,97	0,91	0,87	0,85	0,82	0,81	0,78
	80 pasos	1,00	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73

Fuente: JORESA (21)

De acuerdo con la figura 3-7, la relación de transmisión es

$$i = 3$$

Para determinar el coeficiente de distancia entre centros, se asume una distancia de 20 pasos tentativa para su corrección, $f_3 = 1.15$

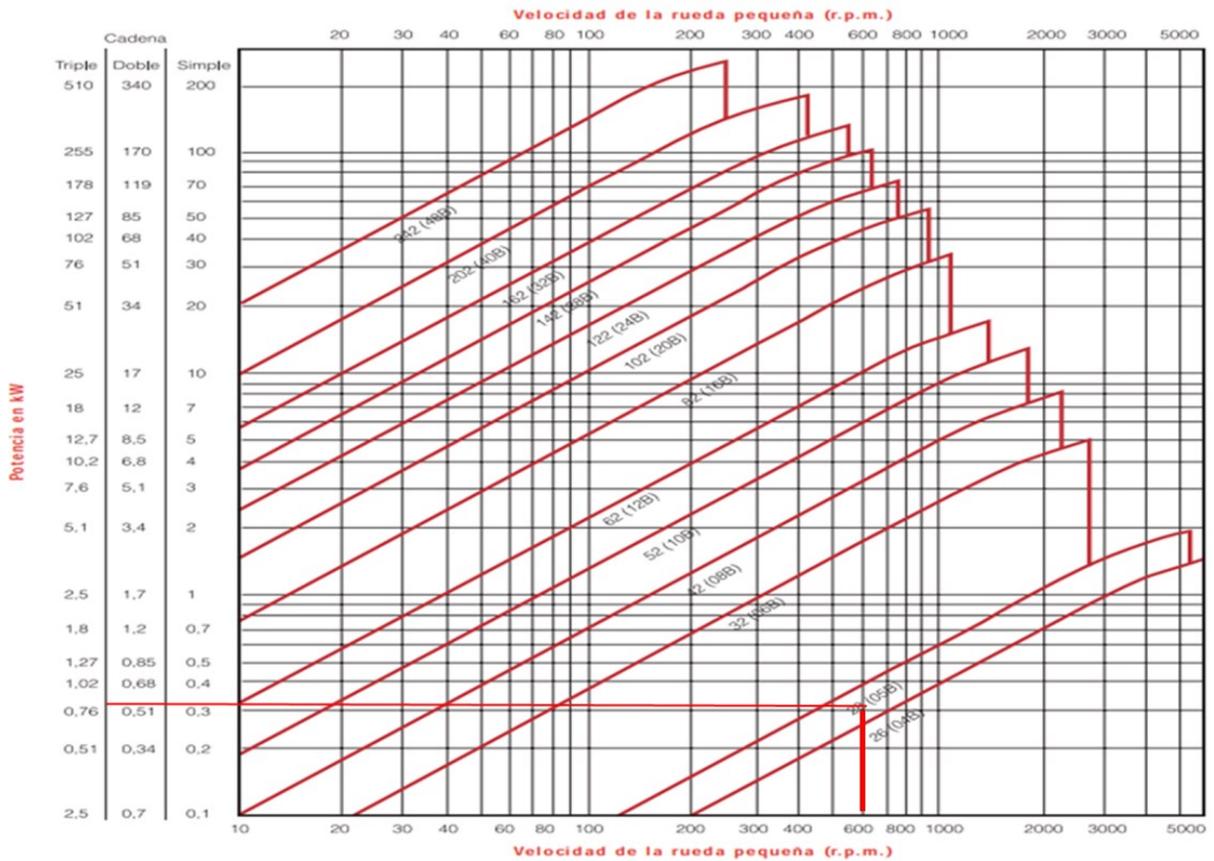
Una vez obtenidos los factores f_1 , f_2 y f_3 . Se calcula la potencia corregida como se indica a continuación:

$$W_c = 0.746 * 1.2 * 1.2 * 1.15$$

$$W_c = 1.23 \text{ KW}$$

Con los datos de la potencia y a la velocidad angular de la rueda conductora, se establece o determina el tipo de cadena como se indica a continuación en la figura 3-8.

Figura 3-8: Gráfico para la selección de cadenas Norma ISO 606 (Serie europea)



Fuente: JORESA (21)

La cadena adecuada para la potencia y la velocidad angular, es un paso 28(0.5B), de acuerdo con lo anterior dicho valor homologado a nivel comercial se tiene:

Figura 3-9: referencias de cadenas comerciales en norma ANSI

Ref.	PASO (mm.)	PASO (pulg.)	Ancho Interior	Ø Rod.	Ø Eje	Grueso Mallas		Ancho Entre Filas e	Ancho max. S/ejes F1	Ancho total cadena F	Superf. Articul. cm2.	Carga de Rotura Kp.	Peso por metro Kg/mtr.
						S1	S2						
04C	6,35	1/4	3,18	3,30	2,30	0,73	0,73	--	8,00	12,50	0,11	450	0,140
06C	9,525	3/8	4,77	5,08	3,59	1,25	1,25	--	11,90	17,50	0,27	1050	0,330
08A-1	12,70	1/2	7,95	7,92	3,96	1,50	1,50	--	16,30	21,50	0,45	1850	0,640
10A-1	15,875	5/8	9,53	10,16	5,08	2,00	2,00	--	20,10	26,50	0,71	2900	1,060
12A-1	19,05	3/4	12,70	11,91	5,94	2,40	2,40	--	28,00	32,00	0,97	3900	1,580
16A-1	25,4	1	15,88	15,88	7,92	3,20	3,20	--	35,30	44,50	1,76	6700	2,610
20A-1	31,75	1 1/4	19,05	19,05	9,53	4,20	4,20	--	43,40	55,50	2,58	11000	3,800
24A-1	38,10	1 1/2	25,40	22,23	11,10	4,80	4,80	--	53,40	67,00	3,90	15500	5,550
28A-1	44,45	1 3/4	25,40	25,40	12,70	5,60	5,60	--	56,40	74,00	4,67	21000	7,700
32A-1	50,80	2	31,75	28,58	14,27	6,30	6,30	--	68,50	85,50	6,40	26500	10,000
40A-1	63,50	2 1/2	38,10	39,67	19,84	8,00	8,00	--	76,50	111,00	10,85	43000	16,690

Fuente: DIAMOND, (22)

En normativa ANSI sería una cadena de paso 3/8" o en normativa DIN es paso 9.525mm.

3.3. Cálculo de transmisión por piñones helicoidales.

El ítem sobre cálculo de transmisión por piñones helicoidales contempla el análisis de las relaciones del primer, segundo y tercer tren, en donde se determinarán la potencia, el torque y el módulo del diente para cada engranaje.

3.3.1. Relación del primer tren 3:1

La implementación de una relación de tren 3:1, se da en virtud del libre criterio del diseñador, por medio de la potencia y relación se determinan módulos en piñones y cadenas, poleas y correas. Con la relación 3:1 el banco facilita la interacción didáctica y práctica de la transmisión de potencia, no se escoge una relación 2:1 por los tamaños constructivos de piñones, tampoco se usa una relación superior, pues el tamaño del banco didáctico aumentaría.

Para establecer la relación del primer tren se determina el torque del motor en función de su velocidad angular y la potencia, la cual según Myszcza (16), se determina con la siguiente expresión.

$$P = T * w = \frac{T * n}{\frac{60}{2\pi}} \quad (3.7)$$

De donde:

P= potencia del motor KW

T= torque o par motor (N.m)

w= velocidad en radianes rad/s

n= revoluciones por minuto rpm

Ahora bien, como 200 rpm son equivalentes a 20.94 rad/s, se plantea la expresión para calcular el torque, la cual queda de la siguiente manera, según la ecuación (3.7):

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$T = \frac{0.746 \text{ KW}}{20.94 \text{ rad/s}}$$

$$T = 0.035 \text{ N.m}$$

$$T = 0.0036 \text{ Kg.m}$$

$$T = 3.6 \text{ Kg.mm}$$

Con el valor del torque se determina el módulo del diente del engranaje por esfuerzo máximo, de lo cual se tienen, los siguientes datos: los ángulos del engranaje se tomaron en función del criterio del diseñador, al aumentar el Angulo aumenta el diámetro exterior.

β = Angulo de la hélice 15°

α = Angulo de presión 20°

$Z_1=15$

$Z_2=45$

b = ancho del diente en cm, 2.5cm

Según Shigley, (19) Para el cálculo del módulo utilizamos la siguiente formula

$$m = \sqrt[3]{\frac{2.T.\cos^4 \beta.(i\pm 1)}{K_{adm}.\Psi.Z_1^2.\sin \alpha.\cos \alpha}} * Ef \quad (3.8)$$

Ef = eficiencia determinada por el diseñador

Al despejar nuestro K_{adm} , con la siguiente formula se obtiene

$$K_{adm} = \frac{\sigma}{1.25} \quad (3.9)$$

De donde:

σ = esfuerzo maximo a traccion acero AISI SAE 8620 65 Kg/mm², lo cual al remplazar en (3.9), resulta:

$$K_{adm} = \frac{65 \text{ Kg/mm}^2}{1.25}$$

$$K_{adm} = 52 \text{ Kg/mm}^2$$

Para seleccionar el factor de guiado Ψ , se recurre a la figura

Figura 3-10: Factor de guiado

FACTOR DE GUIADO Ψ	
Flancos en bruto, poca velocidad y montaje deficiente	5
Calidad y condiciones normales	10
Tallado muy exacto, montaje muy preciso y buen asiento de cojinetes y apoyo rígido de estos	15-20 (casos excepcionales hasta 30)

Fuente: Molt (23).

De la figura 3-10, se establece que dicho factor de guiado aplicar en condiciones normales, para lo cual su valor es de: $\Psi = 10$

De acuerdo con lo anterior reemplazamos los valores hallados en la formula (3.8), de donde se obtiene el siguiente valor:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 * 3.6 \text{ Kg.mm} * \cos^4 15 * (3 + 1)}{52 \text{ Kg/mm}^2 * 10 * \sin 20 * \cos 20}} * 2$$

$$m = 1.06$$

$$m \approx 1$$

En relación a los cálculos determinados en el primer tren se concluye que el torque aplicado en esta relación es de 3.6 Kg.mm lo que conlleva a trabajar con un modulo cuyo valor es de 1, que refiere condiciones de trabajo normales para el tren.

3.3.2. Relación del segundo tren 3:1

Partiendo de los siguientes datos se determina la velocidad angular y el torque del tren de la siguiente manera:

$\beta =$ Angulo de la hélice 15°

α = Angulo de presión 20°

$Z_1=15$

$Z_2=45$

b = ancho del diente en cm, 3 cm

La velocidad angular en el eje de entrada del segundo tren se determina mediante:

$$n = \frac{66.6 \text{ rpm}}{3} = 22.2 \text{ rpm}$$

Calculando el torque en función a la relación del tren se tiene:

$$T = 3.6 \text{ Kg. mm} * 3 = 10.8 \text{ Kg. mm}$$

Al despejar el módulo mediante la ecuación (3.8) se tiene:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 * 10.8 \text{ Kg. mm} * \cos^4 15 * (3 + 1)}{52 \text{ Kg/mm}^2 * 10 * \sin 20 * \cos 20}} * 2$$

$$m = 1.53$$

$$m \approx 1.5$$

En relación a los cálculos determinados en el segundo tren, se concluye que el torque aplicado en esta relación es de $10,8 \text{ Kg. mm}$, comparado con el primer tren es el doble, lo que conlleva a trabajar con un módulo cuyo valor es de 1,5, refiere unas condiciones de trabajo normales para el tren.

3.3.3. Relación del tercer tren 3:1

Partiendo de los siguientes datos se determina la velocidad angular y el torque del tren de la siguiente manera:

β = Angulo de la hélice 15°

α = Angulo de presión 20°

$Z_1=15$

$Z_2=45$

b = ancho del diente en cm, 3.5 cm

La velocidad angular en el eje de entrada del tercer tren se determina mediante:

$$n = \frac{22.2 \text{ rpm}}{3} = 7.4 \text{ rpm}$$

Calculando el torque en función a la relación del tren se tiene:

$$T = 10.8 \text{ Kg. mm} * 3 = 32.4 \text{ Kg. mm}$$

Al despejar el módulo mediante la ecuación (3.8) se tiene

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 * 32.4 \text{ Kg. mm} * \cos^4 15 * (3 + 1)}{52 \text{ Kg/mm}^2 * 10 * \sin 20 * \cos 20}} * 2$$

$$m = 2.21$$

$$m \approx 2.25$$

En relación a los cálculos determinados en el tercer tren, se concluye que el torque aplicado en esta relación es de 32,4 Kg.mm , que comparado con el segundo tren es el triple de la fuerza entregada, lo que conlleva a trabajar con un módulo cuyo valor es de 2,25, refiere unas condiciones de trabajo superiores o de mayor desgaste para el tren.

De acuerdo con los cálculos obtenidos se puede concluir que para el caso del sistema de transmisión por correa trapezoidal y poleas la potencia efectiva de diseño es de 0.968 KW, a una velocidad angular de 1800 rpm, la correa trapezoidal es tipo A y trabaja a una velocidad de 7.06 m/s; la distancia entre ejes de la correa trapezoidal y las poleas es de 300 mm y la longitud de la correa es de 920 mm; en el caso de la transmisión por cadena la cadena adecuada para una potencia corregida de 1.23 KW, en normativa ANSI es de paso 3/8" o en normativa DIN es de paso 9.525mm; en lo que respecta a la transmisión por piñones helicoidales los parámetros indican torques en condiciones normales para su operación en conjunto con los módulos de operaciones de dichos trenes; de acuerdo con los datos obtenidos en este capítulo se procede a construir el banco en función de los parámetros de diseño contemplados en los planos anexados en el presente documento como se indica en el capítulo 4.

Capítulo 4: Construcción del banco didáctico de engranajes para transmisión de potencia

Para iniciar el proceso de construcción del banco debemos considerar inicialmente las piezas adquiridas, mecanizadas, de soldadura y ensamble con el fin de poder visualizar y entender en la práctica la construcción del banco didáctico para transmisión de potencia; de acuerdo con lo anterior se tiene:

4.1. Componentes adquiridos

Para la construcción del banco debemos partir de la base de la identificación de elementos que se adquirieron como el caso del motor; a partir de estos se desarrollaron los cálculos; este elemento hace parte del proceso de ensamble del banco.

Las características de este, corresponden a las determinadas en el epígrafe 3.1, el cual establece que el motor a trabajar es de 1 hp a una velocidad angular de 1800 rpm ya que según Myszcza (16) esta capacidad de motor, suministra la potencia necesaria para transmitir el movimiento a un mecanismo correa-polea.

Figura 4-1: Motor eléctrico para banco didáctico

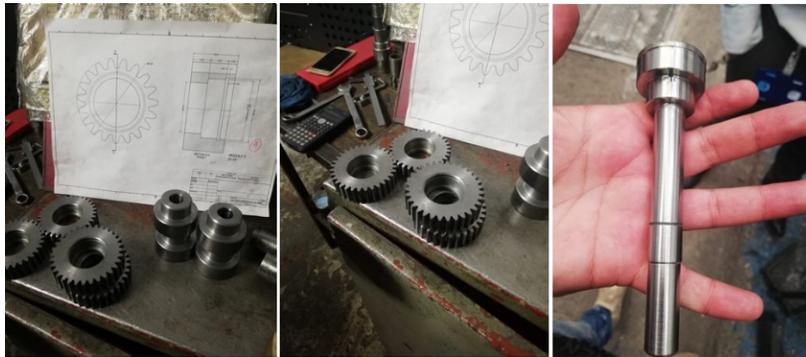


Fuente: Motovario, (29)

4.2. Componentes mecanizados

Estos componentes hacen referencia a los piñones, ejes los cuales se encuentran parametrizados en los planos de los anexos D, E y F como se indica en la figura 4-2

Figura 4-2: Mecanizado piezas piñón, eje



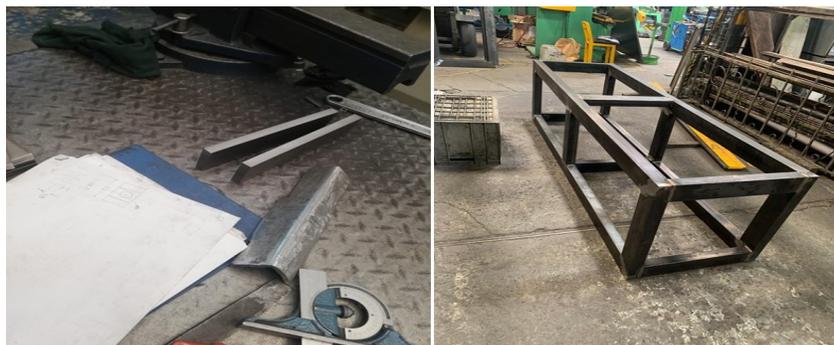
Fuente: Autor

Estas piezas se fabricaron siguiendo los criterios establecidos en los cálculos y parametrizados en los planos anexados en el presente documento; para su fabricación se emplearon equipos como torno convencional y una fresadora en las instalaciones de la empresa Industrias SAAB en la ciudad de Bogotá.

4.3. Componentes mediante equipo de soldadura

La pieza o componente en la que se utilizó soldadura corresponde al chasis o estructura del banco, el cual tiene como función servir de soporte de todos los demás componentes para el banco como se indica en la figura 4-3

Figura 4-3: Chasis banco didáctico



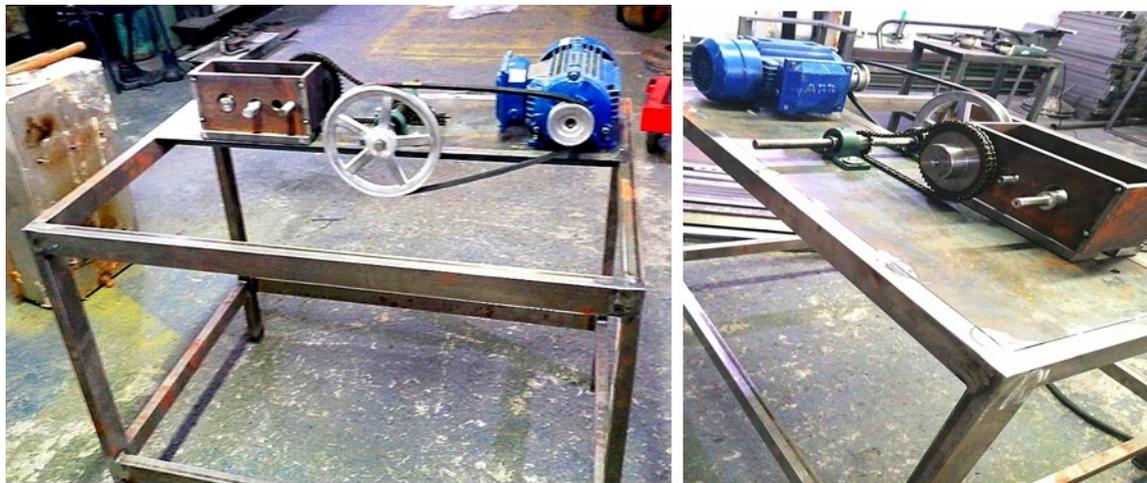
Fuente: Autor

La figura 4-3 muestra el chasis del banco terminado mediante soldadura por electrodo realizada con equipo de arco.

4.4. Construcción banco didáctico

Como resultado de las etapas anteriores, se tiene el proceso final de construcción, el cual corresponde al Banco didáctico de engranajes para transmisión de potencia en la Universidad Antonio Nariño.

Figura 4-4: Ensamble chasis, motor, caja reductora, polea, piñón, correa y cadena



Fuente: Autor.

La figura 4-3, muestra el banco didáctico de engranajes para cálculo de transmisión de potencia.

Realizado el proceso de construcción de los diferentes elementos que componen el bando didáctico de engranajes para transmisión de potencia, se dio cumplimiento al capítulo 4 y al objetivo general del proyecto; ya que cada elemento propuesto fue diseñado, mecanizado y empleado para la conformación de banco didáctico.

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se diseña y construye un banco didáctico de engranajes que permite alcanzar una formación integral en áreas temáticas que incluyen diseño de ejes, esfuerzos, transmisión de potencia, curvas de velocidad, fuerza, cadenas, piñones y engranajes mixtos; Este banco será usado para prácticas de laboratorio en la universidad Antonio Nariño sede Neiva.

Se identifica y se establece que, para el banco didáctico de engranajes los sistemas que garantizan el fortalecimiento de las competencias asociadas con las asignaturas de mecanismo y diseño mecánico I y II, comprenden los sistemas de transmisión de potencia por correa trapezoidal y poleas, los de cadenas y los de transmisión por piñones helicoidales, dada la importancia que tienen estos en su uso para diferentes industrias.

El prototipo elaborado a partir del software inventor versión 2021, tiene como características principales un motor de 1 HP, el cual posee una velocidad angular de 1800 rpm; a partir de ello se realizaron cálculos, los cuales indicaron que el torque al que trabaja el primer tren en una relación de correa trapezoidal y poleas es de 3.6 Kg.mm; dicho tren está sometido a un esfuerzo máximo a tracción del acero AISI SAE 8620 de $65 \text{ Kg/} [\text{mm}]^2$; la correa seleccionada es de tipo A y su diámetro es de 75 mm; el segundo tren lo componen la transmisión por cadenas, que de acuerdo a los cálculos, corresponde a un paso de 28 (0.5B) y cuya medida es de 1 $\frac{3}{4}$ " o en normativa DIN es paso 45mm y que trabaja a una velocidad angular de 1.23 rpm; el tercer sistema de transmisión, está compuesto de tres trenes de piñones helicoidales.

La guía de laboratorio diseñada, comprende tres Prácticas desarrolladas por cada tren de potencia que contiene el banco didáctico; El primer tren evalúa la relación entre la correa trapezoidal y poleas a partir del cálculo del torque de entrada y salida, y la velocidad angular de entrada y salida. El segundo tren evalúa la transmisión piñón cadena a partir del torque y su relación de piñón; con respecto al tercer tren este se deriva de la caja reductora en donde se busca determinar la velocidad angular y el torque máximo y la relación de cada tren a partir del número de dientes del piñón y la rueda. Se diseñó un manual de mantenimiento y operación del banco didáctico con el fin de que tanto el estudiante y el docente puedan manipular desde una perspectiva de seguridad industrial el banco didáctico.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda evaluar a futuro, la automatización del sistema de control y mando para el sistema de engranaje y el motor.

Se deben elaborar otras prácticas de laboratorio como por ejemplo diseño y cálculo de ejes; así como el cálculo de palancas.

Es de suma importancia seguir al pie de la letra las recomendaciones de seguridad en el trabajo que trae o tiene establecidas de forma preventiva el manual de operación.

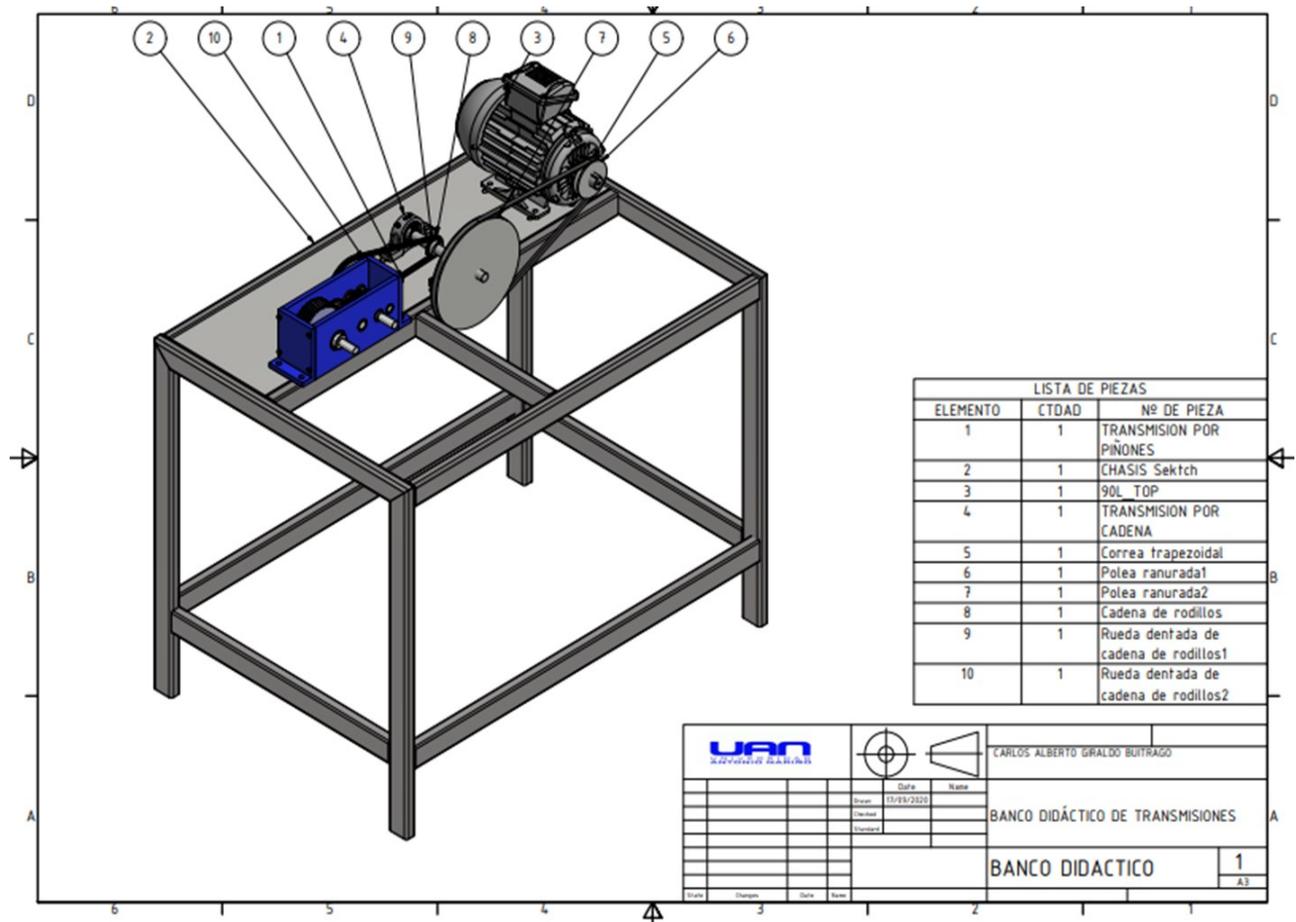
Se recomienda un video tutorial de uso del banco que dinamicé y entregué de forma clara el proceso, sus componentes y su función de los elementos del banco.

Bibliografía

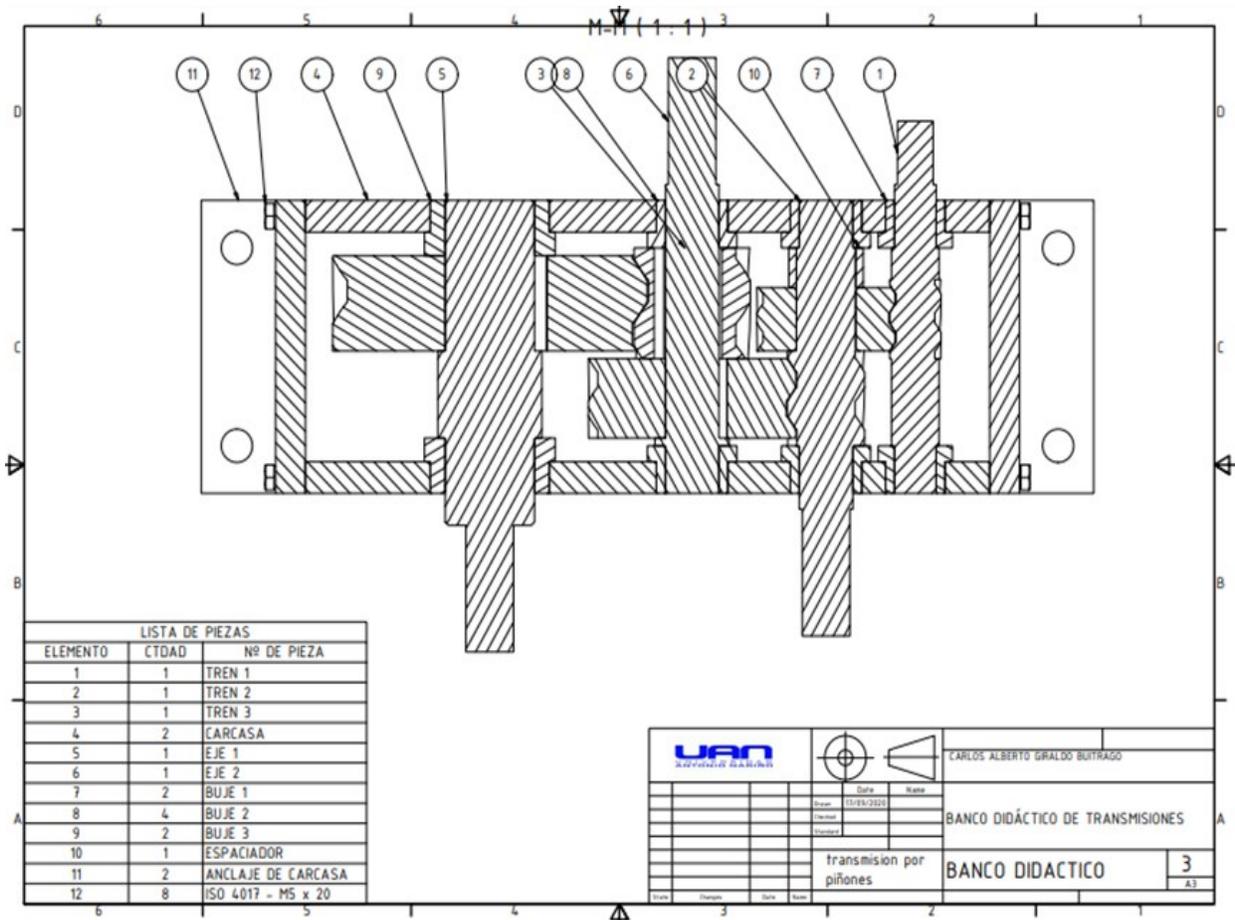
1. **Cardenas R, Ivan D.** *La Relación teorico-Práctica como estrategia didáctica.* Palmira : Unacional, 20014.
2. **Cortés, Carmen B, Izar L, Juan M y Bocarando C, Jacqueline G.** *El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras.* Queretaro (Mexico) : ITA, 2017. 3.
3. **Rojas A, Victor G y Valdiri G, Andrés M.** *Diseño y construcción de un banco de prácticas de sistema .* Bogotá : U. Santo Thomas, 2015.
4. **Universidad Antonio Nariño.** *Syllabus.* Bogotá : UAN, 2020.
5. **Martinez H, Pedro N.** *Methodological proposal for design of a test bench for straights cylindrical gears.* Bogota : Dialnet, 2013.
6. **Hincapié V, Greardo A.** *Diseño y construcción de un banco de pruebas para mecanismos manivela -deslizador.* pereira : UTP, 2014.
7. **Galarza V, Luis y Pérez B, Bryan.** *Diseño y construcción de un banco didáctico de una caja de cambios manual de tres ejes, utilizada en vehículos pesados, para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz.* Riobamba (Ecuador) : dspace, 2014.
8. **Espino, Piero, Lizarraga, Alejandro y Olaguez, Eugenia.** *Prototipo didáctico para la enseñanza de vibraciones mecánicas mediante el diseño de un banco de pruebas de desbalance y velocidad crítica.* Puebla (Mexico) : Reserchgate, 2017.
9. **Gamboa B, Karen J y Franco R, Johan Sebastián.** *Diseño de un banco didáctico para ensayos de transmisión de potencia.* Bogota : U. Distrital, 2019.
10. **Ingemecánica.** Ingemecánica. [En línea] Ingemecánica, 7 de Febrero de 2021. [Citado el: 15 de Enero de 2021.] <https://ingemecánica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>.
11. **ikastaroak.** ikastaroak. [En línea] ikastaroak, 1 de Enero de 2020. [Citado el: 20 de enero de 2021.] https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/PPFM/IG/IG03/es_PPFM_IG03_Contenidos/website_32_representacin_de_rodamientos.html.
12. **bibing.** <http://bibing.us.es/>. [En línea] 12 de Enero de 2019. [Citado el: 17 de Enero de 2021.] <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4483/fichero/6.+Engranajes.pdf>.
13. **ingmecafenix.** ingmecafenix. [En línea] 18 de Junio de 2020. [Citado el: 20 de Enero de 2021.] <https://www.ingmecafenix.com/mecánica/tipos-de-engrane/>.

14. **cesarruiz.webnode.** cesarruiz.webnode. [En línea] 12 de Enero de 2019. [Citado el: 2 de Marzo de 2021.] <http://files.cesarruiz.webnode.com.co/200000094-cec46d0fac/TransmisionPorCadenas.pdf>.
15. **Rojas A, Victor y Valdiri, Andres.** *Diseño y construcción de un banco de prácticas Motor-Reductor.* Bogotá : U. Santo tomas, 2015.
16. **Myszca, David.** *Máquinas y mecanismos.* Mexico D.f. : Pearson, 4 ta edicion, 2012.
17. **Ingemecánica.** Ingemecánica. [En línea] Ingemecánica, 11 de febrero de 2014. [Citado el: 15 de Abril de 2020.] <https://ingemecánica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>.
18. **ikastaroak.** ikastaroak. [En línea] ikastaroak, 2 de Julio de 2019. [Citado el: 12 de abril de 2020.] https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/DFM/DPM/DPM06/es_DFM_DPM06_Contenidos/CálculoCorreasTrapeziales.html.
19. **Budunas, Richard y Keith N, j.** Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* New york : Mc Graw Hill, 2014, págs. 99-100.
20. **Ingemecánica.** Ingemecánica. *Ingemecánica.* [En línea] Ingemecánica, 12 de Enero de 2020. [Citado el: 1 de Marzo de 2021.] <https://ingemecánica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>.
21. **JORESA.** JORESA. *JORESA.* [En línea] JORESA, 1 de Enero de 2020. [Citado el: 4 de Marzo de 2021.] https://irp-cdn.multiscreensite.com/81612fc9/files/uploaded/cadena_transmision_cálculo.pdf.
22. **DIAMOND.** DIAMOND. *DIAMOND.* [En línea] DIAMOND, 12 de Enero de 2020. [Citado el: 27 de Marzo de 2021.] <https://studylib.es/doc/4563198/gu%C3%ADa-sobre-cadenas-con-aditamentos-seg%C3%BAAn-las>.
23. **Molt, Robert.** Diseño de Elementos de Máquina. *Diseño de ejes.* Dayton : Pearson, 2006, págs. 540-551.

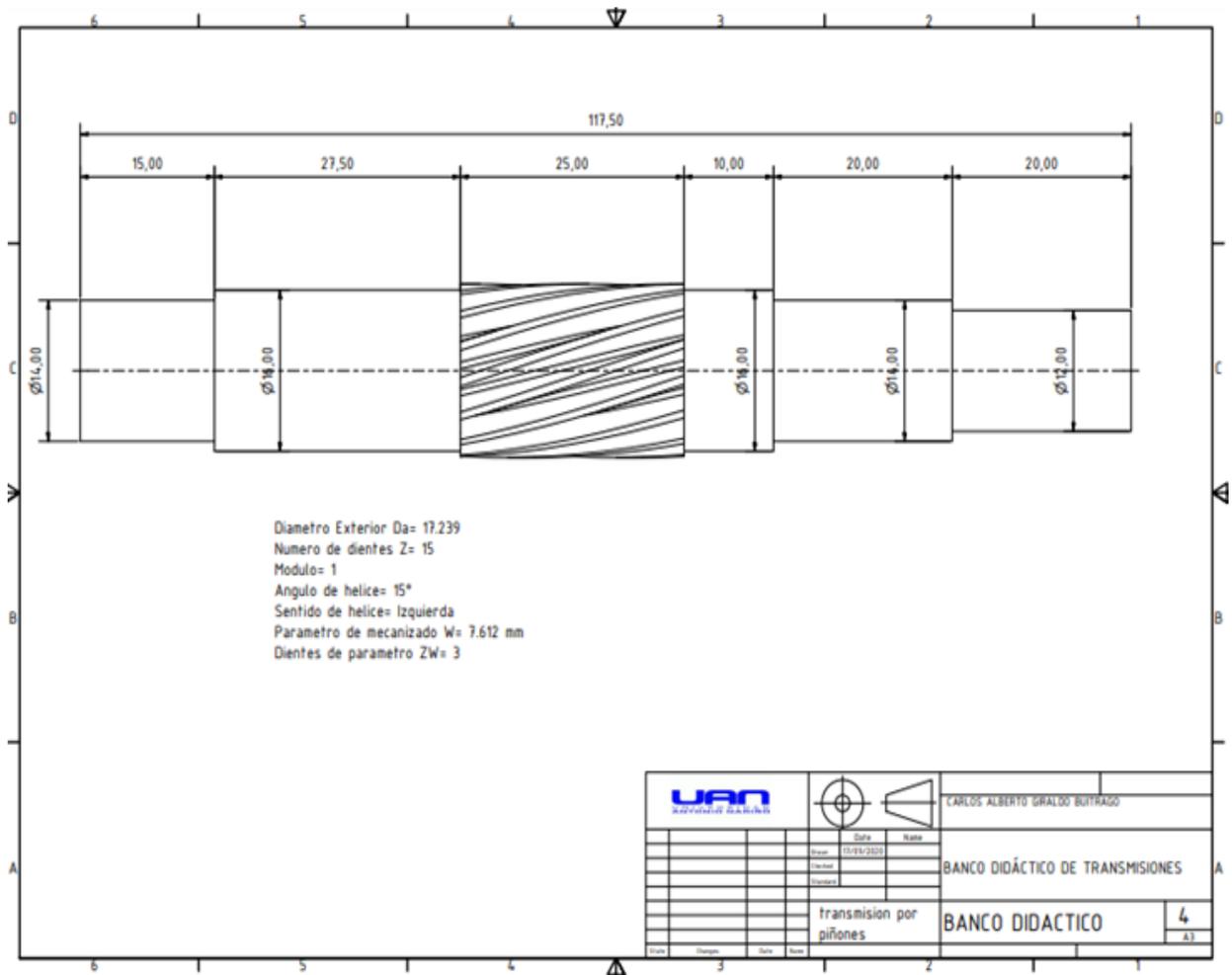
A. Anexo: Banco didáctico



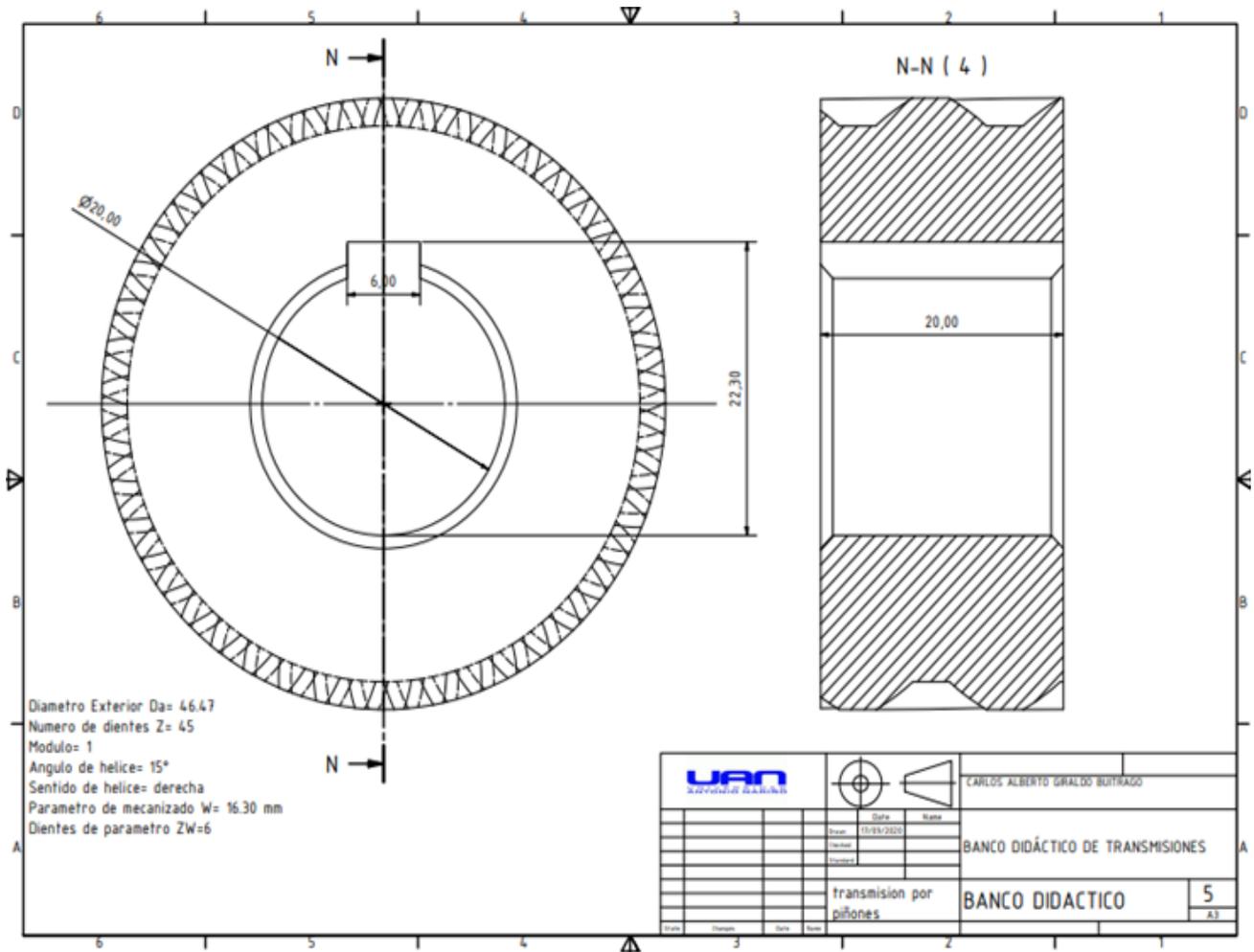
C. Anexo: Corte y componentes transmisión por piñones



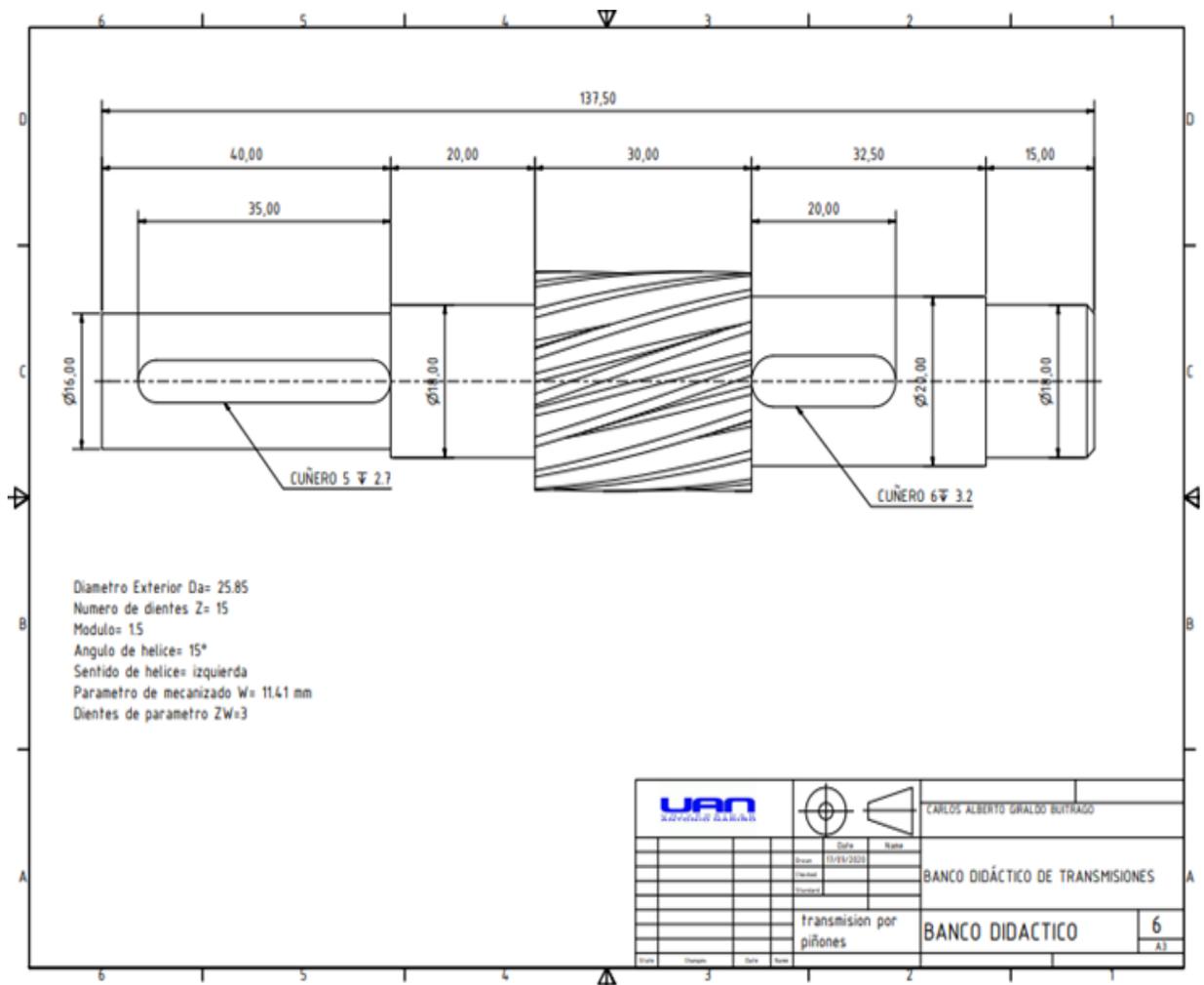
D. Anexo: Eje transmisión por piñones



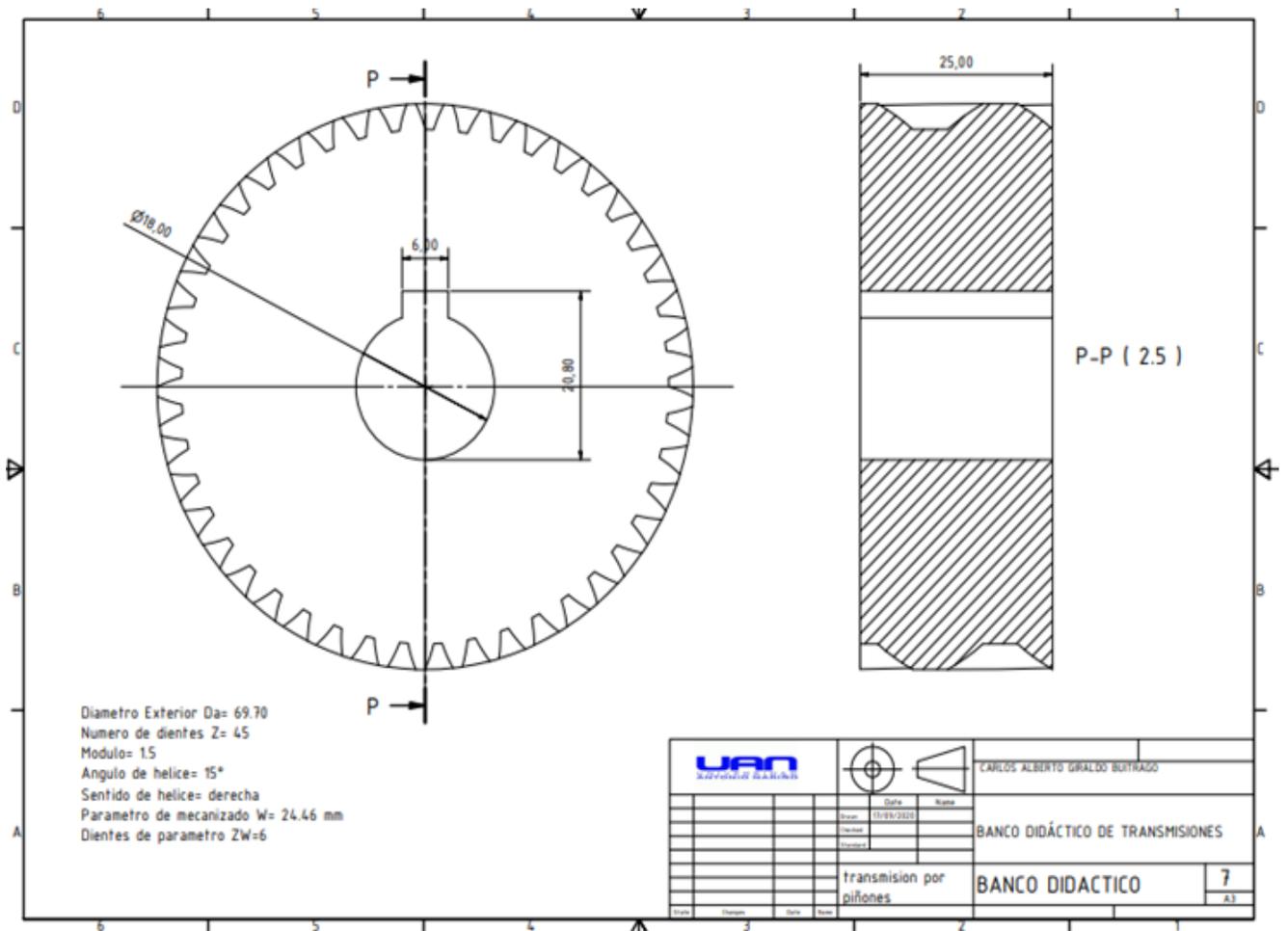
E. Anexo: Vista vertical piñón



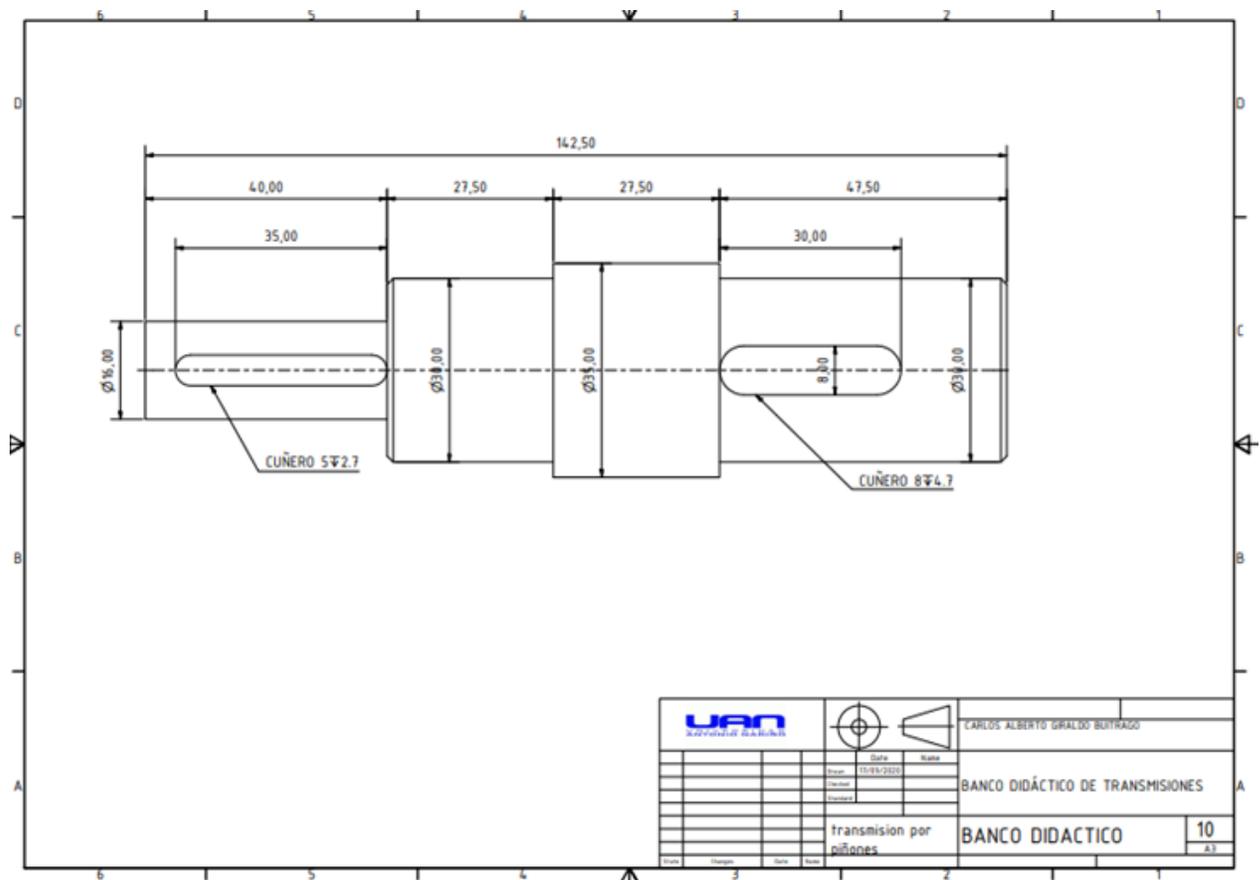
F. Anexo: Corte eje y cuñeros



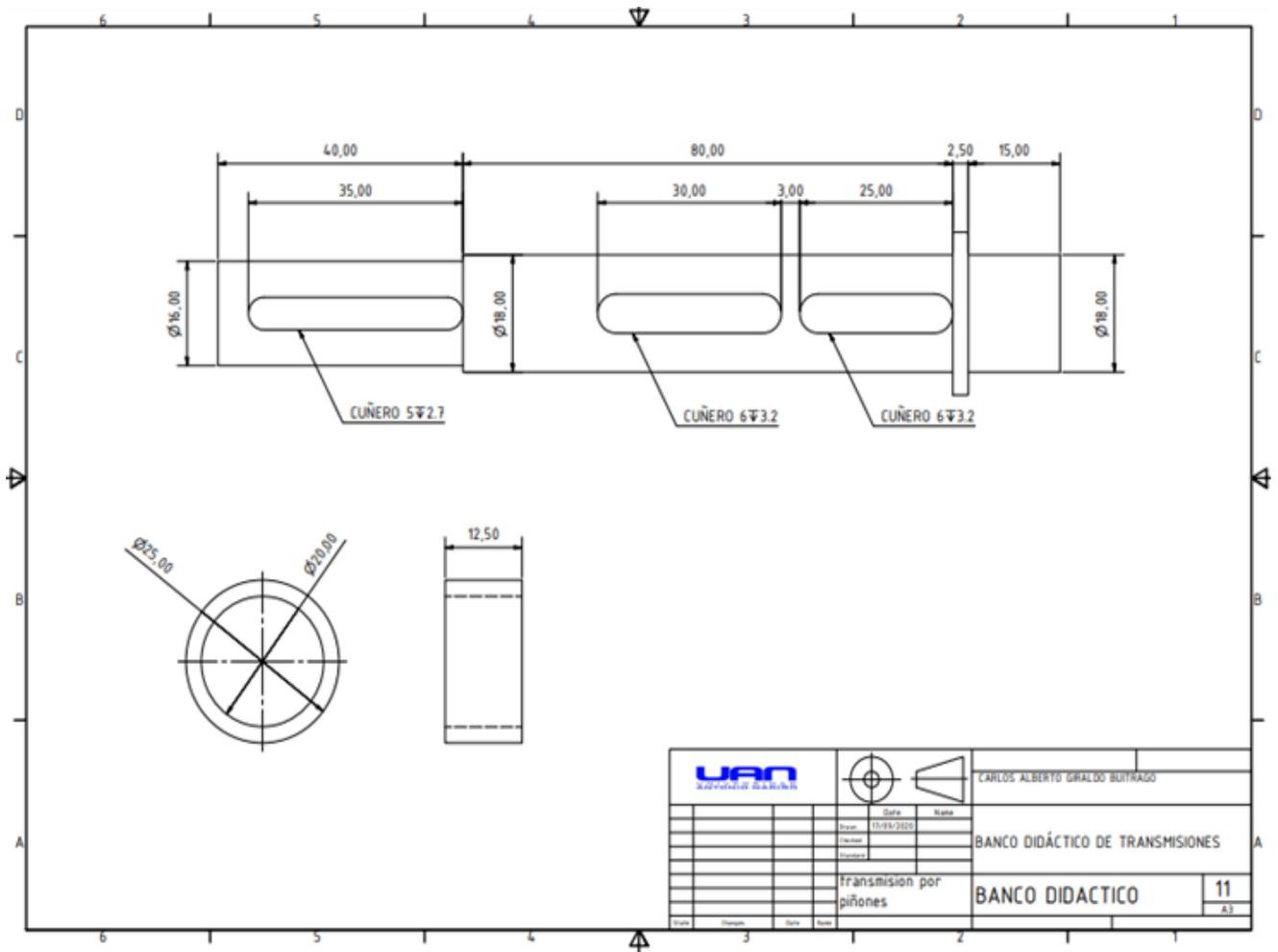
G. Anexo: Parámetros mecanizado piñón 1



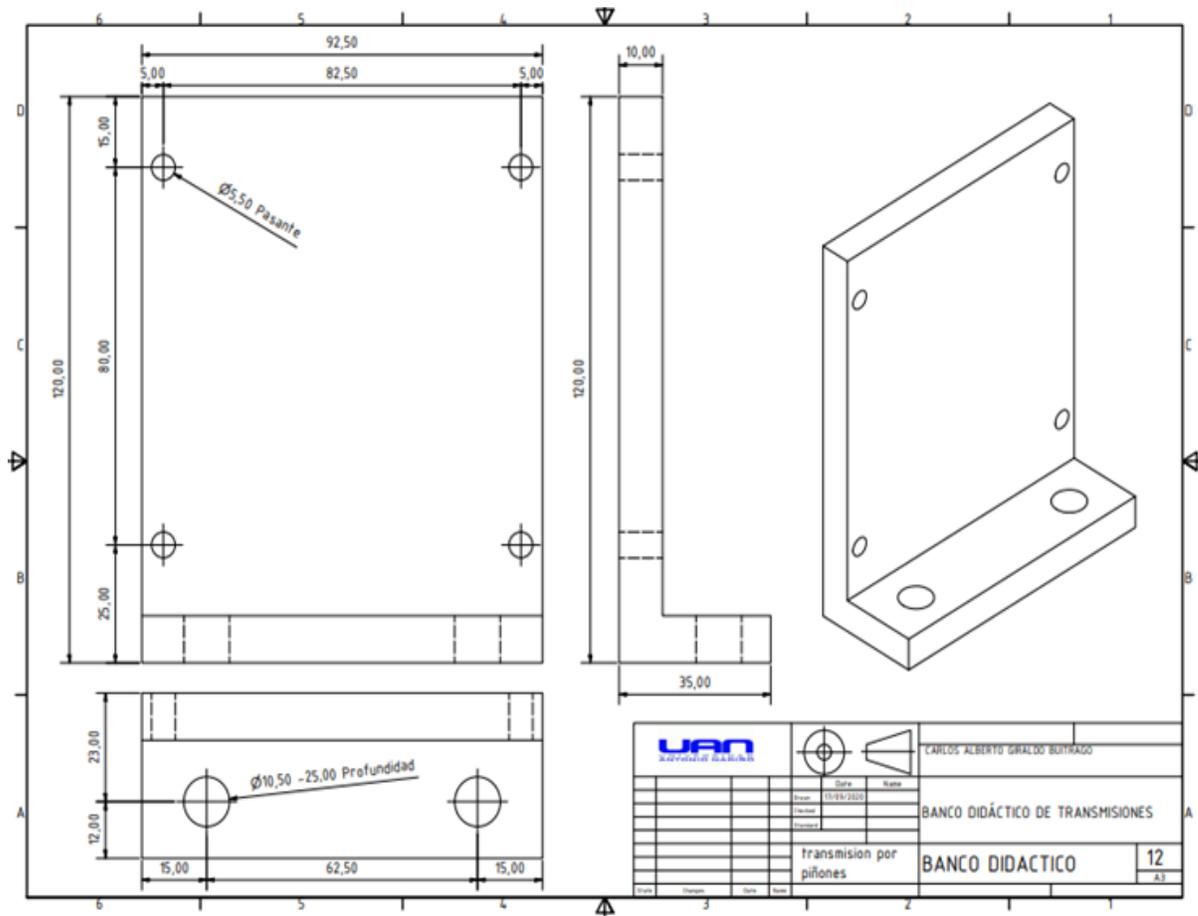
J. Anexo: Cuñero eje 5 y 8



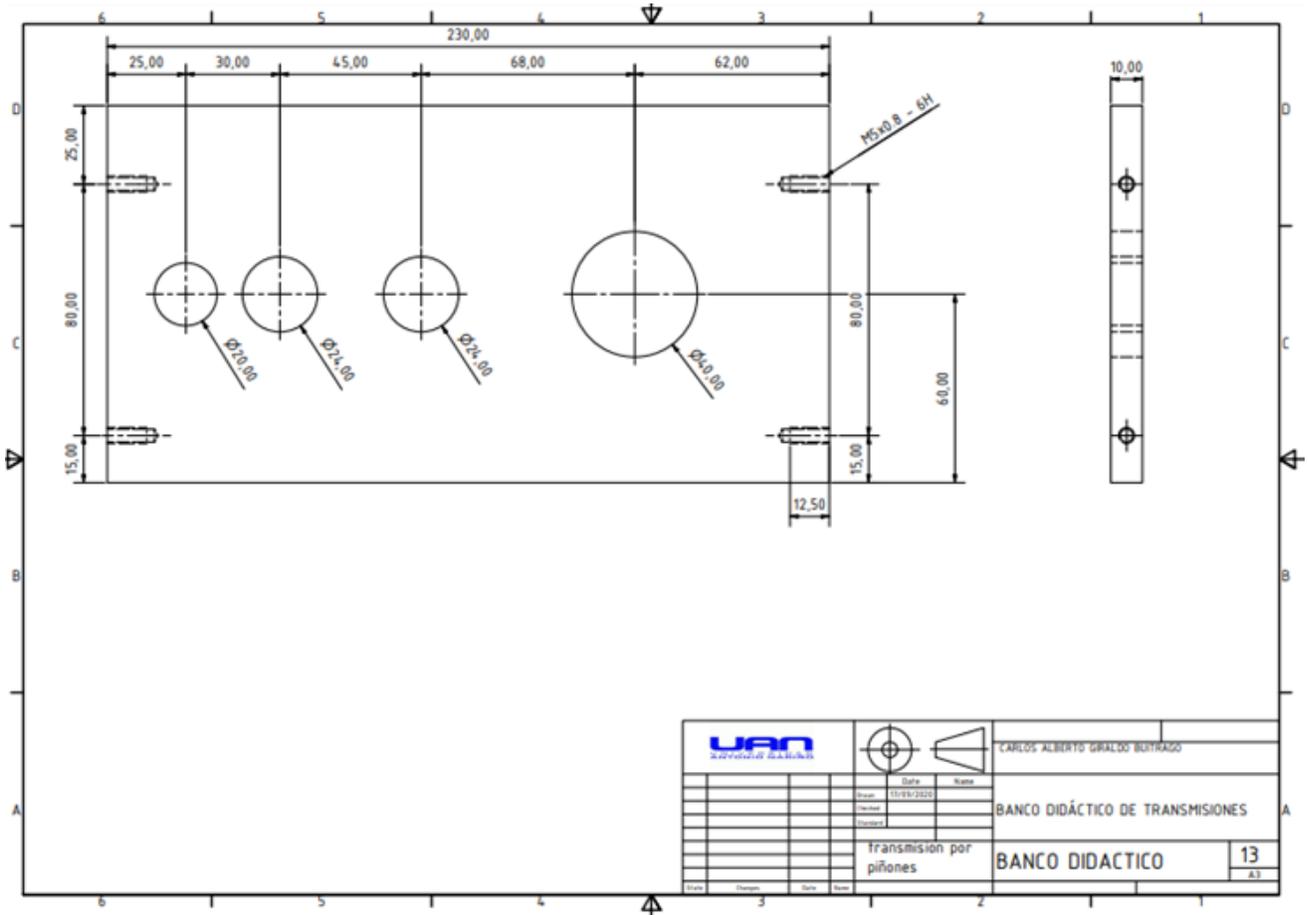
K. Anexo: Cuñero eje 5 y 6



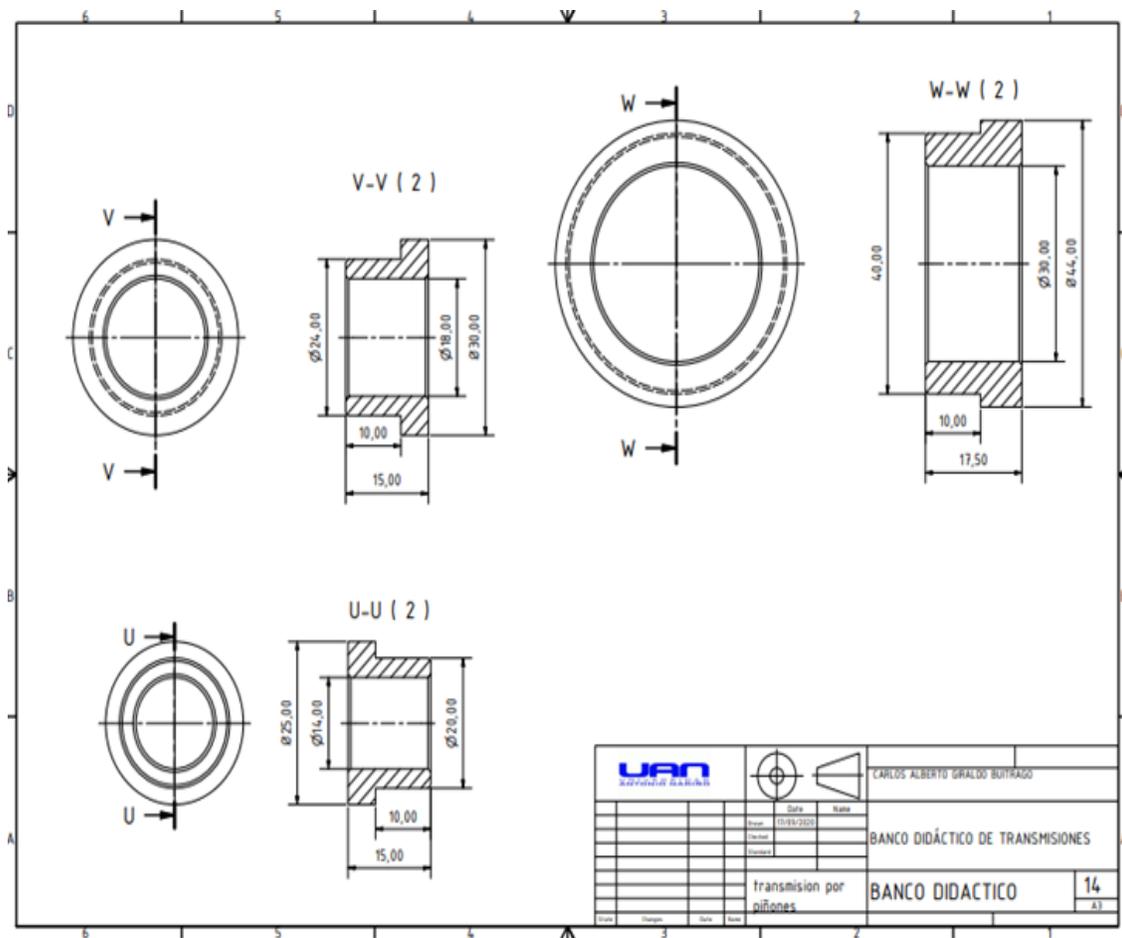
L. Anexo: Soporte en Angulo Pasantes



M. Anexo: Vista vertical soporte pasantes



N. Anexo: Vista frontal

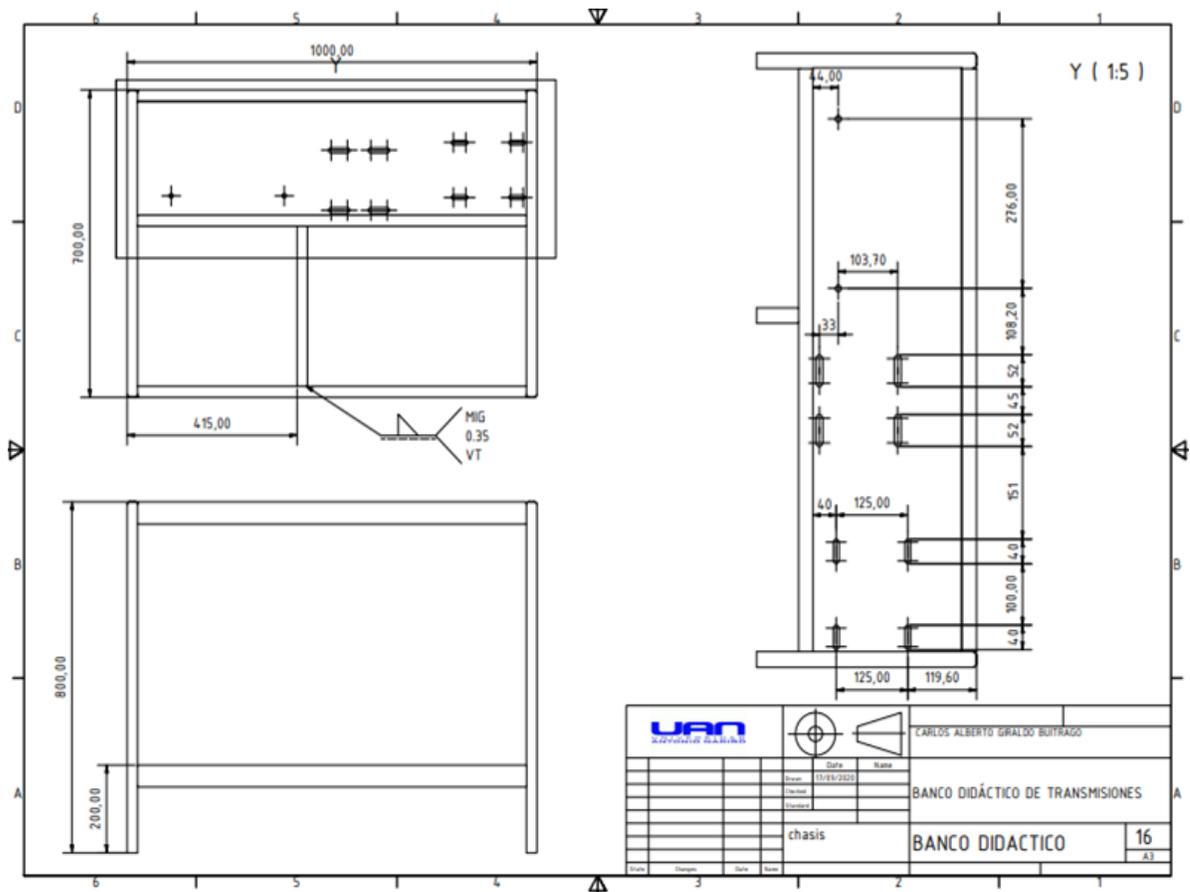


O. Anexo: Componentes chasis

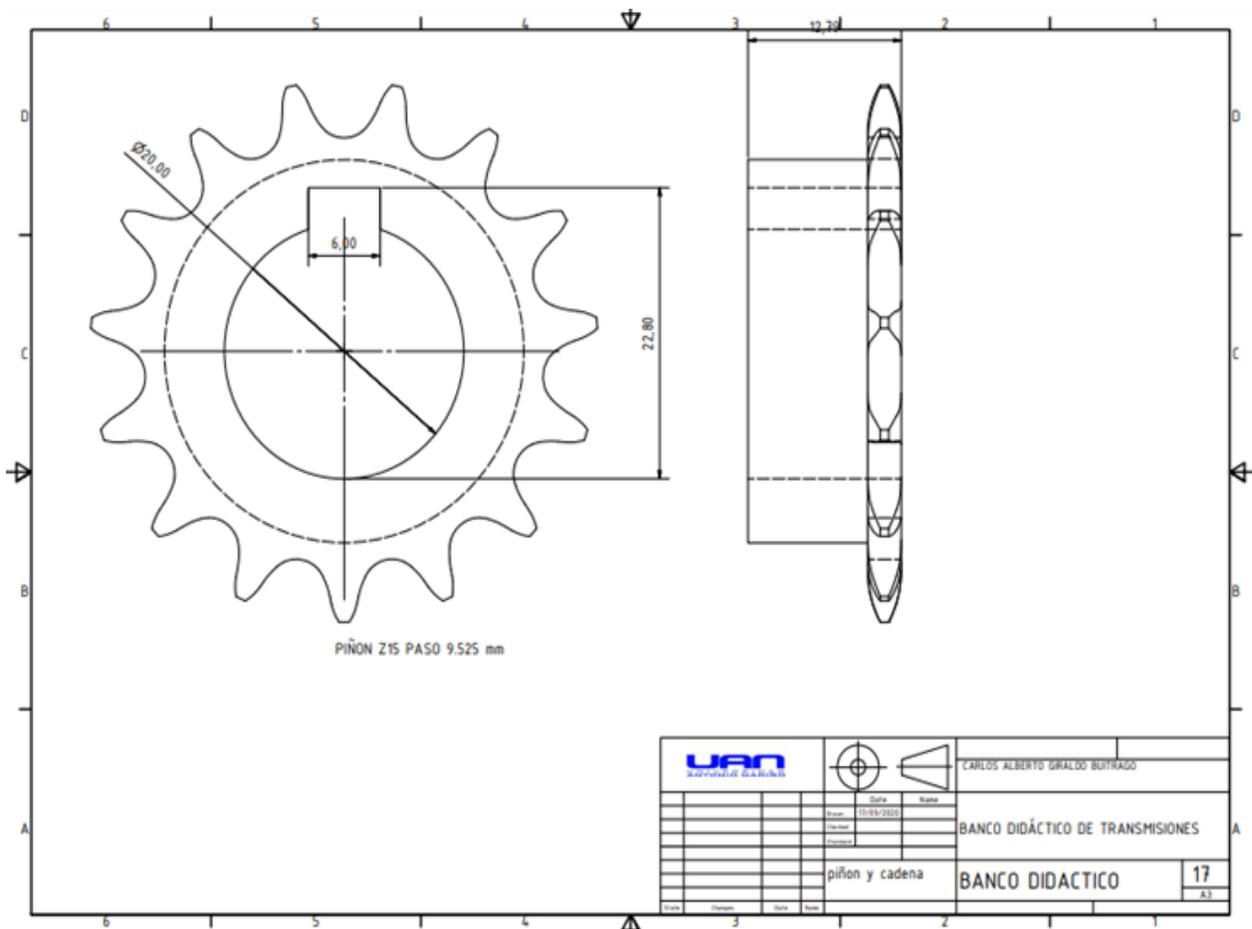
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	CHASIS Sketch	
2	74,740 in	AISC - 2 x 1 x 1/8 - 37,37	Tubo
3	55,118 in	AISC - 2 x 1 x 1/8 - 27,559	Tubo
4	125,984 in	AISC - 2 x 1 x 1/8 - 31,496	Tubo
5	949,200 mm	EN 10210-2 - 50 x 25 x 2,5 - 949,2	Tubo
6	364,600 mm	EN 10210-2 - 50 x 25 x 2,5 - 364,6	Tubo
7	1900,000 mm	EN 10210-2 - 50 x 25 x 2,5 - 950	Tubo
8	1196,800 mm	EN 10210-2 - 50 x 25 x 2,5 - 598,4	Tubo
9	1	PLATINA	

				CARLOS ALBERTO GHALDO BUITRAGO	
Date: _____ Name: _____ Title: _____ Institution: _____		Date: 15/06/2020 Name: _____ Title: _____ Institution: _____		BANCO DIDÁCTICO DE TRANSMISIONES	
chasis		BANCO DIDACTICO		15 A3	

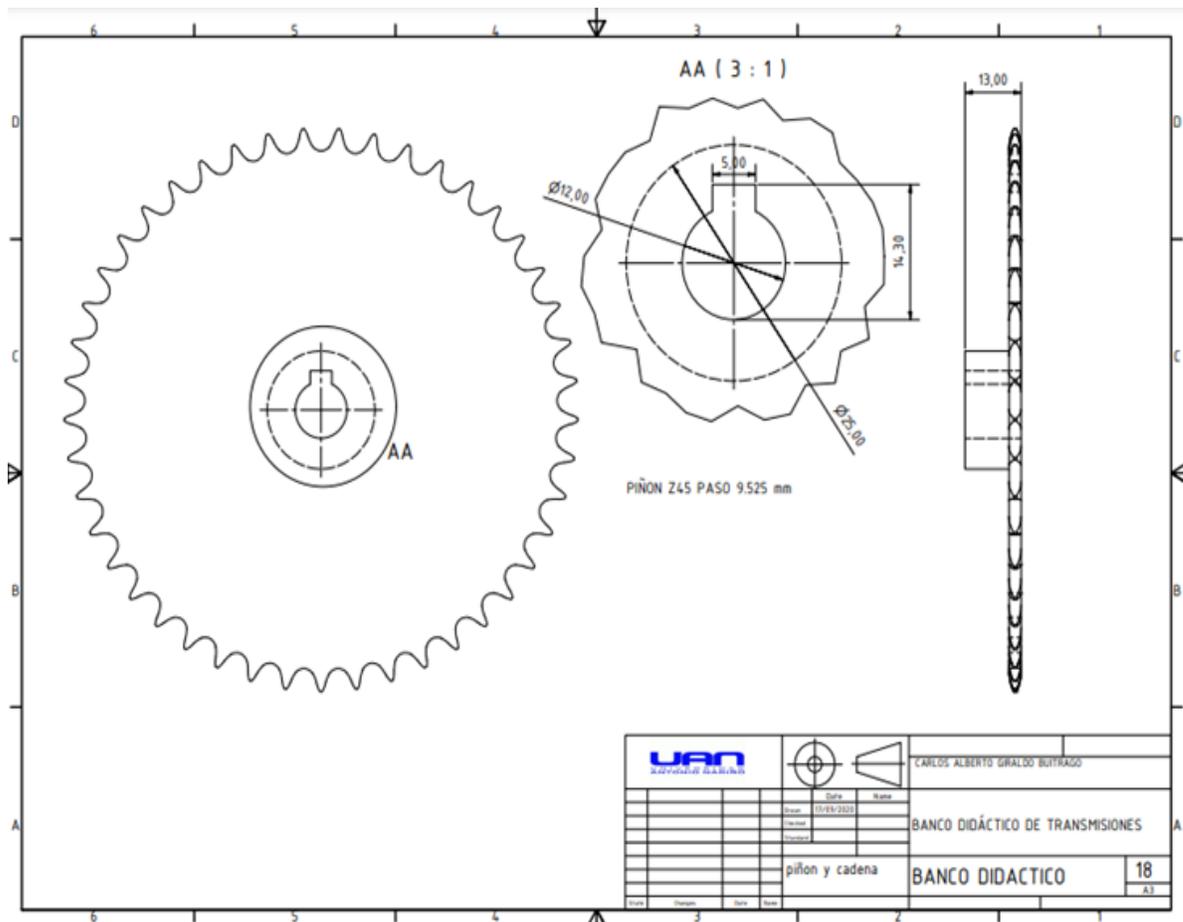
P. Anexo: Vista frontal, vertical y lateral chasis



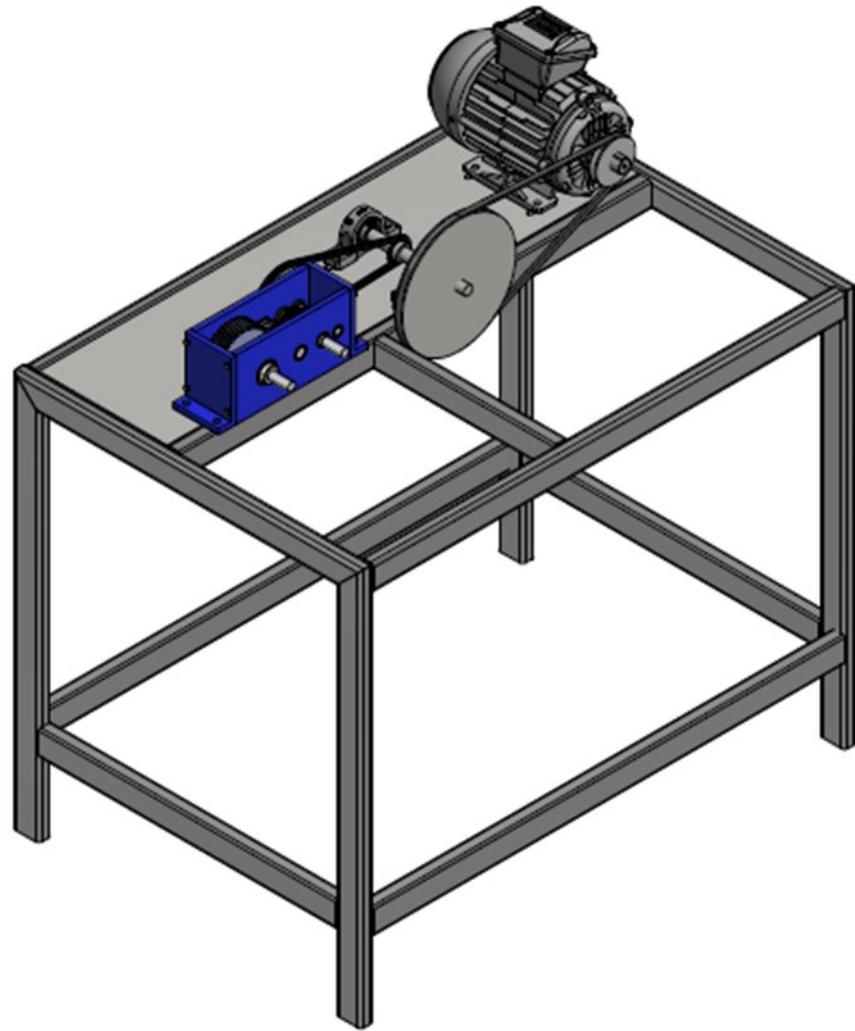
Q. Anexo: Piñón z15



R. Anexo: Piñón z45



S. Anexo S: Manual de operación y mantenimiento



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO
DIDÁCTICO DE ENGRANAJES PARA
TRANSMISIÓN DE POTENCIA EN LA UNIV
ANTONIO NARIÑO SEDE NEIVA.**

INTRODUCCIÓN

La importancia de contar con un banco didáctico de engranes para transmisión de potencia para los estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño, se fundamenta en la potencialización de las competencias técnicas, teóricas y cognitivas a partir de la integración del conocimiento, lo cual le permite estudiar e identificar con claridad fenómenos y variables asociadas a las temáticas enseñadas en asignaturas como diseño de máquinas y mecanismos en donde los principios de transmisión de potencia, integran gran parte de las tecnologías usadas en máquinas que se desempeñan en muchos sectores empresariales. Con el banco de engranajes para transmisión de potencia, los estudiantes desarrollaran conocimientos a partir de prácticas de laboratorio para determinar variables como torque, velocidad, potencia efectiva, los cuales son necesarias para la parametrización de equipos y usos en un sin número de aplicaciones en la industria.

El siguiente manual presenta de forma clara los elementos que la componen, así como las consideraciones a nivel estructural, de operación del mismo y de seguridad, las cuáles deben ser tenidas en cuenta, antes, durante y después de la operación del mismo.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	70
1. COMPONENTES DEL BANCO DE SISTEMAS DE ENGRANAJE	74
2. DESCRIPCIÓN COMPONENTES.....	75
2.1. MOTOR.....	75
2.2. TRANSMISIÓN POR PIÑONES.....	76
2.3. CHASIS.....	77
2.4. CORREA TRAPEZOIDAL	78
2.5. POLEA RANURADA	79
2.6. TRANSMISIÓN POR CADENA.....	79
2.7. CADENA DE RODILLOS	80
2.8. RUEDA DENTADA DE CADENA RODILLO.....	80
3. FICHA TÉCNICA	81
4. RECOMENDACIONES ANTES DE OPERAR EL BANCO DIDÁCTICO DE ENGRANAJES	82
5. USO ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL EN ÁREA DE OPERACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DE ENGRANAJES PARA CÁLCULO DE POTENCIA.....	83
6. OPERACIÓN BANCO DIDÁCTICO	88
7. FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO.....	89
8. LOCALIZACIÓN Y DETECCIÓN DE FALLOS	91

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Partes de banco didáctico de sistemas de engranaje.....	74
Figura 2. Motor 1LEO141-0DA26-4AA4.....	75
Figura 3. Transmisión por piñones.....	77
Figura 4. Chasis tipo Sketch.....	77
Figura 5. Correa dentada tipo A.....	78
Figura 6. Poleas.....	79
Figura 7. Cadena 3/8".....	79
Figura 8. Cadena de rodillos.....	80
Figura 9. Rueda dentada.....	80

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características generales de operación del banco didáctico de engranajes	81
Tabla 3. Recomendaciones	82
Tabla 4. EPP requeridos para operación-casco.....	84
Tabla 5. EPP Protección miembros superiores.....	85
Tabla 6. EPP protección ojos	86
Tabla 7. EPP protección Cuerpo	87
Tabla 8. Secuencia operación	88
Tabla 9. Aspectos de mantenimiento.....	89
Tabla 10. Aspectos de mantenimiento 2.....	90
Tabla 11. Localización fallos.....	91

4-TRANSMISIÓN POR CADENA

5- CORREA TRAPEZOIDAL

6- POLEA RANURADA 1

7- POLEA RANUARADA 2

8-CADENA DE RODILLOS

9-RUEDA DENTADA DE CADENA RODILLO 1

10- RUEDA DENTADA DE CADENA RODILLO 2

DESCRIPCIÓN COMPONENTES

2.1. MOTOR

Figura 2. Motor 1LEO141-0DA26-4AA4

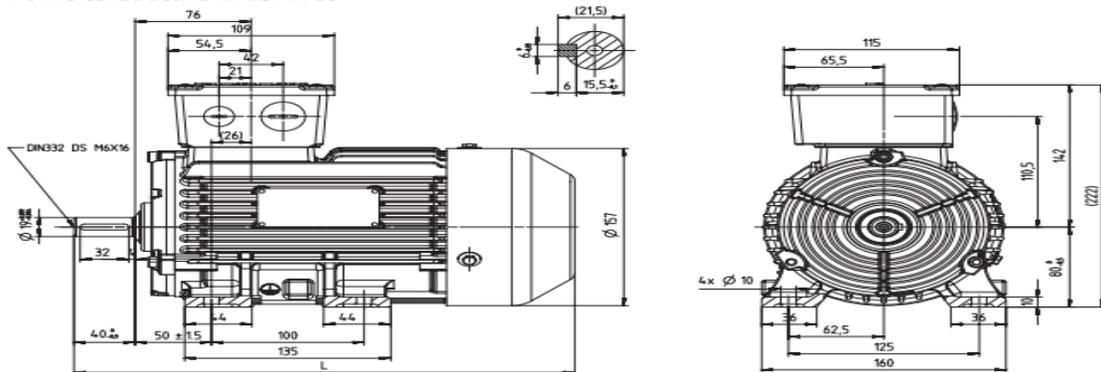


Fuente: Catalogo motores Siemens, [29, p. 12]

Corresponde a un Motor eléctrico, cuya potencia de trabajo es de 1 hp a 1800 r.p.m, pesa aproximadamente 14,5 kg y entrega un torque nominal de 3,1 Nm., tiene como función generar la potencia necesaria para girar el eje mediante correa dentada simple que a su vez va a la polea.

PLANOS DIMENSIONALES

Forma constructiva IM B3 AH 80



Type	Power(HP)	Poles	L
1LE0141-0DA2	1	2	288
1LE0141-0DA3	1.5		288
1LE0141-0DA8	2	4	328
1LE0141-0DB2	0.75		328
1LE0141-0DB3	1	6	288
1LE0141-0DC3	0.75		288

2.2. TRANSMISIÓN POR PIÑONES

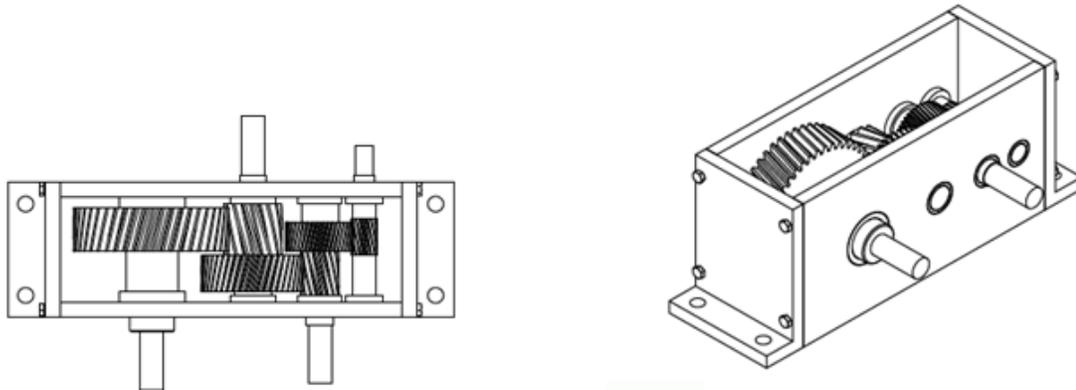
Este sistema se compone de tres trenes de potencia con las siguientes características:

Primer Tren 3:1, el torque aplicado en esta relación es de 3.6 Kg.mm lo que conlleva a trabajar con un modulo cuyo valor es de 1, que refiere condiciones de trabajo normales para el tren.

Segundo Tren 3:1, el torque aplicado en esta relación es de $10,8 \text{ Kg.mm}$, comprado con el primer tren es el doble, lo que conlleva a trabajar con un módulo cuyo valor es de 1,5, refiere unas condiciones de trabajo normales para el tren.

Tercer Tren 3:1, el torque aplicado en esta relación es de $32,4 \text{ Kg.mm}$, que comparado con el segundo tren es el triple de la fuerza entregada, lo que conlleva a trabajar con un módulo cuyo valor es de 2,25, refiere unas condiciones de trabajo superiores o de mayor desgaste para el tren.

Figura 3. Transmisión por piñones



Fuente: Autor

2.3. CHASIS

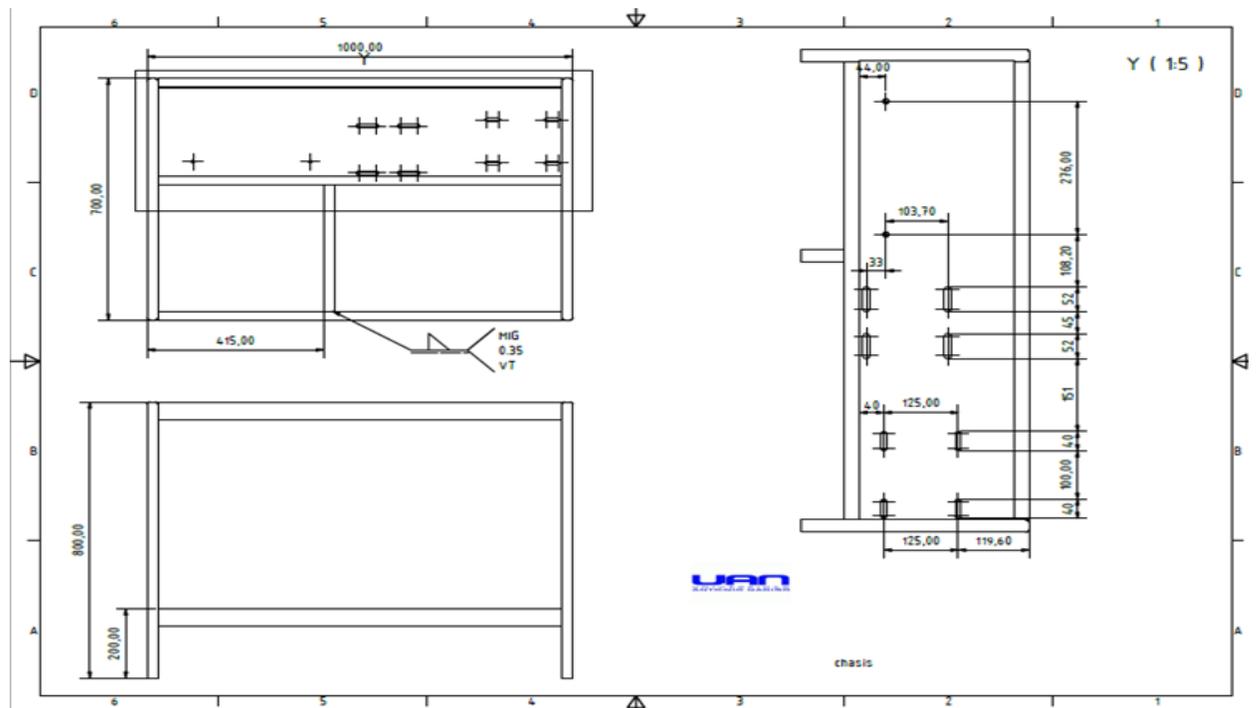
Refiere el soporte de todo el sistema de engranajes incluido el motor, de aquí que su importancia se fundamente en el análisis de cargas para determinar sus parámetros máximos de trabajo.

Figura 4. Chasis tipo Sketch



Fuente: Autor

Chasis rectangular en AISI 304, soldado mediante método de arco eléctrico



2.4. CORREA TRAPEZOIDAL

Figura 5. Correa dentada tipo A



Fuente: Elaboración propia

Corresponde a la serie A del tipo simple, su función radica en transmitir el movimiento de salida del eje del motor al eje de entrada del mecanismo de trenes a través de las poleas.

2.5. POLEA RANURADA

Transmite la fuerza y el movimiento generado por el motor a través de su eje de salida a un eje de entrada mediante la correa.

Figura 6. Poleas

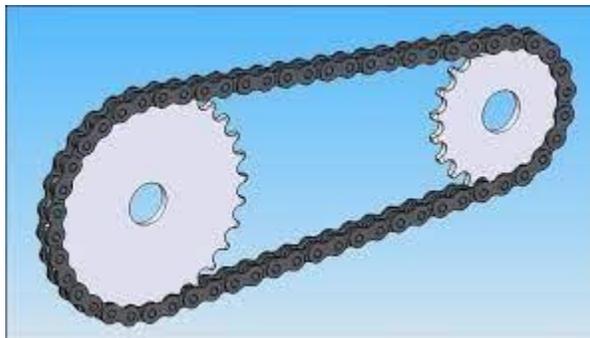


Fuente: Elaboración propia

2.6. TRANSMISIÓN POR CADENA

Corresponde a una cadena de paso 3/8" o en normativa DIN de paso de 9.525mm.;

Figura 7. Cadena 3/8"



Fuente: Elaboración propia

2.7. CADENA DE RODILLOS

Sistema que va acoplado al piñón dentado, ejerciendo una función de transmisión, entre ejes.

Figura 8. Cadena de rodillos

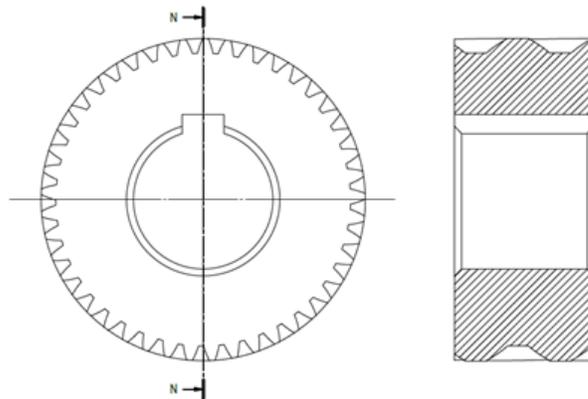


Fuente: Idalenfe, (30).

2.8. RUEDA DENTADA DE CADENA RODILLO

Es un mecanismo de forma circular que transmite movimiento mediante “dientes”. Los dientes rodean la rueda en todo su perímetro

Figura 9. Rueda dentada



Fuente: Elaboración propia

3. FICHA TÉCNICA

La ficha técnica que se presenta en la tabla 1, describe los aspectos generales de operación del banco didáctico de engranajes para cálculo de transmisión de potencia

Tabla 1. Características generales de operación del banco didáctico de engranajes

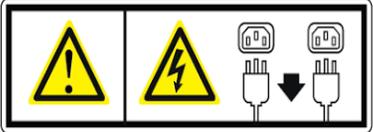
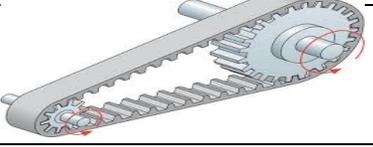
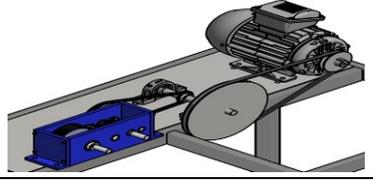
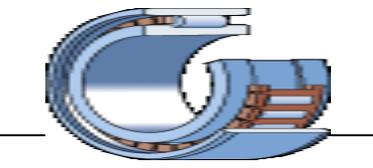
MANUAL DE OPERACIÓN BANCO DIDACTICO ENGRANAJES PARA TRANSMISIÓN DE POTENCIA	
Condiciones de operaciones	
1. Sistema de encendido	Eléctrico
2. Sistema de conexión eléctrica	Clavija trifásica
3. Potencia generada del motor	1 hp
4. Peso de la máquina	200 kg
5. Revoluciones x minuto	1800 r.p.m
6. Mecanismos	PIÑON-CADENA-POLEA-MOTOREDUCTOR
7. Mecanismo de seguridad	Botón de paro de emergencia
8. Mecanismos empleados para su funcionamiento	poleas, correa simple dentada, motor, transmisión de potencia

Fuente: Elaboración propia

4. RECOMENDACIONES ANTES DE OPERAR EL BANCO DIDÁCTICO DE ENGRANAJES

Las consideraciones generales establecen recomendaciones de tipo preventivo antes de iniciar a realizar prácticas con el banco didáctico, el estudiante debe seguir estas recomendaciones con el fin de realizar operaciones seguras y funcionamiento normal de sus componentes como se indica en la tabla 3.

Tabla 2. Recomendaciones

ANTES DE OPERAR EL BANCO DIDÁCTICO DE ENGRANAJES, VERIFIQUE LO SIGUIENTE		
Elementos a observar	Observaciones	Imagen
1. Conexiones eléctricas aisladas	Verificar que las conexiones del banco se encuentren debidamente aisladas y los cables encauchados sin peladuras, completos y acoplados al banco	
2. piñones, ejes, cadena	Antes de encender el motor revisar que no existan engranajes sueltos, que la chumacera y el buje estén debidamente acoplados en sus bases y que los ejes no tengan en su giro golpe	
3. Correa de transmisión este bien acoplada a las poleas	Verificar que la cadena este bien ajustada en los piñones, con el fin de evitar que la misma salga despedida del engranaje.	
4. Elementos de la máquina correctamente ajustados	Verificar que todos los elementos estén debidamente ubicados y ajustados al chasis	
5. Verificar que los rodamientos giren correctamente	Revisar que los rodamientos giren correctamente ya que si no lo hacen puede ocasionar daños en ejes y sistema de transmisión de potencia	
6. Verifique que los estudiantes, profesores cumplan con la dotación pertinente para el ensayo; esto es gafas de seguridad, overol, botas punta de acero, casco	Si la correa no está acoplada a la polea, no encienda el motor, ya que puede generar daños al mismo y perder la garantía por uso.	

Fuente: Elaboración propia

5. USO ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL EN ÁREA DE OPERACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DE ENGRANAJES PARA CÁLCULO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

En la operación de cualquier máquina o participación directa en un proceso industrial, es fundamental seguir las recomendaciones establecidas en el uso de los EPP con el fin de evitar accidentes a partir de la protección de la integridad de los estudiantes; las fichas citadas a continuación describen en forma detallada los elementos de protección recomendados como lo indican las tablas a continuación.

Tabla 3. EPP requeridos para operación-casco

FICHA DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	
Fecha de ejecución: Mayo de 2021	Elaboro: Carlos Alberto Giraldo Buitrago
Responsable : Carlos Alberto Giraldo Buitrago	
Elemento (nombre y marca): Casco de seguridad dieléctrico tipo I clase E Marca : steelpro Ref. 10-03	Certificados de Calidad: ANSI Z89.1 - 2009
Descripción y composición: Casco elaborado en copolímero de polipropileno Etileno que asegura una alta resistencia a la electricidad, el impacto y la llama. Conexión para barboquejo de 4 apoyos	
Tallas disponibles Estándar	
Mantenimiento requerido: Limpieza con agua tibia que no exceda los 25 °C y jabón con PH neutro. No usar detergentes, desengrasantes, solventes o productos químicos.	
Niveles de protección brindados: Protege contra riesgos de golpes, caídas de objetos, choques.	Indicaciones de uso: Hacer chequeo frecuente a los cascos de uso diario. Jamás se siente encima, no los comprima al transportar en maletines, no golpearlos ni dejarlos caer, evitar el contacto con elementos puntiagudos o afilados. Protegerlos de productos químicos.
No debe usarse:	Se debe usar en: Indicado para trabajos en alturas, construcción.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. EPP Protección miembros superiores

FICHA DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	
Fecha de ejecución: Mayo de 2021	Elaboro: Carlos Alberto Giraldo Buitrago
Responsable : Carlos Alberto Giraldo Buitrago	
Elemento (nombre y marca): Guantes de Vaqueta Marca: Steelpro	Certificados de Calidad: EN 399:2467
Descripción y composición: Guantes industriales de vaqueta con soporte de algodón, dorso cubierto y puño elástico fabricado en diferentes tallas.	
Tallas disponibles: 8,9,10	
Mantenimiento requerido:	
Niveles de protección brindados: Muy flexible y con gran adherencia, especial para trabajos que requieren la manipulación de objetos y herramientas que no presentan gran riesgo.	Indicaciones de uso: Preparados para la seguridad laboral cumpliendo con las normativas vigentes frente a riesgos mecánicos tales como agentes abrasivos, de corte, desgarros y perforaciones.
No debe usarse:	Se debe usar en: Trabajos con equipo o maquinaria

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. EPP protección ojos

FICHA DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	
Fecha de ejecución: mayo de 2021	Elaboro: Carlos Alberto Giraldo Buitrago
Responsable : Carlos Alberto Giraldo Buitrago	
Elemento (nombre y marca): Marca Astro Ref. 11885045	Certificados de Calidad: ANSI Z 87.1 NTC 3610
Descripción y composición: Lentes en Policarbonato 100%. Excelente resistencia al impacto. Puente de descanso incorporado al lente. Armadura en Nylon de peso ligero. Patilla graduable y con ratchet para ajuste. Filtran 99.9% de los rayos ultravioletas Livianas y confortables para usarlas todo el día.	
Tallas disponibles: Estándar	
Mantenimiento requerido: Deberás limpiar los protectores completos con agua tibia y jabón. En ningún caso deben usarse disolventes. Limpiarás los cristales de las gafas cuantas veces sea necesario.	
Niveles de protección brindados: Protege de los rayos UV y espectros de baja concentración. Riesgo mecánico, químico, impacto, salpicaduras, luminosidad, polvo.	Indicaciones de uso: La persona responsable de brindarte el EPP deberá proporcionarte las instrucciones o folleto que viene junto con las gafas o pantalla de seguridad. Respeta las normas de utilización y mantenimiento. No olvides que tu equipo es de uso individual. Si observas alguna anomalía en tu equipo o consideras que ya no es adecuado comunícaselo a la persona responsable para que lo sustituya por otro.
No debe usarse:	Se debe usar en: Trabajos en exteriores e interiores en donde pueden existir impactos de alta y baja velocidad.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. EPP protección Cuerpo

FICHA DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	
Fecha de ejecución: Mayo de 2021	Elaboro: Carlos Alberto Giraldo Buitrago
Responsable : Carlos Alberto Giraldo Buitrago	
Elemento (nombre y marca): Overol ignifugo FR50 Marca:	Certificados de Calidad:
Descripción y composición: Botas impermeables de caucho.	
Tallas disponibles: 38 a 42	
Mantenimiento requerido: Lavar con agua y jabón y secar a temperatura ambiente.	
Niveles de protección brindados: Protege dorso, espalda, brazos, piernas en condiciones adversas.	Indicaciones de uso: Industria en general, industria agropecuaria, agrícola, uso común, jardinería, talleres
No debe usarse:	Se debe usar en: Áreas de estudio como talleres, laboratorios,

Fuente: Elaboración propia

6. OPERACIÓN BANCO DIDÁCTICO

Tabla 7. Secuencia operación

Funcionamiento del Banco didáctico	
1- Encendido motor eléctrico	Pulse el botón para encendido del motor
2. Transmisión de potencia generada por el motor	Al energizar el motor, este inicia el giro del eje de salida, al cual se acopla un rodamiento en conjunto con la polea, que encarga de transmitir dicho movimiento y potencia mediante una correa dentada simple; la polea acoplada al eje de entrada que llega a los trenes para su respectivo movimiento
3. Pruebas de laboratorio	De acuerdo a la guía de práctica de laboratorio sobre cálculo de torque, velocidad, potencia efectiva y Práctica sobre tensión correas, en todos los casos para efectos de cálculo y medición el motor debe estar apagado, en caso de medir ciclos de tiempo, el o los estudiantes deberán contar con cronometro para medir los ciclos y la data al registro de las tablas definidas en las Prácticas
4. Apagado del banco didáctico	Terminada las prácticas accione el botón de apagado para desenergizar el banco didáctico de engranajes.

Fuente: Elaboración propia

7. FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO

Tabla 8. Aspectos de mantenimiento

Componente	Tipo de mantenimiento		Descripción Mantenimiento	
	Preventivo	Correctivo	Tipo de mantenimiento	Frecuencia
Motor	x		<p>El mantenimiento de los motores eléctricos, adecuadamente aplicado, se resume a una inspección periódica en cuanto a los niveles de aislamiento, elevación de temperatura, desgastes excesivos, correcta lubricación de los rodamientos y eventuales exámenes en el motor reductor, para verificar el correcto flujo de aire. La frecuencia con que deben ser hechas las inspecciones, depende del tipo de motor y de las condiciones del local de aplicación del motor. Los motores deben ser mantenidos limpios, exentos de polvo, residuos y aceites.</p> <p>a) Para la limpieza proceder como sigue, luego de desconectar la energía:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limpiar la carcasa colocando especial atención a las aberturas de ventilación. - Inspeccionar visualmente el estado de los cables. - Sacar la cubierta de la caja de terminales. - Chequear las conexiones y estado (terminales limpios, ajustados y sin oxidación) - Ajustar los cables si es necesario. - Cuidadosamente cerrar la caja de terminales cambiando todos los sellos 	<p>Limpieza exterior cada mes, limpieza interior según descripción planteada cada 6 meses</p>
Rodamientos	x	x	Limpieza rodamientos lubricación	Y Lubricación cada 2000 horas y Cambio 30.000 horas
Piñones	x	x	Desmontado los piñones se deben limpiar con un cepillo y trapo con el fin de eliminar las impurezas, luego se procede a	Cada mes

engrasar para evitar oxidación y fricción de sus componentes

Poleas	x	x	Limpeza poleas, para ello se debe desmontar la correa y las guardas de la polea. Alineación de poleas, en caso de se observe un bote en la transmisión del movimiento.	Cambio 30.000 horas
--------	---	---	--	---------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Aspectos de mantenimiento 2

I	Tipo de mantenimiento		Descripción Mantenimiento	
	Preventivo	Correctivo	Tipo de mantenimiento	Frecuencia
Correa		x	Tensión o Cambio de correa	cada 10.000 horas
Cadena	x		Limpeza sección y revisión de ajuste en uniones	Cada vez que se requiera
Motor	x		Limpeza zona exterior	
Piñones	x		Revisión de cordones de soldadura, limpieza Álabes	Cada 4000 horas

Fuente: Elaboración propia

8. LOCALIZACIÓN Y DETECCIÓN DE FALLOS

Tabla 10. Localización fallos

<u>SÍNTOMA</u>	<u>POSIBLE CAUSA</u>
1-Motor no arranca	<ul style="list-style-type: none"> -Correas rotas -Correas flojas -Poleas flojas -Rotor atascado -Voltaje incorrecto
2-Excesivo nivel de ruido	<ul style="list-style-type: none"> -Rotor golpeando aro envolvente -Tornillos flojos del motor -Tamaño de polea incorrecto -Rodamientos defectuosos -Rotor desbalanceado -Montaje inestable
5-Potencia demasiada alta	<ul style="list-style-type: none"> - Rotación incorrecta del rotor -Velocidad del rotor demasiada alta -Incorrecta selección del motor -Densidad del gas demasiado alta
6-Rodamientos sobrecalentados	<ul style="list-style-type: none"> -Demasiada tensión de correas -Demasiada grasa en los rodamientos - Mal alineados - Rotor dañado -Suciedad en los rodamientos -Eje desalineado -Lubricante incorrecto

Fuente: Elaboración propia

T. Anexo T: Prácticas de laboratorio de banco didáctico de engranajes para transmisión de potencia

GUIA DE LABOTARIO PARA CÁLCULO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA EN BANCO DIDÁCTICO

Uno de los aspecto fundamentales para determinar las necesidades de potencia y relación de trabajo de diferentes mecanismos en las máquinas, y aplicaciones en la industria como la de maquinaria automotor petrolera entre otras se fundamenta en las relaciones de sus sistemas de engranajes las cuales son un factor primordial para establecer las características de transmisión de potencia necesaria para llevar a cabo una tarea demandada en la industria; de acuerdo a lo anterior a partir del banco de prueba de trasmisión de potencia diseñado, se busca realizar estudios de laboratorio, sobre el comportamiento de las variables de potencia velocidad y transmisión en la Universidad Antonio Nariño sede Neiva.

1. Objetivo

Determinar, analizar y calcular variables asociadas a sistemas de transmisión de potencia engranajes como torque, velocidad, potencia de diseño.

2. Asignaturas de desarrollo

Diseño mecánico I y II y mecanismos I y II

3. Competencias desarrolladas

Capacidad para resolución de problemas relacionados con potencia, velocidad, relación de transmisión, torque

Razonamiento critico

4. Materiales empleados

Calibrador

Hoja milimétrica

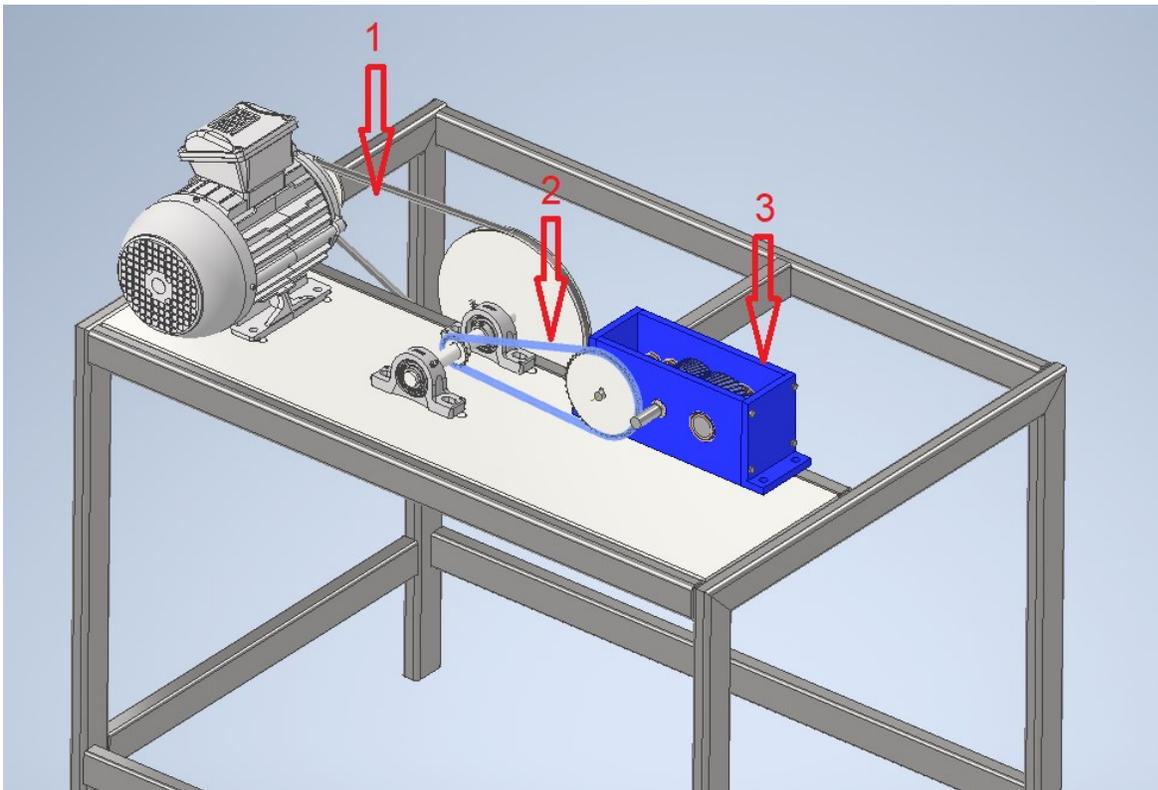
Calculadora

Cronometro

Masas de diferentes pesos

5. Práctica de Laboratorio

En esta práctica de laboratorio, comprenderemos los fenómenos ocurridos en el banco, con tres diferentes transmisiones, 1. por correa, 2. por cadena, y 3. por piñones helicoidales.



5.1 Práctica 1: Transmisión de poleas

Determinamos la relación de transmisión de poleas

$$\text{Torque en polea 1} = \frac{\text{potencia (hp)} * \text{velocidad angular (rpm)}}{716}$$

$$\text{Torque en polea 2} = \text{torque en polea 1} * \text{relacion de poleas}$$

$$\text{relacion poleas} = \frac{\text{diametro de la polea conducida}}{\text{diametro de la polea conductora}}$$

$$velocidad\ angular = \frac{velocidad\ angular\ del\ motor}{relacion\ de\ transmision}$$

Velocidad angular Polea entrada	Velocidad angular Polea de salida	Torque máximo Polea de entrada	Torque máximo Polea de salida

5.2. Práctica 2: transmisión piñón cadena

Determinamos la relación de la transmisión piñón y cadena.

$$Torque\ en\ piñon\ 1 = torque\ en\ polea\ 2$$

$$Torque\ en\ piñon\ 2 = Torque\ en\ piñon\ 1 * relacion\ de\ piñones$$

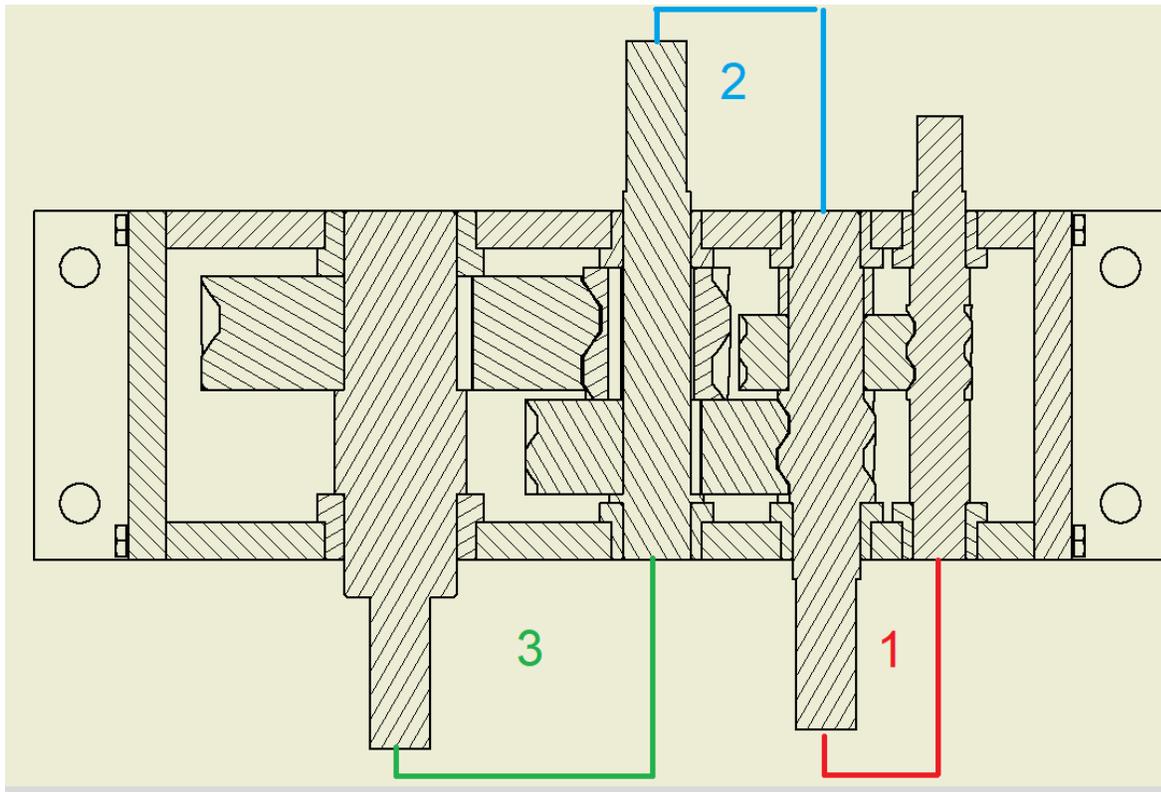
$$relacion\ de\ piñones = \frac{Z2\ dientes\ de\ piñon\ conducido}{Z1\ dientes\ de\ piñon\ conductor}$$

Velocidad angular Z1	Velocidad angular Z2	Torque máximo Z1	Torque máximo Z2

5.3. Transmisión caja reductora

Determinamos la relación de transmisión en la caja reductora.

La caja reductora se compone de tres trenes helicoidales, cada uno con módulos diferentes de construcción y con torques diferentes. Se debe resolver la tabla con las siguientes formulas.



TREN 1

Torque en piñon 1 = torque en piñon cadena 2

*Torque en piñon 2 = Torque en piñon cadena 1 * relacion de tren 1*

$$relacion\ de\ TREN\ 1 = \frac{Z2\ dientes\ de\ la\ rueda}{Z1\ dientes\ de\ piñon}$$

Velocidad angular Z1	Velocidad angular Z2	Torque máximo Z1	Torque máximo Z2

TREN 2

Torque en piñon 1 = torque en la rueda del tren 1

*Torque en piñon 2 = torque en la rueda del tren 1 * relacion de tren 2*

$$\text{relacion de TREN 2} = \frac{Z2 \text{ dientes de la rueda}}{Z1 \text{ dientes de piñon}}$$

Velocidad angular Z1	Velocidad angular Z2	Torque máximo Z1	Torque máximo Z2

TREN 3

$$\text{Torque en piñon 1} = \text{torque en la rueda del tren 2}$$

$$\text{Torque en piñon 2} = \text{torque en la rueda del tren 2} * \text{relacion de tren 3}$$

$$\text{relacion de TREN 3} = \frac{Z2 \text{ dientes de la rueda}}{Z1 \text{ dientes de piñon}}$$

Velocidad angular Z1	Velocidad angular Z2	Torque máximo Z1	Torque máximo Z2