

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRÁCTICAS SISTEMA
MOTOR-REDUCTOR PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA
MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**

**VICTOR GABRIEL ROJAS ALBARRACIN
ANDRÉS MAURICIO VALDIRI GOMÉZ**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA
DIVISION DE INGENIERIAS
BOGOTÁ D.C.
2015**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRÁCTICAS SISTEMA
MOTOR-REDUCTOR PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA
MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**

**VICTOR GABRIEL ROJAS ALBARRACIN
ANDRÉS MAURICIO VALDIRI GOMÉZ**

**Anteproyecto de Trabajo de Grado en la modalidad de apoyo a docencia
para optar al título de Ingeniero Mecánico**

**Director
ING. RICARDO A. FORERO R.**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
DIVISION DE INGENIERIAS
BOGOTÁ D.C.
2015**

Nota De Aceptación

Firma De Presidente De Jurado

Firma Del Jurado

Firma Del Jurado

Bogotá D. C., 28 de Mayo de 2015

AGRADECIMIENTOS

Los realizadores de este proyecto expresan sus más sinceros agradecimientos:

A Tramec Ltda que con su generosa donación de los equipos de transmisión de potencia, permitiendo desarrollar el banco de pruebas.

A la Universidad Santo Tomas, en especial a la Facultad de Ingeniería Mecánica, por abrirnos sus puertas y permitirnos ser parte fiel a sus principios y al conocimiento profesional.

A todos los miembros del cuerpo de docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica por su apoyo, por el conocimiento que nos fue transmitido durante el transcurso de nuestra carrera y desarrollo del proyecto

Finalmente a todos los amigos y compañeros que siempre estuvieron acompañándonos y ayudándonos en este camino de aprendizaje y crecimiento integral.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
1. MARCO TEORICO	13
1.1 SISTEMAS DE TRANSMISION POTENCIA.....	15
1.2 TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSMISION DE POTENCIA.....	16
1.2.1 Transmisión Polea Correa	16
1.2.2 Transmisión Piñón Cadena.....	18
1.2.3 Transmisión Sin Fin Corona.....	19
1.2.4 Transmisión por Tren de Engranajes	20
1.2.6 Transmisión de Potencia por Sistema Cicloidal	22
1.3 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA POR TREN DE ENGRANAJES.....	24
1.3.1 Transmisión de Potencia por Sistema Cicloidal	24
1.3.2 Par Transmitido en un Sistema de Transmisión de Potencia por Tren de Engranajes	25
1.3.3 Potencia en un Sistema de Transmisión de Potencia por Tren de Engranajes	28
1.3.4 Calculo de la Potencia de un Motorreductor	30
1.3.5 Generador de Potencia o Motor.....	30
1.3.6 Sistema de Acoplamiento Entre el Motor y el Sistema de Transmisión de Potencia.....	34
1.3.7 Cálculo de Acoplamientos	43
1.4 FORMA Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ZAPATAS	45
1.5 BANCOS DE PRUEBAS, EQUIPOS PARA LABORATORIO ACADÉMICO	46
2. DISEÑO CONCEPTUAL.....	47
2.1 DESARROLLO DEL BANCO DE PRÁCTICAS.....	47
2.1.1 Reductor de Velocidad	47
2.1.2 Motor Eléctrico.....	48

2.2 REQUERIMIENTOS FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA USTA.....	48
2.3 DISEÑO PRELIMINAR.....	50
2.3.1 PROPUESTA # 1	50
2.3.2 PROPUESTA # 2	51
2.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	51
3. DISEÑO DE DETALLE	53
3.1 MÉTODO DE SELECCIÓN	53
3.2 SELECCIÓN ACOPLAMIENTO EJE DE BAJA VELOCIDAD (LSS) CONEXIÓN EJE DE SALIDA REDUCTOR A EJE DE ENTRADA MAQUINA.	55
3.3 DIMENSIONAMIENTO ACOPLER REJILLA WCC	57
3.4 DISEÑO DEL EJE PARA EL FRENO MECANICO	57
4. DESAROLLO Y ENSAMBLE DEL BANCO.....	60
4.1 MONTAJE DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE GENERACIÓN- TRANSMISIÓN.	60
4.2 SISTEMA NIVELADOR PARA EL MOTOR Y EL REDUCTOR Y ACOPLER EJE VOLANTE Y EJE REDUCTOR.	61
4.3 SISTEMA ALINEADOR DEL MOTOR Y REDUCTOR.....	61
4.4 PRESENTACIÓN Y TABLERO ELÉCTRICO	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES.....	65

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Transmisión Directa Bevel Budy Box (Trituradora de chatarra APDR) ...	11
Figura 2. Bandas más utilizadas en la transmisión por correas.....	17
Figura 3. Mecanismo del Sistema de Transmisión por Correas	17
Figura 4. Mecanismo del Sistema de Transmisión por Cadenas.....	18
Figura 5. Sistema de Transmisión Sin Fin - Corona	19
Figura 6. Sistema de Transmisión por Tren de Engranajes.....	20
Figura 7. Sistema de Transmisión por Tren de Engranajes. a) Tren Ordinario Simple, b) Tren Ordinario Compuesto, c) Tren Epicicloidal Simple, d) Tren Epicicloidal Diferencial, e) Trenes epicicloidales de balancín.....	21
Figura 8. Sistema de Transmisión Cicloidal	22
Figura 9. Relación de Velocidad Sistema de Transmisión de Potencia	24
Figura 10. Relación de Velocidad Sistema de Transmisión de Potencia	25
Figura 11. Pares Activos en un Tren Ordinario.	26
Figura 12. Fuerzas Tangenciales en un Tren Ordinario.	27
Figura 13. Torque o Par.	28
Figura 14. Torque o Par	29
Figura 15. Control por Reactancia en Serie	34
Figura 16. Sistemas de Acoplamientos	35
Figura 17. Acoplamiento de Brida	36
Figura 18. Acoplamiento de Manguito Partido.....	37
Figura 19. Acoplamiento Flexible de Cruceta.....	38
Figura 20. Acoplamiento Tipo Perfect	38
Figura 21. Acoplamiento Tipo Crown Pin	39
Figura 22. Acoplamiento Tipo Disco Flexible	40
Figura 23. Acoplamiento Tipo Engranaje Interno	40
Figura 24. Acoplamiento Tipo Múltiplex	41
Figura 25. Acoplamiento Tipo de Cadena	41
Figura 26. Acoplamiento Tipo de Limitador de Par.....	42
Figura 26. Acoplamiento Tipo Tambor de Freno	42
Figura 26. Acoplamiento para Ejes Paralelos No Alineados.....	43
Figura 26. Acoplamiento para Ejes Paralelos No Alineados.....	46
Figura 30. Reductor de Velocidad Cicloidal.....	47
Figura 30. Motor Eléctrico WEG.....	48
Figura 30. Acople Seleccionado.....	54
Figura 33. Acople Tipo Rejilla Plano, Tipo TH.....	57
Figura 34. Detalle de la Estructura Base.....	60
Figura 35. Ensamble del Equipo Sistema Nivelador.....	61
Figura 35. Ensamble del Equipo Sistema Alineador.....	62

Figura 35. Ensamble Final Incluyendo Sistema Eléctrico.	63
---	----

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ventajas e Inconvenientes de los Sistemas de Transmisión de Potencia .	23
Tabla 2. Factores de Conversiones entre HP – CV – kW	32
Tabla 3. Velocidad de Rotación Referente a la Frecuencia de Motores Sincrónicos	33
Tabla 4. Ficha del Reductor de Velocidad Cicloidal	47
Tabla 5. Ficha del Reductor de Motor Eléctrico	48
Tabla 6. Requerimientos del Cliente.....	48
Tabla 7. Matriz DOFA para los Requerimientos del Cliente	49
Tabla 8. Requerimientos de Ingeniería.....	50
Tabla 9. Matriz de Evaluación de Alternativas	52
Tabla 10. Selección de Acople Tipo Arana	54
Tabla 11. Selección del Reductor donado por TRAMEC	56
Tabla 11. Selección del Reductor donado por TRAMEC	57

RESUMEN

En el quehacer profesional del Ingeniero Mecánico encontrarse con el diseño, la selección, el montaje, la puesta a punto, el mantenimiento, el monitoreo, el control y la protección de sistemas de transmisión de potencia es muy común y habitual, debido que toda máquina que aprovecha la energía mecánica producida por un generador (motor) para la realización de una acción o trabajo, requiere de estos sistemas para poder acondicionarla a sus características ideales.

La Facultad de Ingeniería Mecánica recibió la donación de un reductor de velocidad (SUMITOMO) y de un motor eléctrico (WEG), de parte de la empresa TRAMEC Ltda., y al no contar actualmente con didácticos en el campo de generación transmisión de potencia, se hacía ideal el diseño y fabricación de uno, de lo cual trata el presente proyecto, es decir, del diseño y la fabricación de un banco de pruebas para sistemas Motor – Transmisión de potencia, en el cual, se puedan adelantar prácticas de laboratorio para que los estudiantes fortalezcan sus conocimientos técnicos en el diseño, montaje y mantenimiento de sistemas de generación-transmisión.

El presente Proyecto se concluyó con la elaboración de un banco de pruebas, implementando los equipos donados por Tramec Ltda. Y con otros elementos seleccionados y adquiridos por los autores, con un costo de doce millones de pesos m/cte. (\$12'000.000.00) en un tiempo de 9 meses.

INTRODUCCIÓN

Se puede decir, que casi cualquier industria del sector secundario requiere de la generación de energía mecánica para su aprovechamiento en la realización de una acción o trabajo. Por lo cual, son necesarios e importantes los sistemas de generación – transmisión de potencia y velocidad, Figura 1.

Figura 1. Transmisión Directa Bevel Budy Box (Trituradora de chatarra APDR)



Fuente: Los Autores

Por lo anterior, es vital en la formación del futuro Ingeniero Mecánico desde las áreas de Diseño, Maquinas Eléctricas, Montajes Industriales, Mantenimiento y Producción, contar con las competencias técnicas suficientes con las cuales afrontar las dificultades y retos que estos sistemas imponen en su campo laboral diariamente.

En este orden de ideas, es estratégico para la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás contar con herramientas didácticas en sus laboratorios con las cuales el estudiante pueda desarrollar estas habilidades de diseñar, seleccionar, montar, poner a punto, monitorear,

mantener y controlar sistemas de generación-transmisión de potencia, acercándolo a la realidad industrial.

El presente proyecto se formuló además de lo anterior, buscando el mejor aprovechamiento del motor eléctrico (WEG) y del reductor de velocidad (SUMITOMO) donado por la Compañía TRAMEC Ltda. durante el segundo semestre del año 2013.

Por lo cual, se planteó como objetivo general el de diseñar y construir un banco de prácticas sistema motor-reductor para los laboratorios de la Facultad Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás.

Y como objetivos específicos buscando garantizar el cumplimiento del objetivo general, se plantearon los siguientes:

1. Implementar la metodología de diseño QFD para el planteamiento de las alternativas de diseño conceptual del banco de prácticas.
2. Determinar los elementos constitutivos del banco de prácticas, diferentes al Motor y al Reductor.
3. Realizar el diseño de selección del banco de prácticas, sus sistemas mecánicos y de control.
4. Fabricar y montar el banco de prácticas.
5. Desarrollar guías de laboratorio a partir del banco de prácticas del sistema motor-reductor.

El presente informe, documenta el desarrollo del proyecto, desde el marco teórico, hasta la fabricación y ensamble del Banco de Pruebas, pasando por la determinación de requerimientos, la generación de alternativas y el diseño y selección de los elementos componentes del mismo, teniendo como punto de partida los elementos donados por Tramec Ltda.

1. MARCO TEORICO

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 función 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.[1]

Para poder transmitir la potencia desde una fuente motriz generadora hacia otro dispositivo o máquina existe un mecanismo formado por varios elementos denominado sistema de transmisión de potencia. Existen diversas formas; sin embargo, en la mayoría de los casos, la transmisión se realiza a través de elementos rotantes.

La expresión más simple de la transmisión de potencia es a través de la rotación de un eje motriz a un eje conducido, aumentando o disminuyendo su velocidad.

Los mecanismos de transmisión de potencia son muy utilizados en la industria para la transmisión de energía mecánica entre un elemento llamado motriz, hacia otro elemento llamado conducido, que a su vez, acciona un dispositivo o elemento de trabajo. El elemento motriz (generador o motor) es un mecanismo que puede ser activado mediante energía eléctrica, hidráulica, mecánica, etc. [2]

Existen diversos tipos de mecanismos para la transmisión de potencia:

- A. Bandas, correas o fajas y poleas: Está conformado por dos poleas ensambladas, este mecanismo se utiliza generalmente entre ejes paralelos separados por una distancia significativa. Se compone como mínimo de 2 poleas, una conductora y una conducida unidas mediante una banda, correa o faja.
- B. Cadenas y ruedas dentadas: El sistema de transmisión por cadenas consta de dos ruedas de cadena montadas cada una en su respectivo eje, y unidas por una cadena. La rueda pequeña por lo general transmite el movimiento a la más grande. El ejemplo más sencillo es el sistema de transmisión de una bicicleta o de una moto.

- C. Engranajes: El sistema de transmisión por engranajes se conforma por ruedas dentadas que van montadas sobre sus respectivos ejes y que engranan entre sí para producir el movimiento entre ellas y de esta manera transmitir la potencia del eje motriz al eje conducido.
- D. Cicloidal: El sistema de reducción de velocidad de Cicloidal se basa en un principio ingeniosamente simple.[3]

El reductor de velocidad sólo tiene tres partes móviles:

- El eje de entrada de alta velocidad con una leva excéntrica integral y un conjunto de cojinete de rodillo.
- El disco cicloidal y el conjunto del eje de salida de baja velocidad. La acción de rodamiento progresiva y pareja de los discos cicloidales eliminan la fricción y los puntos de presión de los engranajes convencionales.

Todos los componentes que transmiten el par de torsión de Cicloidal ruedan y están dispuestos en forma simétrica alrededor del eje para una operación equilibrada.

Los sistemas de transmisión de potencia son elementos mecánicos necesarios para el accionamiento de todo tipo de máquinas y equipos de uso industrial, que necesiten transmitir la velocidad o la potencia (aumentándolas, disminuyéndolas o manteniéndolas igual) generada en el motor.

En la actualidad se puede decir que los motores representan el corazón de la industria, pero esta requiere de diferentes velocidades de funcionamiento según la aplicación a realizar y es por eso que los reductores se convierten en máquinas indispensables para el funcionamiento de la industria. [4]

Los motores actualmente debido a su principio de funcionamiento trabajan a velocidades muy altas 3.600 rpm, 1.800 rpm e incluso 1.200 rpm, pero muy rara vez en la industria las maquinas lo hacen a estas velocidades, por lo que la función de un reductor de velocidad es disminuir estas velocidades a las adecuadas para la aplicación, por ejemplo 30 rpm, 60 rpm, 80 rpm o un poco mayores, sin afectar la fuerza y en muchos casos multiplicándola.

Los sistemas de transmisión de potencia son elementos mecánicos que dependiendo la cantidad y tipo de elementos mecánicos constitutivos tienen

pérdidas, por fricción o deslizamiento, entre otros factores, por lo cual hay unos más eficientes que otros.[5]

Al emplear reductores tipo cicloidales se obtienen una serie de beneficios sobre otras formas de reducción de velocidad, entre los que se pueden mencionar[4]:

- Mayor eficiencia en la transmisión de potencia (Menores pérdidas)
- Menor espacio requerido para su montaje
- Mayor seguridad (cajas reductores cerradas)
- Disminución en costos de mantenimiento.
- Mayor confiabilidad (menores paradas de línea)
- Menor tiempo requerido para su instalación
- Menor costo de operación

1.1 SISTEMAS DE TRANSMISION POTENCIA

Desde épocas remotas se han utilizado cuerdas y elementos fabricados en madera para solucionar los problemas de transporte, impulsión, elevación y movimiento. No se sabe a ciencia cierta dónde?, ni cuándo?, se inventaron los elementos para transmisión de potencia. La literatura de la antigua China, Grecia, Turquía y Damasco mencionan engranajes pero no aportan muchos detalles de los mismos.[6]

Los sistemas de transmisión de potencia y reducción de velocidad (reductores y motorreductores mecánicos) se pueden contar entre los inventos más antiguos de la humanidad y aún en estos tiempos en pleno siglo XXI, se siguen desarrollando y utilizando prácticamente en cada máquina que lleve a cabo un proceso, desde el más pequeño reductor capaz de cambiar y combinar velocidades de giro en un reloj de pulsera o medianos que cambian la velocidad en un automóvil o hasta enormes capaces de dar tracción a los buques de carga, molinos de cemento, grandes máquinas cavadoras de túneles o en molinos de caña en la elaboración de azúcar.

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.[1]

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.[2]

Los sistemas motriz de los equipos tienen diferentes elementos componentes, como son: el motor, generador del movimiento y la fuerza, generalmente transforma la energía eléctrica, hidráulica, neumática u otra en energía mecánica; el sistema de transmisión de potencia, que puede estar conformado por diferentes elementos mecánicos, dependiendo el tipo de sistema que se utilice; están los árboles de transmisión que conectan al motor con el consumidor, estas pueden estar montados sobre el mismo eje, en ejes paralelos, perpendiculares u otros ángulos dependiendo del sistema de transmisión de potencia utilizada; se encuentra el consumidor, que es el elemento que consume la energía generada por el motor y la transforma en trabajo; en las cadenas cinemáticas se pueden encontrar también otros elementos o dispositivos de transmisión, como acoples, soportes, rodamientos y chumaceras.[1]

1.2 TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSMISION DE POTENCIA

Los elementos mecánicos más empleados para transmitir la fuerza y el movimiento a través de cadenas cinemáticas son: transmisión mediante ruedas de fricción, las transmisiones por correa, la transmisión por cadena y los engranajes, ya que normalmente el movimiento que se transmite es circular.

1.2.1 Transmisión Polea Correa

Existen varios tipos de correas y poleas, las más frecuentemente utilizadas en máquinas son del tipo plana, trapezoidales (en V), hexagonales y de sincronización. En el caso de las trapezoidales pueden ser dentadas o lisas, simples o múltiples (Figura 2).

Este método de transmisión se utiliza cuando es necesario conectar árboles alineados y separados a cierta distancia. El mecanismo consiste en una correa sin fin de material flexible acoplada a dos o más poleas.

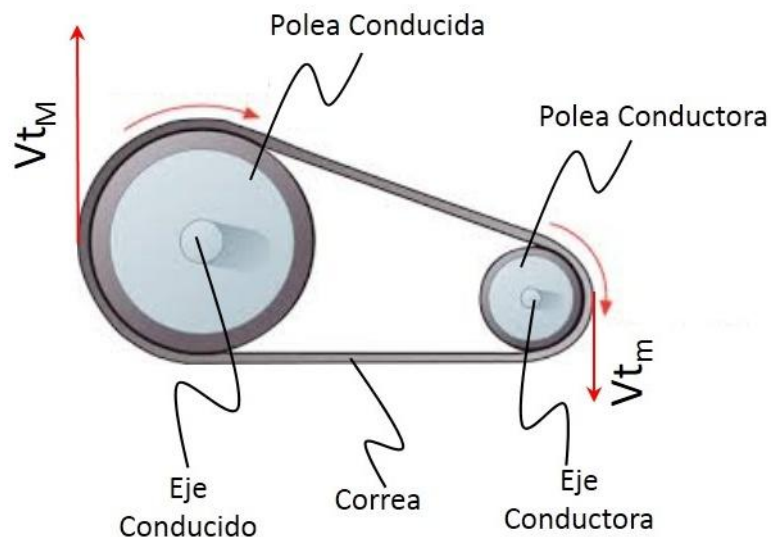
El principio de transmisión se basa al friccionar las correas flexibles contra la superficie lisa de las poleas, estas superficies se deslizan una sobre la otra provocando un patinamiento (excepto en las correas de sincronicas), por lo tanto las velocidades entre las poleas no se respetan con exactitud, por lo que no es un mecanismo de precisión en la transmisión, pero sirven de fusible en el arranque de ciertos sistemas.

Figura 2. Bandas más utilizadas en la transmisión por correas



El sistema se compone, básicamente, de dos ejes (conductor y conducido), dos poleas (conductora –encargada de transmitir el movimiento- y conducida –encargada de recibir el movimiento-) y una correa; a los que se les puede añadir otros operadores como poleas locas o tensores cuya finalidad es mejorar el comportamiento del sistema; si no existe deslizamiento entre la correa y las poleas, la velocidad tangencial de la polea conductora o motriz y la conducida o movida serán iguales (Figura 3).

Figura 3. Mecanismo del Sistema de Transmisión por Correas



Fuente: Modificado de Transmisiones Industriales [3]

Este sistema en general, transmite un movimiento giratorio de un eje a otro, modificando sus características de velocidad y en algunos casos de sentido. Normalmente los ejes suelen ser paralelos, pero en algunos otros casos también pueden ser perpendiculares, es decir, ejes que se cruzan a 90°.[3]

La finalidad de cada elemento es:

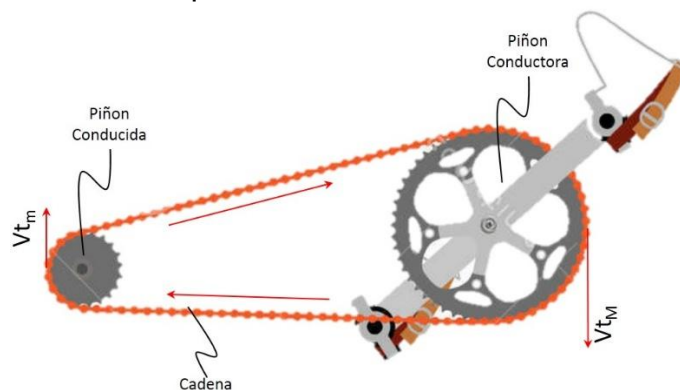
- Eje conductor: Es el eje motriz, el que dispone del movimiento que tiene que ser transmitido al otro eje (eje de motor).
- Eje conducido: Es el eje que tiene que ser movido (Eje Maquina).
- Polea conductora: Es la que está unida al eje conductor.
- Polea conducida Es la que está unida al eje conducido.
- Correa: Es un aro flexible que abraza ambas poleas y transmite el movimiento de una a otra.

1.2.2 Transmisión Piñón Cadena

Al igual que el anterior tipo, permite transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes, que siempre deben ser paralelos, pudiendo modificar la velocidad, pero no el sentido de giro (no es posible hacer que un eje gire en sentido horario y el otro en antihorario), ni el ángulo entre los ejes (Figura 4).

Se emplea en sustitución de los reductores de velocidad de cadena-polea, cuando lo importante es evitar el deslizamiento entre la rueda conductora y el mecanismo de transmisión.

Figura 4. Mecanismo del Sistema de Transmisión por Cadenas



Fuente: Modificado de Transmisiones Industriales[3]

Este mecanismo se emplea mucho en bicicletas, motos, motores de extrusión de plástico, puertas elevables, apertura automática de puertas, entre otras aplicaciones.

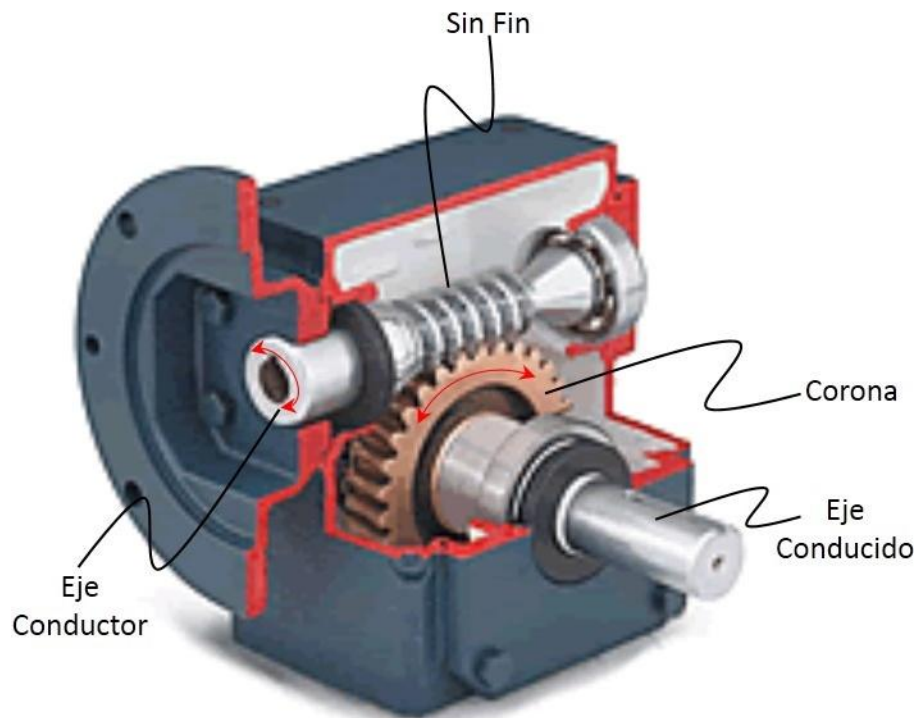
Este sistema consta de una cadena “sin fin” (cerrada) cuyos eslabones engranan con las ruedas dentadas (piñones) que están unidas a los ejes de los mecanismos conductor y conducido, al igual que en el sistema anterior.[7]

Los ejes tienen que mantenerse en posición fija uno respecto a otro, por lo que suelen sujetarse mediante soportes, armaduras u horquillas (en el caso de motos y bicicletas).

1.2.3 Transmisión Sin Fin Corona

La transmisión sin fin – corona, es un mecanismo de transmisión circular compuesto por dos elementos: el tornillo (sin fin), que actúa como elemento de entrada (o conductor) y la rueda dentada, que actúa como elemento de salida (o conducido) y que algunos autores llaman corona. La rosca del tornillo engrana con los dientes de la rueda de modo que los ejes de transmisión de ambos son perpendiculares. (Figura 5)

Figura 5. Sistema de Transmisión Sin Fin - Corona



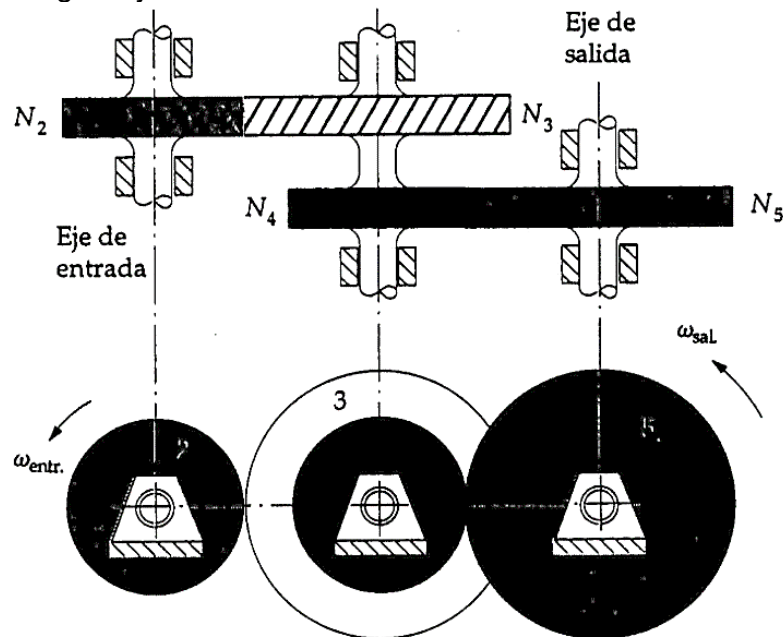
Fuente: Modificado de SEIN. [8]

El funcionamiento es muy simple, por cada vuelta del tornillo, el engranaje gira un solo diente o lo que es lo mismo, para que la rueda dé una vuelta completa, es necesario que el tornillo gire tantas veces como dientes tiene el engranaje. Se puede deducir de todo ello que el sistema posee una relación de transmisión muy baja, o lo que es lo mismo, es un excelente reductor de velocidad, por lo cual, posee elevada ganancia mecánica y como ventaja adicional ocupa un reducido.[7]

1.2.4 Transmisión por Tren de Engranajes

Un tren de engranajes (Figura 6) es un mecanismo formado por varios pares de engrane acoplados de tal forma que el elemento conducido de uno de ellos es el conductor del siguiente. Suele definirse como aquella cadena cinemática formada por varias ruedas que ruedan sin deslizarse entre sí; o bien como cualquier sistema de ejes y ruedas dentadas que incluya más de dos ruedas.

Figura 6. Sistema de Transmisión por Tren de Engranajes



Fuente: Modificado de SEIN. [8]

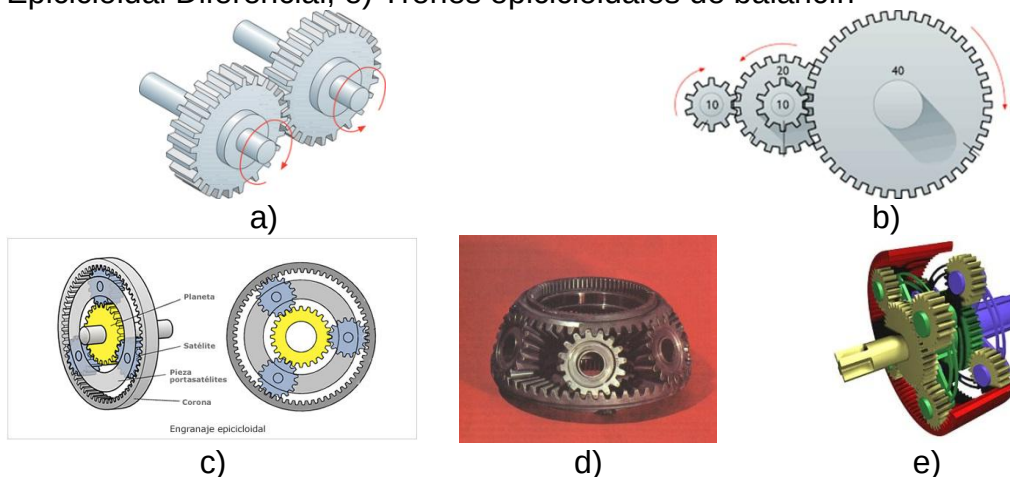
En muchos casos, se recurre a ellos porque no es posible establecer una determinada relación de transmisión entre dos ejes mediante un solo par de ruedas dentadas; o también porque se desea obtener un mecanismo con relación de transmisión variable, lo que tampoco es posible con un solo par de ruedas.

Las transmisiones por tren de engranajes se pueden realizar como cualquier otra clasificación, en la medida en que depende del criterio o criterios elegidos para realizarla. A partir de consideraciones de índole cinemática, una posible clasificación puede ser:

- Trenes ordinarios:
 - Trenes ordinarios simples
 - Trenes ordinarios compuestos. Estos, así mismo, podrán ser recurrentes o no recurrentes
- Trenes epicicloidales:
 - Trenes epicicloidales simples
 - Diferenciales
 - Trenes epicicloidales de balancín
- Trenes mixtos: en los que coexisten los dos tipos de trenes de engranajes anteriores.

La diferencia fundamental estriba en que en los trenes epicicloidales existe algún eje que tiene movimiento relativo respecto de los demás; mientras que en los trenes ordinarios el único movimiento que pueden tener los ejes es el de giro sobre sí mismos.[9]

Figura 7. Sistema de Transmisión por Tren de Engranajes. a) Tren Ordinario Simple, b) Tren Ordinario Compuesto, c) Tren Epicicloidal Simple, d) Tren Epicicloidal Diferencial, e) Trenes epicicloidales de balancín



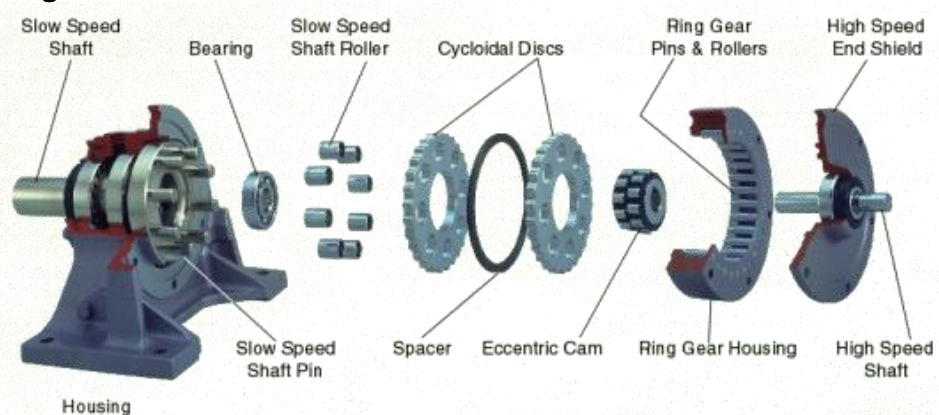
1.2.4.1 Clasificación de los Engranajes: Al igual que la clasificación nombrada anteriormente se pueden clasificar los engranajes de acuerdo a la situación relativa de los árboles de contacto y ángulo, de la siguiente forma:

- Ejes paralelos en un mismo plano.
- Engranajes cónico-rectos, cónico-helicoidales o espirales.
- Ejes que se cortan en un mismo plano.
- Engranajes cónico-rectos, y helicoidales y cónico-espirales.
- Ejes que se cruzan perpendicularmente.
- Engranajes de tornillo-sin-fin, helicoidales, cónico-hipoides.
- Ejes que se cruzan a cualquier ángulo Helicoidales.
- Rectos
- Helicoidales
- Cónicos

1.2.6 Transmisión de Potencia por Sistema Cicloidal

El sistema de funcionamiento de estos equipos consta de un eje de entrada (conductor), el cual, transmite el movimiento a un rodamiento excéntrico que está ubicado en el centro de esta transmisión. Este rodamiento transmite su movimiento a los discos cicloidales que se encuentran limitado de movimiento a ciertas direcciones por su carcasa y por un número de pines solidarios al mismo eje de baja velocidad, esto genera un movimiento de rotación del eje transmitiendo así una baja velocidad e incrementando la potencia. El perfil cicloidal del disco intenta encajar con los pines y casquillos colocados en la carcasa de pines, para producir una rotación inversa a la velocidad reducida. Para cada revolución completa del eje rápido, el disco cicloidal rota un lóbulo (diente) en la dirección contraria. [10]

Figura 8. Sistema de Transmisión Cicloidal



Fuente: Sumitomo Drive Technologies [10]

El diseño único tipo cicloidal de Cyclo, cuenta con ventajas superiores en comparación a las transmisiones mencionadas anteriormente. Los componentes del Cyclo operan por compresión y rodadura (no por fricción).

El Cyclo cuenta con dos tercios de sus componentes de reducción en contacto permanente. Este diseño le permite a los reductores de velocidad y a los motorreductores Cyclo soportar cargas de choque que superan el 500% de las capacidades nominales y brindan una confiabilidad y durabilidad excepcionales en las aplicaciones más severas.

La relación de rotación está dada por el número de lóbulos de los discos y el número de discos de veo dado como resultado la siguiente ecuación.

A continuación se muestra un cuadro comparativo con las principales ventajas y desventajas de los principales sistemas de transmisión de potencia.

Tabla 1. Ventajas e Inconvenientes de los Sistemas de Transmisión de Potencia

TIPO DE TRANSMISIÓN	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Polea y Correa	• Funcionamiento suave. • No existen choques. • No generan ruido. • Funcionan como un fusible mecánico. • Diseño sencillo. • Costo bajo	• Grandes dimensiones exteriores. • Poca estabilidad por deslizamiento elástico. • Baja vida útil de la correa. • Bajas potencias. • Inseguro.
Transmisión Piñón Cadena	• 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.	• 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	• Poco espacio para el montaje. • Bajo costo	• Son ruidosas y fuente de vibración. • Altos niveles de Lubricación • Montaje complicado. • El mantenimiento crítico y minucioso. • Baja confiabilidad.
Engranajes	• Gran variedad de velocidad • Ideal Para Transmisiones altas Potencias	• Costos elevados • Utiliza varios trenes de engranajes para bajas velocidades • Poco eficiente • Frecuentes cambios de Lubricante • Gran Tamaño

Tabla 1. (Cont.)

Cyclo	• Bajo costo de funcionamiento • Gran variedad de velocidades • Tamaños más compactos • Bajo ruido • Muy eficientes • Distintos tipos de Montaje • Mayor capacidad de Sobrecarga	• No es viable en altas Velocidades • Mayor costo inicial
--------------	--	--

Fuente: Compilada por los Autores

1.3 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA POR TREN DE ENGRANAJES

Un sistema denominado motorreductor, consiste en un dispositivo que tiene un motor acoplado directamente al sistema de transmisión de potencia, en cambio cuando se habla del reductor se debe entender que no tiene un motor acoplado directamente.

1.3.1 Transmisión de Potencia por Sistema Cicloidal

A continuación, se dan los principios básicos para el cálculo de un reductor o motorreductor de velocidad:

La relación de rotación está dada por la siguiente formula y la Figura 9.

$$r = \omega_2 / \omega_1 \quad (1)$$

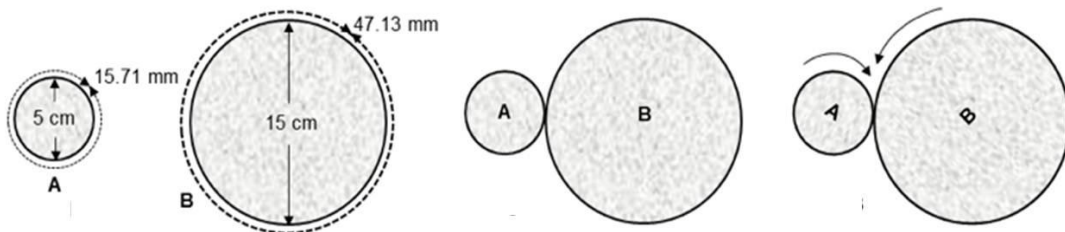
Donde

r = relación de reducción.

ω_2 = velocidad de la eje conducida [rpm]

ω_1 = velocidad del eje conductora [rpm]

Figura 9. Relación de Velocidad Sistema de Transmisión de Potencia



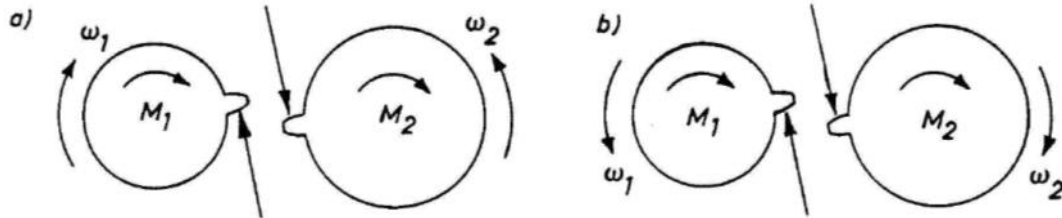
Fuente: Transmisiones Industriales S.A.S.

1.3.2 Par Transmitido en un Sistema de Transmisión de Potencia por Tren de Engranajes

Prescindiendo del rozamiento, todas las fuerzas que intervienen en un tren de engranajes son las mismas si el tren está quieto o si el tren se mueve con velocidades uniformes en un sentido o si se mueve en sentido contrario. Ello es una consecuencia de que todas las fuerzas de inercia quedan equilibradas.

Por ejemplo, en la Figura 10 b), los sentidos de giro son contrarios a los de la Figura 10 a), pero las fuerzas que intervienen son las mismas. La diferencia estriba en que en el primer caso M_1 actúa en el mismo sentido que ω_1 y por lo tanto, es un par motor que introduce trabajo en el sistema; mientras que M_2 es un par resistente que saca trabajo del sistema. Sin embargo, en el segundo caso, M_1 es el resistente y M_2 el motor.

Figura 10. Relación de Velocidad Sistema de Transmisión de Potencia



Fuente: Universidad Pública de Navarra [9]

Se denominan fuerzas activas a aquéllas que introducen o sacan trabajo en el sistema. Esto excluye las reacciones en los apoyos y los empujes mutuos entre dientes. Así, las únicas fuerzas activas que hay que considerar en un tren de engranajes son los pares exteriores que actúan sobre las piezas giratorias en su plano de giro.

Para analizar los pares activos basta con aplicar de forma sistemática el teorema de las potencias virtuales: en un sistema en equilibrio pero que puede moverse (o se mueve), en cualquier movimiento posible la suma de las potencias que entran al sistema es nula.

Observando la Figura 11, en la que los pares activos son M_1 y M_2 , ha de cumplirse

$$M_1 \times \omega_1 + M_2 \times \omega_2 = 0 \quad (2)$$

De donde, operando:

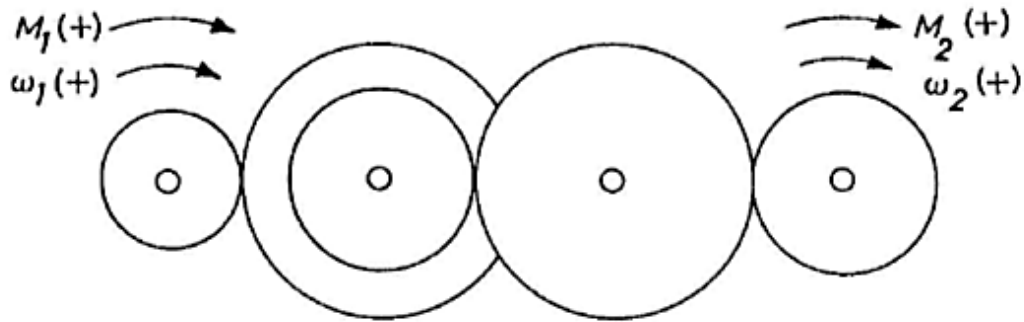
$$M_1 / M_2 = - \omega_2 / \omega_1 = - \mu \quad (3)$$

Donde,

ω_1, ω_2 = velocidad de la eje conducida [rpm]

M_1, M_2 = Par Activo [N×m]

Figura 11. Pares Activos en un Tren Ordinario.



Fuente: Universidad Pública de Navarra [9]

En la Figura 11 se observa que si ω_1 tiene realmente el sentido dibujado, ω_2 debe tener el sentido contrario. Esto se traduce en que M tendrá un valor negativo, con lo que según la ecuación (3) M_1 y M_2 tendrán el mismo signo (el dibujado o el contrario).

En un tren de engranajes, los pares activos sobre los ejes se transmiten de un eje al otro por medio de fuerzas tangenciales sobre los contornos de las ruedas (sobre las circunferencias primitivas de funcionamiento). Como ya se nombró, la acción mutua entre dos ruedas es una fuerza (F) perpendicular a la superficie del diente; de modo que, en general, esta fuerza tendrá una componente tangencial (T), otra axial (A) paralela al eje, y otra radial (R) perpendicular al eje. De todas ellas, la única que daba momento respecto al eje era la tangencial (T).

Las componentes tangenciales (T) quedan determinadas por los pares activos que actúan sobre los ejes y no dependen de la forma de los dientes. Sin embargo, las otras componentes (A y R) quedan determinadas en función de T y la forma del diente.

Así, en el tren ordinario compuesto de la Figura 12, las fuerzas tangenciales quedan determinadas por las condiciones de equilibrio de cada eje. Los momentos respecto al eje son:

$$\text{(Primer eje)} \quad M_1 - T_1 \times R_1 = 0 \quad (4)$$

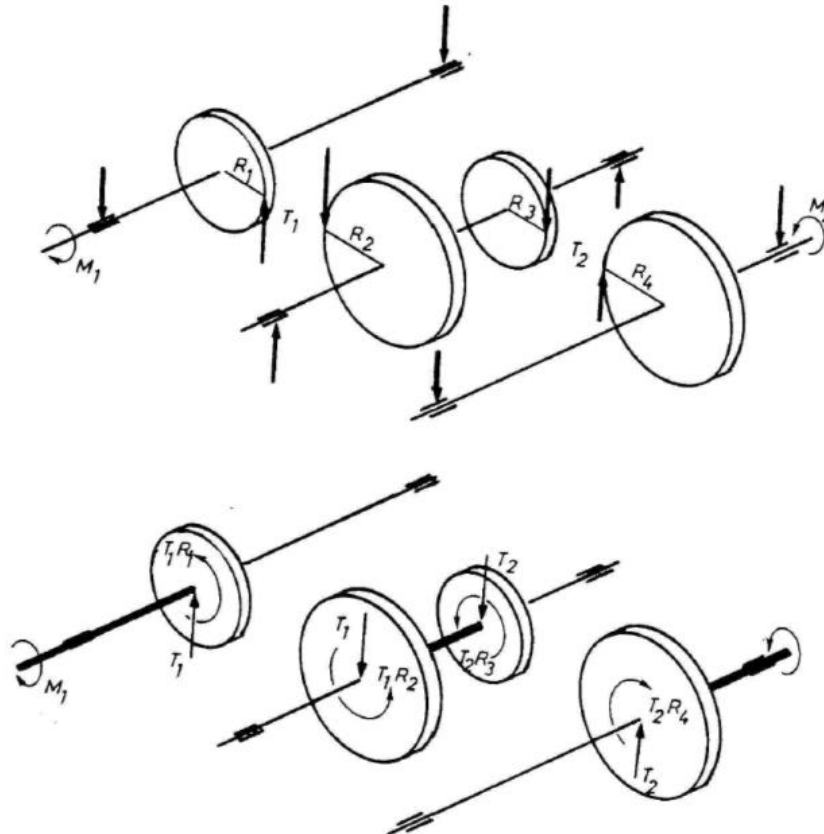
$$\text{(Segundo eje)} \quad -T_1 \times R_2 + -T_2 \times R_3 = 0 \quad (5)$$

$$\text{(Tercer eje)} \quad T_2 \times R_4 + -M_2 = 0 \quad (6)$$

Que permiten determinar T_1 , T_2 y M_2 en función de M_1 .

El equilibrio del eje exige también que existan en los apoyos unas reacciones de sentido contrario a T . Estas fuerzas serán las mismas si el tren está quieto, que si gira uniformemente en un sentido o en otro.

Figura 12. Fuerzas Tangenciales en un Tren Ordinario.



Fuente: Universidad Pública de Navarra [9]

En estas condiciones de equilibrio, hay algunos trozos del eje que quedan sometidos a flexión y torsión. Esto se pone en evidencia en la Figura 12, al trasladar las fuerzas tangenciales (T) al centro de las ruedas y añadiendo unos pares ($T \times R$) que compensen esa traslación. En el primer eje, por ejemplo, la nueva fuerza T_1 se equilibra con las reacciones de los apoyos,

que están en el mismo plano. Este equilibrio se traduce en la flexión de todo el tramo del eje comprendido entre los apoyos.

Al mismo tiempo, el par M_1 se equilibra con el par $T_1 \times R_1$, pero este equilibrio se traduce en torsionar todo el tramo del eje comprendido entre los planos de acción de ambos pares.

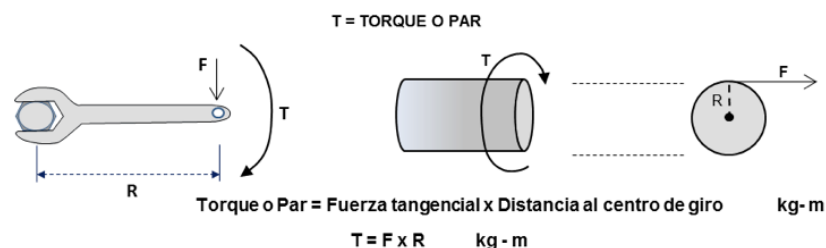
En la Figura 12, los trozos de eje sometidos a torsión están señalados con trazo grueso. En definitiva, el par M_1 se transmite hasta M_2 a lo largo de sucesivos tramos del eje que quedan sometidos a torsión.

Por último, recordar como en un tren de engranajes, a medida que disminuye la velocidad de giro (ω) de las ruedas aumenta el par transmitido (ya que la potencia transmitida debe de permanecer constante, salvo pérdidas por rozamiento, $P = M_i \times \omega = T \times R_i \times \omega$), por lo que las ruedas han de ser más robustas.

1.3.3 Potencia en un Sistema de Transmisión de Potencia por Tren de Engranajes

Este torque o par mezclado con un tiempo de aplicación o ejecución es entonces una “potencia”.

Figura 13. Torque o Par.



Fuente: Mott, P. E. Robert L. [7]

Un motor eléctrico tiene una determinada potencia en HP y tiene una cierta velocidad de operación a la cual gira la flecha de salida, por ejemplo 1800 revoluciones por minuto (rpm). Estas dos características: Velocidad y Potencia llevan aparejado un cierto “torque” o “par” que puede liberar el motor. Es precisamente el “par” lo que permitirá que se pueda o no girar una determinada carga, cuanto más alto el “par” más grande será la carga que se puede girar. El que tan rápido pueda hacerse dependerá de la potencia del motorreductor. Las dos características están interrelacionadas y dependen una de la otra.

Esta combinación de potencia, par y velocidad en un motor o motorreductor está regida por la siguiente fórmula:

$$T = \frac{P \times 716}{w} \quad (7)$$

Donde,

T = Par [kg × m]

P = Potencia [HP]

W = Velocidad de giro de la Flecha del motor o reductor [RPM]

Como se observa en la fórmula, para una potencia dada, cuanto más baja sea la velocidad final de giro de la flecha del motorreductor, más alto será el par, aunque la potencia siga siendo la misma. Inversamente, cuanto más alta sea la velocidad final del reductor o motorreductor, tanto más bajo será el par aun cuando la potencia sea la misma.

Ejemplo: Calcular el par de salida que puede proporcionar un Motorreductor de 5 HP, con relación de reducción de 59:1. El motor es de 4 polos con una velocidad nominal de 1750 RPM.

Desarrollo: Si el motor es de 1750 RPM de salida y el Reductor tiene una relación de reducción 59:1, quiere decir, que la velocidad de salida será de:

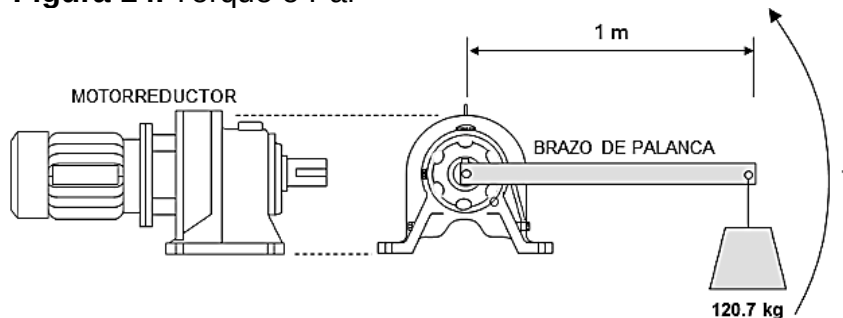
Velocidad a la salida del reductor = 1750 RPM / 59 = 29,66 RPM

Entonces a partir de la Ecuación (7), el par disponible será de:

$$T = \frac{P \times 716}{w} = \frac{5 [HP] \times 716}{29,66 [RPM]} = 120,7 \text{ kg} \times m$$

De acuerdo a lo anterior, el par disponible es de 120,7 kg-m.

Figura 14. Torque o Par



Fuente: Mott, P. E. Robert L. [7]

Esto quiere decir que el Motorreductor tendría la fuerza torsional o par suficiente para darle vuelta a un peso de 120,7 kg, colgado de un brazo de palanca de 1 m, atornillado a la flecha de salida y ese trabajo de giro con esa carga lo podría hacer indefinidamente ya que los 5 HP serían suficientes para mantenerlo girando aún con ese par opositor de 120,7 kg-m.[11]

1.3.4 Cálculo de la Potencia de un Motorreductor

Inversamente, si se sabe que “par” se necesita para mover la carga y a qué velocidad de giro se realiza adecuadamente el trabajo que se requiere, entonces se puede calcular el Motorreductor y la potencia del motor necesarios. Por ejemplo: Si el par requerido es de 125 kg-m y se necesita que gire a 40 RPM, entonces el Motorreductor necesario será:

Cálculo de la relación de reducción:

$$\text{Reducción} = 1750 \text{ RPM} / 40 \text{ RPM} = 43,75 : 1$$

Despejando los HP de la ecuación (7)

$$T = \frac{P \times 716}{w} = \frac{X [\text{HP}] \times 716}{40 [\text{RPM}]} = 125,0 \text{ kg} \times m$$

$$X [\text{HP}] = \frac{125,0 [\text{kg} \times m] \times 40 [\text{RPM}]}{716} = 6,9832 \text{ HP}$$

Se requiere de 6,98 HP de potencia en el motor, comercialmente no existe un motor de esa potencia, por lo cual hay que tomar el más cercano por encima que comercialmente es de 7,5 HP.

A nivel de la reducción se tiene que debería ser 43,75 : 1, el cual, también comercialmente no existe, el reductor que más se acerca es de relación 43:1.

Con esto queda totalmente definido el Motorreductor que se adecua correctamente a la aplicación planteada y de consecución local, así: Motorreductor de 7.5 HP, reducción 43 : 1, con velocidad de salida de 40.7 RPM.

1.3.5 Generador de Potencia o Motor

Motor etimológicamente hablando proviene del latín “motoris”, significa fuerza o energía que genera un movimiento. Esta fuerza o energía que genera el

movimiento puede ser de distintas fuentes, tales como son: energía química contenido en un combustible; energía potencial contenida en un fluido; energía mecánica potencial contenida en un resorte o elástico; la energía eléctrica producida en una planta de generación, etc. [12]

En el tema que compete al presente proyecto son muy importantes los Motor eléctrico, ya que, “el motor eléctrico es la máquina más utilizada para transformar energía eléctrica en energía mecánica, pues combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica (bajo costo, facilidad de transporte, limpieza y simplicidad de comando) con su construcción simple y robusta a bajos costos con gran versatilidad de adaptación a los más variados tipos de cargas. por estas razones se selecciona este tipo de motor, puesto que garantiza una mayor confiabilidad en la aplicación.[13]

1.3.5.1 Tipos de Motores Eléctricos: Los motores eléctricos se pueden clasificar de forma general en dos familias, dependiendo el tipo de corriente que utilice para su alimentación, se clasifican en: [12]

- Motores de Corriente Continua:
 - De excitación independiente
 - De excitación serie
 - De excitación (Shunt) o derivación
 - De excitación compuesta (Compound)
- Motores de Corriente Alterna:
 - Motores síncronos
 - Motores asíncronos:
 - Monofásicos
 - De bobinado auxiliar
 - De espira en cortocircuito
 - Universal
 - Trifásicos
 - De rotor bobinado
 - De rotor en cortocircuito (jaula de ardilla)

Todos los motores de corriente continua, así como los síncronos de corriente alterna incluidos en la clasificación anterior tienen una utilización y unas aplicaciones muy específicas.

Los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos, son los que tienen una aplicación más generalizada gracias a su facilidad de utilización, poco mantenimiento y bajo coste de fabricación.

La velocidad de sincronismo de los motores eléctricos de corriente alterna viene definida por la expresión:

$$n = \frac{60 \times f}{P} \quad (8)$$

Donde,

n = Número de Revoluciones por Minuto [RPM]

f = Frecuencia de la Red [Hz]

P = Número de pares de polos de la Máquina [RPM]

1.3.5.2 Conceptos Básicos de Funcionamiento del Motor: Para hablar sobre los motores eléctricos asíncronos trifásicos y monofásicos es importante considerar los criterios más utilizados para seleccionar el motor eléctrico más adecuado para la aplicación deseada.

- **Potencia:** Es la fuerza que el motor genera para mover la carga en una determinada velocidad. Esta fuerza es medida en HP (horse power), CV (caballo de vapor) o en kW (Kilowatt). [13]

Tabla 2. Factores de Conversiones entre HP – CV – kW

De	Multiplique por	Para obtener
CV	0,736	kW
kW	1,341	HP
HP	0,746	kW

Fuente: Weq [13]

Para convertir los valores de unidades de potencia, se puede usar los valores de la Tabla 2.

Ejemplo: Dado un motor de 5 CV, transformarlo en kW:

$$5 \text{ CV} \times 0,736 = 3,68 \text{ kW}$$

Nota: La potencia especificada en la placa de identificación del motor, indica la potencia mecánica disponible en el eje de salida.

Para obtener la potencia eléctrica consumida por el motor (kW / h), se divide la potencia en kW por su eficiencia (η).

Ejemplo:

$\eta = 84,5\%$ (Dato de placa para motor de 5 HP)

$$P \text{ (kW/h)} = \frac{3,68}{0,845} = 4,35 \text{ kW/h}$$

- Velocidad de Rotación: Es el número de giros que el eje desarrolla por unidad de tiempo. La velocidad de rotación se expresa normalmente en RPM (revoluciones por minuto). Para las frecuencias de 50 Hz y 60 Hz, se encuentra la Tabla 3.

Tabla 3. Velocidad de Rotación Referente a la Frecuencia de Motores Sincrónicos

Motor	Rotación Sincrónica	
	60 Hz	50 Hz
2 Polos	3.600 RPM	3.000 RPM
4 Polos	1.800 RPM	1.500 RPM
6 Polos	1.200 RPM	1.000 RPM
8 Polos	900 RPM	750 RPM

Fuente: Weq [13]

Los motores de 2 y 4 polos son los más vendidos en el mercado.

Hasta la llegada de los modernos controladores de estado sólido, los motores de inducción no eran las máquinas adecuadas para aplicaciones que requerían considerable control de velocidad. El rango normal de operación de un motor de inducción típico está confinado a menos de 5% de deslizamiento y la variación de la velocidad en ese rango es más o menos directamente proporcional a la carga sobre el eje del motor. Aun si el deslizamiento fuera mayor, la eficiencia del motor sería muy pobre puesto que las pérdidas en el cobre del rotor son directamente proporcionales al deslizamiento del motor.

Existen sólo dos técnicas para controlar la velocidad de un motor de inducción, una de las cuales consiste en variar la velocidad sincrónica (velocidad de los campos magnéticos del rotor y del estator) puesto que la velocidad del rotor siempre permanece cerca de n_{sinc} . La otra técnica consiste en variar el desplazamiento del motor para una carga dada.

La velocidad sincrónica de un motor de inducción está dada por, la ecuación (9).

$$nsinc = \frac{120 \times f_e}{P} \quad (9)$$

Donde,

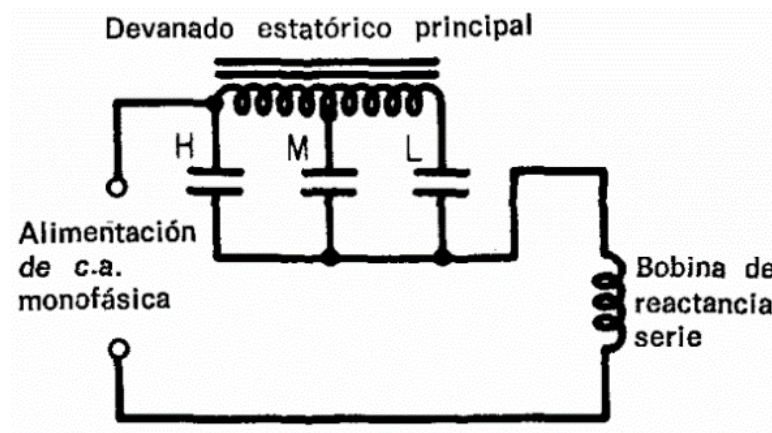
f_e es la frecuencia lineal

P el número de polos.

El método de utilizar una bobina de reactancia externa de tomas, en serie, posibilita una caída de voltaje tal que, para una carga determinada, toda la bobina producirá una mayor caída de voltaje.

La velocidad más elevada, obtenida por el cierre de los contactos H, se consigue sin el empleo de la bobina y la velocidad más baja se consigue con el empleo total de la bobina. Este método presenta el inconveniente de una pobre regulación de velocidad, ya que, al aumentar la carga, aumenta la corriente de carga y disminuyen la caída de voltaje en la bobina y la velocidad del motor. [14]

Figura 15. Control por Reactancia en Serie



Fuente: Chapman, Stephen J. .[14]

1.3.6 Sistema de Acoplamiento Entre el Motor y el Sistema de Transmisión de Potencia

Los acoples son elementos de máquinas que permiten unir o articular para comunicar el movimiento entre dos ejes en línea recta con dirección paralela, inclinada o en planos diferentes.

Figura 16. Sistemas de Acoplamientos



Fuente: Transmisiones Temperley. [15]

Existe una gran variedad de tipos de acoplamientos que sería dispendioso dar una relación detallada de cada tipo. Por esta razón se verán los tipos más comunes.

El fundamento principal del acoplamiento es transmitir permanentemente el par requerido desde el eje motor al eje conducido, al mismo tiempo compensar el desalineamiento angular o paralelo o una combinación de ambos. Algunos de estos acoplamientos cumplen funciones adicionales tales como permitir o restringir un desplazamiento axial.

Se encuentran comercialmente dos tipos de acoplamientos: rígidos y flexibles. [15]

- **Acoplamientos Rígidos:** Son empleados para acoplar dos ejes que requieran de buena alineación. La capacidad está en relación directa con la capacidad de transmisión del eje al cual se va a acoplar y se selecciona según los diámetros de los ejes.

- **Acoplamientos flexibles:** Reciben el nombre porque permiten una pequeña desalineación de los ejes. Este desalineamiento es absorbido por las juntas, enlaces o componentes del acoplamiento, de las fuerzas que provocan cargas axiales, radiales o combinadas.

Los acoplamientos flexibles tienen limitada su capacidad normal por las tensiones máximas de sus elementos flexibles. Sus elementos flexibles están en capacidad de absorber los esfuerzos de arrancado, haciéndolas más suaves.

La capacidad de carga de un acoplamiento debe estar relacionada con:

- La potencia a transmitir
- Características de la transmisión, esto es: uniforme, medianamente impulsiva o altamente impulsiva
- Velocidad, revoluciones por minuto
- Dimensiones de los ejes a acoplar
- Vibraciones, etc.

1.3.6.1 Acoplamientos Rígidos: Los acoplamientos rígidos más usados son los de brida o plato y los de manguito partido.

Figura 17. Acoplamiento de Brida



Fuente: Ringspann. [16]

- Acoplamiento de Brida: Está compuesto por dos platos con una serie de agujeros para colocar los tornillos de unión. Van montados en forma solidaria a los extremos de los ejes. Generalmente, llevan un sistema de encaje para asegurar un riguroso centrado.
- Acoplamientos de Manguito Partido: Están compuestos por dos mitades concéntricas y unidas por tornillos y tuerca. Al ser ajustados realizan la unión de los ejes.

Figura 18. Acoplamiento de Manguito Partido



Fuente: David Robledo. [17]

1.3.6.2 Acoplamientos Flexibles: Los principales acoplamientos flexibles son:

- De cruceta
- Perfect
- Crown Pm
- Disco flexible
- Muelles múltiplex
- De cadena
- De engranaje interno

Además algunos tipos especiales como:

- Acoplamiento limitador de par tipo fricción
- Acoplamiento de tipo tambor de freno
- Acoplamiento de tipo Oldham
- Acoplamiento de unión cardánica simple y compuesta
- Acoplamiento para ejes paralelos no alineados

- **Acoplamiento Flexible de Cruceta:** El acoplamiento flexible de cruceta transmite el par por medio de una cruceta de caucho, resistente al aceite, ajustada entre dos semi-cuerpos de metal. Se observa que este tipo de acoplamiento es especial para transmisiones de baja potencia y alta velocidad. La cruceta de caucho ayuda a proteger las máquinas de choques repentinos, vibraciones y sobrecargas producidas por desalineación de los ejes.

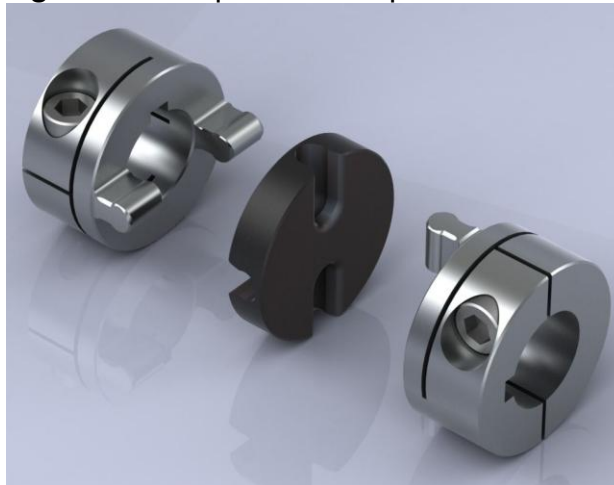
Figura 19. Acoplamiento Flexible de Cruceta



Fuente: Maquinal S.A.S. [18]

- **Acoplamiento Tipo Perfect:** Los acoplamientos de disco flexible tipo perfect se componen de dos cuerpos de aleación de aluminio o fundición gris con unas salientes que encajan en las ranuras centrales del disco de caucho. No es recomendable que este caucho esté en contacto permanente con aceite.

Figura 20. Acoplamiento Tipo Perfect



Fuente: Fundación CIM [19]

- **Acoplamiento Tipo Crown Pin:** Conocidos como acoplamientos de pasadores elásticos, constan de dos discos con brida metálica. Uno de los discos lleva unos pasadores (acoples) con amortiguadores de cuero o caucho que encajan en unos agujeros calibrados, practicados en el disco opuesto.

Figura 21. Acoplamiento Tipo Crown Pin



Fuente: Renold [20]

- **Acoplamiento Tipo Disco Flexible:** Conocidos como acoplamientos de pasadores elásticos, constan de dos discos con brida metálica. Uno de los discos lleva unos pasadores (acoples) con amortiguadores de cuero o caucho que encajan en unos agujeros calibrados, practicados en el disco opuesto.

El acoplamiento de disco flexible es más conocido como acoplamiento Renold. Los dos platos o bridas tienen unos pasadores de acero incorporados que se acoplan en los agujeros de un disco.

El par (fuerza y movimiento) es transmitido por un disco que se compone de capas alternadas de tejido impregnado de caucho reforzado con unas placas de acero. Este acoplamiento permite una limitada desalineación axial o angular, además absorbe choques y vibraciones. No debe tener contacto con aceite.

Figura 22. Acoplamiento Tipo Disco Flexible



Fuente: Lovejoy [21]

- **Acoplamiento Tipo de Engranaje Interno:** Está conformado por dos cubos con dentado exterior que engranan con los dientes del engranaje interior tallado en la tapa del acoplamiento. Están contruidos para altas potencias y velocidades. Las tapas se montan axialmente para asegurar un área de contacto permanente para la transmisión.

Las tapas están provistas de retenes para evitar la filtración de polvo y que se escape el lubricante. Compensan el desalineamiento.

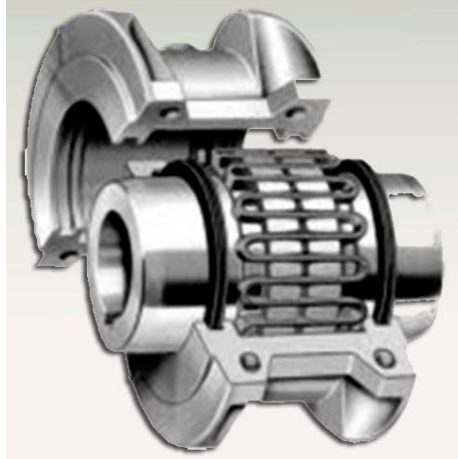
Figura 23. Acoplamiento Tipo Engranaje Interno



Fuente: Suoda Coupling. [22]

- **Acoplamiento Tipo Múltiplex:** Los platos o bridas llevan muescas en su periferia en donde se alojan muelles especiales de acero al cromo vanadio. Las muescas tienen forma especial para adaptarse a la flexión de los muelles, absorbiendo además los choques, sobrecarga, desalineación y amortiguando las vibraciones. Los acoplamientos están encerrados herméticamente a prueba de polvo.

Figura 24. Acoplamiento Tipo Múltiplex



Fuente: Mega Chain Industrial. [23]

- **Acoplamiento Tipo de Cadena:** Los acoplamientos de cadena constan de dos piñones de una cadena unidos por cadena, dúplex desmontable para acoplar o desacoplar con facilidad y rapidez los dos ejes.

Figura 25. Acoplamiento Tipo de Cadena



Fuente: Maquinal. [24]

Tienen principal aplicación en transmisión de potencias de 27 C.V. a 7000 r.p.m. hasta 2.500 C.V. a 750 r.p.m. Llevan cubiertas de plástico o aluminio herméticas.

Figura 26. Acoplamiento Tipo de Limitador de Par



Fuente: Laucirica Transmisiones. [25]

- Acoplamiento Tipo Limitador de Par: Está diseñado para ser usado como elemento de seguridad deslizante, sólo en caso de emergencia. Consta de cubierta exterior, un cubo dentado interior, placa de presión, disco de presión, tornillos y resortes. El movimiento puede ser transmitido en cualquier sentido de rotación por medio de los discos de fricción que engranan con el cubo dentado.

Figura 27. Acoplamiento Tipo Tambor de Freno



Fuente: Laucirica Transmisiones. [25]

- Acoplamiento Tipo Tambor de Freno: Varios tipos de acoplamientos flexibles pueden combinarse con un tambor sobre el cual se puede

aplicar un dispositivo para frenado constituyendo un elemento ideal para acoplar motores principales y auxiliares a movimiento de elevación, transporte, cargadores, etc.

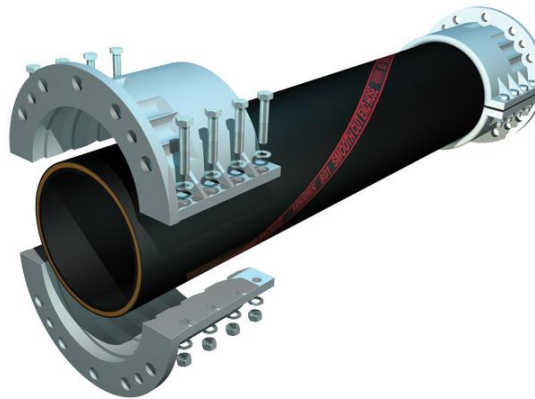
- Acoplamiento para Ejes Paralelos No Alineados: Es una clase de acoplamiento que consta de dos cubos para ser fijados a los extremos de los ejes y un cuerpo conformado por dos resortes invertidos para transmitir el par de fuerza y movimiento; observe la desalineación, choques, y vibraciones.

Se puede transmitir el par entre dos ejes:

- a. Paralelos pero no alineados.
- b. Desalineados.
- c. Con desalineamiento angular.

Existe además una gran variedad de acoplamientos para satisfacer condiciones especiales de servicio, ejemplo: Para trabajar en posición vertical.

Figura 28. Acoplamiento para Ejes Paralelos No Alineados



Fuente: Tecnología Industrial 1. [26]

1.3.7 Cálculo de Acoplamientos

Como se ha dicho los sistemas de acoplamiento sirven para unir de una manera permanente los árboles de transmisión entre sí. Para ello se requiere que sus respectivos ejes geométricos coincidan exactamente. Si los ejes no coinciden el acoplamiento no debe hacerse, porque los árboles sufrirían un peligroso esfuerzo de fatiga. Los acoplamientos rígidos principales son:

El momento torsor (M_t) que puede transmitir el manguito es:

$$Mt = z \times F \times f \times R \quad (10)$$

Donde,

M_t = Momento torsos [kgf × cm]

F = Fuerza normal que ejerce un tornillo [kgf]

Z = Número de tornillos

f = Coeficiente de rozamiento

R = Radio del árbol [cm]

Por fricción de cono elástico, al apretar un tornillo se produce una fuerza radial:

$$S = z \times \frac{F}{\tan \theta} \quad (11)$$

Donde,

S = Fuerza radial [kgf]

F = Fuerza axial [kgf]

θ = Angulo de inclinación de la hélice del tornillo [°]

El momento que puede transmitir:

$$Mt = z \times \frac{F}{\tan \theta} \times f \times R \quad (12)$$

El momento torsor (M_t) que puede transmitir el acoplamiento de platos es:

$$Mt = f \times F \times \frac{D_1}{2} \times z \quad (13)$$

Donde,

M_t = Momento torsos [kgf × cm]

F = Fuerza normal que ejerce un tornillo [kgf]

Z = Número de tornillos

f = Coeficiente de rozamiento

D_1 = Diametro del árbol [cm]

Acoplamientos flexibles o elásticos. Como elemento elástico se utiliza cuero, caucho, algodón y muelle metálico. Permite un arranque ligeramente progresivo, porque absorbe las deformaciones angulares de los ejes, debidas a la torsión.

El momento torsor (M_t) que puede transmitir el acoplamiento con casquillo de goma, es igual al de platos, siendo el siguiente:

$$M_t = f \times F \times \frac{D_1}{2} \times z \quad (14)$$

Donde,

M_t = Momento torsos [kgf × cm]

F = Fuerza normal que ejerce un tornillo [kgf]

Z = Número de tornillos

f = Coeficiente de rozamiento

D_1 = Diámetro del árbol [cm]

Para el momento torsor (M_t) del acoplamiento limitador de paro de seguridad, hay que tener claro que entre los platos se fija un elemento que admite la fricción, cuyo coeficiente de rozamiento es elevado, la presión de la placa (ferodo) se puede graduar por medio de tornillos. El momento de rozamiento debe ser mayor que el momento torsor. En el caso de sobrecarga patina sin más consecuencias.

$$M_t = f \times F \times r \quad (15)$$

$$M_t = 71.620 \times \frac{P}{n} \quad (16)$$

Donde,

M_t = Momento torsos [kgf × cm]

F = Fuerza total que ejercen todos los tornillos [kgf]

f = Coeficiente de rozamiento del ferodo

r = Radio medio de la platina [cm]

1.4 FORMA Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ZAPATAS

Las zapatas de freno están formadas por dos chapas de acero soldadas en forma de media luna y recubiertas un su zona exterior por los ferodos o forros de freno, que son los encargados de efectuar el frenado por fricción con el tambor. Los forros de freno se unen a la zapata metálica por medio de remaches embutidos en el material hasta los 3/4 de espesor del forro, para que no rocen con el tambor, o bien pegados con colas de contacto.

El encolado favorece la amortiguación de vibraciones y, como consecuencia, disminuyen los ruidos que éstas ocasionan durante el frenado.

1.5 BANCOS DE PRUEBAS, EQUIPOS PARA LABORATORIO ACADÉMICO

Los equipos para laboratorio académico cuentan con especificaciones particulares como la enseñanza de fundamentos teóricos de máquinas eléctricas, para cumplir estas especificaciones son importantes las interfaces de usuario y diagramas de operación e instrucciones intuitivas, su principal característica es la simplificación de operaciones para evidenciar con claridad los tópicos estudiados en la teoría electromagnética de motores eléctricos.

Es posible obtener información del motor en tiempo real, velocidad y par mecánico, es posible medir la temperatura de sus bobinas, para determinar los puntos de operación seguros de cada motor, es posible conocer la carga de trabajo óptima del motor mediante un análisis de eficiencia, donde conocer la temperatura es fundamental para saber cuánta energía se está disipando en forma de calor.

Otra de las principales funciones del banco de pruebas es determinar las curvas de caracterización, carga mecánica contra velocidad. Se trata de una prueba donde se somete al motor a diferentes cargas mecánicas.

Sirve Para medir las prestaciones de los diferentes elementos mecánicos y sus características de funcionamiento. El banco de pruebas se emplea tanto para la obtención de datos importantes sobre la puesta a punto de prototipos y elementos hechos en serie, como para la práctica de selección de equipos, montaje y alineación, así como mantenimiento entre otros.[27]

Figura 29. Acoplamiento para Ejes Paralelos No Alineados



Fuente: Tecnología Industrial 1. [26]

2. DISEÑO CONCEPTUAL

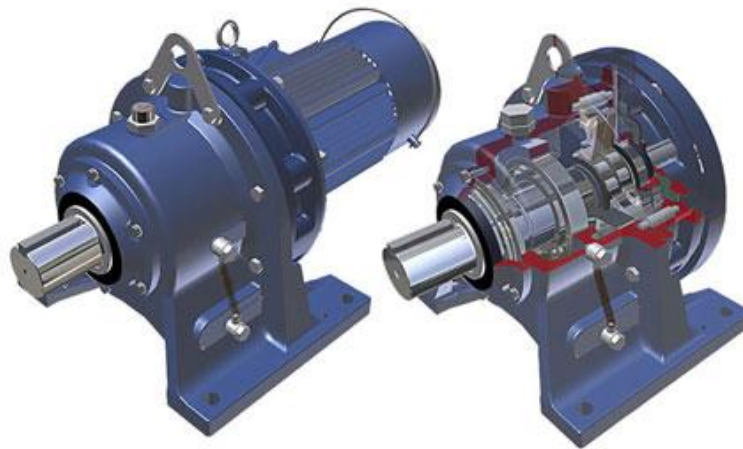
2.1 DESARROLLO DEL BANCO DE PRÁCTICAS

Para el desarrollo del Banco de prácticas en sistemas de transmisión de potencia debemos partir de la generosa donación que la Empresa TRAMEC LTDA realizó y de ciertas condiciones de diseño que en este caso la Facultad de Ingeniería Mecánica de la universidad Santo Tomas requirió para su diseño y construcción.

Descripción general elementos Donados por TRAMEC LTDA.

2.1.1 Reductor de Velocidad

Figura 30. Reductor de Velocidad Cicloidal



Fuente: Sumitomo. [28]

Tabla 4. Ficha del Reductor de Velocidad Cicloidal

Marca	Sumitomo Drive Technologies
Fabricado	Nagoya, Japón
Modelo	CNH-6105-21
Relación	21 a 1
Lubricación	Grasa
Potencia Máxima permisible a 1750 rpm	3,12 HP
Peso	13 Kg

Fuente: Sumitomo. [11]

2.1.2 Motor Eléctrico

Figura 31. Motor Eléctrico WEG



Fuente: Weg. [29]

Tabla 5. Ficha del Reductor de Motor Eléctrico

Marca	WEG
Fabricado	Jaraguá do sul, Brasil
Modelo	2 HP
Velocidad	IV Polos 1750 Rpm
Carcaza	100L
Peso	27,5 Kg

Fuente: Weg. [29]

2.2 REQUERIMIENTOS FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA USTA

Para identificar los requerimientos de cliente, que corresponde en sí a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás, se realizaron una serie de preguntas al Ingeniero Manuel Amezcua del área de Diseño, a partir de los resultados generales de esta entrevista (ANEXO No. 1), se determinaron los siguientes requerimientos de cliente y a partir de ellos se desarrolla la matriz DOFA mostrada en la Tabla 7.

Tabla 6. Requerimientos del Cliente

Diseño Modular	Acople Flexible entre el sistema de generación y el de reducción	Acople Semirrígido entre el sistema de reducción y la restricción de salida
Implementación Variador de Velocidad	Normas de seguridad	Frenado gradual del sistema
Estructura Resistente	Ocupe poco espacio	Trabaje a 220 V

Tabla 7. Matriz DOFA para los Requerimientos del Cliente

FACTORES INTERNOS FACTORES EXTERNOS	LISTA FORTALEZAS F1.Respaldo de Tramec F2. Conocimientos en transmisión de potencia. F3.Datos técnicos de máquinas. F4.Buena aplicabilidad en el mercado F5.Maquina no desarrollada.	LISTA DE DEBILIDADES D1.Falta de piezas de medición D2.Diseño estructural D3.Necesidades por clientes D4.Falta de elementos D5. Falta de materiales
LISTA DE OPORTUNIDADES O1. Maquinas donadas. O2. Falta de banco de pruebas. O3. Falta de herramientas para capacitación. O4.Personal con conocimiento. O5.Personal con posibilidad de desarrollo de proyectos.	ESTRATEGIA PARA MAXIMIZAR ➤ A partir del apoyo y las donaciones de TRAMEC, desarrollar un banco de pruebas que permita contar con elementos comerciales y casos reales.	ESTRATEGIA PARA MINIMIZAR ➤ Aprovechar los recursos donados para desarrollar un equipo que es necesario en este momento, ya que no, cuenta la Universidad con un banco para la enseñanza de máquinas de transmisión de potencia
LISTA DE AMENZAS A1 Piezas faltantes A2 Tiempos cortos A3 Falta de desarrolladores. A4 Presupuestos bajos. A5 Información para fabricación	ESTRATEGIA PARA MAXIMIZAR ➤ Diseñar y fabricar el Banco de Pruebas, usando los elementos donados por Tramec y aplicando principios de selección, montaje, alineamiento, mantenimiento, diseño para ensamble, entre otros	ESTRATEGIA PARA MINIMIZAR ➤ Conseguir elementos faltantes, empezar a desarrollar los distintos tipos de conexiones y de control para el buen funcionamiento de las máquinas y la aplicación de conocimientos en la trasmisión de potencia.

2.3 DISEÑO PRELIMINAR

Teniendo en cuenta los requerimientos del cliente (Tabla 6) y de acuerdo a la Tabla 8 que muestra los principales requerimientos de ingeniería, se plantean dos alternativas de diseño, como se muestra a continuación.

Tabla 8. Requerimientos de Ingeniería

Componentes	Tipo de montaje	Características	Voltaje
Motor	Soporte uniforme	Motor generador de altos torque y vibraciones.	Funciona tanto 440v como 220v
Reductor	Lineal uniforme	Reductor multiplicador de torque	n/a
Freno	Lineal uniforme	Generador de altas caras en el montaje	Funciona de forma mecánica o eléctrica también a 440v como 220v

2.3.1 PROPUESTA # 1

Para la primera propuesta del banco de prueba, se plantea el uso de una estructura en material plástico, ya que, es de bajo costo y hace que sea liviana, el principal inconveniente es la resistencia a la vibración que podría tener.

El motor estaría instalado dentro de una lámina gruesa de plástico pernada, garantizando una óptima alineación permitiendo así su operación y control.

De igual forma, el reductor de velocidad se anclaría en la lámina de plástico con sujeción pernada, garantizando la alineación del eje del motor con el eje de alta velocidad del reductor.

Se instalará un electro-freno mecánico, que permita aplicar cargas en el sistema, simulando así, distintos tipos de dispositivos consumidores o aplicaciones industriales.

Utilizar un acople de engranaje en la unión del motor y del reductor, al igual que entre el reductor y la aplicación simulada (el freno).

2.3.2 PROPUESTA # 2

Para la parte estructural se propone el uso de tubo estructural de agua negra que permite garantizar una estructura estable y resistente a las vibraciones, junto con una lámina soldada calibre 16, permitiendo garantizar una adecuada sujeción de los componentes al banco de prueba.

Al motor se le realizará su respectiva demarcación y perforaciones en la lámina para fijar por medio de pernos a la estructura de trabajo garantizando una óptima sujeción y alineación al sistema.

Para el reductor se utilizará el mismo tipo de lámina soldada a la estructura y se realizará la sujeción al banco de trabajo de la misma forma como se realizó con el motor, la placa de acero permite tener una mejor sujeción y generar un perfecto alineamientos con bajas vibraciones en el sistema.

Se implementará un freno mecánico que simule diferentes tipos de cargas aplicadas en la salida o aplicación del sistema, permitiendo un fácil manejo de la restricción y minimizando los altos costos de montaje.

Se propone utilizar un acople tipo araña flexible entre el motor y el reductor y un acople tipo rejilla entre el eje de baja velocidad del reductor y el eje de la aplicación.

2.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

A continuación, se procedió hacer la evaluación de alternativas para lo cual se usó la siguiente tabla de evaluación:"

- **Costo:** use 1 si el valor es muy alto, 3 si el valor es promedio y 5 si es el más económico.
- **Manufactura:** use 1 si es muy complejo su fabricación, 3 si es promedio y 5 si es sencillo su proceso de fabricación.
- **Resistencia:** use 1 si es poco resistente a la vibración y al peso de materiales, 3 si es resistente de forma promedio y 5 si es resistente a las vibraciones y al peso de los componentes

- **Ensamble:** use 1 si tiene muchas operaciones o actividades al momento del ensamble, 3 si la cantidad de operaciones es promedio y 5 si es sencillo en ensamble.

Tabla 9. Matriz de Evaluación de Alternativas

Alternativa	Costo	Manufactura	Resistencia	Ensamble	Total
Estructura en plástico	5	3	1	3	12
Estructura en tubo estructural*	3	5	5	3	16
Electro freno	1	3	3	3	10
Freno mecánico*	5	1	5	3	14
Acople de engranaje	1	1	3	1	6
Acople de rejilla*	3	5	5	5	18
Acople flexible	5	3	1	3	12

* La alternativa denotada con verde (la de mayor valoración) es la alternativa seleccionada

3. DISEÑO DE DETALLE

En el presente capítulo se hace el diseño y la selección de los elementos componentes del Banco de Prueba Motor - Reductor Selección y diseño de accesorios completaría para el sistema de transmisión de potencia.

De acuerdo a los conceptos entregados en la entrevista realizada y siendo conocedores de los requerimientos de la Universidad por parte de la Facultad a partir de los elementos donados, se procede a seleccionar tipos de acoplamientos, diseño estructural del Banco, selección de sistema para simular cargas en el eje de baja velocidad y diseño de sus sistemas de control y monitoreo al igual que las condiciones de seguridad pertinentes para evitar cualquier tipo accidente.

3.1 MÉTODO DE SELECCIÓN

Selección Acoplamiento eje de Alta velocidad HSS conexión eje de Salida del Motor al eje de entrada reductor.

De acuerdo a la ficha técnica, con respecto a los manuales de los diferentes tipos de acoples comerciales y su costo, se decide seleccionar un acople de tipo flexible, Araña, las principales casas matrices de acoples tienen entre su portafolio acoples de este tipo por ser un acople de bajo costo, especial para altas velocidades y bajos torques, permitiendo un buen desalimento radial y axial además de ayudar a absorber vibraciones y buen comportamiento a las cargas de choque.

Para este caso la marca seleccionada fue WOO CHANG COUPLING WCC (korea) por ser una de las marcas que representa Tramec Ltda.

Características y condiciones de Operación:

- Temperatura de operación -34 a 90 ° (30 ° Bogotá)
- Araña en Poliuretano Rojo
- Resistente a aceites, grasas y otros solventes.
- Buena resistencia atmosférica y a la oxidación.
- Excelente para cargas de choque y vibraciones.

$$Mt = 71.620 \times \frac{P}{n} S \quad (17)$$

Donde,

M_t = Momento torsos [kgf × cm]
 P = Potencia del Motor [HP]
 n = Velocidad de Trabajo [rpm]
 S = Factor de Servicio

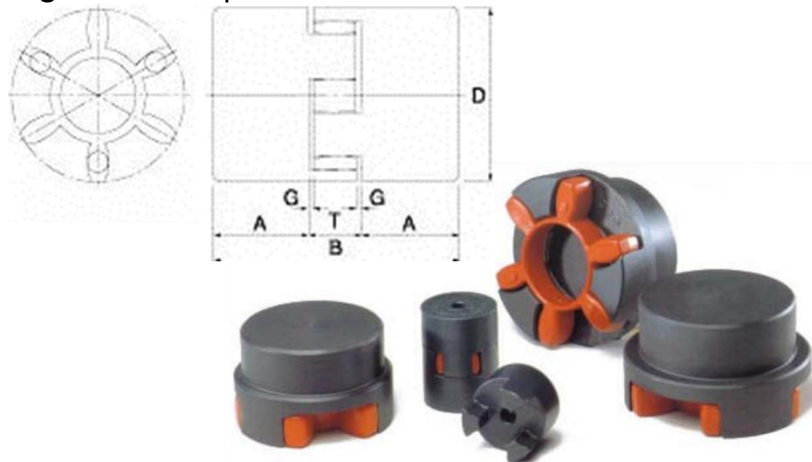
Según motor donado por TRAMEC LTDA, el motor tiene una potencia de 2 Hp y es de IV polos 1.750 rpm de operación, factor de servicio requerido será de 1,5 por tratarse de una máquina para prácticas didácticas.

Es importante verificar los diámetros de ejes de las maquinas acoplar para este caso son los siguientes diámetro de eje en la salida del motor es (28 mm J6) y el diámetro de eje de entrada en el reductor es de (15 mm), entonces:

$$T = \frac{2 \times 71.620 \times 1,5}{1.750} = 122,7 \text{ kg} \times \text{cm}$$

$$122,7 \text{ kg} \times \text{cm} = 12,03 \text{ N} \times \text{m}$$

Figura 32. Acople Seleccionado



Fuente: Woo Chang Coupling. [30]

Tabla 10. Selección de Acople Tipo Arana

Size	Basic Torque (Nm)	Bore Dia (mm)		Torsion angle	Dimensions (mm)				Gap	Cplg Wt (kg)
		Max	Min		D	A	T	B		
25	3.9	5	11		25	12	11	35	1	0.08
35	10	7	14		35	18.5	13	50	1.5	0.3
48	24	11	19		48	24	17	65	1.5	0.5
58	33	14	24		58	27	18	72	1.5	0.9
68	117	19	28		68	35	20	90	1.5	1.3
78	314	19	38	3.2°	78	35	22	92	1.5	2.5
98	637	28	45		98	38.5	25	102	2.5	4.4
118	882	38	60		118	47	26	120	3	7.8
135	1226	42	75		135	49	30	138	4	10
160	2873	65	100		160	69	30	177	5	19.5
200	7060	65	110		200	105	30	250	5	36

Fuente: Woo Chang Coupling. [30]

Se puede observar que el acople tamaño 58 soporta el torque de diseño, pero los diámetro de mecanizado para los ejes no soporta la capacidad, por lo cual el acople seleccionado será un tamaño 68.

3.2 SELECCIÓN ACOPLAMIENTO EJE DE BAJA VELOCIDAD (LSS) CONEXIÓN EJE DE SALIDA REDUCTOR A EJE DE ENTRADA MAQUINA.

De acuerdo a las encuestas realizadas y verificaciones técnicas con respecto a los manuales de los diferentes tipos de acoples comerciales y su costo económico se decide seleccionar un acople de tipo flexible, Rejilla, este es un acople fabricado principalmente Por FALK en Alemania, pero WOO CHANG COUPLING WCC (korea) fabrica una línea de acoples similares permitiendo mejores costos e idénticas características técnicas, entre sus principales características y ventajas encontramos las siguientes:

- Mayor capacidad de torque y flexibilidad.
- El movimiento de la rejilla ayuda a aliviar el des alineamiento paralelo al igual que las sobrecargas y vibraciones.
- La rejilla permite des alineamiento angular sin pérdida de torque en la transmisión.
- El acople permite desplazamiento axial gracias a la rejilla la cual se desplaza en las ranuras lubricadas de cada manzana.
- El acople de rejilla permite flexibilidad torsional, para acomodarse a diferentes condiciones de carga.

Características y condiciones de Operación.

- Temperatura de operación -34 a 90 ° (30 ° Bogotá)
- Rejilla, en acero
- Resistente a aceite, grasa y otros solventes.
- Buena resistencia atmosférica y a la oxidación.
- Excelente para cargas de choque y vibraciones.
- Limitador de torque, rejilla fusible mecánico.

Condiciones de salida en el Reductor:

Por catálogo podemos verificar las condiciones de operación del equipo donado por Tramec Ltda.

Tabla 11. Selección del Reductor donado por TRAMEC

1.5 kW		Hz		50Hz		60Hz	
		P		4	6	4	6
		n _i	n/min	1450	980	1750	1165





CHM/CNFM
CHFM/CNFM
CVVM/CNVM

50Hz				60Hz				Nomenclature			Page of Dimension Sheet		
Output Speed n ₂	Output Torque Tout	Allowable Radial Load Pro	SF	Output Speed n ₂	Output Torque Tout	Allowable Radial Load Pro	SF	Input Capacity Symbol	Frame Size	Reduction Ratio	CNHM	CNFM	CNVM
[r/min]	[N·m]	[kgf·m]		[r/min]	[N·m]	[kgf·m]					CHHM	CHFM	CVVM
132	103	10.5	3340	159	85.5	8.72	3300	2	6095	- 11	B-100	B-116	B-135
			340				336						
			5220				501						
			532				1.57						
112	122	12.4	5220	135	101	10.3	501	2	6105	- 11	B-101	B-117	B-136
			532				2.12						
			5950				571						
			606				2.37						
96.7	141	14.4	5950	117	117	11.9	560	2	6110	- 11	B-101	B-117	B-136
			606				2.61						
			6150				591						
			627				2.60						
85.3	160	16.3	6150	103	132	13.5	5110	2	6105	- 13	B-100	B-116	B-135
			5400				521						
			550				1.57						
			5400				2.12						
69.0	197	20.1	6560	83.3	163	16.6	630	2	6110	- 15	B-101	B-117	B-136
			669				2.37						
			669				2.60						
			6620				636						
58.0	235	23.9	6620	70.0	194	19.8	6240	2	6115	- 17	B-101	B-117	B-136
			675				2.12						
			675				2.60						
			6620				636						
50.0	272	27.7	7290	60.3	226	23.0	703	2	6115	- 21	B-101	B-117	B-136
			743				1.48						
			7290				1.27						
			743				1.48						

Fuente: Sumitomo. [11]

- Torque Nominal: 194 Nm
- Factor de Servicio: 1.11
- Torque Máximo Permissible: 216 Nm
- Velocidad de Salida: 70 rpm
- Diámetro de Eje: 28 mm.

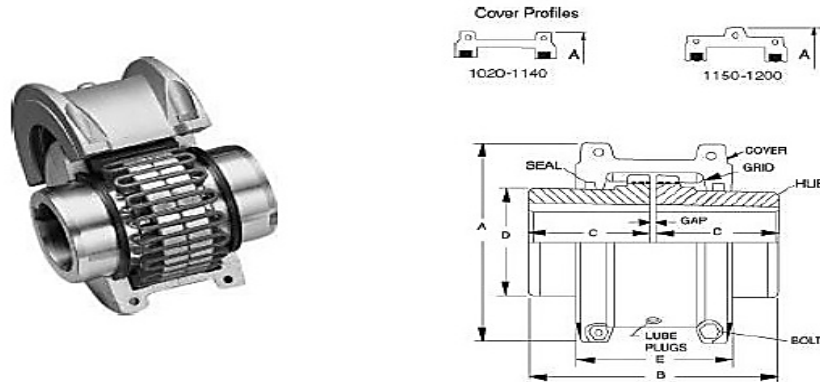
Por formula se puede seleccionar el acople correspondiente:

$$T = \frac{2 \times 71620 \times 1}{70} = 2046 \text{ kgcm}$$

$$2046 \text{ kgcm} = 200 \text{ Nm}$$

3.3 DIMENSIONAMIENTO ACOPLE REJILLA WCC

Figura 33. Acople Tipo Rejilla Plano, Tipo TH.



Fuente: Woo Chang Coupling. [31]

Tabla 12. Selección del Reduict5or donado por TRAMEC

Size	Max Speed (rpm)	Basic Torque (Nm)	Bore Dia (mm)		Dimensions (mm)					Gap	Cplg Wt (Kg)	Lube Wt (Kg)
			Max	Min	A	B	C	D	E			
1020	4500	47	30	12.7	101.6	98	47.5	39.7	66.5	3	1.9	0.03
1030	4500	135	35	12.7	110	98	47.5	49.2	68.3	3	2.6	0.03
1040	4500	226	43	12.7	117.5	104.6	50.8	57.1	70	3	3.4	0.05
1050	4500	333	50	12.7	138	123.8	60.3	66.7	79.5	3	5.4	0.05

Fuente: Woo Chang Coupling. [31]

Como se puede observar los acoples de referencia 1020 y 1030 por concepto geométrico (diámetro del eje) permite ser seleccionado para la aplicación, pero por el concepto técnico (torque mínimo requerido 200 Nm) no puede ser seleccionado, por lo cual, el acople correspondiente es el 1040 que por diámetro de eje permite y supera nuestro torque requerido 226 Nm.

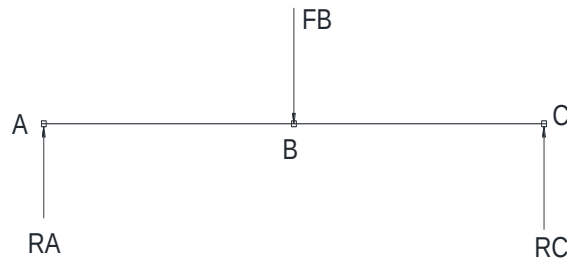
3.4 DISEÑO DEL EJE PARA EL FRENO MECANICO

➤ MOTOR ELECTRICO

- Potencia: 2Hp
- Velocidad 1750 rpm
- Peso 27.5 Kg
- Reductor de Velocidad, Relación 21 : 1
- Potencia Máxima Permisible a 1750 rpm 3.12Hp
- Torque: 12 N×m

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} \quad \frac{\omega_1}{\omega_2} = 21 \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{21} \quad \omega_1 = \frac{1750 \text{ rpm}}{21} = 83.33 \text{ rpm}$$

$$V = 83.33 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 8.72 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



Considerando FB peso del volante

$$F_B = 20Kg * 9.81 \frac{m}{s^2} = 196.2 N$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_A - F_B + R_C = 0 \quad (1)$$

$$\Sigma M_A = 0$$

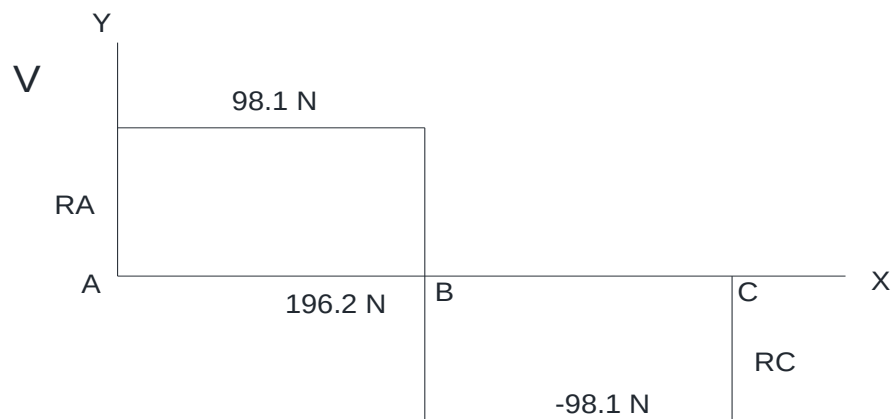
$$-F_B(AB) + R_C(AC) = 0$$

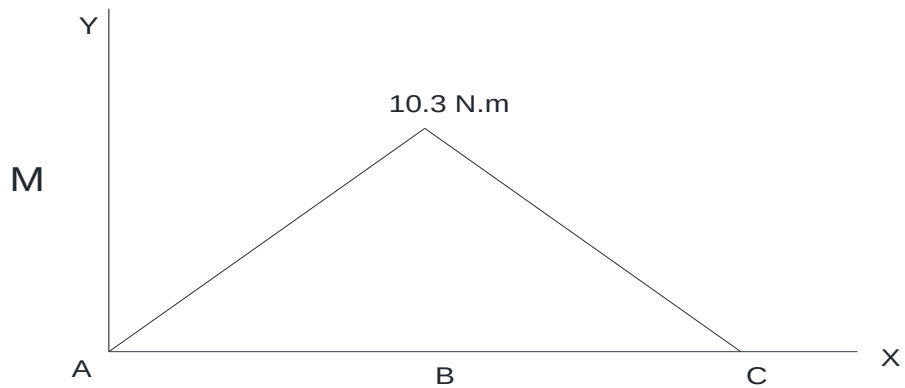
$$R_C = \frac{F_B(AB)}{(AC)} = \frac{196.2 N * (0.105m)}{(0.210m)} = 98.1 N$$

Reemplazo R_C en (1) y hallo R_A

$$R_A = F_B - R_C = 196.2 N - 98.1 N$$

$$R_A = 98.1 N$$





Esfuerzos Alternantes

Las cargas flexionantes generan un esfuerzo normal, el cual es igual al esfuerzo alternante.

$$m_e = \sqrt{(10.30 N.m)^2 + 0} = 10.30 N.m$$

$$\sigma_A = \frac{10.3 N.m * 0.021 m}{\frac{\pi}{4} * (0.021 m)^4} = 1.416 * 10^6 Pa$$

$$\tau_A = \frac{12 N.m * 0.021 m}{\frac{\pi}{2} * (0.021 m)^4} = 824904 Pa$$

$$\sigma_m = \sqrt{3(103113 Pa)^2} = 1.42878 * 10^6 Pa$$

Factores de modificación del límite a la fatiga del acero ANSI 1045

$$S_U = 520 * 10^6 Pa$$

$$S_y = 350 * 10^6 Pa$$

$$S'_e = 260 * 10^6 Pa$$

$$k_f = 0.79$$

$$k_s = 0.87$$

$$k_r = 0.9$$

$$S_e = k_f * k_s * k_r * S'_e$$

$$S_e = 0.79 * 0.87 * 0.9 * 260 * 10^6 Pa = 160.8282 * 10^6 Pa$$

$$\frac{1 * 1.416 * 10^6 Pa}{160 * 10^6 Pa} + \frac{1.42878 * 10^6 Pa}{350 * 10^6 Pa} = \frac{1}{n_s}$$

$$n_s = 77.32$$

4. DESAROLLO Y ENSAMBLE DEL BANCO

4.1 MONTAJE DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE GENERACIÓN-TRANSMISIÓN.

El montaje se realizó teniendo en cuenta los elementos que van a interactuar en el funcionamiento del banco de pruebas:

Es fundamental que el banco presente un buen esquema estructural para para asegurar la estabilidad del mismo.

Los materiales escogidos para el desarrollo del banco de pruebas, fueron:

- A. Tubo estructural ASTM A-36
- B. Lamina ASTM A-36 Esp. 3/16"
- C. Perfil Angulo 2"x2"x1/4"

Se escogieron por su resistencia mecánica y facilidad para soldar.

Figura 34. Detalle de la Estructura Base.



Fuente: Los Autores.

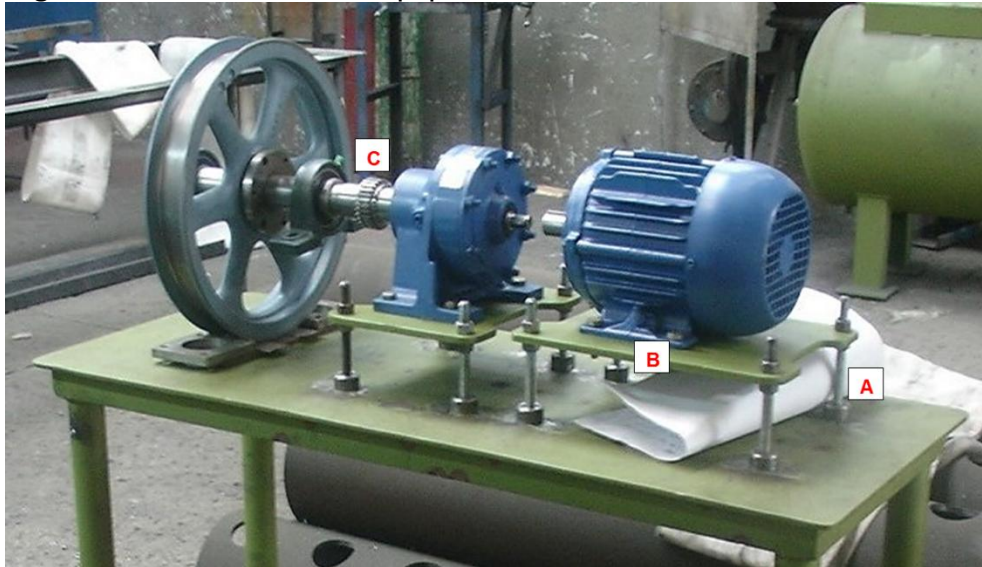
4.2 SISTEMA NIVELADOR PARA EL MOTOR Y EL REDUCTOR Y ACOPLA EJE VOLANTE Y EJE REDUCTOR.

Para asegurar una nivelación efectiva se instalaron niveladores los cuales son pernos fijos al banco de prueba.

Teniendo en cuenta la altura final del volante, se procede a nivelar el reductor por medio de los tornillos niveladores hasta que sus ejes queden a nivel. Después de nivelados los ejes se procedió a conectar el eje del volante con el eje de salida del reductor con acople de Rejilla WCC.

- A. Pernos Long. 160 mm x $\varnothing$ 1/2"
- B. Lamina base soporte ASTM A-36 5/16"
- C. Acople Rejilla WCC

Figura 35. Ensamble del Equipo Sistema Nivelador



4.3 SISTEMA ALINEADOR DEL MOTOR Y REDUCTOR.

Para garantizar una perfecta alineación se colocan tornillos alineadores dispuestos horizontalmente en la base del motor y reductor.

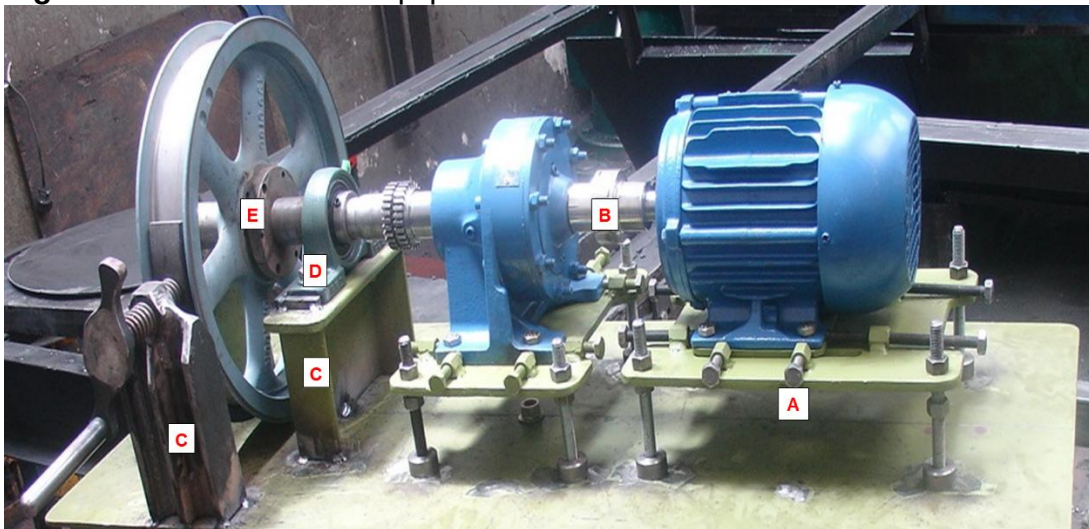
Se acopla el eje del motor y el eje de entrada al reductor con un Acople Spider WCC.

Se ubican todos los elementos que soportan el volante, las bases de las chumaceras son dos canales de 8 in y una lámina de 5/16" para las chumaceras, las cuales son SKF 207.

Se coloca el freno alineando el eje del tornillo y el eje del volante.

- A. Pernos Long. 76 mm x Ø ½"
- B. Acople Spider WCC
- C. Canal MC 8 x 128mm
- D. Chumaceras SKF 207
- E. Freno manual de asbesto

Figura 36. Ensamble del Equipo Sistema Alineador.



4.4 PRESENTACIÓN Y TABLERO ELÉCTRICO

Finalmente, para su entrega se quitan todos los componentes y se procede a pintar la estructura se montan todos los elementos y se coloca el tablero de control con tornillos a dos ángulos de 2°.

- A. Tablero de Control
- B. Ángulos 2°

Figura 37. Ensamble Final Incluyendo Sistema Eléctrico.



CONCLUSIONES

- El diseño planteado para el Banco responde asertivamente para la realización de pruebas y prácticas en torno a los sistemas de generación y transmisión de potencia.
- Los elementos implementados en el banco de pruebas permiten el acercamiento de los futuros Ingenieros Mecánicos de la USTA a realidades de nuestra industria, permite idóneamente generar competencias en el diseño, montaje y mantenimiento de sistemas de transmisión de potencia.
- El documento para las prácticas de laboratorio elaborado como parte de este proyecto, permite orientar de manera efectiva al estudiante de ingeniería mecánica de la universidad santo tomas, durante la experiencia de laboratorio con el banco de pruebas.
- Mediante estas guías es posible recrear el trabajo experimental hecho en el presente proyecto y evaluar el comportamiento del sistema cuando se aplican diferentes tipos de cargas, así encuentran información tomada de la aplicación en tiempo real y permite compara con datos teóricos el cual es manejado por los estudiantes.

RECOMENDACIONES

- Para la operación del banco de trabajo es importante que los operadores del banco cumplan con las normas mínimas de seguridad según especificadas en el manual de mantenimiento de este proyecto.
- Es importante seguir el manual de mantenimiento para el recambio de piezas fusibles, con el fin de mantener el banco de trabajo de la mejor manera posible y que opere sin problemas.
- Se recomienda seguir las guías para tener un máximo aprovechamiento del banco del trabajo y apoyarse de los catálogos técnicos para su elaboración.
- Se sugiere en proyectos posteriores implementar otros tipos de elementos del sistema de generación de potencia, transferencia de potencia y acoplamientos, así como la implementación de nuevos sistemas de control y sensorica.

ANEXO No. 1.

ENTREVISTA REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

Entrevista realizada al Ingeniero Manuel Amezquita docente de la Unidad de Diseño, fecha Octubre 10 de 2014.

1. A partir de los elementos donados por TRAMEC LTDA, usted que espera de su utilización en el banco de pruebas que se diseñara.

R- son equipos que son muy utilizados en la industria para cualquier tipo de aplicación contiene elementos mecánicos, con el banco de trabajo el maestro podría desarrollar una clase que le permita a el estudiante conocer las partes que lo componen y su identificación de acuerdo a la necesidad que se tenga en la industria.

2. Usted esperaría que el sistema de banco de pruebas sea modular.

R- Si es muy importante que este sistema sea modular ya que con estos equipos uno depende del otro y al ser elementos compactos podemos realizar el banco de tipo modular.

3. Entre los siguientes tipos de acoplamientos usted qué tipo de acople utilizaría para conectar el eje de alta velocidad HSS (motor) a el eje de entrada del reductor.

- a. Acople Rígido
- b. Acople Flexible
- c. Acople semirrígido con fusible mecánico.
- d. Poleas.
- e. Transmisión por Piñón cadena.

R- Acople flexible por qué se debe transmitir una gran velocidad de entrada y además debemos transmitir el torque que genera el motor, pienso que con las características de este acople es ideal para ser instalado entre estos dos equipos.

4. Entre los siguientes tipos de acoplamientos usted qué tipo de acople utilizaría para simular la conexión del eje de baja velocidad a la "maquina".

- a. Acople Rígido
- b. Acople flexible
- c. Acople semirrígido con fusible mecánico.
- d. Poleas.
- e. Transmisión por Piñón cadena.

R- la respuesta es la c un acople semirrígido con fusible mecánico ya que al reductor de reductor de velocidad esta aumento el torque en el sistema, y es muy importante que esta transmisión sea con este componente por que ayuda a que los equipos pueden tener sobrecargas en su operación y funcione como fusible con el fin de proteger las dos equipos mecánicos.

5. Qué sistema de arranque y control para el motor esperaría usted que se utilizó.
- Arrancador Suave
 - Usar Lógica Cableada
 - Variador de Velocidad
 - Arranque directo

R- El sistema de variador de velocidad ya que nos permite tener un mayor control del motor y es de gran utilidad para cambiar las velocidades en el sistema y modelar diferentes tipos de transmisión que son utilizados en máquinas con velocidades variables.

6. Que normas de seguridad mínimas deberá contemplar el diseño y fabricación de este banco de pruebas.

R- ya que es un banco de pruebas que lo estará operando varias personas es importante garantizar que los componente del bando tengan una fijación confiable, también que permita al operario trabajar sin necesidad de utilizar la fuerza o de trabajar en zonas incómodas para su operación.

- Garantizar que todas las conexiones eléctricas se encuentre debidamente instaladas y que sean de fácil acceso para el operador del banco.
- Que contenga protección eléctrica por cualquier tipo de sobrecarga o uso exagerado del banco de trabajo.
- Debe tener una altura óptima para que el operario trabaje de la manera más cómoda posible.
- Tener el máximo de control de los equipos de transmisión de potencia ya que muchos estudiantes estarán operando este banco de pruebas.

7. Para poder realizar pruebas en el sistema de transmisión de potencia es necesario simular una carga el eje de baja velocidad, entre las siguientes opciones que utilizaría usted para simular esta carga.

- a. Un sistema de frenado gradual.
- b. Conectar un maquina real, cualquiera que sea.

R- Un sistema de frenado gradual ya que es de fácil montaje para el banco y mecánicamente ayudaría a generar distintos tipos de ambientes, con el fin de que el estudiante puede realizar varias pruebas en distintos ambientes de trabajo.

8. Qué tipo de material se debería usar para la construcción estructural del banco de prácticas.

R- Tubería estructural y soldadura, ya que es muy importante garantizar que el banco de trabajo a futuro sea duradero y que soporte altas vibraciones que generaran estos equipos de transmisión de potencia.

9. Que elementos de medición espera usted encontrar en Banco de pruebas.

R- elementos que le permitan al operador de la maquina tomar mediciones de velocidad para determinar las diferentes velocidades que manejan el sistema, también un elemento que nos permita medir la temperatura de las maquinas que operan, y por ultimo un elemento que nos de la medición de corriente y consumos necesarios para el buen aprovechamiento del banco de transmisión de potencia.

10. Que recomendaciones cree usted pertinentes realizar para la selección y compra de accesorios adicionales para la construcción del Banco.

R- Elementos fusibles como asbesto, rejilla y elastómero que son elementos fusibles, para la medición pistolas de temperatura de velocidad y multímetros para toma mediciones de corriente y voltaje del banco de pruebas.

11. Qué tipo de voltaje posee actualmente los laboratorios de la universidad.

- a. 220 v
- b. 440 v

R- Actualmente la universidad cuenta con un voltaje de 440v debemos utilizar los equipo con este tipo de voltaje para no tener problemas de funcionamiento en la puesta en marcha de la máquina.



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

I



PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL BANCO DE PRÁCTICAS MOTOR –REDUCTOR

Este Manual está diseñado para ayudar a garantizar el buen funcionamiento de las partes del banco de pruebas identificando las principales partes que puedan generar desgastes en todo el sistema.

Se recomienda realizar mantenimiento preventivo en las siguientes condiciones:

Periodo de operación (horas)	componente	operación que hay que efectuar
3 años (26280 horas)	Motor	limpieza
		Inspección rodamientos
		examinar ventilador
	Reductor	cambio de grasa
		Verificación de rodamientos y retenedores.
	acople de rejilla	limpieza
		inspeccionar rejilla
		cambio de grasa
	acople flexible	limpieza
		inspeccionar elastómero
	chumacera	inspeccionar rodamiento
		engrase
	freno mecánico	revisión de asbesto
	estructura	aplicación de anticorrosivo

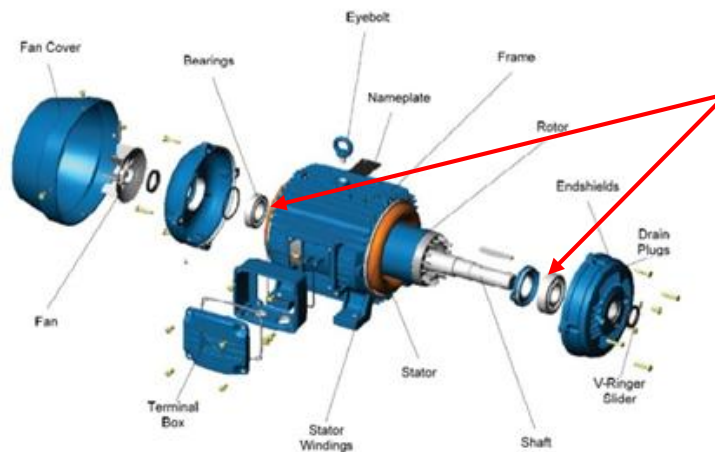
MOTOR.

- LIMPIEZA: El motor se debe mantener limpio, exentos de polvareda y aceites.

Para limpiarlos, se debe utilizar cepillos o trapos limpios de algodón. Si el polvo no es abrasivo, se debe emplear un soplete de aire comprimido, soplando la suciedad de la tapa deflectora y eliminando

todo el acumulo de polvo contenido en las aletas del ventilador y en las aletas de refrigeración.

- **INSPECCIÓN DE RODAMIENTOS:** El ruido en el motor deberá ser observado en intervalos regulares de 7 a 12 meses. Empleando medios simples como un Desarmador o la utilización de equipos que permitan hacer análisis predictivos para identificar daños en los rodamientos.

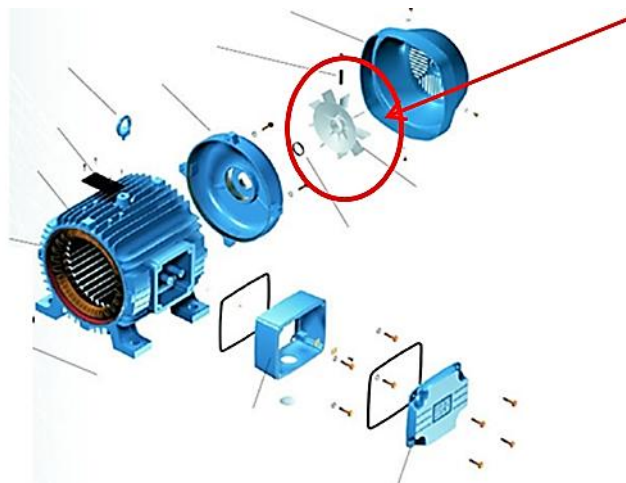


En caso de realizar el cambio de rodamientos por desgaste se debe identificar los rodamientos para su cambio en la siguiente imagen lo podemos apreciar

Imagen tomada de:

[http://4.bp.blogspot.com/-w0K03oEURFY/T_gwcTTsAul/AAAAAAAAAE1o/HGP6g/s1600/A+typical+3-phase+induction+motor+\(Courtesy+of+Electromotors+WEG+SA+Brazil\).jpg](http://4.bp.blogspot.com/-w0K03oEURFY/T_gwcTTsAul/AAAAAAAAAE1o/HGP6g/s1600/A+typical+3-phase+induction+motor+(Courtesy+of+Electromotors+WEG+SA+Brazil).jpg)

- **EXAMINAR VENTILADOR:** para examinar el ventilador del motor es importante retirar el caperuza del motor y verificar que no se encuentren fisuras en las aletas de refrigeración (en caso que se encuentre este tipo de problemas se deberá cambiar la pieza completa)



Identificación del ventilador de velocidad en el motor weg para su inspección visual

Imagen tomada de:
http://sensomaticdelorient.com/images/content/20130531190403_desarme-motor-ip-55-weg.jpg

REDUCTOR DE VELOCIDAD.

- **CAMBIO DE GRASA:** Para el tiempo de 26.280 horas de operación al equipo sumitomo es importante desarmar el equipo para realizar una limpieza de las piezas y cambiar la grasa del reductor de velocidad (grasa según recomendación del fabricante)

Temperatura Ambiente	(14°F) a 50° C (122°F)
Grado NLGI	2

Marcas Comerciales	Lubricantes de Reemplazo
Shell	Alvania S2
ESSO/EXXON	Beacon 2

Datos tomados del manual de reductores de velocidad Sumitomo sm-cyclo instalación y arranque rápido.

- **VERIFICACIÓN DE RODAMIENTOS Y RETENEDORES:** Es muy importante que cuando se esté realizando el cambio de grasa se inspeccione los rodamientos del eje de baja velocidad y de alta velocidad del reductor también que se verifique los retenedores del sistema(para información acerca de estas piezas contactar técnico de tramec ltda)

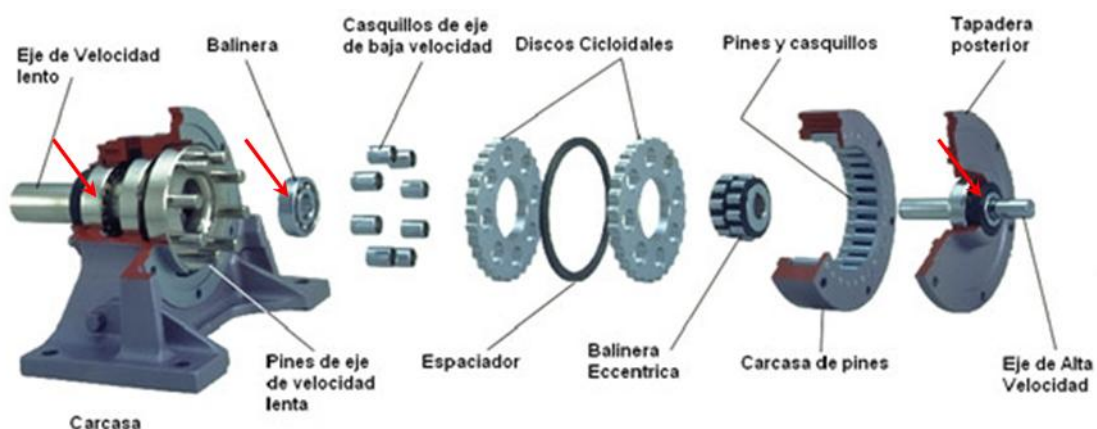
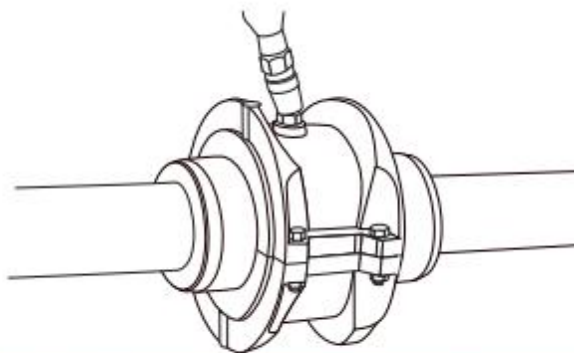


Imagen tomada: Sumitomo SM-Cyclo manual de operación y arranque rápido.

ACOPLE DE REJILLA

- LIMPIEZA: se debe realizar la limpieza de la grasa que contiene el acople con el fin de identificar posibles desgastes o picaduras en las superficies de las manzanas del acople tipo rejilla.
- INSPECCIONAR REJILLA: para garantizar el óptimo funcionamiento del acople es necesario realizar una inspección visual garantizando que no tenga fisuras productos de las desalineaciones generadas por las practicas del banco de prueba.
- Frecuencia requerida de lubricación: esta frecuencia está directamente relacionada con las condiciones de funcionamiento del equipo y es importante realizarlas al cumplir las 262801 horas
- CAMBIO DE GRASA: para realizar el cambio de grasa es importante garantizar que tanto las superficies de las manzanas como la de la rejilla se encuentre limpias con el fin de no contaminar la nueva grasa retirar tapones de carcasa e insertar la grasa en el acople como se muestra en la imagen.



Lubricación de
acople

Tomada: acoples flak manual de instalación y operación.

ACOPLE FLEXIBLE

- LIMPIEZA: En el momentos de ejecutar la limpieza al acople se debe verificar que no se encuentre ningún tipo de limaduras en la parte de fijación, en los dos eje de conexión de la aplicación.
- INSPECCIONAR ELASTÓMERO: la inspección del elastómero se debe realizar desmontando la pieza de las dos manzanas y se debe observar en las superficies si existe fisuras o deformaciones (en caso de encontrar estas características en la pieza flexible es importante el cambio del elastómero).

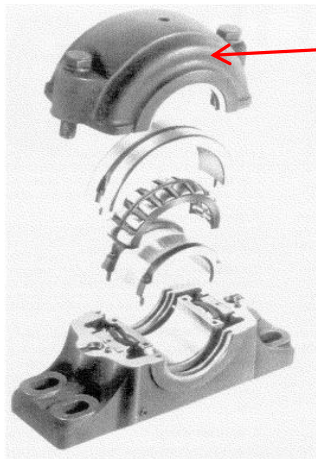


Pieza de acoplamiento para inspeccionar y garantizar el buen funcionamiento del acople flexible.

Tomada: acoples flak manual de instalación y operación.

CHUMACERA

- **INSPECCIONAR RODAMIENTO:** se debe desacoplar la parte superior del pedestal de la chumacera para realizar limpieza de la grasa utilizada durante el periodo de operación.



Pieza que se debe desacoplar para inspección y mantenimiento del rodamiento.

Imagen tomada de manual de mantenimiento Dodge Split –spher.

- **ENGRASE:** el engrase de las chumaceras ejecuta en el monte que se tiene armada la chumacera, se añade grasa por el plug de engrase y se gira el rodamiento para garantizar que todo el rodamiento quede totalmente cubierto de la película de lubricación.

FRENO MECÁNICO

- **REVISIÓN DE ASBESTO:** para generar el mantenimiento preventivo del freno mecánico se debe desacoplar en su totalidad la zapata del elemento rodante y revisar en la parte de contacto si las cargas que fueron aplicadas en operación de la maquina efectuaron un desgaste es importante retirar el asbesto desgastado y poner uno nuevo para la perfecta operación del banco de pruebas.



Piezas para recambio en caso de desgaste severo.

ESTRUCTURA

- **APLICACIÓN DE ANTICORROSIVO:** es importante mantener la estructura en buen estado por eso se debe desacoplar todos los elementos de transmisión de potencia que componen el banco y realizar una limpieza a la estructura para aplicar un recubrimiento con anticorrosivo y aplicación de pintura en aceite.



SEGURIDAD PARA OPERACIÓN DEL BANCO

En el momento de realizar el mantenimiento preventivo es importante que la persona que genere las acciones de mantenimiento utilice los siguientes elementos de seguridad.

	Overol: Es importante contar con este elemento de seguridad para la operación del banco de trabajo.
	Guantes de seguridad: Contar con guantes cómodos para la protección de las extremidades superiores al interactuar con las piezas del banco de pruebas.
	Botas de seguridad: tipo de calzado que protege el pie y parte del tobillo, previniendo lesiones por golpes de piezas en el operario de máquinas.
	Gafas de seguridad: requerimiento importante para proteger la vista de partículas que puedan llegar a incrustarse en los ojos



Tapa Oídos de seguridad: para la puesta en marcha del banco es necesario que los operarios utilicen este elemento de protección auditiva.



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



LABORATORIO DE BANCO DE PRUEBA MOTOR REDUCTOR		
PRACTICA # 1	CONOCIMIENTO DE ELEMENTOS	REALIZO VICTOR ROJAS ANDRES VALDIRI

INTRODUCCION

En la actualidad los bancos de trabajo son utilizados para el desarrollo de pruebas en motores y reductores de velocidad. Este banco esta complementado por otros tipos de componentes que permiten realizar una óptima transmisión de potencia.

OBJETIVOS

- Determinar los elementos utilizados para la transmisión de potencia, con el fin de que el operador de la máquina identifique que tipos de elementos contiene el banco de pruebas.
- Revisar cual debe ser el alineamiento que debe tener el sistema para la perfecta operación.
- Conocer los controles del banco de pruebas que trabajan en la máquina.

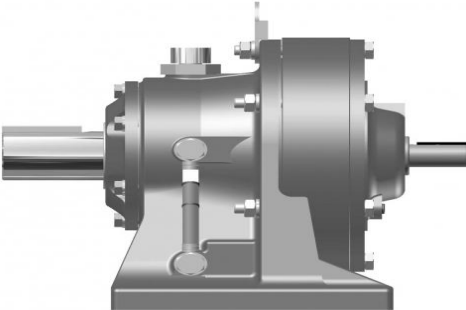
MARCO TEÓRICO

Los diferentes componentes que contiene el banco de pruebas nos permiten realizar una transmisión de potencia generando así un movimiento que por medio del reductor de velocidad nos ayuda a multiplicar el torque inicial que contiene el reductor y nos permite tener un mayor control sobre la maquinaria que opera procesos importantes en las diferentes industrias conocer los equipos que permiten operar de manera segura y confiable la maquina nos permite tener una optimo control de los elementos mecánicos con lo que cuenta el banco de trabajo.

PROCEDIMIENTOS

Realice una breve inspección de la máquina e identifique según las imágenes mostradas cuales son los elementos que se muestran también encuentre datos importantes en placas para conocer las características de los elementos del banco de prueba.

- Escriba las características y como funciona cada elemento del banco de pruebas.

ELEMENTO	CARACTERISTICAS
	
	
	
	

ELEMENTO	CARACTERISTICAS
	
	
	



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



LABORATORIO DE BANCO DE PRUEBA MOTOR REDUCTOR		
PRACTICA # 2	VARIACIÓN DE VELOCIDADES	REALIZO VICTOR ROJAS ANDRES VALDIRI

INTRODUCCION

La velocidad que maneja el banco de pruebas esta generada por el motor el cual puede manejarse en cuatro tipos de velocidades estándar aplicadas en la industria es importante saber qué tipos de velocidades encontramos después de hacer la reducción de velocidad en el banco de pruebas.

OBJETIVOS

Conocer la velocidad del eje de baja para determinar su relación y conocer su torque final.

Que el estudiante pueda variar la velocidad del variador y tomo datos de la salida del reductor de velocidad.

Conocer y verificar el consumo del motor al variar la velocidad con el variador.

MARCO TEÓRICO

En la puesta en marcha del banco de trabajo encontramos que el reductor de velocidad maneja una relación de velocidad disminuyendo la velocidad pero aumento el torque, al realizar una variación de velocidad en el eje de alta velocidad del reductor este tendrá un cambio también en el reductor, cambiando su velocidad u también cambio su torque.

PROCEDIMIENTOS

Ponga en operación el banco de pruebas con las condiciones normales de trabajo, tome dato de la velocidad de Salida del reductor con el tacómetro, después empiece a variar la velocidad y vuelva a tomar el dato con el tacómetro, realice 5 muestras e identifique el torque teóricamente.

TOMAS	VELOCIDAD INICIAL (RPM)	VEL. EN EL EJE DE BAJA REDUCTOR (RPM)	TORQUE (N.m)
T1	1750	83.3	162.2
T2			
T3			
T4			
T5			

ACTIVIDAD

- Tome los datos requeridos en el cuadro y calcule teóricamente las distintas torques que se presentan variando la velocidad inicial del banco de pruebas.
- Tomar datos de corriente a la que funciona el banco.
- Revisar con catalogo los tipos de relaciones y velocidades.



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



LABORATORIO DE BANCO DE PRUEBA MOTOR REDUCTOR		
PRACTICA # 3	APLICACIÓN DE CARGAS	REALIZO VICTOR ROJAS ANDRES VALDIRI

INTRODUCCION

El banco de trabajo permiten contralar la velocidad necesaria para en las distintas aplicaciones que se manejan en la industrias pero también permite aplicar cargas con el fin de determinar los tipos de comportamientos de la piezas que se encuentra trabajando en el banco de trabajo, también permite determinar si el sistema opera de forma correcta o si se presentan diferentes tipo de desalineación o de altos consumos por las cargas aplicadas, esto permite al ingeniero entender qué tipo de cargas trabajan diferentes elementos y seleccionar las piezas adecuadas para un óptimo trabajo de transmisión de potencia.

OBJETIVOS

Conocer el comportamiento del sistema cuando se le aplica un carga en el banco de trabajo.

Medir cual es el consumo del motor en el momento de aplicarse la carga si se mantiene o se incremente por la carga aplicada.

Verificar si esta sobrecarga genera algún tipo de desalineación en el sistema.

MARCO TEÓRICO

Determinar el amperaje generado por la carga el cual en el momento de operación del banco de trabajo inicia de forma normal con una potencia nominal y al aplicar la carga puede generar altos niveles de amperaje en su operación.

PROCEDIMIENTO

Ponga en marcha el banco de pruebas y aplique una carga con el freno mecánico tome mediciones con el multímetro del consumo que tiene el motor y determine si la carga aplica genera que el consumo del motor se incremente o permanezca igual.

tomas	carga aplicada	consumo (A)
T1		
T2		
T3		
T4		
T5		

Realice la toma de dato y analice que sucedió cuando la carga se incrementó en el sistema.

Identifique si las partes de transmisión de potencia fueron afectas por la carga generando desalineaciones en el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. F. Carvajal Avila and M. A. Rojas Galvis, “Banco de Pruebas de Sistemas de Transmisión de Potencia,” Universidad Pontificia Bolivariana, 2010.
- [2] V. A. Cruz Vásquez, “Diseño de una Transmisión de Potencia entre Bomba y Motor para Bombeo de Lodo,” Universidad de Piura, 2009.
- [3] Transmisiones Industriales S.A.S., “Transmisiones Industriales,” *Motorreductores*, 2015. [Online]. Available: <http://transmisionesindustriales.com/index.php/productos/motorreductores>. [Accessed: 23-Feb-2015].
- [4] Sumitomo Drive Technologies, “Presentación de Productos Sumitomo Línea Transmisión de Potencia,” p. 4.
- [5] M. Lee Johnson, “Lubrication Technology Lubrication Technologies – White Paper,” p. 12.
- [6] V. Cochran and T. Bobak, “A Methodology for Identifying Defective Cycloidal Reduction Components Using Vibration Analysis and Techniques Sumitomo Drive Technologies A Methodology for Identifying Defective Cycloidal Reduction,” *AGMA Tec. Pap.*, p. 25, Oct. 2008.
- [7] P. E. R. L. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas*. 2006.
- [8] SEIN, “Servicios Especializados a la Industria S. A. de C. V.,” 2007. [Online]. Available: <http://www.seincorporation.com/ironman1.htm>. [Accessed: 17-Feb-2001].
- [9] J. M. PINTOR BOROBIA, “TEMA 7 Trenes de Engranajes,” in *Apuntes de la Asignatura: TEORIA DE MAQUINAS*, Iruna, Navarra, 1997, p. 13.
- [10] Sumitomo Drive Technologies, “Cyclo drive 6000: Maintenance Manual,” p. 38.
- [11] Sumitomo Drive Technologies, “Cyclo® 6000, Motorreductor,” p. 176.
- [12] “Motores eléctricos 11,” in *Motores eléctricos - McGraw-Hill*, vol. 1, 2011.
- [13] WEQ, *Guía Práctica de Capacitación Técnico Comercial Motor Eléctrico*. p. 20.

- [14] S. J. Chapman, *Máquinas Eléctricas*, 3ra. Edici. Madrid: McGraw-Hill, 2000, p. 775.
- [15] T. Temperley, “Transmisiones Temperley.” [Online]. Available: <http://www.transmisionestemperley.com/principal.htm>. [Accessed: 22-May-2005].
- [16] Directindustry, “Acoplamiento de brida / rigido / compacto,” *Ringspann*. [Online]. Available: <http://www.directindustry.es/prod/siam-ringspann/acoplamientos-brida-rigidos-compactos-8966-523350.html>. [Accessed: 20-May-2015].
- [17] D. ROBLEDO, “Coplamiento a Condarco,” 2011.
- [18] Maquinal S A S, “Acoples de Araña.” [Online]. Available: <http://www.maquinal.co/acoples-de-araña-content-33.html>. [Accessed: 20-May-2015].
- [19] Fundación CIM, “Alternativas al Acoplamiento Flexible del Eje Z,” 2014. [Online]. Available: <http://www.bcn3dtechnologies.com/es/forum/post/704>. [Accessed: 21-May-2015].
- [20] Renold, “Acoplamiento Flexible.” [Online]. Available: http://www.directindustry.es/prod/renold/acoplamientos-rigidos-5242-459445.html#product-item_459407. [Accessed: 21-May-2015].
- [21] Lovejoy, “Acoplamiento de Disco Flexible.” [Online]. Available: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/acoplamiento-disco-143631.html>. [Accessed: 21-May-2015].
- [22] Suoda Coupling, “Acoplamiento Tipo Engranaje Interno.” [Online]. Available: <http://www.directindustry.es/prod/zhenjiang-suoda-coupling-co-ltd/acoplamientos-flexibles-engranaje-122471-1419257.html>. [Accessed: 21-May-2015].
- [23] Mega Chain Industri, “Catalogo Acoples.” [Online]. Available: <http://www.megachaingroup.com/catalogo3.html>. [Accessed: 22-May-2015].
- [24] Maquinal S.A.S., “Acoplamiento de Cadena.” [Online]. Available: <http://www.maquinal.co/acoples-de-cadena-content-31.html>. [Accessed: 21-May-2015].

- [25] Laucirica Transmisiones, “Limitador de Par de Bolas.” [Online]. Available: <http://www.lauciricatransmisiones.es/5-9-limitador-de-par-de-bolas>. [Accessed: 22-May-2015].
- [26] “Tecnología Industrial 1.” [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/tecnologiaindustrial1rodrigo/home/tema-12>. [Accessed: 23-May-2015].
- [27] Rodriguez Andrade Jonathan, “Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos,” Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
- [28] Sumitomo Drive Technologies, “Cyclo ® 6000, Gearmotor & Speed Reducer,” p. 371.
- [29] Weg, “Guía Práctica de Capacitación Técnico Comercial: Motor Eléctrico.” Jaraguá do Sul - Brasil, p. 20, 2015.
- [30] Woo Chang Coupling, “Jaw coupling,” p. 2.
- [31] Woo Chang Coupling, “Taper Grid Coupling,” p. 17.