



DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE HASTA 150 W A PARTIR DE UNA MÁQUINA MULTIFUNCIONAL PARA GIMNASIO

**JAIR FERNANDO PUENTES DIAZ
RODRIGO MANCIPE MANCIPE**

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá D.C, Colombia
2020

DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE HASTA 150 W A PARTIR DE UNA MÁQUINA MULTIFUNCIONAL PARA GIMNASIO

**JAIR FERNANDO PUENTES DIAZ
RODRIGO MANCIPE MANCIPE**

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

Director (a):
Mtro. **JUAN CARLOS MONROY CASTRO**
Codirector (a):

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá D.C, Colombia
2020

RESUMEN

El presente proyecto contempla una manera de dar solución a la problemática de generación de energía eléctrica partir del esfuerzo humano haciendo uso de una máquina de ejercicio (maquina multifuncional), que hasta el presente no incluye un mecanismo de transformación de energía mecánica desarrollada por el gimnasta a energía eléctrica. La máquina multifuncional de ejercicio es un equipo de gimnasio que reúne varias prácticas de ejercicio en un mismo componente, este mecanismo se compone de una estructura ovalada con tubería en acero en T, poleas alta y baja de nylon reforzado, debidamente interconectadas a un sistema de masas por medio de guayas de acero.

Teniendo en cuenta estos lineamientos se desarrolló el modelamiento de un sistema mecánico compuesto por bandas debidamente acopladas a un generador alternador de imanes permanentes, que a su vez sea posible cargar un conjunto de baterías protegidas por un regulador de carga para evitar daños causados por sobrecargas, con este sistema la persona podrá realizar su rutina de ejercicios y a la vez generar energía eléctrica de hasta 150 W para posteriormente ser usada.

Palabras clave: generador alternador de imanes permanentes, baterías, regulador de carga, sistema de transmisión por bandas.

ABSTRACT

This project envisages a way to solve the problem of generating electrical energy from human effort using an exercise machine (multifunctional machine), which so far does not include a mechanical energy transformation mechanism developed by the gymnast to electrical energy. The multifunctional exercise machine is a gym equipment that brings together several exercise practices in the same component, this mechanism consists of an oval structure with T-steel pipe, high and low reinforced nylon pulleys, duly interconnected to a mass system by means of steel cable.

Taking into account these guidelines, the modeling of a mechanical system composed of bands duly coupled to an alternating generator of permanent magnets was developed, which in turn it is possible to charge a set of batteries protected by a charge regulator to avoid damage caused by overloads, with this system the person will be able to carry out their exercise routine and at the same time generate electrical energy of up to 150 W to be used later.

Keywords: permanent magnet alternator generator, batteries, charge regulator, belt drive system.

Contenido

1. INTRODUCCION	6
1.1. JUSTIFICACION	7
1.2. METODOLOGIA	8
2. OBJETIVOS	9
2.1. Objetivo General	9
2.2. Objetivos específicos	9
3. Fundamentos de electricidad.	10
3.1. Corriente Continua	10
3.2. Corriente Alterna	10
3.3. Voltaje	11
3.4. Resistencia Eléctrica	11
3.5. Ley de Ohm	12
3.6. Ley de Watt	12
4. GENERACION DE ELECTRICIDAD	13
4.1. Ley de Faraday	13
4.2. Maquinas eléctricas	14
4.3. Generadores Eléctricos	15
4.4. Clasificación de los Generadores	16
4.4.1. Dinamo	16
4.4.2. Alternador	16
5. ALMACENAMIENTO DE ENERGIA	17
5.1. Baterías	17
5.2. Tipos de Baterías	18
5.2.1. Baterías Alcalinas	18
5.2.2. Baterías Ion-Litio	18
5.2.3. Baterías de Níquel- Hidruro Metálico	19
5.3. Regulador de carga	20
5.4. Requerimientos del Regulador de Carga	21

5.5.	Tipos de Reguladores de Carga.....	22
6.	FUNDAMENTOS DE MECANISMOS Y TRANSMISIÓN DE POTENCIA	24
6.1.	Sistemas de Transmisión de Potencia por Bandas	24
6.1.1.	Bandas	24
6.1.2.	Poleas	25
6.2.	Transmisión Potencia por Cadena	26
6.3.	Transmisión de potencia por engranajes	26
6.4.	Relación de transmisión.....	29
6.5.	Par Torsional	30
6.6.	Potencia Mecánica.....	30
6.7.	Rodamientos	31
6.7.1.	Rodamientos antirretroceso (ruedas libres).....	32
7.	SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CARGA.....	33
7.1.	Selección del Generador eléctrico.....	33
7.2.	Regulador de carga y rectificador de onda	36
7.3.	BATERIA DER PLOMO ACIDO	39
8.	CÁLCULOS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA MECÁNICO	41
8.1.	Entrenamiento físico	41
9.	APRECIACIONES PARA LA FASE DE DISEÑO DEL PROYECTO.	46
9.1.	Simulación perfil de desplazamiento, velocidad y aceleración.....	52
9.1.1.	Definición de parámetros	52
9.1.2.	Resultados y trazos	53
9.2.	Sistema de transmisión por poleas – bandas.	54
9.3.	Eficiencia en las poleas	55
9.4.	Potencia de diseño	57
9.5.	Selección de Correas	58
9.6.	Distancia entre centros y Longitud de la correa.....	62
9.6.1.	Distancia entre centros tentativa para la primera etapa	62
10.	CALCULO DE ESFUERZOS EN LOS EJES.....	64
10.1.	Análisis de fuerzas sobre poleas.....	64
10.2.	Análisis de resistencia mecánica en ejes y diagramas de esfuerzo cortante y momento flector	67
10.3.	Análisis de esfuerzos en los ejes.	76

10.4.	Material de los ejes	77
10.5.	Análisis por resistencia a la fatiga.....	80
10.6.	Esfuerzos en los Ejes.....	83
10.7.	Selección de rodamientos	86
10.7.1.	Selección del Rodamiento Antirretroceso en los ejes 4 y 5 polea (G.H.I y J).	88
11.	CONCLUSIONES.....	90
	Bibliografía.....	91

Lista de Figuras

Figura 3-1: Corriente Continua	10
Figura 3-2: Corriente Alterna.	10
Figura 4-1 Ley de Faraday	13
Figura 4-2: Partes del Generador Eléctrico.	14
Figura 4-3: Características Técnicas de Imanes Permanentes	15
Figura 5-1: Batería Ion - Litio.	19
Figura 5-2: Batería de Níquel - Hidruro Metálico	19
Figura 5-3: Configuración Serie Paralelo	20
Figura 5-4: Regulador PWM	22
Figura 5-5: Regulador de Carga MPPT	23
Figura 6-1: Transmisión por Bandas	24
Figura 6-2: Transmisión por Cadenas.	26
Figura 6-3: Engranés Rectos	27
Figura 6-4: Engranés Helicoidales	27
Figura 6-5: Engranés Cónicos	28
Figura 6-6: Tornillo Sin Fin Corona	28
Figura 6-7: Relación de Transmisión	29
Figura 6-8: Par Torsional	30
Figura 6-9: Rodamiento Unidireccional	32
Figura 7-1: Circuitos Equivalentes de un Generador Conectadas en Δ	34
Figura 7-2: Generador de Magnetos permanentes de 200W	35
Figura 7-3: Curva de Potencia y Voltaje del Generador	36
Figura 7-4: Controlador Rectificador de Carga	38
Figura 7-5: Sistema Generador Regulador de Carga.	38
Figura 7-6: Batería de plomo acido.	39
Figura 8-1: Rutina de Ejercicio con Maquina Multifuncional de Ejercicio	42
Figura 8-2: Representación Maquina Multifuncional plano 3D	43
Figura 8-3: Representación Vista Lateral Derecha	43
Figura 8-4: Representación Vista Posterior	44
Figura 9-1: Distancia vs Tiempo de Ascenso y Descenso	47

Figura 9-2: Etapas de Transmisión de Potencia	51
Figura 9-3: Definición de parámetros.	52
Figura 9-4: Resultados y trazos.	53
Figura 9-5: Resultados.	53
Figura 9-6: Graficas de simulación del sistema.	54
Figura 9-7: Selección de tipo de correas	59
Figura 10-1: Análisis de Fuerzas que actúan sobre las Poleas	64
Figura 10-2: Análisis de Esfuerzos en el Eje 1.	67
Figura 10-3: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector	69
Figura 10-4: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector	70
Figura 10-5: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector	71
Figura 10-6: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector	72
Figura 10-7: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector	73
Figura 10-8: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector	74
Figura 10-9: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector	75
Figura 10-10: Resistencia a la fatiga	81
Figura 10-11: Esfuerzos Alternantes	83
Figura 10-12: Esquema Etapas Cuatro y Cinco	88
Figura 10-13: Rodamiento Unidireccional o Antirretorno.	89

Lista de Tablas

Tabla 7-1: Parámetros Técnicos del Generador de 600 W	33
Tabla 7-2: Ficha Técnica del Dispositivo.	37
Tabla 9-1: Valor de las masas en libras fuerza (lb) y Newtons(N)	46
Tabla 9-2: Toma de tiempos en el ascenso y descenso de las masas.	47
Tabla 9-3: Calculo del Trabajo, Potencia y Torque	50
Tabla 9-4: Revoluciones, Relación de Velocidad, Diámetro Polea Motriz (DPM) y Diámetro Polea Conductora (DPC)	51
Tabla 9-5: Eficiencia del Sistema	56
Tabla 9-6: Factor de Servicio	58
Tabla 9-7: Datos necesarios para la Selección de Correas.	59
Tabla 9-8: Tabla de capacidad de transmisión de las Poleas Motrices o Conductoras y las Poleas Conducidas.	60
Tabla 9-9: Tabla de capacidad de transmisión de las Poleas Motrices o Conductoras.	60
Tabla 9-10: Selección de Poleas Motrices o Conductoras y Poleas Conducidas.	61
Tabla 9-11: Distancia entre Centros y Longitud de la correa para cada Etapa	63
Tabla 10-1: Análisis del torque del generador a la Polea Conductora	66
Tabla 10-2: Torque total que genera el sistema.	66
Tabla 10-3: Reacciones en el eje 1	69
Tabla 10-4: Reacciones en el Eje 2	71
Tabla 10-5: Reacciones en el Eje 3	73
Tabla 10-6: Reacciones en el Eje 4	74
Tabla 10-7: Reacciones en el Eje 5	75
Tabla 10-8: Esfuerzo a la flexión, factor de diseño, esfuerzo máximo y diámetro del eje.	78

Tabla 10-9: Esfuerzo a la flexión, factor de diseño, esfuerzo máximo y diámetro del eje.	79
Tabla 10-10: Esfuerzo a la flexión, factor de diseño, esfuerzo máximo y diámetro del eje.	79
Tabla 10-11: Esfuerzo a la flexión, factor de diseño, esfuerzo máximo y diámetro del eje.	79
Tabla 10-12: Factor de Confiabilidad	80
Tabla 10-13: Factor de Tamaño.....	81
Tabla 10-14: Factor del Material	82
Tabla 10-15: Resistencia a la fatiga con sus factores del Eje 2.....	82
Tabla 10-16: Resistencia a la fatiga con sus factores del Eje 3.....	83
Tabla 10-17: Resistencia a la fatiga con sus factores del Eje 4.....	83
Tabla 10-18: Resistencia a la fatiga con sus factores del Eje 5.....	83
Tabla 10-19: Esfuerzos en el Eje 2.....	85
Tabla 10-20: Esfuerzos en el Eje 3.....	85
Tabla 10-21: Esfuerzos en el Eje 4.....	85
Tabla 10-22: Esfuerzos en el Eje 5.....	85
Tabla 10-23: Tipo de Maquina y Vida Útil Especifica	86
Tabla 10-24: Datos de Cálculo de los Rodamientos en el Eje 1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10-25: Dimensiones de Rodamientos en el Eje 1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10-26: Selección de Rodamientos	87
Tabla 10-27: Datos de Cálculo de los Rodamientos en los Ejes 2 y 3... ..	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10-28: Dimensiones de Rodamientos en los Eje 2 y 3.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10-29: Dimensiones de Rodamientos en los Eje 4 y 5.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10-30: Datos de Cálculo de los Rodamientos en los Ejes 4 y 5... ..	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10-31: Datos de Calculo para el Rodamiento Unidireccional.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10-32: Elementos Seleccionados	89

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1: Resistividad Eléctrica	11
Ecuación 2: Ley de Ohm Corriente Directa	12
Ecuación 3: Ley de Watt.....	12
Ecuación 4: Ley de Faraday	13
Ecuación 5:Relacion Velocidad Maquinas Asíncronas	16
Ecuación 6: Relación de Transmisión.	29
Ecuación 7: Potencia Mecánica.....	30
Ecuación 8: Trabajo	31
Ecuación 9: Potencia Entrada del Generador.	35
Ecuación 10: Velocidad de giro en la Polea Conductora.....	48
Ecuación 11: Potencia	49
Ecuación 12: Velocidad de Giro.....	49
Ecuación 13: Potencia con Relación a la Velocidad y el Torque.	49
Ecuación 14:Torque.....	49
Ecuación 15: Relación de Velocidad.....	55
Ecuación 16: Eficiencia de bandas en V	55
Ecuación 17: Eficiencia en polea.....	55
Ecuación 18: Potencia de diseño	57

Ecuación 19: Distancia entre centros tentativa	62
Ecuación 20: Longitud de la Correa.	62
Ecuación 21: Fuerzas de Tensión 1.....	65
Ecuación 22: Par torsional.....	65
Ecuación 23: Fuerza de Tensión 2	65
Ecuación 24: Fuerza Total	65
Ecuación 25: Fuerzas desarrollan con respecto	67
Ecuación 26: Fuerzas desarrolladas con respecto.....	67
Ecuación 27: Esfuerzo Máximo	76
Ecuación 28: Momento Máximo	76
Ecuación 29: Momento de Inercia	76
Ecuación 30: Factor de Seguridad	77
Ecuación 31: Diámetro del Eje	77
Ecuación 32: Esfuerzo a la Fatiga	80
Ecuación 33: Esfuerzo Alternativo	84
Ecuación 34: Esfuerzo Alternante	84
Ecuación 35: Esfuerzo de Goodman.....	84
Ecuación 36: Vida nominal	86

1. INTRODUCCION

La máquina multifuncional de ejercicio reúne varias rutinas de gimnasio en un solo componente, es muy usada para ejercitar diferentes partes del cuerpo lo que nos ofrece una serie de utilidades que se pueden lograr durante la etapa de entrenamiento en un tiempo determinado, además ofrece una forma óptima para acondicionar o tonificar el cuerpo, aumentar la masa muscular y a mejorar la capacidad del sistema nervioso. Otros beneficios que nos brinda son su reducido espacio de instalación, se puede usar en cualquier hora del día y es apta para personas que no cuenta con suficiente tiempo para ir a un gimnasio a practicar una rutina de ejercicios.

Esta máquina se compone de tubería en acero T, es de estructura ovalada, estructura de hierro de alta resistencia, cojinería indeformable, pin selector de peso, cables encauchetados, poleas de fibra de vidrio reforzada con nylon, guayas en acero, poleas alta y baja para trabajar de pecho plano y abierto, tiene una longitud de 10cm de largo, 88 cm de ancho y 83.5 cm de alto

En la actualidad hay variedad de equipos de gimnasio que permiten ejercitar el cuerpo, pero hay pocos equipos que aprovechen la energía mecánica generada por la persona por tal motivo el presente proyecto es un sistema electromecánico, que tiene como objetivo el aprovechamiento de la energía mecánica lograda por un deportista a la hora de hacer una rutina de ejercicio físico con una máquina multifuncional, para transformar parte de la energía mecánica en energía eléctrica. (Carrasco, 2015).

Existen máquinas de gimnasio que permiten generar energía eléctrica, pero con un funcionamiento diferente al de una maquina multifuncional de ejercicio. Un ejemplo es la red "Ecogym" que cuenta con bicicletas de spinning acondicionadas a un generador eléctrico, estas bicicletas están debidamente interconectados y funcionan con energía humana y solar para la generación de energía en sus instalaciones, logrando así suministrar electricidad a la red y mostrando un beneficio en el valor a pagar por concepto de energía. Por su parte esta tecnología tiene el reto de disponer de la mayor cantidad de clientes dentro de sus salas de gimnasio con el fin de obtener el máximo rendimiento en su capacidad de generación de energía que puedan aportar los equipos. Otro ejemplo es (diseño de un espacio urbano de deporte para generar energía). El proyecto abarca todo tipo de público,

cuenta con un espacio urbano provisto de bicicletas de spinning capaces de generar energía eléctrica a partir del movimiento rotatorio, cada una de estas bicicletas puede llegar a generar hasta 200W de potencia. La energía que se genera es aprovechada para la iluminación interior del gimnasio que cuenta con bombillos led, además el mismo equipo dispone de paneles frontales que indican la energía que se logra generar al momento de pedalear. El sistema está conformado por un generador que transforma la energía mecánica en energía eléctrica y el almacenamiento de carga se compone de un banco de baterías.

(Alvares Martinez, 2018)

El proyecto propuesto tiene como propósito adaptar un sistema mecánico que con una serie de elementos de transmisión de potencia se produzca energía eléctrica con una potencia hasta de 150 W debido a que una persona puede llegar a generar en equipos similares como una bicicleta de spinning una máxima potencia de 200 W, en la salida del generador aprovechables para recargar dispositivos electrónicos para iluminación o para ser almacenados para su posterior uso.

Los lineamientos principales que abarca el proyecto son enfatizar en la sostenibilidad ambiental, eficiencia energética, buen uso de la energía, ser amigables con el medio ambiente, entre otros.

1.1. JUSTIFICACION

Debido al constante cambio en la demanda de energía eléctrica en el entorno mundial es necesario adecuar el sistema tradicional una fuente de energía que sirva de respaldo como lo es un sistema de transmisión por banda de tal manera que no dependamos en gran medida de los recursos no renovables (el petróleo, el gas y el carbón) y hacer la transición de las energías renovables (energía solar, hidráulica, eólica, humana, entre otras), las cuales pretenden generar menor impacto al medio ambiente, combatir el cambio climático y llegar a ser el motor de desarrollo económico para nuestras comunidades. (Cubillos Adela, 2011)

Cabe señalar que el principal objetivo del proyecto es lograr un buen desempeño para la transformación de energía eléctrica útil que puede ser acumulada o usada en dispositivos eléctricos. Durante la puesta en marcha del proyecto se logra impulsar el uso de energías no convencionales haciendo uso de varios mecanismos de transmisión de potencia para la conversión de energía mecánica en energía eléctrica.

Se hace el diseño de este mecanismo, aplicando un modelamiento que contiene los cálculos de ingeniería necesarios para llegar a la consolidación de un modelo dinámico en cada uno de los componentes, enfatizando en ellos para desarrollar una representación física, diagramas de movimiento y las energías que se manifiestan en el movimiento.

Por su parte las energías renovables en los últimos años han llegado a tener un importante crecimiento de acuerdo a datos estadísticos llevado a cabo por la agencia internacional de energía (IRENA) logrando para el año 2018 generar 171 Gigavatios (GW) logrando representar un tercio de la nueva capacidad de generación de energía eléctrica instalada (united nations climate change, 2019). La energía generada por medio del esfuerzo físico puede llegar a representar una solución de energías no renovables sirviendo de complemento a la demanda energética.

1.2. METODOLOGIA

Para el adelanto del proyecto se hizo la consulta del tipo de máquinas multifuncionales de gimnasio para realizar ejercicio que existen en el mercado, luego se formuló un análisis conceptual del sistema que contempla el desarrollo de cálculos sobre mecanismos, generación de energía eléctrica, sistemas de acoplamiento y eficiencia del sistema además se realiza el modelamiento computacional de la maquina multifuncional.

Posteriormente se hizo la selección del sistema que hace referencia a elegir los mecanismos específicos como son el tipo de sistema de transmisión de potencia en el cual relaciona las características que debe tener las poleas, tipos de correas y poleas síncronas, clase de generador que se va a usar, el regulador de voltaje, el almacenamiento de carga entre otros.

Posteriormente se continua con el desarrollo y diseño del prototipo contempló el avance del conjunto de mecanismos que se adoptaran en el diseño de la maquina multifuncional de ejercicio. El diseño mecánico se realizó mediante el software SolidWorks y el diseño eléctrico mediante el software CadeSimu.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Diseñar el sistema electromecánico que, adaptado a una máquina multifuncional de gimnasio, permita la transformación de energía mecánica en energía eléctrica de hasta 150W mediante un generador electromagnético.

2.2. Objetivos específicos

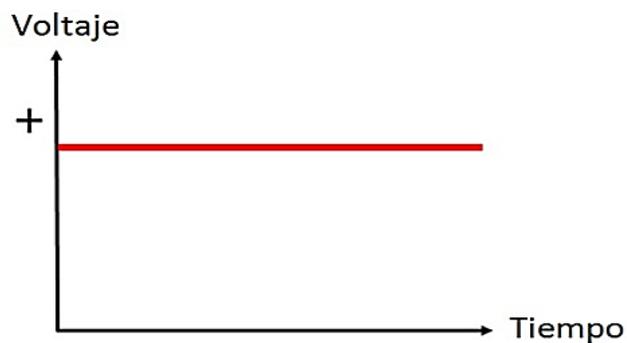
- Analizar la dinámica del accionamiento de la máquina, describiendo las fuerzas y velocidades requeridas para la generación de electricidad.
- Seleccionar el generador electromagnético y el sistema electrónico que permita controlar y regular los niveles de tensión para la carga de las baterías de 12V, garantizando la potencia de 150W.
- Realizar los planos del mecanismo adaptado a la máquina de gimnasio y el análisis de esfuerzos mediante SolidWorks.
- Determinar los materiales para la construcción del mecanismo según el análisis de esfuerzos y el diseño planteado.
- Realizar la simulación del sistema mecánico por medio de software CAD para modelar y comprobar el mecanismo propuesto.

3. Fundamentos de electricidad.

3.1. Corriente Continua

La corriente continua o directa no varía en magnitud ni sentido. Una manera de obtener corriente continua es mediante una reacción química la cual se acumula en pilas o baterías, además cuenta con dos polos uno negativo y otro positivo, la corriente circula desde el polo positivo hacia el negativo. Es común encontrarla en radios, portátiles, controles, relojes de pulso, etc.

Figura 3-1: Corriente Continua

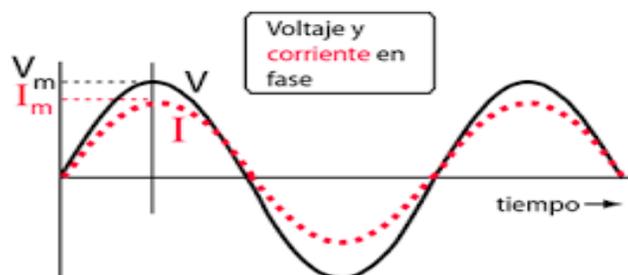


Fuente: (cpm solar, 2019)

3.2. Corriente Alterna

La corriente alterna oscila en un periodo de tiempo en cuanto a su magnitud como sentido, esto depende de la manera como se genere la corriente alterna. la variación se puede manifestar en intensidad o en sentido de los intervalos, mientras que el voltaje puede variar entre los voltajes pico a pico. tiene una forma de onda tipo seno, triangular o rectangular y es uno de los medios no el más práctico para producir energía de manera eficiente. (Jose David Calderon Serrano, 2016).

Figura 3-2: Corriente Alterna.



Fuente: hyperphysics

3.3. Voltaje

La diferencia de potencial se mide en voltios (V) y representa la cantidad de trabajo se requiere para desplazar los electrones desde un punto a otro. La diferencia de potencial es el efecto de la fuerza electromotriz (FEM) entre bornes de la batería o el generador.

Se le denomina a la diferencia de potencial pues mide el potencial entre dos puntos. La tensión de corriente alterna fluye en ondas senoidales en intervalos regulares y la tensión en corriente continua dispone terminales positivo y negativo donde establece la polaridad de un punto respecto al otro.

3.4. Resistencia Eléctrica

Es la oposición al paso de corriente eléctrica y existen diversos elementos diseñados para aportarla en los circuitos eléctricos, aunque los mismos conductores (cables o alambres) poseen algo de resistencia, su unidad de medida es el ohm (Ω). Se tienen tres factores que relacionan la resistencia en un elemento conductor de electricidad que son la longitud del conductor, sección del conductor y el coeficiente de resistividad. En primer lugar, la resistencia es proporcional a la magnitud o longitud del conductor, la sección del conductor es inversamente proporcionales y finalmente la resistividad en el material se expresa como un valor constante directamente proporcional a la resistencia.

La relación existente entre estos elementos es:

Ecuación 1: Resistividad Eléctrica

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Donde:

R = Resistencia eléctrica expresada en ohm (Ω)

ρ = Resistividad expresada en ohm ($\Omega \cdot m$)

L = Longitud del conductor en (m)

S = Sección del conductor en (m)

3.5. Ley de Ohm

Para el estudio de la corriente eléctrica se dispone de las tres magnitudes mencionadas que son: (intensidad de corriente, tensión y resistencia). La intensidad en un circuito es directamente proporcional a la tensión y la corriente es inversamente proporcional a la resistencia. De forma matemática se emplea la ecuación:

Ecuación 2: Ley de Ohm Corriente Directa

$$I = \frac{E}{R}$$

Donde:

I = Es la intensidad expresada en Amperes (A)

R = Representa la resistencia eléctrica en ohm (Ω)

V = Representa el voltaje en volts (V)

Siempre que se tenga dos de las tres magnitudes se puede determinar la tercera incógnita mediante despeje.

3.6. Ley de Watt

La potencia eléctrica define como el trabajo eléctrico que se desarrolla en una unidad de tiempo su unidad de medida es el vatio. La ley de Watt expresa la relación entre la potencia, la intensidad y la tensión y se expresa mediante la ecuación:

Ecuación 3: Ley de Watt

$$P = IE$$

Donde:

P = Representa la potencia expresada en watt (W)

I = Representa la corriente eléctrica en amperes (A)

E = Representa el potencial eléctrico en voltios (V) (leiva, instalaciones residenciales teoría y practica , 2008)

4. GENERACION DE ELECTRICIDAD

4.1. Ley de Faraday

Relaciona el campo eléctrico y campo magnético oscilante en el tiempo. La tensión inducida en un circuito cerrado es proporcional a la variación en el tiempo de flujo magnético. La ley de Faraday se determina mediante la ecuación:

Ecuación 4: Ley de Faraday

$$E = \frac{d\phi}{dt}$$

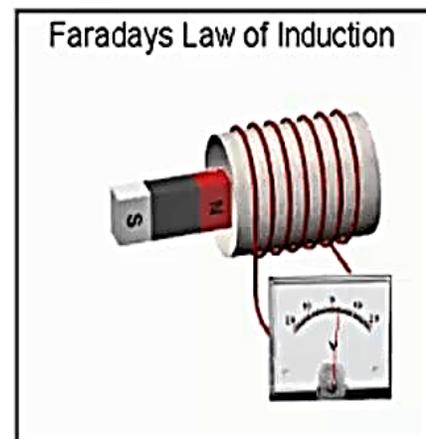
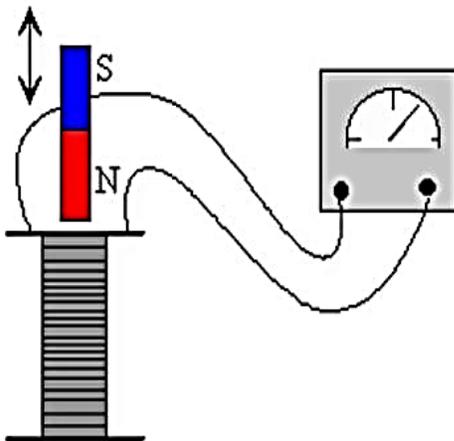
Donde:

E = Es la fuerza electromotriz en voltios (V)

$\frac{d\phi}{dt}$ = Es la variación en el tiempo de flujo magnético.

La ley de Faraday dio origen a gran parte de la tecnología eléctrica actual en especial a generadores eléctricos, motores, transformadores, el freno magnético o una cocina eléctrica. (Juares A. R., 2019).

Figura 4-1 Ley de Faraday



Fuente: (sc.ehu.es, s.f.)

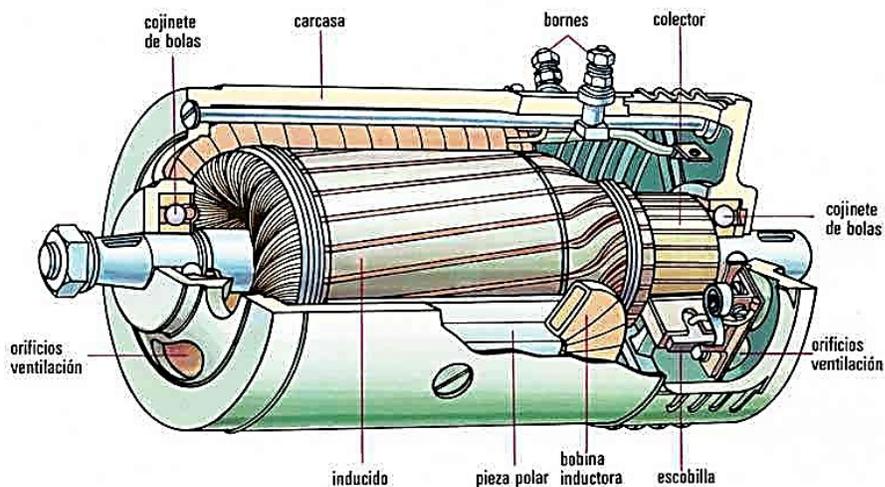
4.2. Maquinas eléctricas

La máquina eléctrica se compone de una serie de mecanismos capaces de generar y transformar la energía eléctrica en mecánica e inversamente. Para el caso que la máquina pueda transformar la energía mecánica en eléctrica se le llama generador y en caso contrario se le denomina motor a esto se le conoce como principio de conservación de energía.

Esta máquina puede ser de corriente alterna como de corriente directa, está constituida por un inductor, inducido, escobillas, carcasa, entrehierro y cojinetes. El inductor o estator es fundamental para el funcionamiento de la máquina eléctrica ya que es el responsable de producir y conducir flujo magnético, este elemento está conformado por el núcleo, devanado inductor y la expansión polar. El inducido o rotor es otro elemento esencial para el funcionamiento de la máquina por ser el mecanismo rotatorio, está conformado por un núcleo inducido, el devanado inducido y el colector.

El uso de escobillas radica en el desarrollo de presión sobre los anillos colectores o anillos rotatorios fabricadas a base de carbón o grafito y baquelita, se encuentran alojadas en la porta escobillas. El entre hierro es el espacio que existe entre la parte fija y móvil de la máquina; y finalmente los cojinetes son elementos que sirven de fijación al eje del rotor de la máquina que sirven para reducir fricción entre eje y carcasa además nos brinda un soporte del sistema.

Figura 4-2: Partes del Generador Eléctrico.



Fuente: (electrico, 2020)

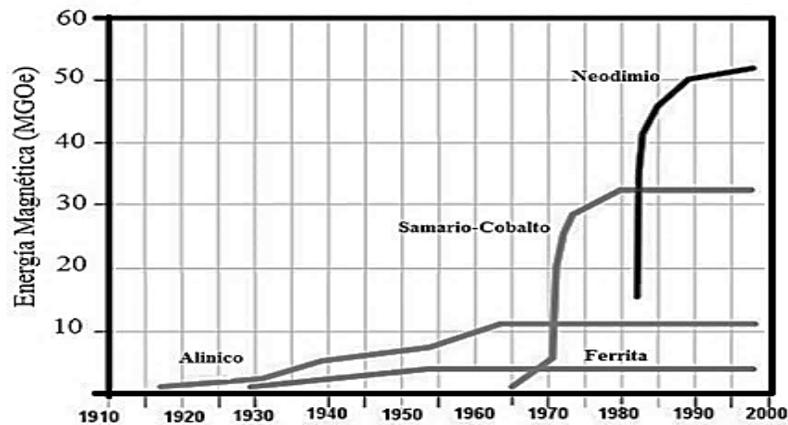
4.3. Generadores Eléctricos

Los generadores son máquinas que transforman la energía mecánica en energía eléctrica también conocidos como alternadores (corriente alterna) o dinamos (corriente continua). Los alternadores transforman un componente magnético en electricidad mediante el fenómeno de inducción electromagnética producida por un imán o electroimán y los dinamos que mediante una bobina e imanes generan un campo magnético produce una corriente continua. (Wildi, 2007).

Por su parte los generadores que ofrecen mayor ventaja son los de imanes permanentes por su simplicidad, los cuales son capaces de crear un campo magnético persistente en el tiempo. Consta de una serie de imanes distribuidos alrededor de unas bobinas fijas empleando la ley de Faraday. Una de las principales ventajas es su sencillez en su construcción y ensamble de sus componentes, además el mantenimiento es mucho más simple. se clasifican en naturales (magnetita) y artificiales elaborados a partir de materiales ferromagnéticos duros.

En la actualidad se dispone de varios tipos de estos generadores de los cuales los más usados en el sector industrial son los de flujo radial y los de flujo axial. Los de flujo radial tienen imanes distribuidos alrededor del eje de forma paralela mientras que los generadores de flujo axial tienen imanes distribuidos en forma toroidal, la tensión, potencia generada y la velocidad angular con la que se mueve el generador depende en gran medida de la clase de imanes empleados, por lo tanto, se debe determinar previamente la densidad de energía magnética que genera el imán.

Figura 4-3: Características Técnicas de Imanes Permanentes



Fuente: (Luisa Herrera, 2013)

Según la gráfica podemos apreciar que el Neodimio brinda mejores características energéticas por tanto requieren menor cantidad de material para obtener la misma energía magnetizante comparado con el resto de materiales.

El diseño del generador de magnetos permanentes se debe realizar de acuerdo a los siguientes requerimientos: Tipo de configuración, velocidad de rotación del generador, número de polos magnéticos, tipo de imanes, tipo de señal de voltaje, entre otros. (Carlos Andres Castillo Gonzales, 2012)

4.4. Clasificación de los Generadores

4.4.1. Dinamo

Los dinamos son maquinas pueden ser usadas como motores eléctricos y como generadores de electricidad, otra gran ventaja es la capacidad de controlar la velocidad de giro en el rotor. Existe múltiples aplicaciones de los dinamos entre las que se destacan la instalación en bicicletas como generador de electricidad, en los automóviles, aparatos eléctricos y en la generación de fuentes de energías renovables, etc. (Saldarriaga, 2017).

4.4.2. Alternador

Los alternadores la mayoría de ellos son síncronos lo que hace que giren a la velocidad de sincronismo y que es inherente al número de polos de la máquina y a la frecuencia de la red eléctrica. La relación de velocidad se define mediante la ecuación:

Ecuación 5:Relacion Velocidad Maquinas Asíncronas

$$f = \frac{n * p}{60}$$

f = es la frecuencia de generación en Hertz

P = es el número de pares de polos

n = es la velocidad que gira la maquina en rpm

De acuerdo a su fase constructiva se clasifican en generador con excitación independiente, con excitación compound, con excitación en paralelo, con excitación en serie, con excitación shunt. (endesa fundacion, 2019)

5. ALMACENAMIENTO DE ENERGIA

El almacenamiento de energía para equipos de generación se hace por medio de baterías que acumulan carga eléctrica.

5.1. Baterías

Es un dispositivo que almacena energía eléctrica mediante procesos electroquímicos (reversible o irreversible) llamado oxidación-reducción ya que la batería se puede cargar y descargar determinado número de veces. Existen dos grupos de baterías que son: las primarias las cuales no se les puede recargar, muy usadas para potencias muy bajas y las secundarias las cuales si se les puede recargar cierto número de ciclos.

Se usan para una alta gama de potenciales y capacidades que van desde los miliamperio-hora hasta amperio-hora (Rafiño, 2020). Existe una variedad de criterios para la seleccionar una batería como lo son:

- Tensión Nominal: Es la diferencia de potencial entre dos puntos que establecen la polaridad de uno con respecto al otro se mide en voltios (V) y representa la cantidad de trabajo se requiere para desplazar los electrones desde un punto a otro.
- Capacidad Nominal de la Batería: Es la cantidad de carga que puede llegar a almacenar y se mide en ampere- hora (Ah), lo que indica la capacidad máxima de carga, proceso de descarga, rango de temperatura y nivel de tensión final.
- Voltaje Nominal: Las baterías tienen un voltaje nominal de 2, 6, 12, y 24 voltios para un banco de baterías el voltaje nominal resulta de la suma de las celdas individuales conectadas en serie o paralelo.
- Eficiencia de Carga: Es la relación entre la energía usada para recargar la batería y la energía almacenada. Al tener una mayor eficiencia la batería indica que puede a llegar a entregar casi el 100% de su capacidad de almacenamiento lo que se traduce en ahorro de energía, mayor rendimiento, menor costo de mantenimiento, etc. (zach Wendt, 2017)
- La Energía que Consume: Cantidad de energía que se consume en determinado tiempo y mide el gasto energético de una carga que depende en gran medida de la cantidad de aparatos que se encuentren en funcionamiento.

- **Factor de Auto Descarga:** Muestra el grado de carga que tiene el batería medido porcentualmente e indica el comportamiento de la carga de la batería durante su uso.
- **Intensidad Máxima de Carga:** Es la carga máxima que se le puede llegar a suministrar de lo contrario la batería empieza a tener un desgaste que ocasiona prolongar su vida útil. Por lo general las baterías cuentan con un regulador de carga que permite variar la intensidad cuando se alcanza un porcentaje del 90% de la capacidad de carga permitiendo alargar su vida útil, caso contrario cuando la batería se encuentra casi totalmente descargada ocurre algo similar, pero permitiendo el paso de más flujo de corriente.
- **Rango de temperatura:** En condiciones ideales las baterías operan entre los 20 a 25 °C, si se encuentran en un lugar por encima de este rango se reduce la vida útil y si se encuentra por debajo se restringe la capacidad de almacenamiento de carga.

5.2. Tipos de Baterías

De acuerdo a los materiales que componen los electrodos y el tipo de celdas donde se encuentra la disolución electrolítica se tiene los siguientes tipos de batería para la generación de energía eléctrica:

5.2.1. Baterías Alcalinas

Para su fabricación se emplea hidróxido de potasio como electrolito diluido en zinc y dióxido de magnesio para provocar la reacción química disponen de vida útil corta. Son unos de los tipos de baterías más comunes en el mercado. Las pilas alcalinas se clasifican en:

- **Pila AA:** También nombrada pila doble, tiene una diferencia de potencial de 1.5 volts es usada en juguetes y despertadores.
- **Pila AAA:** Es de menor tamaño a la doble a también tiene una diferencia de potencial de 1.5 volts.

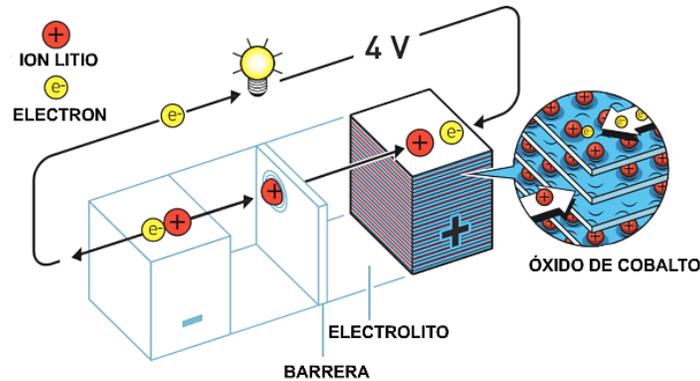
5.2.2. Baterías Ion-Litio

Se compone de un electrodo positivo, un electrodo negativo y un elemento denominado electrolito. En el electrodo negativo o ánodo ocurre la reacción de

oxidación o pérdida de electrones de valencia, el electrodo positivo recibe el nombre de cátodo ocurre el proceso contrario de aceptar electrones reacción de reducción.

El electrolito es quien separa el ánodo del cátodo y sirve para equilibrar las cargas del ánodo y cátodo, además permite que haya flujo de electrones entre cada uno de los electrodos. (Martil, 2019)

Figura 5-1: Batería Ion - Litio.



Fuente: (editorialcontrol, 2019)

5.2.3. Baterías de Níquel- Hidruro Metálico

Es un tipo de batería recargable cuya configuración emplea hidróxido de níquel como ánodo y de cátodo una aleación de hidruro metálico. Estas baterías no emplean metales tóxicos, gran parte de ellas son construidas con base de titanio vanadio, níquel y cromo. Una de las desventajas que tiene esta batería es un exceso de carga puede llegar a causar daños en la batería, también pueden sufrir daños se deja de usar el mecanismo. Es empleada en ordenadores portátiles, cámaras de video, automóviles eléctricos, radios, relojes, etc. (ecured, 2011)

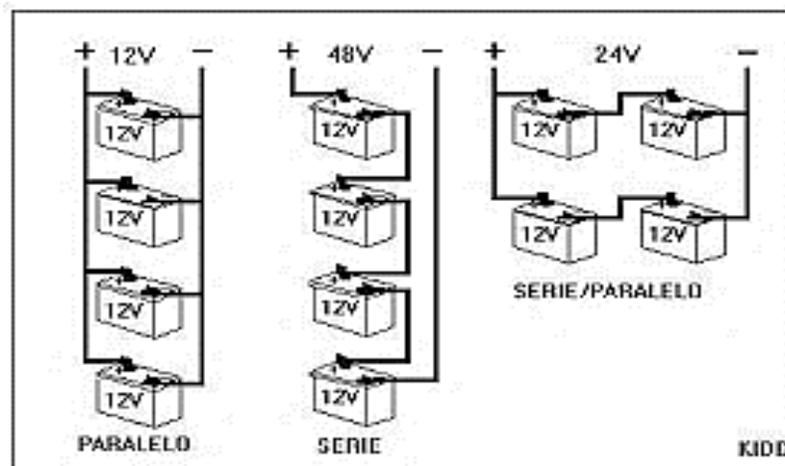
Figura 5-2: Batería de Níquel - Hidruro Metálico



Fuente: (pilas recargables, s.f.)

- Esquema de conexiones baterías: De acuerdo al requerimiento para cada sistema se puede desarrollar tres configuraciones de conexión de baterías las cuales son en serie, paralelo y mixto.
- Se desarrolla al interconectar el polo positivo de una batería con el negativo de la próxima, este tipo de conexión hace que las tensiones se sumen y la corriente permanezca estable.
- Configuración en paralelo: permite desarrollar o aumentar dos veces la capacidad de corriente de la batería individual y el voltaje nominal permanece estable.
- Conexión mixta: mediante este modo de conexión se logra incrementar la capacidad total de la batería.

Figura 5-3: Configuración Serie Paralelo



Fuente: (adjditec Malaga s.a, 2020)

5.3. Regulador de carga

Son dispositivos electrónicos que regulan el voltaje y la corriente de un generador eléctrico, por lo que permiten optimizar el proceso de carga para evitar que ocurran sobrecargas en el sistema. Para hacer uso del control de funcionamiento del sistema este dispositivo evita la sobrecarga de las baterías por tal razón detecta y mide los valores de voltaje de la batería y evalúa el estado de carga, en caso de alguna falla se corta el flujo de corriente hacia la batería dejando solo pasar un flujo muy pequeño de corriente.

Cuenta con tres tipos de reguladores de carga los tipo paralelo o shunt y los reguladores de carga tipo serie, regulador básico realimentado.

- Reguladores de carga tipo paralelo: Se componen de un transistor que deriva la corriente que procede de los módulos hacia una carga de disipación resistiva, el sistema provoca calentamiento del regulador por lo tanto son limitados a corrientes muy bajas.
- Reguladores de voltaje en serie: Se conectan en serie con la carga ocurren una interrupción de la corriente hacia la batería en función del voltaje. Esta configuración no disipa calor, son muy útiles para el almacenamiento de energía en aerogeneradores y paneles solares.
- Regulador básico: Es muy usado cuando se requiere a la salida muy precisa, se compone de un transistor regulador, un elemento detector de error, un sensor para aumentar o disminuir el flujo de carga y un amplificador de señal de error. (solar-energía, 2016)

5.4. Requerimientos del Regulador de Carga

Entre las funciones principales está la de preservar la tensión de salida, evitar fluctuaciones de voltaje y corriente y tener control de temperatura, además debe contar con un limitador de corriente como medio de protección del mecanismo.

Para la selección de un regulador de carga es indispensable disponer de un catálogo que nos da una pauta para una buena elección del equipo que se va a instalar. Además, contar con la información de la configuración de voltaje a la salida del banco de baterías, las más usadas son 12, 24, 36, 48 voltios de corriente directa.

La carga de batería haciendo uso de reguladores se compone de cuatro etapas:

- Etapa de carga rápida: El regulador suministra altas corrientes y consigue una carga bastante rápida
- Etapa de absorción: Para esta etapa cuando la batería ya se encuentra al 90% de la capacidad de carga, la corriente logra disminuir considerablemente y mantiene un voltaje menor al voltaje máximo, este proceso sigue hasta llegar a completarse el proceso de carga.
- Etapa de flotación: El regulador logra reducir la tensión y la corriente la cual se ve levemente disminuida hasta que la batería se carga hasta el 100% de su capacidad, además cuenta con un sistema de compensación de descarga.

- Etapa de ecualización: Es usada cuando ocurre repentinamente una fuerte descarga lo que origina una carga a un voltaje superior al de absorción. (autosolar, 2015)

5.5. Tipos de Reguladores de Carga

El regulador de carga es un dispositivo electrónico que permite controlar el flujo de carga, con el fin de evitar que se sobrecargue la batería y así prolongar su vida útil.

- **Regulador de Carga PWM**

Modulación por ancho de pulsos son dispositivos usados en instalaciones fotovoltaicas. es el encargado de suministrar la entrada de corriente a las baterías solares, se encarga de regular el voltaje de entrada a las baterías de voltajes bajos, recuperación rápida por perdida de la batería y la autorregulación debido a la caída de voltaje. (autosolar, 2015)

Figura 5-4: Regulador PWM



Fuente: (merkasol, 2020)

- **Regulador de Carga MPPT (seguidor punto de máxima potencia)**

Usados en módulos fotovoltaicos son los encargados de regular el flujo eléctrico que proviene de los paneles fotovoltaicos hacia el banco de baterías. Estos dispositivos se caracterizan por alta eficiencia energética.

Su principio de funcionamiento se basa en realizar un cambio de corriente continua que proviene de los paneles a corriente alterna usando un transformador toroidal. La corriente alterna obtenida vuelve a rectificar a corriente continua.

Los reguladores MPPT por requerir de convertidores requieren unos circuitos electrónicos más complejos haciendo que su costo sea más elevado. Esto pueden operar a frecuencias que van desde los 20 hasta los 80 kHz. (generatuluz, 2020)

Figura 5-5: Regulador de Carga MPPT



Fuente: (generatuluz, 2020)

Dispone de una regleta de 6 bornes, un módulo para conexión de baterías, otro modulo para la alimentación de paneles y un módulo para la carga.

6. FUNDAMENTOS DE MECANISMOS Y TRANSMISIÓN DE POTENCIA

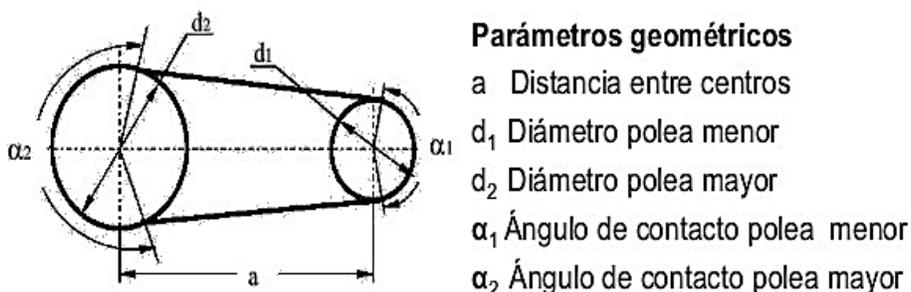
6.1. Sistemas de Transmisión de Potencia por Bandas

La transmisión de potencia por banda es dada por una o más poleas empleando correas flexibles debidamente conectadas entre sí, cuya función es producir movimiento rotacional entre dos ejes. Cuando hay transmisión de potencia por parte de la banda la fricción hace que agarre a la polea impulsora y aumente la tensión hacia el superior o (lado tenso) de la transmisión, por el contrario, al otro lado de abajo se reduce considerablemente la tensión (lado flojo). La transmisión de potencia por banda se compone de:

6.1.1. Bandas

Hay varios tipos de bandas que se encuentran comercialmente que son: planas, acanaladas, bandas en v, en v ángulo doble, síncronas, entre otras. Son usadas para maquinaria industrial, transmisiones industriales (elevadores de cangilones, transportadores, trituradoras, malacates, generadores, bombas centrifugas entre otros), sector automotriz, etc. Gran parte de las bandas industriales se componen de lonas de alta resistencia a la tensión elaboradas en poliéster, poliamida y aramida. Las cuerdas son fabricadas con fibras naturales, sintéticas o de acero. Por otra parte, los datos que el fabricante tiene de este sistema de transmisión se encuentran tabulados en un catálogo y contienen diversos tamaños y varias combinaciones de bandas y correas

Figura 6-1: Transmisión por Bandas



Fuente: (Colcha, 2010)

6.1.2. Poleas

Una polea está compuesta por una rueda que gira sobre un eje cuya función es la transmisión de fuerza, está conformada por de una rueda acanalada, o dentada por donde pasa una cuerda o una correa y sirve para transmitir potencia para diversos mecanismos. es usada para reducir esfuerzos logrando una ventaja mecánica y también se usa para cambiar la dirección de una fuerza. De acuerdo a su configuración se puede clasificar en polea fija, polea móvil, y polea compuesta.

- **La polea fija:** En ella se puede cambiar la dirección de las fuerzas y no se obtiene un aporte mecánico.
- **La polea móvil:** Con esta disposición se logra reducir la fuerza a la mitad de su magnitud.
- **polea compuesta:** Esa es una combinación de poleas fijas y móviles y se logra obtener una ventaja mecánica que obedece a la cantidad de poleas montadas en el sistema. Para un sistema de transmisión por poleas es necesario contar con dos de ellas una se denomina polea conductora y la segunda se le llama polea conducida

Ventajas

- Son sistemas flexibles y tienen buenas propiedades de amortiguación evitan las vibraciones en la transmisión.
- Se caracteriza por ser un mecanismo económico
- El sistema de transmisión por bandas es fiable
- Funcionamiento silencioso
- No necesita lubricación
- Tiene diversas configuraciones de conexión

Desventajas

- Se producen deslizamientos en la correa y son necesarios tensores
- La correa puede llegar a descarrilarse
- Produce importantes esfuerzos sobre los cojinetes
- Se debe incluir tensores
- La longitud de la correa varía con respecto a la temperatura y humedad (Rivera, 2012)

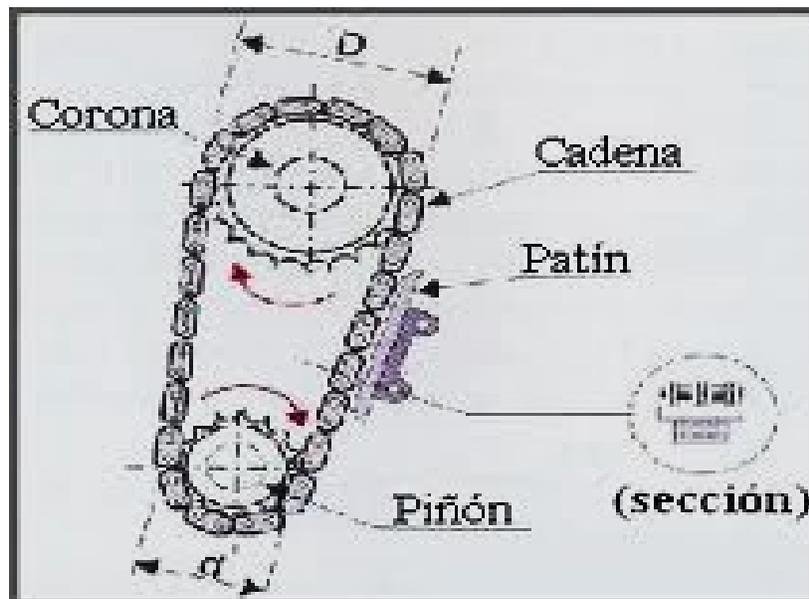
6.2. Transmisión Potencia por Cadena

Son sistemas conformados por eslabones unidos mediante pernos, que permiten trabajar a temperaturas elevadas y condiciones medioambientales adversas además son elementos flexibles y se logra unas fuerzas de tensión altas y elevadas relaciones de transmisión.

Comercialmente hay gran variedad de cadenas de transmisión los cuales vienen acopladas a diferentes ruedas dentadas que son:

- Cadena de bulones de acero
- Cadena de manguitos
- Cadenas articuladas desmontables
- Cadenas especiales

Figura 6-2: Transmisión por Cadenas.



Fuente: (Cedeno, 2011)

6.3. Transmisión de potencia por engranajes

Son ruedas dentadas cilíndricas usadas para transmitir movimiento y potencia desde un eje a otro. El engrane con menor diámetro se le conoce como Piñón mientras que el de mayor tamaño se le denomina engrane por ende el engrane mayor gira más lento que el menor.

Engranos rectos

Los engranes rectos se caracterizan por su geometría dientes rectos y paralelos al eje de árbol que lo sujeta, tienen un perfil de curva involuta de profundidad total logrando una velocidad contante y uniforme

Figura 6-3: Engranos Rectos



Fuente: (jhon blog, 2019)

La configuración de engranes rectos es usada en relojes mecánicos, juguetes, lavadoras, licuadoras, cajas de autos, etc. (Mott, slideshare, 2015).

- **Engranos helicoidales**

Los engranes helicoidales se caracterizan por la orientación de sus dientes los cuales se encuentran inclinados formando un ángulo respecto al eje que se denomina ángulo de hélice.

Figura 6-4: Engranos Helicoidales



Fuente: (Maunas, 2014)

- **Engranés cónicos**

Los engranes cónicos transmiten movimiento entre un par de ejes que no son paralelos entre sí, generalmente forman un ángulo de 90 grados. Existen cuatro tipos de arreglos de engranes cónicos que son:

- Engranés cónicos de diente recto
- Engranés cónicos helicoidales
- Engranés cónicos hioides

Figura 6-5: Engranés Cónicos

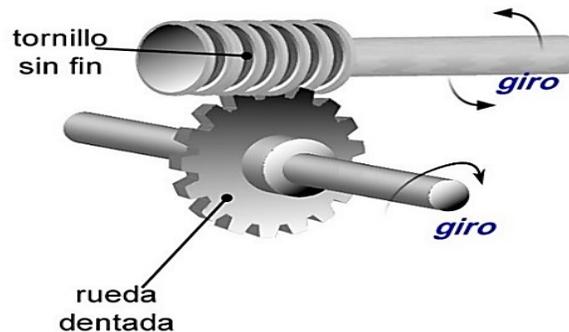


Fuente: (directindustry virtualexpo , 2020)

- **Tornillo sin fin corona**

El mecanismo de tornillo cuenta con un dentado helicoidal, va montado en el (eje motriz) produciendo un movimiento en la corona (eje conducido), no es posible lo contrario. Los tornillos sinfín disponen de roscas múltiples, donde cada rosca se le designa como entrada, de acuerdo al número de entradas varia la velocidad de giro en la corona, la corona gira el mismo número de entradas.

Figura 6-6: Tornillo Sin Fin Corona



Fuente: (compañía levantina de reductores, 2017)

6.4. Relación de transmisión

Se le llama a la diferencia entre la velocidad de rotación del eje de salida con respecto al eje de entrada se describe de forma matemática mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 6: Relación de Transmisión.

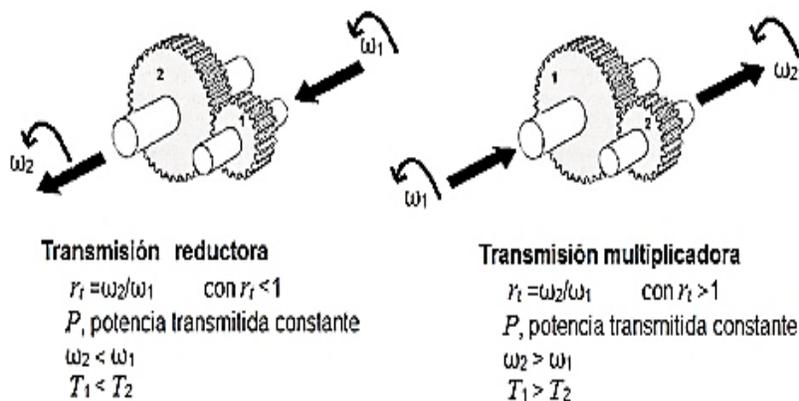
$$VR = \frac{\omega_P}{\omega_G} = \frac{n_p}{n_G} = \frac{R_G}{R_P} = \frac{D_G}{D_P} = \frac{N_G}{N_p}$$

Donde:

- VR = Es la relación de velocidad
- ω_P = Velocidad angular eje de salida
- ω_G = Velocidad angular eje de entrada
- n_p = Es la velocidad angular del piñón (rpm)
- n_G = Es la velocidad angular del engrane (rpm)
- D_G = Diámetro de paso engrane
- D_p = Diámetro de paso del piñón
- N_G = Número de dientes del engrane
- N_p = Número de dientes del piñón

Si la relación de velocidad entre el cociente de la velocidad de salida y la entrada es menor de 1 se le llama una caja reductora y si es mayor de 1 se le dice que es una caja multiplicadora. (Mott, slideshare, 2015)

Figura 6-7: Relación de Transmisión



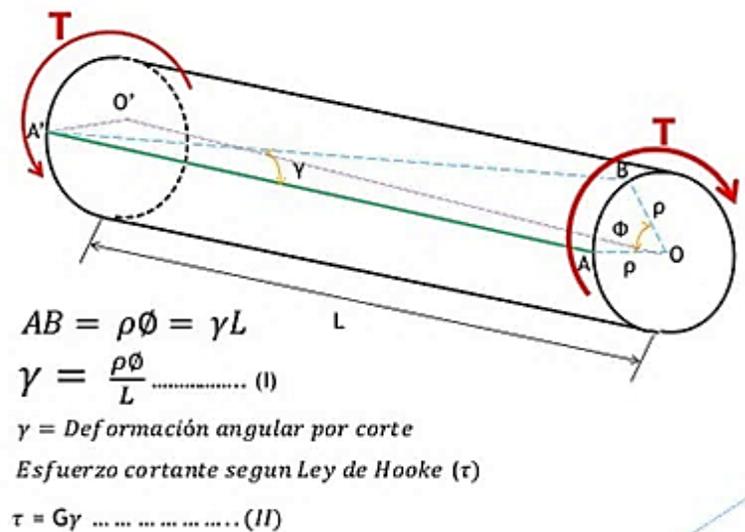
Fuente: (ingemecanica, 2020)

6.5. Par Torsional

El par de torsión ocurre cuando en un extremo del eje tiende a girar respecto a otro extremo que permanece fijo debido a que se le aplica unas fuerzas a la longitud del eje ocasionando una deformación helicoidal.

Ocurre unas afectaciones en el eje al aplicar una carga de torsión determinada como desplazamiento angular del radio del eje de formación cortante.

Figura 6-8: Par Torsional



Fuente: (slideshare, 2017)

6.6. Potencia Mecánica.

La potencia mecánica se debe a la rapidez que se desarrolla un trabajo, se mide en watts (W), caballo fuerza (Hp), caballo vapor (C.V). Matemáticamente se describe como:

Ecuación 7: Potencia Mecánica

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

Donde:

- T = Trabajo en Joules
- t = Tiempo en segundos
- P = Potencia en watts

Por su parte el trabajo se define como:

Ecuación 8: Trabajo

$$T = F * d$$

Despejando de la ecuación 7 se obtiene que:

$$P = F * V$$

Donde:

F = fuerza en Newtons

V = velocidad en m/s (Cortez)

6.7. Rodamientos

Es un elemento mecánico que está ubicado entre dos componentes de una maquina (eje– chumacera, eje– piñón, entre otros). Es ampliamente usado en máquinas rotativas, sistemas mecánicos y otros mecanismos.

Estos rodamientos disponen de las siguientes características:

- Bajo rozamiento
- Montaje preciso
- Sensibilidad a impactos, sobrecargas, suciedad, humedad. Etc.
- Admiten carga axial

Cuentan con las siguientes desventajas:

- Costoso
- Complejo montaje

Los rodamientos están contruidos en aceros duros que se caracterizan por su alta resistencia a la fatiga y al desgaste.

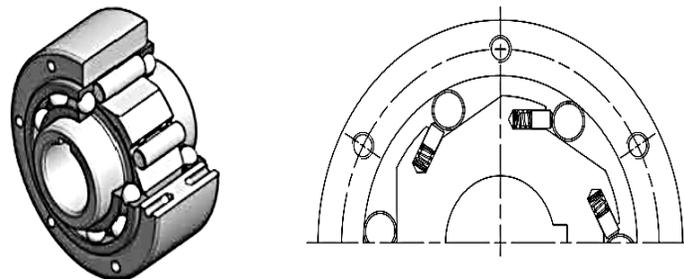
Según el sentido donde se le aplique la carga los rodamientos se pueden a clasificar en (radiales, axiales o mixtos) y según el elemento rodante rodamiento de bolas.

6.7.1. Rodamientos antirretroceso (ruedas libres)

Son juntas unidireccionales compuesta por dos anillos uno conductor y otro conducido, tiene la particularidad que el movimiento es transmitido en una sola dirección. Es empleado para tres formas

- **Antirretorno:** el rodamiento siempre gira en un sentido, cuando el movimiento cesa evita la rotación en la dirección contraria. Se usa para cintas transportadoras, elevadores de cangilones, grandes ventiladores, entre otros.
- **Exceso de velocidad:** cuando el anillo impulsado gira más rápido que el anillo conductor se interrumpe la conexión. Usados para rotores de generadores permitiendo no sufrir impulsos repentinos o desgastar la inercia.
- **Avance intermitente:** esta rueda libre es capaz de transformar el movimiento alternativo (sistema por pistones, bielas, bandas, ejes entre otros), en un movimiento circular con movimiento constante o continuo empleando dos ruedas o rodamientos.
- **Tipología de construcción**
Las rodaduras están conformadas por un aro exterior cilíndrico y un aro interior (estrella), una jaula que contiene los cuerpos de contacto. En las jaulas el número de cuerpos de contacto es alto lo que permite la transmisión de pares torsionales muy elevados.
- **Precisión de inserción:**
La limitada tolerancia que existe entre el orificio y el eje obliga a usar un aceite lubricante y elementos hidráulicos que permiten que el rodamiento entre con un empuje más uniforme.
- **Velocidad máxima sin carga:**
Se debe disponer de elementos de lubricación y no se debe sobrepasar el límite de velocidad en caso de trabajar en neutro (modo de bloqueo), para ello se debe usar un margen de seguridad apropiado.
Se logra una buena vida útil por medio de equilibrio de cargas (no exceder el par nominal), tener un adecuado nivel de lubricación y no exceder los límites de velocidad.

Figura 6-9: Rodamiento Unidireccional



Fuente: Linearte

7. SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE CARGA.

El propósito fundamental del proyecto es lograr transformar la energía mecánica de la maquina multifuncional de ejercicio en energía eléctrica para almacenarla por medio de baterías. Luego esta carga podrá ser empleada para cargar dispositivos eléctricos, para iluminación, entre otras aplicaciones.

El mecanismo funciona mediante el esfuerzo físico producido por un deportista que desarrolla una rutina en una maquina multifuncional de ejercicios, durante un determinado tiempo. La energía que se produce, producto del trabajo realizado en la maquina es transformada por medio de un generador de magnetos permanentes en energía eléctrica

7.1. Selección del Generador eléctrico

Partiendo de la base que se requiere generar por lo menos 150 W de potencia eléctrica a la salida del generador se selecciona un generador síncrono de magnetos permanentes.

El generador (alternador) seleccionado está compuesto de imanes permanentes de neodimio con aleación de hierro y boro (NeFeB), tienen una alta energía de magnetización alrededor de 1 Tesla (T), por lo que le permite generar una potencia de 200 W a una velocidad nominal de giro de 600 rpm y se obtiene un voltaje trifásico a la salida del generador.

A continuación, en la tabla 7-1 se especifican las características de funcionamiento del mencionado generador, que comercialmente tiene la designación: SH200P

Tabla 7-1: Parámetros Técnicos del Generador de 600 W

Parámetros técnicos generador de 600 W	
Modelo	SH200P
Potencia nominal	200 (W)
Potencia máxima	220 (W)
Velocidad de rotación nominal	600 rpm
Peso neto máximo	3 kg
Par de arranque	0,008 Nm
Frecuencia de operación	50 Hz
Tipo de generador	Trifásico de imán permanentes (síncrono)

Vida útil	20 años
Tipo de rodamiento	HRB
Material del eje	Acero inoxidable
Material de la carcasa	Aleación de aluminio
Material del imán permanente	Neodimio con aleación de hierro y boro.
Clase de protección	IP 54
Lubricación	Grasa

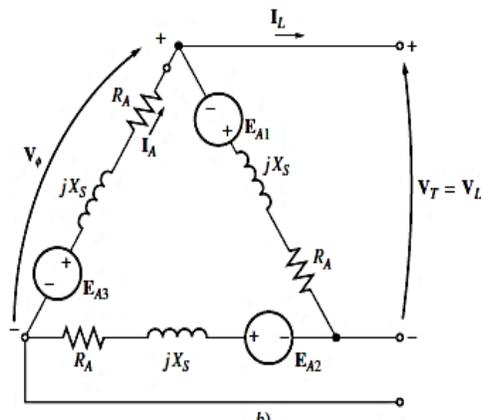
De acuerdo a las especificaciones mencionadas y teniendo en cuenta que es un generador síncrono trifásico, se determina que:

$$f = \frac{n * p}{120} \rightarrow n = \frac{120(f)}{p} = \frac{120(50)}{600} = 10 \text{ polos}$$

De acuerdo a lo anterior se puede establecer que el rotor cuenta con 10 polos y que de polos salientes, usados para rotores que disponen de 4 o más polos, además este tipo de rotor es ideal para generadores con una velocidad menor a los 1200 rpm, ya que para velocidades superiores el diseño es limitado por fuerzas centrífugas excesivas y por pérdidas de ventilación que dan origen a maquinas muy ruidosas (Alonso Hernandez, 2012). Tiene una configuración delta porque del generador trifásico salen 3 cables uno por cada línea. Este tipo de generadores son empleados para sistemas de generación de energía eléctrica y permite el trabajo con bajas velocidades de giro en el rotor, además se puede modificar el voltaje de salida.

Circuito Equivalente de un Generador Conectado en Δ

Figura 7-1: Circuitos Equivalentes de un Generador Conectadas en Δ



Fuente: (Champman, 2012)

El circuito en delta de la figura anterior ocurre al unir los extremos de las bobinas, de este esquema solo emergen tres cables denominados fases.

La fuente de potencia del generador es la fuerza humana que se desarrolla a partir del movimiento de las masas de la maquina multifuncional de ejercicios, esta depende de la rapidez con que se desarrolle el trabajo. A la entrada del generador la potencia mecánica que ingresa se establece mediante la ecuación:

Ecuación 9: Potencia Entrada del Generador.

$$P_{In} = \tau_{Ap}\omega_m$$

Donde

P_{in} = Es la potencia de entrada (W)

τ_{Ap} = Es el torque aplicado (Nm)

ω_m = Es la velocidad angular del eje del rotor (rad/s)

Figura 7-2: Generador de Magnetos permanentes de 200W



Fuente: (aliexpress, 2020)

La figura anterior representa un generador (alternador) de magnetos permanentes, trifásico que dispone de una potencia de 200W.

Figura 7-3: Curva de Potencia y Voltaje del Generador



Fuente: JIANGSU NAIER WIND POWER TECHNOLOGY DEVELOPMENT

La curva indica el comportamiento de la potencia en Vatios del generador al aplicarle diferentes niveles de voltaje y de revoluciones por minuto en eje.

7.2. Regulador de carga y rectificador de onda

Para obtener una tensión continua de 12V, a partir de las tensiones alternas y trifásicas del generador, es necesario emplear un dispositivo rectificador y regulador de carga y así poder recargar las baterías. El dispositivo seleccionado es un regulador MPPT060 el cual presenta las siguientes características:

- ✓ Posee varias conexiones (tres conectores que vienen del generador de imanes permanentes (y dos que salen a las baterías)
- ✓ Puente rectificador de onda trifásico
- ✓ El equipo cuenta con un interruptor interno para desconectar el generador en caso de emergencia.
- ✓ El regulador está debidamente aislado para evitar contacto entre las respectivas bornas de conexión.
- ✓ El equipo debe estar aterrizado para evitar daños de sus respectivos componentes.
- ✓ El regulador tiene un voltaje mínimo de 7 V para empezar a entregar carga a la batería
- ✓ Opera a un rango de temperatura de -35 a 75°C.
- ✓ Los rangos de carga completa se encuentran entre 11.4 y 12.8 V de corriente directa.
- ✓ Tiene dos rangos de voltaje (12 y 24 V)

- ✓ Voltaje de ruptura o máximo generado 14.5 voltios
- ✓ Cuando se encuentra al 80% de la carga el regulador detecta una sobrecarga y de forma automática disminuye el flujo de corriente que le llega a las baterías.
- ✓ Cuando se vaya a conectar el regulador se debe evitar operar con el generador en funcionamiento ya que se puede presentar unas sobretensiones transitorias que podrían llegar a dañar el equipo.

El funcionamiento del conjunto generador – regulador (Figura 7-4), se puede describir de la siguiente manera: Mediante el movimiento de giro, el generador proporciona una tensión trifásica por lo que a la entrada del regulador llegan tres líneas de señal alterna, entonces este dispositivo se encarga de transformar esta señal en corriente directa mediante un puente rectificador de onda y la tensión de salida se mantiene estable (12V o 24V), en un rango de velocidad de giro, gracias a su regulador.

Cuando las baterías acondicionadas al sistema están totalmente descargadas el regulador permite la entrega de una elevada corriente, con lo que se acelera el proceso de carga, este proceso puede tardar varias horas.

Tabla 7-2: Ficha Técnica del Dispositivo.

Ficha técnica reguladora de carga	
Referencia	MPPT060
Grado de protección	IP 68
Corriente de inactividad	< 15 Ma
voltaje de impulso	7 voltios
Voltaje de operación	12 / 24 Voltios
Rango de temperatura	-35 – 75°C
Voltaje nominal de la batería	12 / 24 Voltios
Capacidad nominal de generación	0 – 600 W
Voltaje de ruptura	14,5V / 29V
Voltaje Recuperador	13,2 / 26,4V

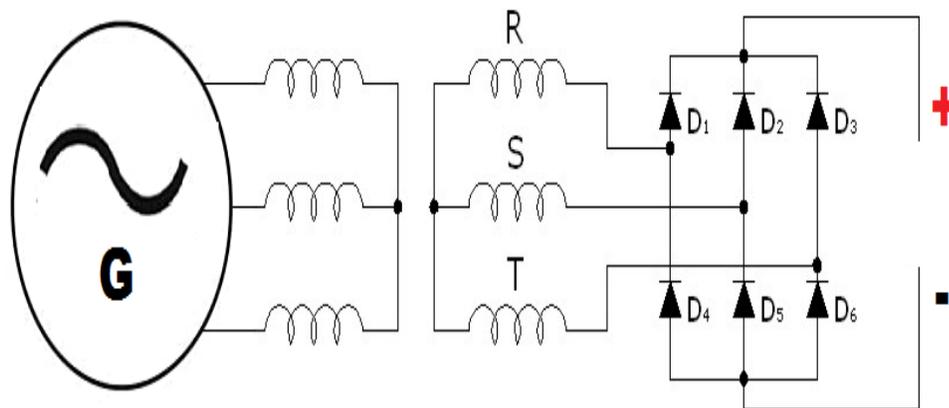
Fuente: Autores

Figura 7-4: Controlador Rectificador de Carga



Fuente: XIAMN MARS ROCK SCIENTE TECHNOLOGY CO. LTD

Figura 7-5: Sistema Generador Regulador de Carga.



Fuente: Autores.

7.3. BATERIA DER PLOMO ACIDO

Se selecciona una batería de plomo ácido que se compone de dos electrodos (negativo y positivo). Estas baterías están conformadas por seis celdas individuales conectadas en serie y debidamente aisladas, se encuentran alojadas en una caja, este tipo de baterías son usadas para sistemas fotovoltaicos y en aerogeneradores por su bajo costo y gran capacidad de rendimiento, para almacenar carga en las instalaciones.

Las Baterías de plomo de 12V se debe ecualizar o igualar las cargas cada 20 ciclos o 2 semanas, este proceso de ecualización se realiza sobrecargando las baterías para así lograr eliminar la sulfatación provocada por condiciones de baja carga.

Las baterías de plomo ácido requieren un mantenimiento periódico para tener un control en el nivel de ácido.

Figura 7-6: Batería de plomo ácido.



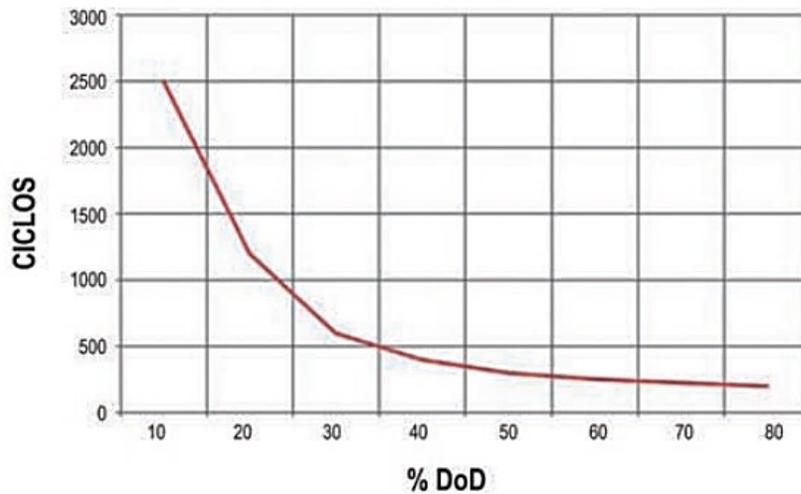
Fuente: Autosolar.es

Características:

- Larga vida en ciclos de carga
- Reducido consumo de agua
- Menor sensibilidad a sobrecargas imprevistas
- Reducido auto descarga
- Baterías estacionarias diseñadas para instalaciones fotovoltaicas
- Voltaje de la Batería: 12V
- Energía Útil Almacenada: 50%
- Medidas de la Batería: 518 x 276 x 242 mm
- Posición de Trabajo de la Batería: Bornes en la parte superior
- Amperios-Hora de la Batería: 260Ah
- Garantía de la Batería: 2 años (a partir de los 6 meses con peritaje industrial)

- Mantenimiento de la Batería: Libre de Mantenimiento
- Figura 10.2 número de ciclos en función de la descarga

NÚMERO DE CICLOS EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE DESCARGA



Operación:

- La batería debe ser cargada al 100% al menos 1-4 semanas.
- El trabajo en flotación a tensiones muy altas tiene un consumo elevado de agua.
- No se debe descargar la batería por encima del 80%.

8. CÁLCULOS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA MECÁNICO

Debido a que la generación de potencia proviene del esfuerzo físico de una persona que realiza una rutina de gimnasia en una maquina multifuncional de ejercicio acondicionada, seguida se definen algunas prácticas típicas con este dispositivo y que potencialmente podría permitir la generación de energía eléctrica.

8.1. Entrenamiento físico

El entrenamiento físico es una rutina que tiene por objeto mejorar la capacidad física de la persona, al momento de realizar una actividad intensa producto del esfuerzo.

La contracción de los músculos se traduce en fuerza o tensión, por su parte la potencia desarrollada es el producto entre la fuerza desarrollada y la velocidad de contracción del musculo.

Para gran parte de las máquinas de multifuerza existe focalizado cuatro tipos de ejercicios que son:

- **Constructor de músculos:** Durante la práctica de este ejercicio se logra aumentar el tamaño y la fuerza de los músculos, variando de la intensidad de los ejercicios, esta intensidad se logra ajustar combinando la cantidad de peso usado y el número de repeticiones realizadas. Por su parte una serie consta de 8 repeticiones por ejercicio realizado y se descansa un intervalo de tres minutos, se recomienda que la cantidad apropiada de peso depende de cada usuario.
- **Ejercicios de tonificación:** Se llega a tonificar los músculos llevándolos a una carga moderada de la capacidad, esto se logra mediante una serie de 15 a 20 repeticiones variando la cantidad de peso de forma moderada. Después de esta cesión se descansa por un lapso de 1 minuto.
- **Perder peso:** para este propósito se requiere de una cantidad de peso pequeña que se va moderando en cada juego de repeticiones. Se recomienda ejercitación durante 20 a 30 minutos con un descanso de 30 segundos cada serie.
- **Entrenamiento con variedad:** con esta práctica se logra un balance en las prácticas de ejercicio mediante una planeación previa de rutinas de ejercicio

durante la semana. Se recomienda el día lunes, miércoles y viernes la práctica de levantamiento de pesas, martes y jueves ejercicios de aeróbicos en máquinas de correr o el pedaleo.

Las fases contempladas para la práctica de un ejercicio son: Calentamiento, entrenamiento, enfriamiento y mantenerse constantemente motivado llevando a cabo registros de entrenamiento. Para el modelamiento del sistema de transmisión de energía mecánica se tiene presente la siguiente rutina de ejercicio.

Figura 8-1: Rutina de Ejercicio con Maquina Multifuncional de Ejercicio



Fuente: CanStockPhoto

La anterior imagen muestra una rutina de ejercicio de extensión de brazos con 10 repeticiones en que la persona debe tener la espalda recta, manteniendo los pies en el suelo, los brazos unidos al torso y sujetando la barra. Se realiza un movimiento rectilíneo alternante, empezando con el ascenso y posteriormente el descenso de las masas que están acopladas a una cuerda y a su vez guiadas por un sistema de poleas.

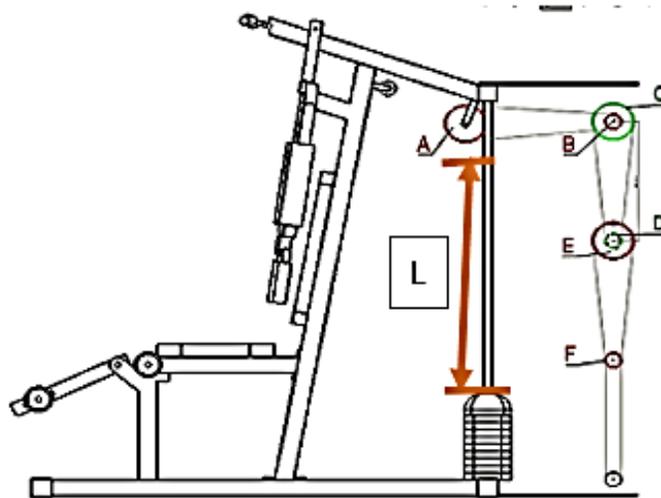
Debido a que se requiere una potencia de generación de 200W a la entrada del generador y a una velocidad de 600 rpm, entonces es necesario acondicionar la maquina multifuncional mediante un sistema de transmisión por poleas que nos permita obtener la relación de velocidad deseada como se puede ver en las siguientes figuras.

Figura 8-2: Representación Máquina Multifuncional plano 3D



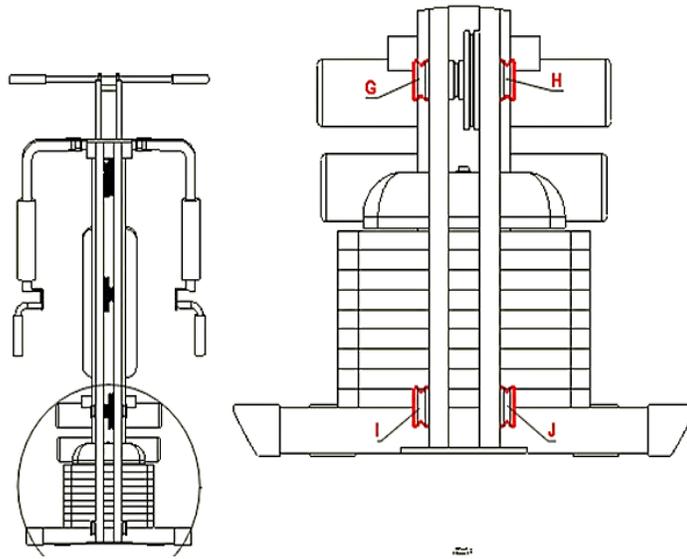
Fuente: Autores

Figura 8-3: Representación Vista Lateral Derecha

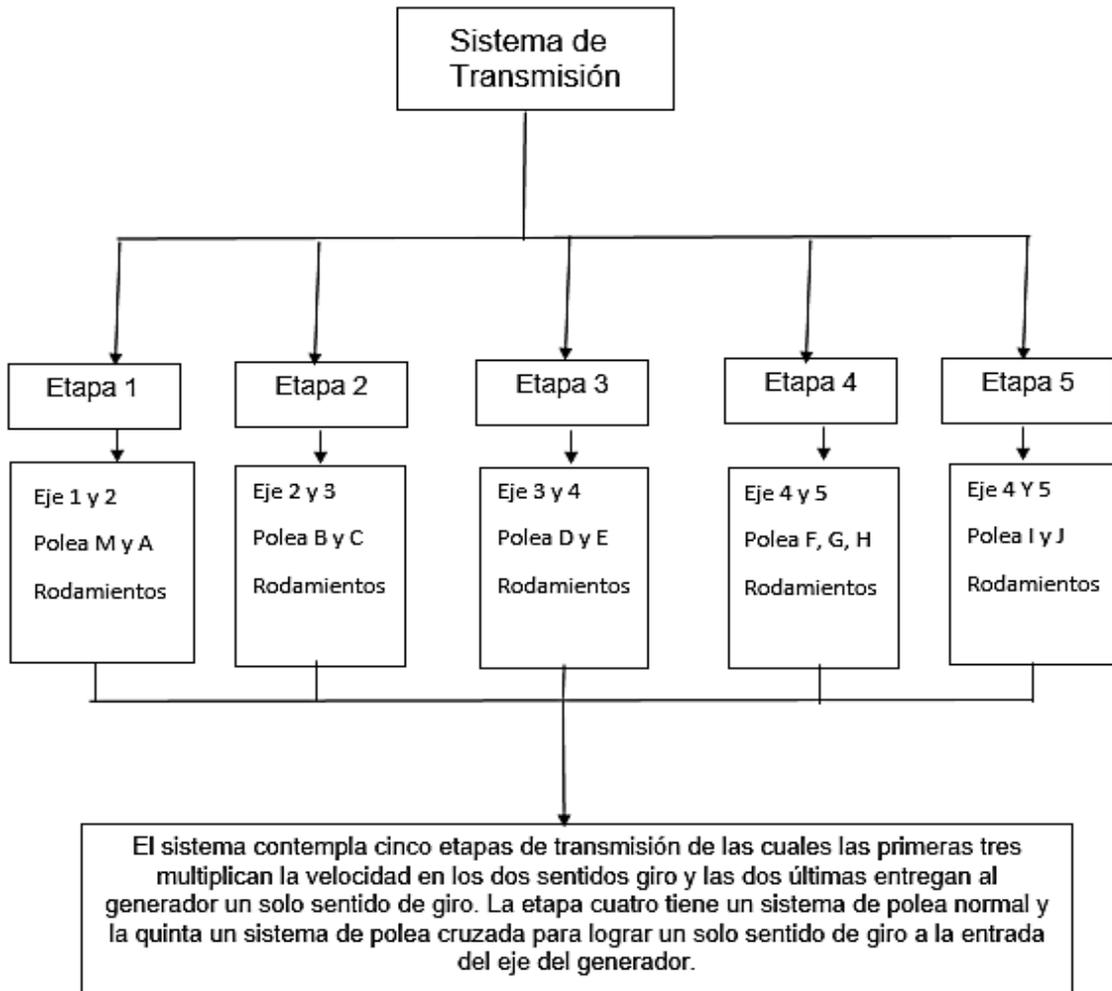


Fuente: Autores

Figura 8-4: Representación Vista Posterior



Fuente: Autores



En las figuras 8-2, 8-3, 8-4 y el diagrama anterior se muestra los componentes del sistema de transmisión de potencia, donde se puede observar el conjunto de poleas con sus respectivos ejes. El sistema tiene cinco ejes que contienen dos poleas con excepción del eje cuatro que tiene las poleas F, G y H. El sistema tendrá un total de once poleas contando la polea Motriz que estará en el primer eje junto con la polea A. Cada etapa cuenta con una correa en V para un total de cinco correas y teniendo presente que en la etapa 5 donde se encuentran las poleas H y J estará la correa instalada en cruz para invertir el sentido de giro con ayuda de los rodamientos unidireccionales.

9. APRECIACIONES PARA LA FASE DE DISEÑO DEL PROYECTO.

A continuación, se presentan las masas disponibles para realizar la rutina de ejercicios con la maquina multifuncional de ejercicio. En la tabla 9-1 se presenta la equivalencia de estos pesos en la unidad correspondiente en el sistema internacional de unidades (Newtons).

Tabla 9-1: Valor de las masas en libras fuerza (lb) y Newtons(N)

Nº discos	(lb)	N
1	10	44,48
2	20	88,96
3	30	133,44
4	40	177,92
5	50	222,40
6	60	266,88
7	70	311,36
8	80	355,84
9	90	400,32
10	100	444,80

Fuente: autores

La tabla anterior representa valor de las masas que tiene la maquina multifuncional de ejercicio, para poder determinar cuánto es el valor del levantamiento que realiza una persona al hacer el ejercicio y así determinar el número de vueltas en la polea conductora.

Longitud (L) de recorrido de las masas en el momento de hacer el ejercicio descrita en la Figura 8-2.

$$L = 0.7m$$

Diámetro Exterior de la polea conductora (D)

$$D = 0.07m$$

El tiempo que se demora subiendo las masas es medido al realizar varias repeticiones de ejercicios con diferentes masas y con ayuda de un cronómetro,

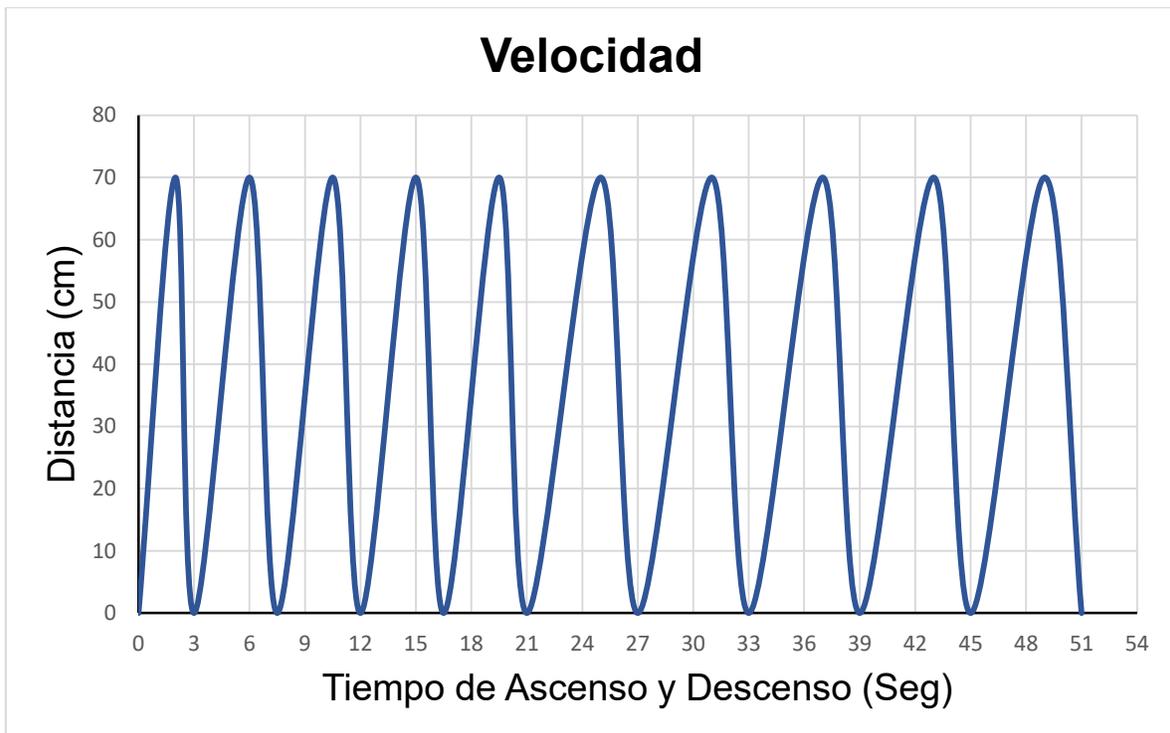
como muestra la tabla 9-2 y la figura 9-1 a medida que se realizan las repeticiones del ejercicio el tiempo es mayor y proporcional a la masa que se esté levantando.

Tabla 9-2: Toma de tiempos en el ascenso y descenso de las masas.

Numero de repetición ejercicio	Tiempo Promedio Ascenso (s)	Tiempo Promedio Descenso (s)
1	2	1
2	3	1,5
3	3	1,5
4	3	1,5
5	3	1,5
6	4	2
7	4	2
8	4	2
9	4	2
10	4	2

Fuente: Autores

Figura 9-1: Distancia vs Tiempo de Ascenso y Descenso



Fuente: Autores

Se determina que el tiempo que las masas recorren la distancia de 0.70m y con el que se realiza el análisis de los cálculos es el mayor de los tiempos de la tabla

anterior en que la persona realiza el levantamiento de las masas durante el ascenso, este tiempo aplica para aquellas personas que tengan un buen estado físico y/o que este familiarizado con la técnica del levantamiento de pesas. El tiempo determinado es:

$$t = 4s$$

La velocidad de giro de la polea conductora, se determina considerando el doble de la longitud L debido al recorrido de ascenso y descenso de las masas, el perímetro de la polea y el tiempo total del movimiento de las masas (ascenso y descenso).

Ecuación 10: Velocidad de giro en la Polea Conductora

$$n = \frac{\left(\frac{2L}{\pi * D}\right)}{\left(\frac{t_{total}}{60}\right)}$$

Considerando el tiempo de descenso es inferior al de ascenso de aproximadamente la mitad 2s en la ecuación 11:

$$n = \frac{\left(\frac{2 * 0,70m}{\pi * 0,07m}\right)}{\left(\frac{(4+2)seg}{60 seg}\right)} = 63.661 \text{ rpm} \approx 64 \text{ rpm}$$

Al considerar los valores de tiempo de ascenso (4s) y descenso (2s) en la ecuación se obtiene un valor promedio de 64 rpm.

Retomando la Ecuación 8 que indica que el trabajo mecánico para elevar las masas del mecanismo es:

$$T = F * L$$

Para este caso la fuerza F corresponde al peso de las masas y la distancia L es la longitud de ascenso. Para determinar la potencia P asociada al desplazamiento alternante de las masas de la maquina multifuncional, basta con hallar la razón entre este trabajo mecánico asociado y el tiempo empleado para el ascenso y descenso de las masas.

Ahora para determinar el torque en la polea conductora se adapta la definición de la potencia de rotación que:

P: Potencia (W),

Ecuación 11: Potencia

$$P = \tau * \omega$$

ω : Velocidad de giro (rad/s)

Ecuación 12: Velocidad de Giro

$$\omega = (2 * \pi * n)/60$$

τ : Torque (Nm)

Remplazando la ecuación 12 en la ecuación 11 se obtiene,

$$P = \tau * (2 * \pi * n)/60$$

Recordando que:

$$n = \text{numero de revoluciones por segundo}$$

Obteniendo la potencia de manera aproximada.

Ecuación 13: Potencia con Relación a la Velocidad y el Torque.

$$P = \frac{\tau * n}{9.55}$$

Despejando de la ecuación anteriormente escrita:

Ecuación 14: Torque

$$\tau = \frac{P * 9.55}{n}$$

En la siguiente tabla se muestra los valores del trabajo y las potencias correspondiente a cada juego de masas, que tiene que realizar una persona al levantar cada una de las masas.

Tabla 9-3: Calculo del Trabajo, Potencia y Torque

M	F(N)	T(J)	P(W)	τ_1 (Nm)
1	44,48	31,14	7,78	1,17
2	88,96	62,27	15,57	2,34
3	133,44	93,41	23,35	3,50
4	177,92	124,54	31,14	4,67
5	222,40	155,68	38,92	5,84
6	266,88	186,82	46,70	7,01
7	311,36	217,95	54,49	8,17
8	355,84	249,09	62,27	9,34
9	400,32	280,22	70,06	10,51
10	444,80	311,36	77,84	11,68

Fuente: Autores

Donde:

M=Cantidad de masas

F= Fuerza representada en Newtons

T=Representa el trabajo promedio desarrollado en (J)

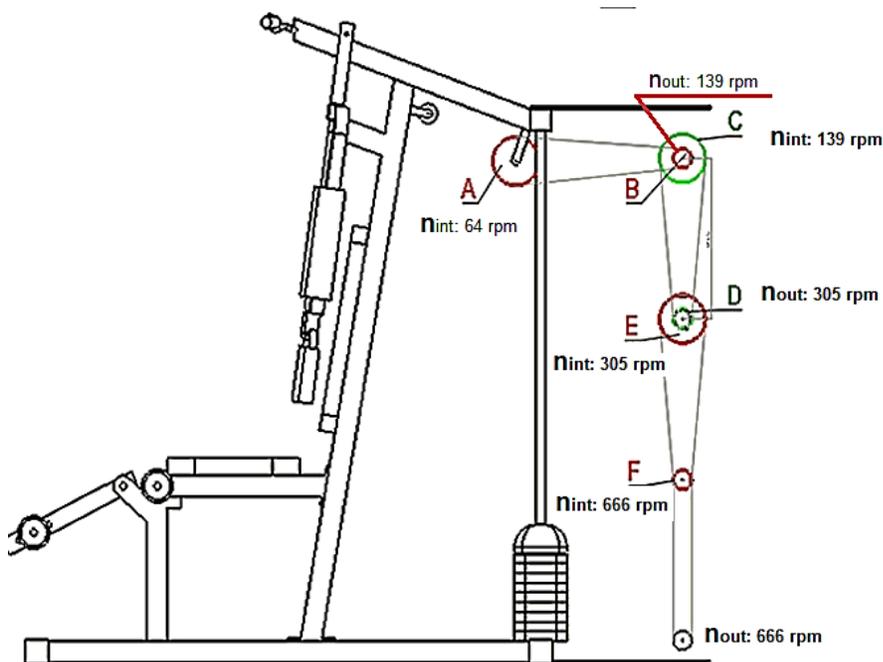
P=Potencia desarrollada en (W)

τ =Momento de torsión en (N.m)

Los valores obtenidos en la tabla 9-2 se emplearán para efectuar los cálculos correspondientes en el presente documento.

El sistema mecánico que se ilustra en la figura 9-1 se compone de un sistema de transmisión por poleas que está compuesto por cinco etapas, donde las primera tres etapas se encargan de multiplicar la velocidad de giro de 64 a 666 rpm en los dos sentidos de giro y las etapas cuatro y cinco se encargan de entregar un solo sentido de giro a la entrada del generador con una relación de uno a uno. Para determinar la velocidad de cada polea primero se definió el diámetro y luego se calculó la relación de velocidades.

Figura 9-2: Etapas de Transmisión de Potencia



Fuente. Autores

Tabla 9-4: Revoluciones, Relación de Velocidad, Diámetro Polea Motriz (DPM) y Diámetro Polea Conducida (DPC)

ETAPA	RPM. (INT)	RPM. (OUT)	RELACION	DPM(m)	DPC(m)
1	64	139	2,19	0,175	0,08
2	139	305	2,19	0,175	0,08
3	305	666	2,19	0,175	0,08
4	666	666	1,00	0,080	0,08
5	666	666	1,00	0,080	0,08

Fuente: autores

La anterior tabla ilustra cada una de las etapas que conforman el sistema de transmisión de potencia adaptado al mecanismo. Se contemplan los siguientes parámetros: Relación de velocidad, diámetros de la polea motriz (DPM), diámetro de la polea conducida (DPC) y las velocidades de entrada y salida en cada uno de los ejes.

Se realiza la configuración de cinco etapas con el fin de obtener la velocidad deseada a la entrada del generador y conseguir una altura apropiada para soportar los elementos del mecanismo, se debe tener presente que la etapa cuatro y cinco realizan el trabajo de entregar un solo sentido de giro al generador.

9.1. Simulación perfil de desplazamiento, velocidad y aceleración

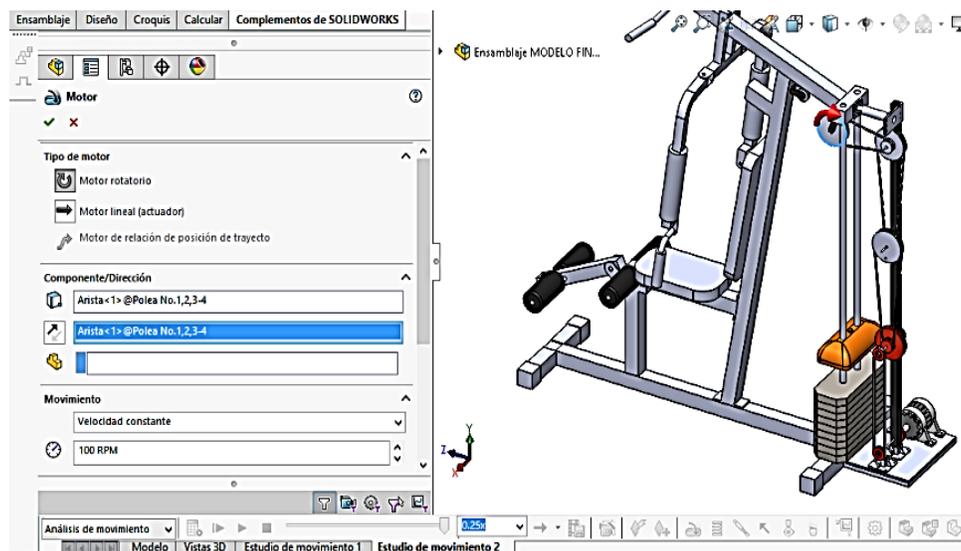
El sistema electromecánico que verán a continuación pretende usar el concepto de generación de energía de propulsión humana por medio de una maquina multifuncional de ejercicios físico, el objetivo es transformar el esfuerzo físico de una persona en energía mecánica y esta a su vez en energía eléctrica.

El diseño del sistema mecánico fue desarrollado gracias a la herramienta de SolidWorks motion, con esta herramienta logramos vincular el sistema mecánico en un entorno de análisis dinámico permitiéndonos evaluar y determinar si nuestro sistema debería emplear un control de ascenso y descenso de masas, en pocas palabras un freno. Para lograrlo analizamos la polea motriz del sistema mecánico puesto que este es el encargado de transformar el movimiento longitudinal de las masas en rotacional.

9.1.1. Definición de parámetros

La interfaz de usuario de SolidWorks existe un apartado donde podemos insertar motores a los ensambles mecánicos (figura 9-3), en nuestro caso se instaló uno en la polea motriz. Este motor simulara el comportamiento de los ejercicios físicos que se pueden desarrollar en la maquina multifuncional, los valores insertados corresponden a las RPM del movimiento ascendente y descendente de la polea.

Figura 9-3: Definición de parámetros.

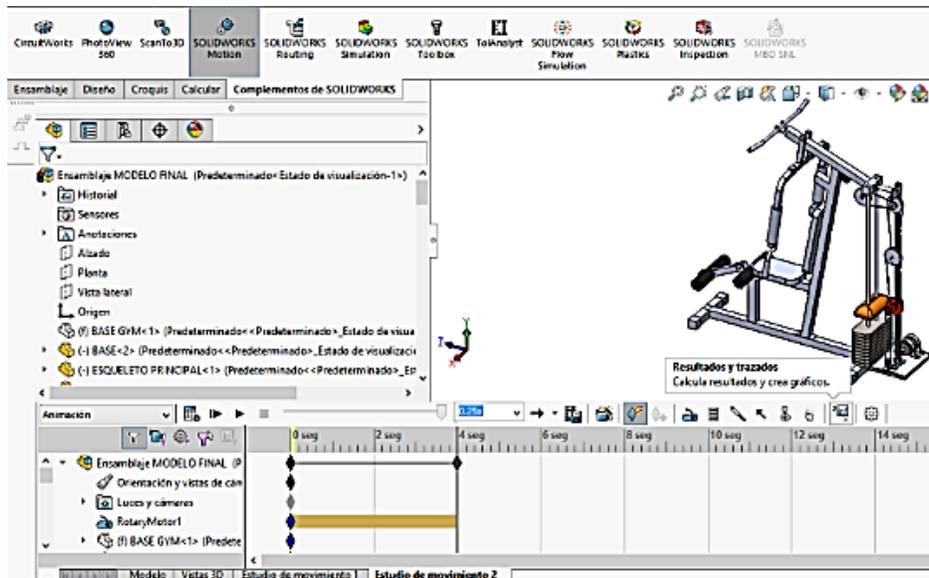


Fuente: Autores.

9.1.2. Resultados y trazos

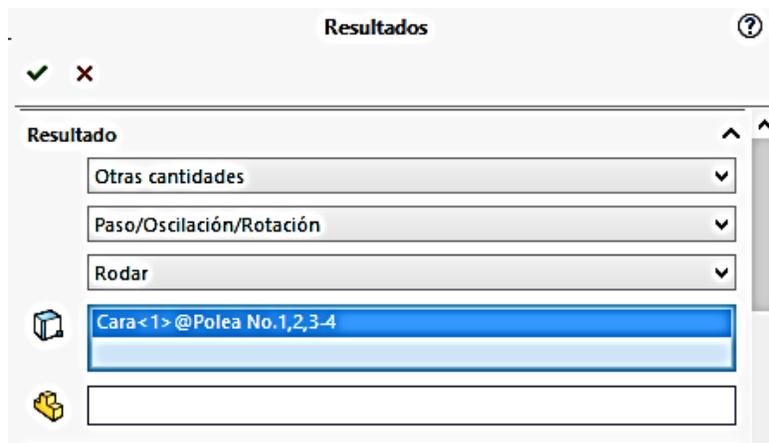
Finalizada la parametrización hacemos uso de otra herramienta que nos ofrece el entorno de SolidWorks esta se llama “resultados y trazos figura 9-4 y figura 9-5” es aquí donde podremos visualizar las gráficas de desplazamiento, velocidad y aceleración.

Figura 9-4: Resultados y trazos.



Fuente: Autores

Figura 9-5: Resultados.



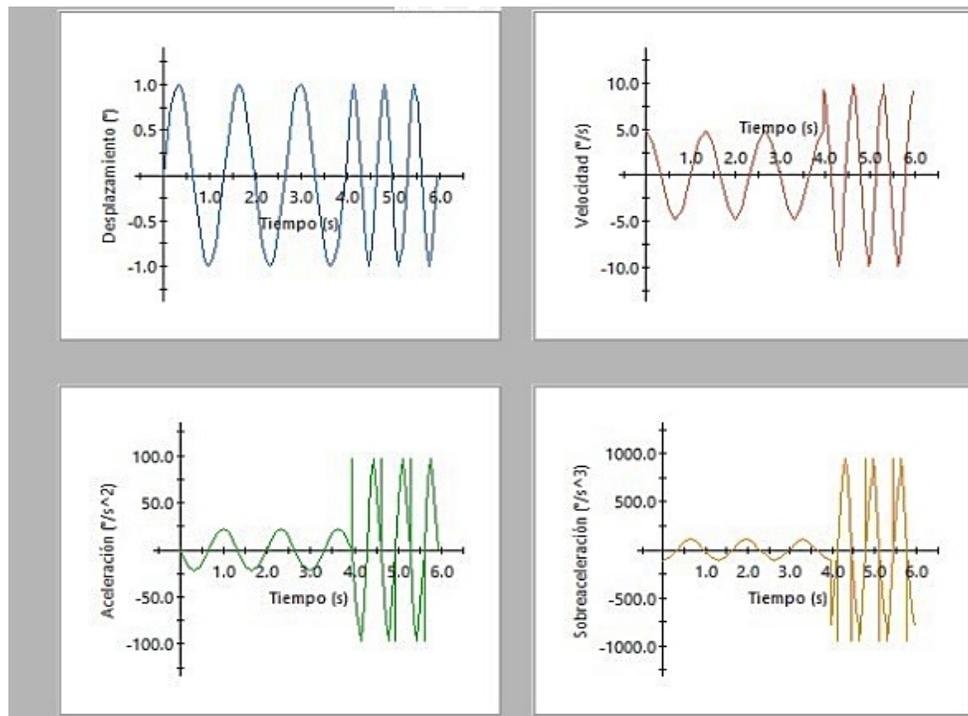
Fuente: Autores

En la figura 9-6 se aprecia un movimiento similar a una sinusoidal a lo largo del eje horizontal, con una diferencia esta tiene un comportamiento similar a un acordeón.

Esto se debe a la energía potencial acumulada de las masas, la cual produce un cambio de velocidad.

En conclusión, el comportamiento cíclico que tiene el sistema es una expresión matemáticamente estable puesto que su naturaleza obedece a una función sinusoidal, garantizando que no existan sobre aceleraciones en el infinito es decir que el sistema mecánico en sí mismo es capaz de resistir las variaciones de aceleración, esto resulta conveniente porque no es necesario implementar sistemas de control.

Figura 9-6: Graficas de simulación del sistema.



Fuente: Autores

9.2. Sistema de transmisión por poleas – bandas.

Datos de diseño:

- Velocidad del Generador: 600 rpm
- Velocidad de la polea Conductora: 64 rpm

Relación de velocidades hace referencia a la velocidad de la polea conductora con respecto a la velocidad de giro necesaria para impulsar al generador.

$$R = \frac{n \text{ conducida}}{n \text{ motriz}}$$

Remplazando los valores se obtiene,

$$R = \frac{600}{64} = 9.375$$

Velocidad de giro en el generador.

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

9.3. Eficiencia en las poleas

Para determinar la eficiencia en las etapas de transmisión por bandas se acude a la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * D_{menor}}{D_{mayor}}$$

Donde:

N = Número de revoluciones por minuto de la polea motriz o menor

n = Número revoluciones de la polea mayor

D_{menor} = Diámetro de la polea menor

D_{mayor} = Diámetro polea mayor

Determinada la velocidad tentativa se procede a calcular la eficiencia mediante la expresión:

$$n\% = \frac{n_{poleamenor} * 100}{n_{calculado}}$$

A partir de las ecuaciones 16 y 17 se obtiene los valores de la eficiencia para cada una de las etapas:

Primera etapa

$$\eta = \frac{139 * 80}{175} = 63.54 \text{ rpm}$$

$$\eta \% = \frac{64 * 100}{63.54} = 99.23\%$$

En la siguiente tabla se muestra los valores calculados par cada etapa del sistema de transmisión.

Tabla 9-5: Eficiencia del Sistema

Velocidad calculada	Eficiencia	Etapa
η Calculada	η %	
64	99	1
139	99,7	2
304	99,8	3
666	100	4
666	100	5

Fuente: Autores

- Tiempo de servicio: Servicio Intermitente.

Se selecciona para las cinco etapas de transmisión de potencia, correas tipo V por las siguientes ventajas y características que presenta el sistema.

- ✓ Larga expectativa de vida.
- ✓ Buena eficiencia mecánica.
- ✓ Instalación económica y fácil.
- ✓ Opera de una forma silenciosa.
- ✓ Requiere de poco mantenimiento.
- ✓ No es necesario de un sistema de lubricación.
- ✓ La elasticidad de la correa permite amortiguar el sistema.

Se selecciona una correa en v debido a la presión que ejerce la correa en la garganta de la polea es mucho más grande que en las correas planas, lo que origina menor deslizamiento y hay menos probabilidad de descarrilamiento. Otra ventaja con respecto a las correas planas es su mayor capacidad de tracción.

9.4. Potencia de diseño

La potencia de diseño es el producto entre la potencia nominal y el factor de servicio referente al tipo de maquina motriz o impulsora que para nuestro objetivo es el Generador Eléctrico. Se define mediante la ecuación:

Ecuación 18: Potencia de diseño

$$P_d = P \times K_s$$

Donde:

P= Potencia

P_d= Potencia de diseño

K_s= Factor de servicio para las correas en V.

De acuerdo a la siguiente tabla que ilustra el factor de servicio determinado por el tipo de maquina o servicio se obtiene:

Tabla 9-6: Factor de Servicio

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradoras Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Fijas de línea Generadores	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserrios y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandibula-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Molinos de bolas	1.5	1.6	1.8

Fuente: (intermec, 2020)

Teniendo presente la figura anterior se determinó que para un generador con servicio intermitente se obtiene un factor de servicio de:

$$K_s = 1.2$$

Por lo tanto, la potencia de diseño es de:

$$Pd = 200 \text{ Watts} \times 1.2 = 240 \text{ Watts} = 0.32 \text{ hp}$$

9.5. Selección de Correas

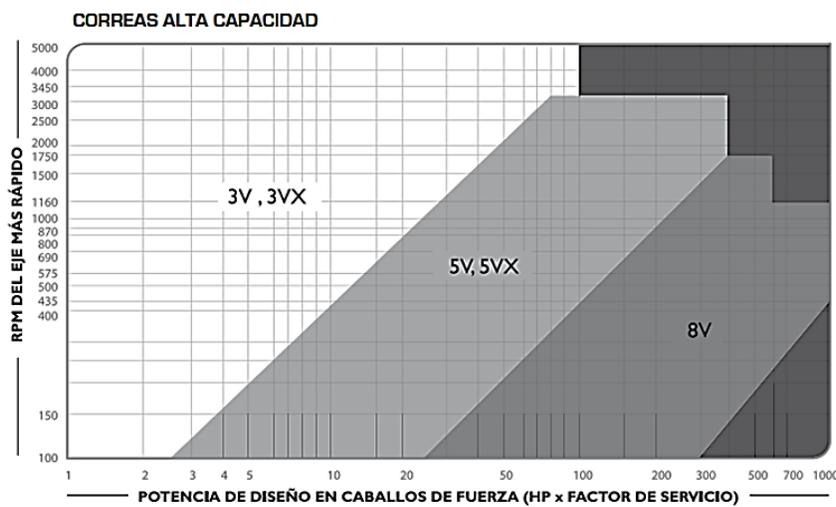
La siguiente tabla proporcionan los datos necesarios para la selección de las correas en V de acuerdo a los requerimientos.

Tabla 9-7: Datos necesarios para la Selección de Correas.

ETAPA	POLEA		DIAMETRO		RPM	
	Conductora	Conducida	Conductora	Conducida	Int	Out
1	A	B	0,175	0,08	64	139
2	C	D	0,175	0,08	139	305
3	E	F	0,175	0,08	305	666
4	G	H	0,08	0,08	666	666
5	I	J	0,08	0,08	666	666

Fuente: Autores

Figura 9-7: Selección de tipo de correas



Fuente: (intermec, 2020)

De acuerdo a la gráfica anterior y teniendo en cuenta que la potencia de diseño P_d se encuentra por debajo de 1hp, se eligen correas tipo 3V para el sistema de transmisión por poleas.

Mediante las tablas 9-7 y 9-8 se procede a seleccionar la capacidad de transmisión de las poleas motrices o conductoras, con las cuales se determina la potencia máxima (en hp) para las poleas con las dimensiones previstas.

Tabla 9-8: Tabla de capacidad de transmisión de las Poleas Motrices o Conductoras y las Poleas Conducidas.

CORREAS TIPO		TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)									
3V		Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)									
RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)										
	55	60	65	67	70	75	80	85	90	105	
100	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,27	0,33	
200	0,16	0,20	0,24	0,27	0,31	0,35	0,39	0,43	0,50	0,61	
300	0,23	0,28	0,33	0,38	0,43	0,50	0,55	0,62	0,72	0,88	
400	0,28	0,35	0,42	0,49	0,55	0,64	0,71	0,80	0,93	1,14	
500	0,34	0,42	0,50	0,59	0,67	0,78	0,88	0,97	1,13	1,38	
575	0,37	0,47	0,56	0,66	0,75	0,88	0,97	1,10	1,28	1,57	
600	0,38	0,48	0,58	0,68	0,78	0,91	1,00	1,14	1,33	1,63	
690	0,43	0,54	0,65	0,76	0,88	1,02	1,13	1,28	1,50	1,84	
700	0,43	0,55	0,66	0,77	0,89	1,04	1,15	1,30	1,52	1,86	
725	0,44	0,56	0,68	0,80	0,91	1,07	1,18	1,34	1,57	1,92	

Fuente: (intermec, 2020)

Tabla 9-9: Tabla de capacidad de transmisión de las Poleas Motrices o Conductoras.

TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)										CORREAS TIPO	
										3V	
Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)										RPM del Eje más Rápido	
115	120	125	135	140	150	165	175	200	270		
0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,55	0,61	0,65	0,78	1,07	100	
0,70	0,75	0,81	0,88	0,95	1,04	1,15	1,23	1,48	2,04	200	
1,01	1,10	1,17	1,27	1,37	1,50	1,66	1,80	2,14	2,95	300	
1,30	1,40	1,52	1,64	1,77	1,94	2,15	2,32	2,78	3,84	400	
1,60	1,72	1,85	2,00	2,17	2,37	2,63	2,84	3,40	4,70	500	
1,80	1,95	2,10	2,28	2,46	2,70	3,00	3,22	3,86	5,32	575	
1,97	2,02	2,18	2,37	2,55	2,80	3,10	3,35	4,00	5,53	600	
2,10	2,30	2,47	2,68	2,89	3,17	3,25	3,80	4,54	6,25	690	
2,14	2,32	2,50	2,70	2,93	3,20	3,56	3,84	4,60	6,34	700	
2,20	2,40	2,58	2,80	3,02	3,30	3,67	3,96	4,74	6,54	725	

Fuente: (intermec, 2020)

Los recuadros en rojo que seleccionan los datos en las tablas anteriores representan la capacidad de transmisión por canal en (hp) que se generan a partir de la velocidad de giro de la Polea Conducida.

Para determinar la referencia de las Poleas Conductoras y Conducidas se indica el diámetro exterior que aparece en la parte izquierda de la tabla y luego se selecciona el tipo de polea que aparece en el recuadro.

Tabla 9-10: Selección de Poleas Motrices o Conductoras y Poleas Conducidas.

1 CANAL									
Ancho (F) = 17.5 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Bujes	Hueco máximo con cuñero estándar (d)		Longitud del Bujes en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Bujes en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
2.0	50	PQ 1-3V50	JA	25.4	1	27	50	T1	0.6
2.2	55	PQ 1-3V55	JA	25.4	1	27	50	T1	0.7
2.3	60	PQ 1-3V60	JA	25.4	1	27	50	T1	0.8
2.5	65	PQ 1-3V65	JA	25.4	1	27	50	T1	0.8
2.6	67	PQ 1-3V67	JA	25.4	1	27	50	T1	0.9
2.8	70	PQ 1-3V70	JA	25.4	1	27	50	T1	0.9
3.0	75	PQ 1-3V75	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
3.1	80	PQ 1-3V80	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
3.3	85	PQ 1-3V85	JA	25.4	1	27	50	T1	1.1
3.6	90	PQ 1-3V90	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	1.3
3.9	100	PQ 1-3V100	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	1.6
4.1	105	PQ 1-3V105	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	1.7
4.3	110	PQ 1-3V110	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.0
4.5	115	PQ 1-3V115	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.1
4.7	120	PQ 1-3V120	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.5
5.0	125	PQ 1-3V125	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.8
5.1	130	PQ 1-3V130	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.9
5.3	135	PQ 1-3V135	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.0
5.6	140	PQ 1-3V140	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.2
6.0	150	PQ 1-3V150	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.5
6.3	160	PQ 1-3V160	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.8
6.5	165	PQ 1-3V165	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.9
6.7	170	PQ 1-3V170	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.0
6.9	175	PQ 1-3V175	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.5

Fuente: (intermec, 2020)

A continuación, se presenta la referencia (del fabricante intermec) de cada una de las poleas del sistema de transmisión con su respectivo diámetro exterior.

Tabla 9.11 Referencia de la selección de poleas conductoras.

POLEA	DIAMETRO (mm)	REFERENCIA
A	175	PQ1-3V175
B	80	PQ1-3V80
C	175	PQ1-3V175
D	80	PQ1-3V80
E	175	PQ1-3V175
F	80	PQ1-3V80
G	80	PQ1-3V80
H	80	PQ1-3V80
I	80	PQ1-3V80
J	80	PQ1-3V80

Fuente: Autores

9.6. Distancia entre centros y Longitud de la correa

Para el cálculo de la Distancia entre Centros y la Longitud de la Correa se procede de la siguiente manera:

- Distancia Entre Centros

Distancia entre centros tentativa (C_1).

Ecuación 19: Distancia entre centros tentativa

$$D_2 < C_1 < 3(D_2 + D_1)$$

Donde:

D_2 = Diámetro de la polea mayor

D_1 = Diámetro de la polea menor

C_1 = Distancia entre centros tentativa.

La distancia entre centros tentativa es el valor medio calculado del diámetro de la polea mayor y la polea menor como se muestra en la ecuación 20.

- Longitud de la correa

Ecuación 20: Longitud de la Correa.

$$L = 2C_1 + 1,57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C_1}$$

9.6.1. Distancia entre centros tentativa para la primera etapa

Reemplazando el valor de los diámetros de la etapa uno en ecuación 20 se obtiene:

$$0.175m < C_1 < 3(0.175m + 0.080m)$$

$$0.175m < C_1 < 0.765m$$

$$C_1 = 0.5m$$

Reemplazando valores en la anterior ecuación sería:

$$L = 2 * 0.5 + 1,57(0.175 + 0.08) + \frac{(0.175 - 0.08)^2}{4 * 0.5}$$

$$L=1.401m$$

$$B = 4L - 6,28(D_2 + D_1)$$

$$B = 4 * 1.401m - 6,28(0.175 + 0.08) = 4m$$

Distancia entre centros

Ecuación 20: Distancia entre Centros

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16}$$

Reemplazando los valores en la ecuación anterior daría:

$$C = \frac{4m + \sqrt{4m^2 - 32(0.175 - 0.08)^2}}{16}$$

$$C=0.500 \text{ mm}$$

La siguiente tabla presenta el valor de la distancia entre centros tentativa, la longitud de la correa y la distancia entre centros. Estos valores se calculan de la misma manera que se calcularon los valores para la Primer Etapa.

Tabla 9-11: Distancia entre Centros y Longitud de la correa para cada Etapa

ETAPA	C₁(m)	L(m)	C(m)
1	0,5	1,40	0,5
2	0,6	1,60	0,6
3	0,6	1,60	0,6
4	0,6	1,45	0,6
5	0,6	1,45	0,6

Fuente: Autores

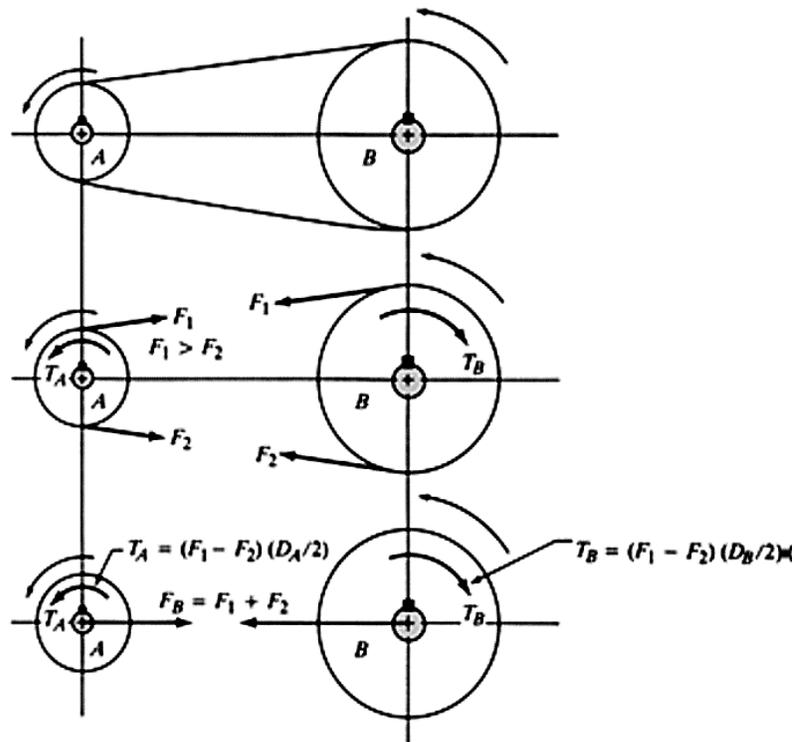
10. CALCULO DE ESFUERZOS EN LOS EJES

Para identificar los esfuerzos en los ejes se tuvo en cuenta los siguientes análisis:

10.1. Análisis de fuerzas sobre poleas

Análisis de la fuerza en las poleas para determinar la fuerza total F_t que se traslada al eje como lo indica la siguiente figura:

Figura 10-1: Análisis de Fuerzas que actúan sobre las Poleas



Fuente: Diseño de Elementos Mecánico de Robert Mott

A partir de la figura 10-1 se muestra las fuerzas que actúan en un par de poleas en V donde F_1 representa la fuerza en el lado tenso y F_2 la fuerza en el lado flojo. Las flechas indican la dirección y sentido de las respectivas fuerzas.

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\beta}$$

Despejando la anterior ecuación se obtiene que la fuerza de tensión F_1 es:

Ecuación 21: Fuerzas de Tensión 1

$$F_1 = e^{\mu\beta} * F_2$$

De la constante de fricción de las poleas $\mu = 0.25$

$$\beta = \pi + 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right)$$

Mediante la figura 10-1 se determina que el par torsional sobre una polea es:

Ecuación 22: Par torsional

$$\tau = (F_1 - F_2)\left(\frac{D}{2}\right)$$

Reemplazando la ecuación 22 en la ecuación 23 y haciendo un despeje algebraico se obtiene la fuerza dos.

Ecuación 23: Fuerza de Tensión 2

$$F_2 = \frac{\left(\frac{\tau}{D/2}\right)}{(e^{\mu\beta} - 1)}$$

La fuerza total es la suma de las fuerzas de tensión:

Ecuación 24: Fuerza Total

$$F_t = F_1 + F_2$$

La siguiente tabla presenta el comportamiento del torque desde la polea conductora que tiene un diámetro de 7 cm hasta el generador, además se indican las fuerzas de tensión y el torque generado en cada etapa del sistema de transmisión.

Los cálculos fueron hallados con las ecuaciones del análisis de fuerzas sobre las poleas mencionadas anteriormente.

Tabla 10-1: Análisis del torque del generador a la Polea Conductora

ETAPA	POLEA	τ (Nm)	D	β	FUERZAS (N)		
					F1	F2	Total
5	J	0,08	0,08	3,14	3,7	1,7	5,3
	I	0,08	0,08				
4	H	0,08	0,08	3,14	3,7	1,7	5,3
	G	0,08	0,08				
3	F	0,08	0,08	12,22	2,1	0,1	2,2
	E	0,18	0,175				
2	D	0,18	0,08	12,22	4,6	0,3	4,8
	C	0,38	0,175				
1	B	0,38	0,08	14,04	9,9	0,3	10,2
	A	0,84	0,175				

Fuente: Autores

La siguiente tabla representa el valor de la potencia y par torsional total del sistema que se calcula para determinar cuál es torque necesario o potencia que debe suministrar una persona para levantar las masas y mover el sistema de transmisión para la generación de energía eléctrica. Es la suma del torque calculado en el sistema de transmisión por poleas (S.T.) que es constante, de modo que es el torque de oposición que genera el sistema de transmisión junto con el generador más el torque en la polea conductora de la maquina multifuncional (P.C.M) que es variable debido al cambio de la masa que se levanta al realizar el ejercicio.

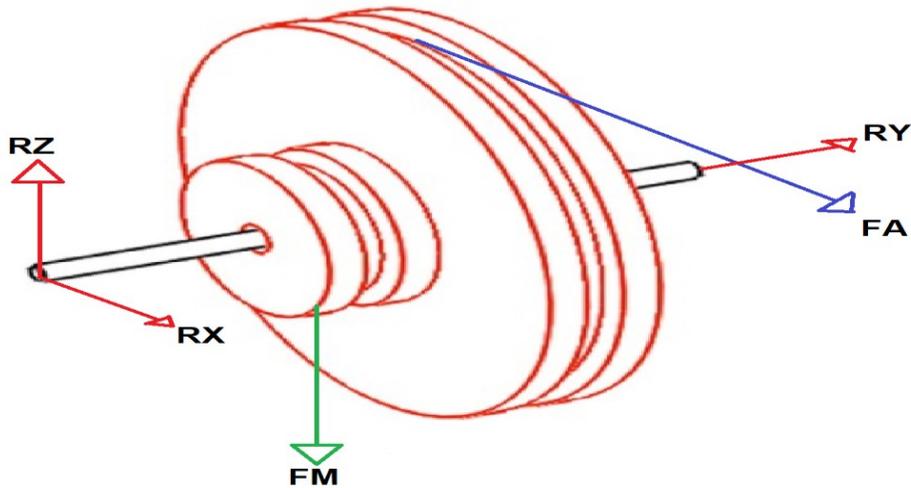
Tabla 10-2: Torque total que genera el sistema.

TORQUE TOTAL QUE GENERA EL SISTEMA				
MASA	TORQUE (Nm)			Potencia Total (w)
	P. C. M.	S. T.	Total	
1	1,7	0,84	2,0	13,4
2	2,3	0,84	3,2	21,1
3	3,5	0,84	4,3	28,9
4	4,7	0,84	5,5	36,7
5	5,8	0,84	6,7	44,5
6	7,0	0,84	7,8	52,3
7	8,2	0,84	9,0	60,0
8	9,3	0,84	10,2	67,8
9	10,5	0,84	11,3	75,6
10	11,7	0,84	12,5	83,4

Fuente: Autores

10.2. Análisis de resistencia mecánica en ejes y diagramas de esfuerzo cortante y momento flector

Figura 10-2: Análisis de Esfuerzos en el Eje 1.



Fuente: Autores

La sumatoria de fuerzas en el eje x para el primer eje son:

$$\sum F_x = 0$$

Ecuación 25: Fuerzas desarrollan con respecto al primer eje en el eje x.

$$B_x = F_A - C_x$$

Igualmente, la sumatoria de fuerzas con respecto al eje z se calcula mediante el siguiente procedimiento:

$$\sum f_z = 0$$

$$B_z - F_M + C_z = 0 \quad \text{por lo tanto:}$$

Ecuación 26: Fuerzas desarrolladas con respecto al primer eje en el eje Z.

$$B_z = F_M - C_z$$

La sumatoria de momentos con respecto al eje x se calcula mediante el siguiente procedimiento:

$$\sum MX = 0$$

$$(130.)FA - (200)Cx = 0$$

$$(130)(10.160) - (200)CX = 0$$

$$Cx = \frac{(1320.8)}{200} = 6.604N$$

Reemplazamos Cx en la ecuación 25 se obtiene el valor de la fuerza realizada en la polea Bx:

$$Bx = 10.160 - 6.60 = 3.56N$$

Sumatoria de momentos respecto al eje z

$$\sum MZ = 0$$

$$-(70)FM + (200)Cz = 0$$

$$-(70)(444.80) + (200)(Cz) = 0$$

$$Cz = \frac{31136}{200} = 155.68N$$

Reemplazamos Cz en la ecuación 26:

$$Bz = FM - Dz = 444.80 - 155.68$$

$$Bz = 289.12 N$$

Las siguientes tablas representas las fuerzas obtenidas mediante el procedimiento de análisis de resistencia mecánicas en los ejes mencionados.

Tabla 10-3: Reacciones en el eje 1

EJE 1						
FUERZAS(N)	BX	BZ	A	M	CX	CZ
VALOR	3,56	289,12	-10,16	-444,80	6,60	155,68

Figura 10-3: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector

Plano (Y, X)

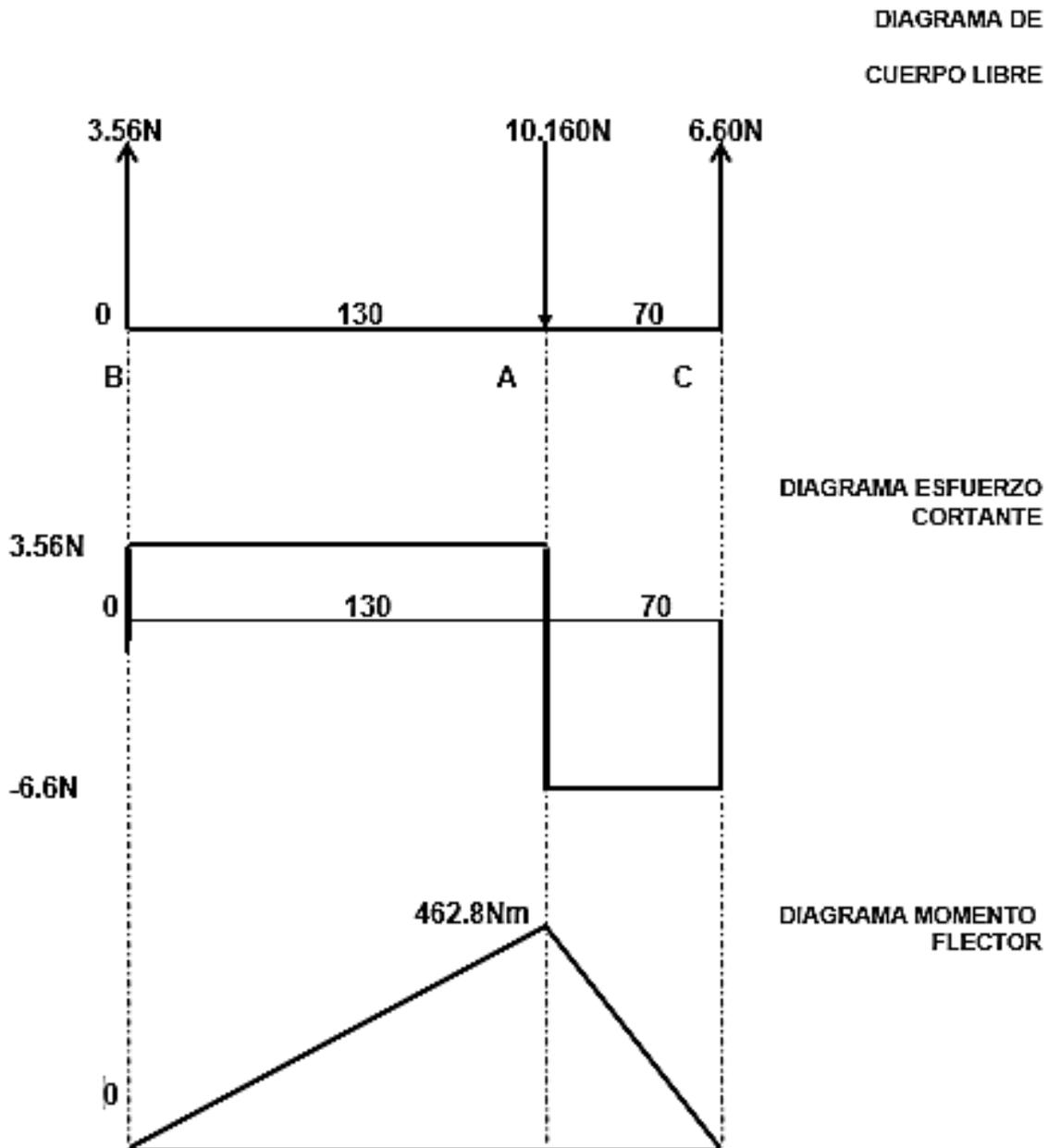


Figura 10-4: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector

Plano (Y, Z)

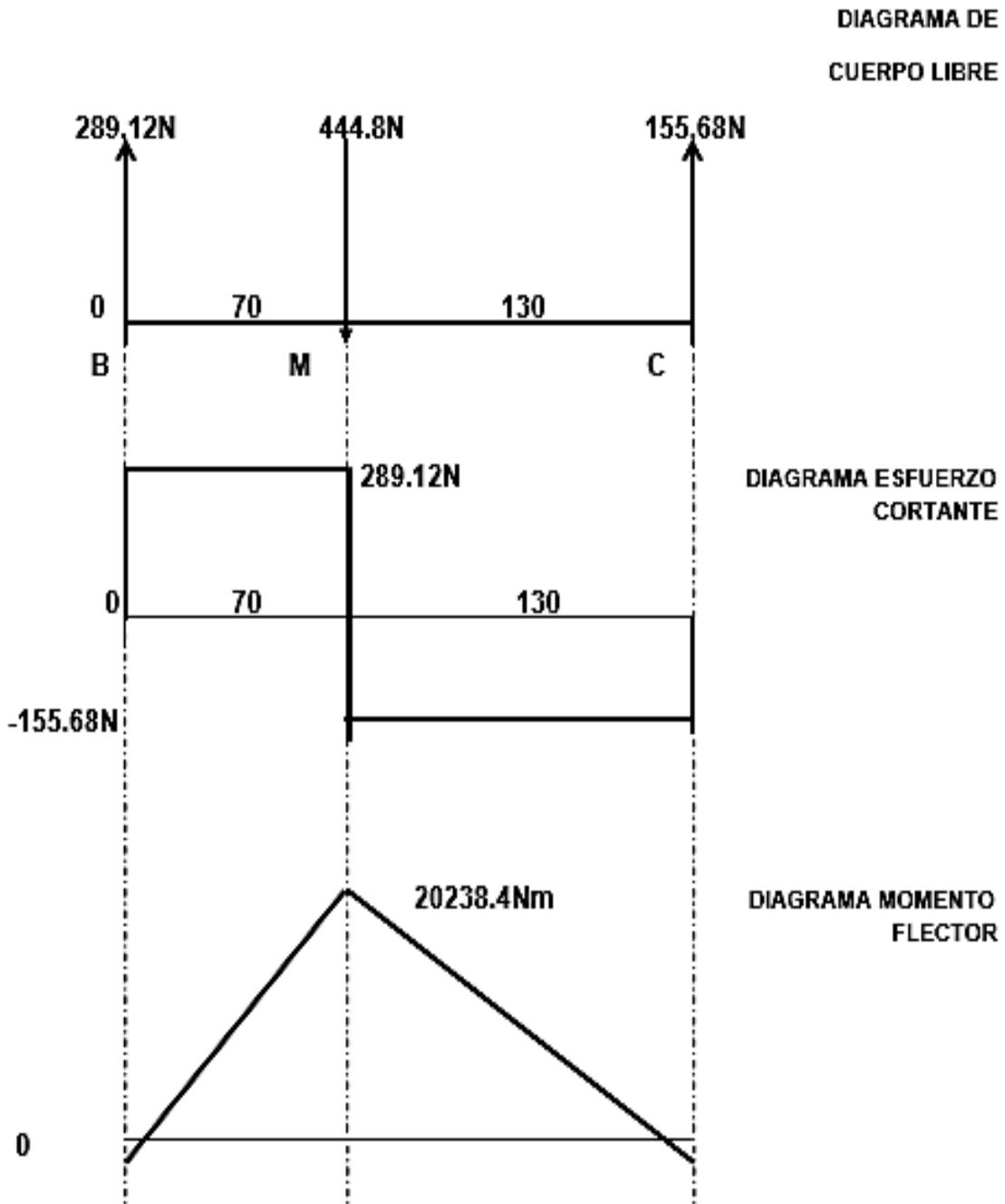


Tabla 10-4: Reacciones en el Eje 2

EJE #2						
FUERZAS	Ax	Az	B	C	Dx	Dz
VALOR	-3,55	3,13	-10,16	-4,81	-6,60	1,68

Figura 10-5: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector

Plano (Y, X)

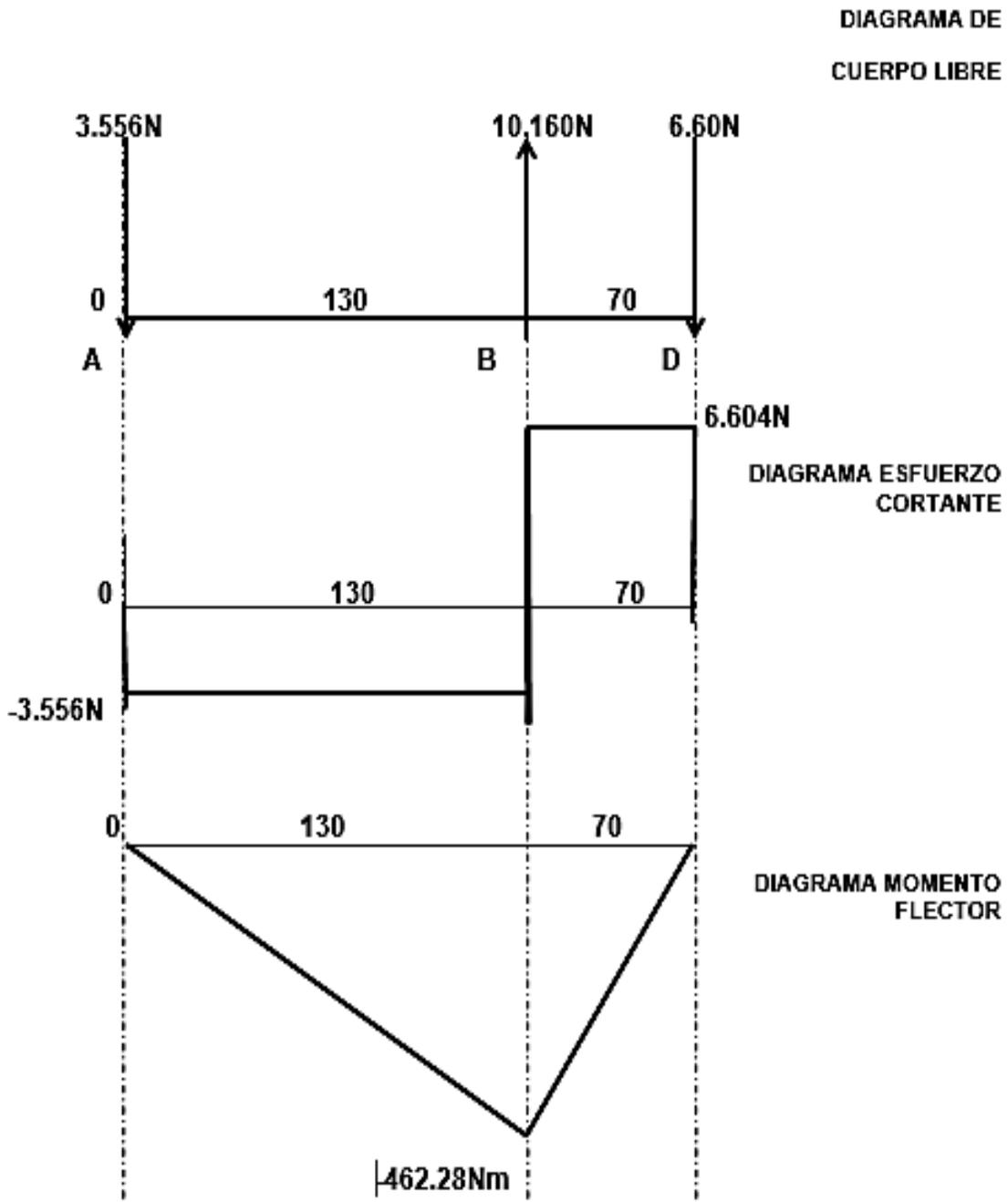


Figura 10-6: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector

Plano (Y, Z)

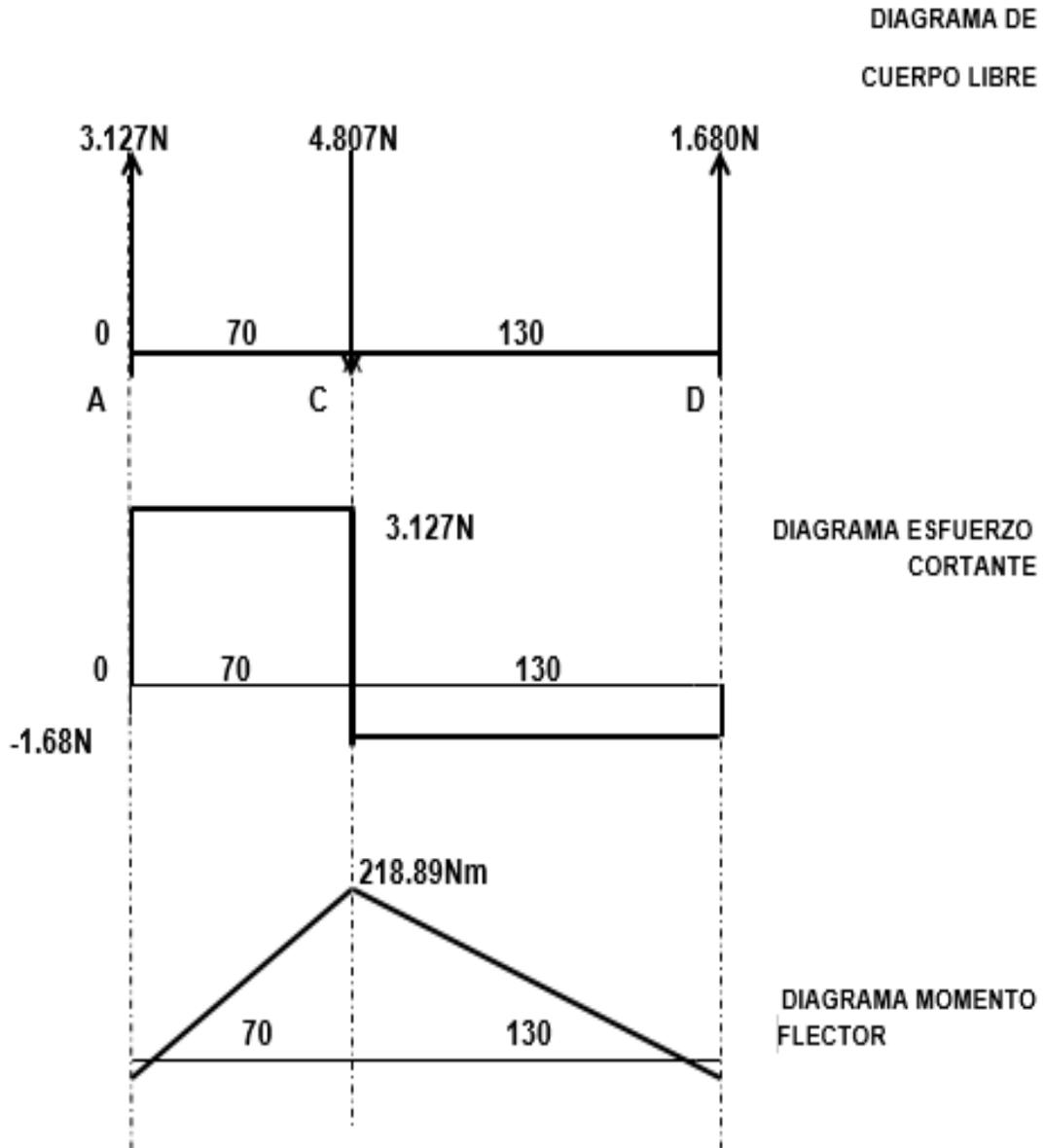


Tabla 10-5: Reacciones en el Eje 3

EJE #3				
FUERZAS	Az	D	E	Cz
VALOR	-2,35	4,81	-2,20	-0,25

Figura 10-7: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector

Plano (Y, Z)

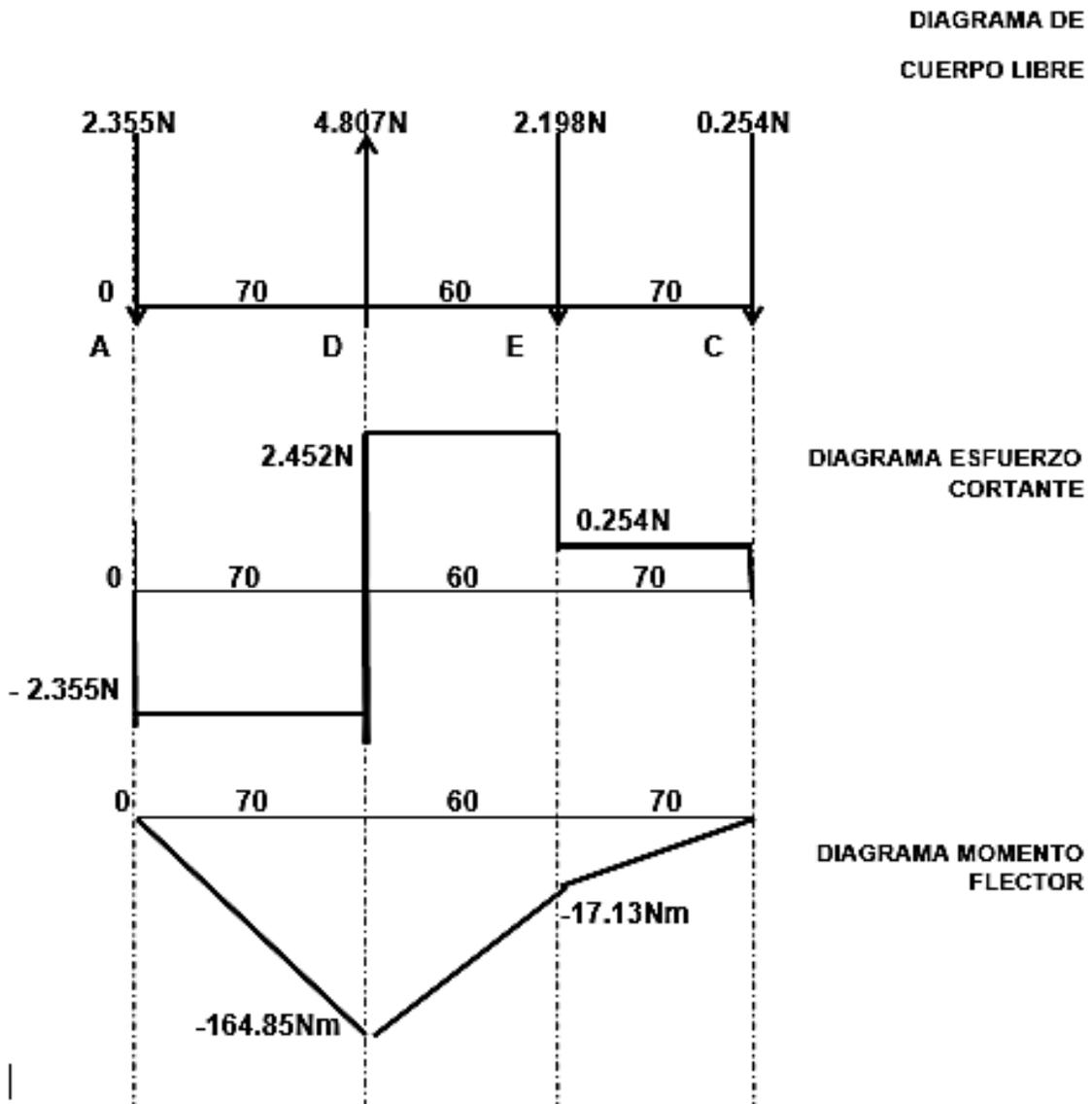


Tabla 10-6: Reacciones en el Eje 4

EJE #4					
FUERZAS	Az	I	G	F	Bz
VALOR	4,25	-5,35	-5,35	2,19	4,25

Figura 10-8: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector

Plano (Y, Z)

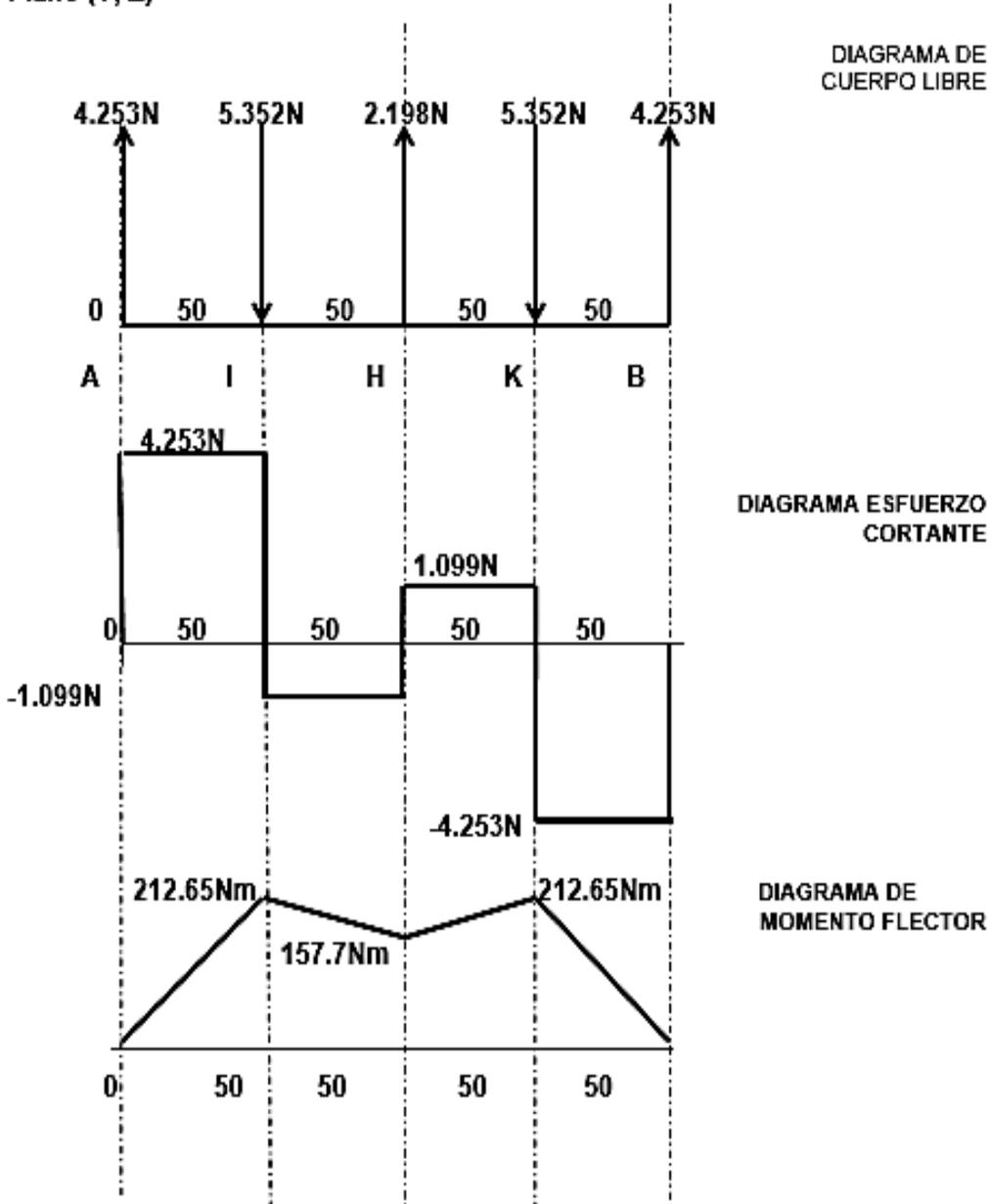
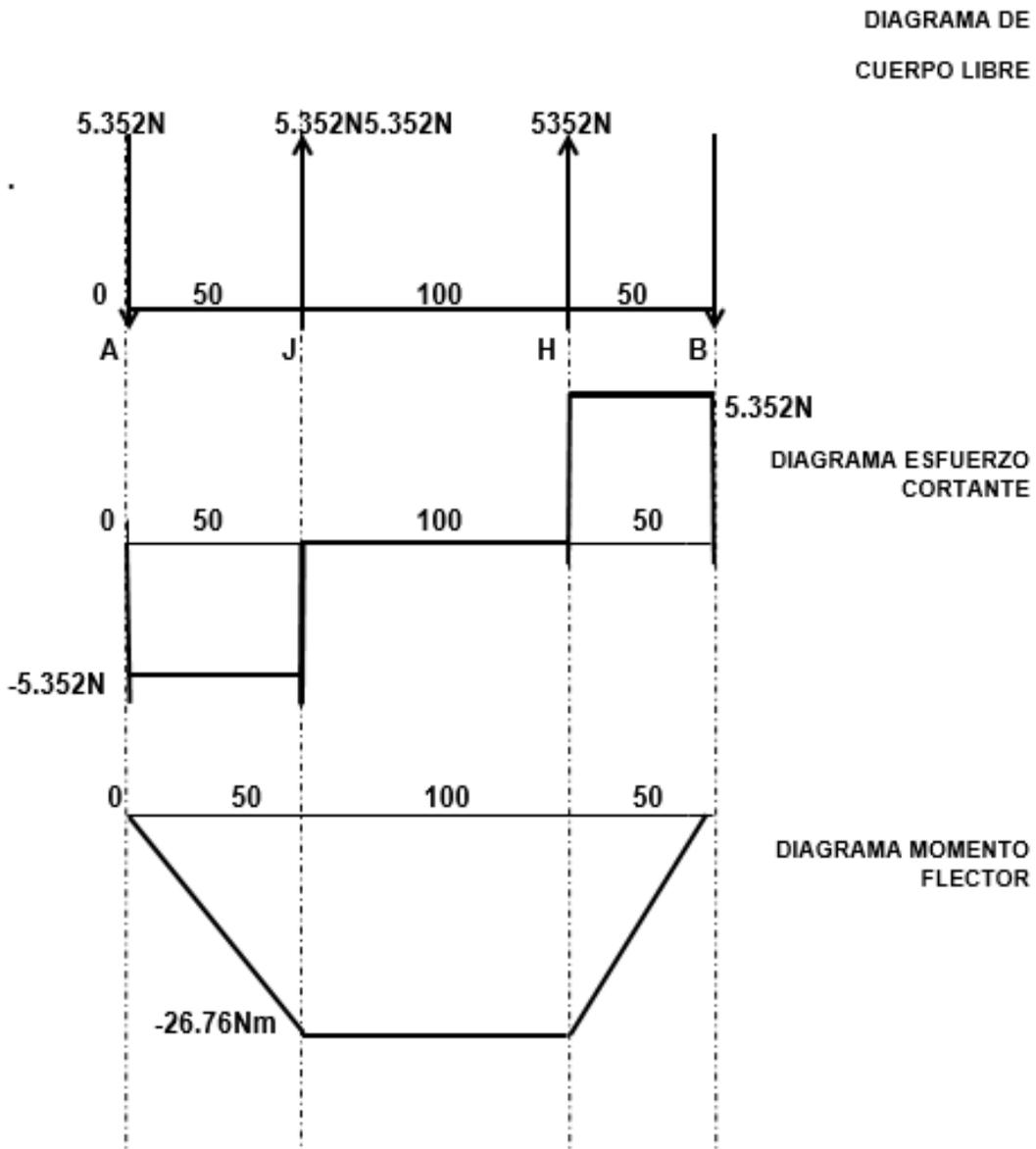


Tabla 10-7: Reacciones en el Eje 5

EJE #5				
FUERZAS	Az	J	H	Bz
VALOR	-5,35	5,35	5,35	-5,35

Figura 10-9: Diagrama de Cuerpo Libre, Esfuerzo Cortante y Momento Flector

Plano (Y, Z)



10.3. Análisis de esfuerzos en los ejes.

Se determina el esfuerzo máximo mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 27: Esfuerzo Máximo

$$\sigma_{\max} = \frac{m_{\max} * C_{\text{neutro}}}{I}$$

Ecuación 28: Momento Máximo

$$m_{\max} = L * B_z$$

Donde:

m_{\max} = Momento flector máximo.

I = Momento de inercia de la sección transversal respecto al eje.

C_{neutro} = Distancia perpendicular del eje dividido en la mitad.

Ecuación 29: Momento de Inercia

$$I = \frac{\pi (D_{\text{eje}})^4}{64}$$

$$I = \frac{D_{\text{eje}}^4}{2}$$

Por lo tanto, reemplazando en la ecuación 28 Y 29 en la 27 y despejando se obtiene:

$$\sigma_{\max} = \frac{L * \frac{D_{\text{eje}}}{2}}{\frac{\pi(D)^4}{64}}$$

Donde M_{\max} es el momento máximo entre B_z que representa el esfuerzo máximo entre los soportes del eje primer eje y L la distancia del soporte al punto de mayor esfuerzo:

$$B_z = 289.120N$$

$$L = 130mm$$

$$m_{\max} = 289.120N * 130mm = 37.586Nm$$

Usando el diagrama de momento flector obtenemos la sección crítica donde se concentran el mayor número de esfuerzos en el eje que sujeta la polea M, que se describe en los diagramas de fuerza cortante y momento flector. El momento flector máximo de 37.586 Nm calculado anteriormente y despreciando el momento torsor ya que es menor al del momento flector, podemos decir que está sometido a flexión.

El esfuerzo inducido en la parte crítica se calcula mediante la siguiente ecuación 27:

$$\sigma_{max} = \frac{L * \frac{D_{eje}}{2}}{\frac{\pi(D)^4}{64}} = \sigma_{max} = \frac{L * Dz}{\pi (D)^3} \quad (32)$$

Teniendo en cuenta que el factor de seguridad está dado por:

Ecuación 30: Factor de Seguridad

$$FS = \frac{Sy}{\sigma_{inducido}} \quad \text{donde } \sigma_{inducido} = \frac{Sy}{FS}$$

Sy es el esfuerzo de fluencia en el eje e igualando la ecuación se obtiene:

$$FS = \frac{\pi * Dz * Sy}{32 * L * Dz}$$

Haciendo el despeje del diámetro del eje se obtiene la ecuación es:

Ecuación 31: Diámetro del Eje

$$D_{eje} = \left(\frac{FS}{\pi * Sy} \right)^{1/3}$$

10.4. Material de los ejes

Los ejes están contruidos con acero 1040 laminado en caliente y por ser un acero comercial tienen una capacidad para reducir esfuerzos constantes, resistencia al desgaste.

El acero 1040 tiene una fluencia de:

$$Sy = 290 \text{ Mpa}$$

De igual forma el factor de seguridad es:

$$FS = 2.5$$

Se elige este factor de seguridad porque se trata de un diseño para cargas dinámicas con cierto grado de incertidumbre, ecuación 31.

$$D_{eje} = \left(\frac{(32)(130)(289.120)(2.5)}{(\pi)(290)} \right)^{1/3} = 14,448mm$$

Este es el diámetro mínimo a considerar y por razones comerciales se selecciona un eje de (3/8 IN) que corresponde a 15.88mm.

Con el diámetro real se busca el factor de seguridad usando la ecuación 30:

$$FS = \frac{\pi(D_{eje})^3 * Sy}{32 * L * Bz} = \frac{\pi(15.88)^3 * 290}{32 * 130 * 289.120} = 3.03$$

Las siguientes tablas representan los valores de la fuerza en el apoyo, el esfuerzo a la fluencia, el factor de diseño seleccionado y calculado, la longitud entre el punto de apoyo y el punto de mayor esfuerzo, el momento máximo, el momento de inercia y el diámetro calculado y seleccionado. Estos valores se calcularon de la misma manera que se calcularon para el eje 1 anteriormente descrito.

Tabla 10-8: Esfuerzo a la flexión, factor de diseño, esfuerzo máximo y diámetro del eje.

EJE 2						
VARIABLES	Dx(N)		SY(MPa)		FS(Diseño)	
VALOR	6,60		290		2,5	
VARIABLES	Mmax(N*m)	I	L(mm)	FS	D(calculado)mm	D(eje)mm
VALOR	0,46	79,81	70	15,77	3,43	6,35

Tabla 10-9: Esfuerzo a la flexión, factor de diseño, esfuerzo máximo y diámetro del eje.

EJE 3						
VARIABLES	AZ(N)		SY(MPa)		FS(Diseño)	
VALOR	2,36		290		2,5	
VARIABLES	Mmax(N*m)	I	L(mm)	FS	D(calculado)mm	D(eje)mm
VALOR	0,16	79,81	70	44,22	2,43	6,35

Tabla 10-10: Esfuerzo a la flexión, factor de diseño, esfuerzo máximo y diámetro del eje.

EJE 4						
VARIABLES	Bz(N)		SY(MPa)		FS(Diseño)	
VALOR	4,25		290		2,5	
VARIABLES	Mmax(N*m)	I	L(mm)	FS	D(calculado)mm	D(eje)mm
VALOR	0,21	201,06	50	68,55	2,65	8,0

Tabla 10-11: Esfuerzo a la flexión, factor de diseño, esfuerzo máximo y diámetro del eje.

EJE 5						
VARIABLES	Az(N)		SY(MPa)		FS(Diseño)	
VALOR	5,35		290		2,5	
VARIABLES	Mmax(N*m)	I	L(mm)	FS	D(calculado)mm	D(eje)mm
VALOR	0,27	201,06	50	54,47	2,86	8,0

En el eje 4 y 5 se selecciona un diámetro de eje de 8mm debido a que el diámetro menor del rodamiento antirretorno es de 8mm como se puede ver en el numeral 10.7.1.

10.5. Análisis por resistencia a la fatiga

Todos los ejes van a estar sometido a cargas cíclicas por lo tanto se generan esfuerzos de flexión en los ejes.

Según la AISI se selecciona un acero 1040 cuyo esfuerzo último a la tensión es:

$$s_u = 496MPa$$

El esfuerzo a la fatiga se calcula mediante la ecuación:

Ecuación 32: Esfuerzo a la Fatiga

$$S'_n = s_n(C_m)(C_{st})(C_R)(C_S)$$

Donde:

- S'_n = Resistencia a la fatiga real estimada.
- s_n = Resistencia básica a la fatiga.
- C_m = Factor del material.
- C_{st} = Factor del tipo de esfuerzo
- C_R = Factor de Confiabilidad
- C_S = Factor de tamaño.

La siguiente figura muestra la forma de como determinar la resistencia a la fatiga a partir de la resistencia última a la tensión.

Tabla 10-12: Factor de Confiabilidad

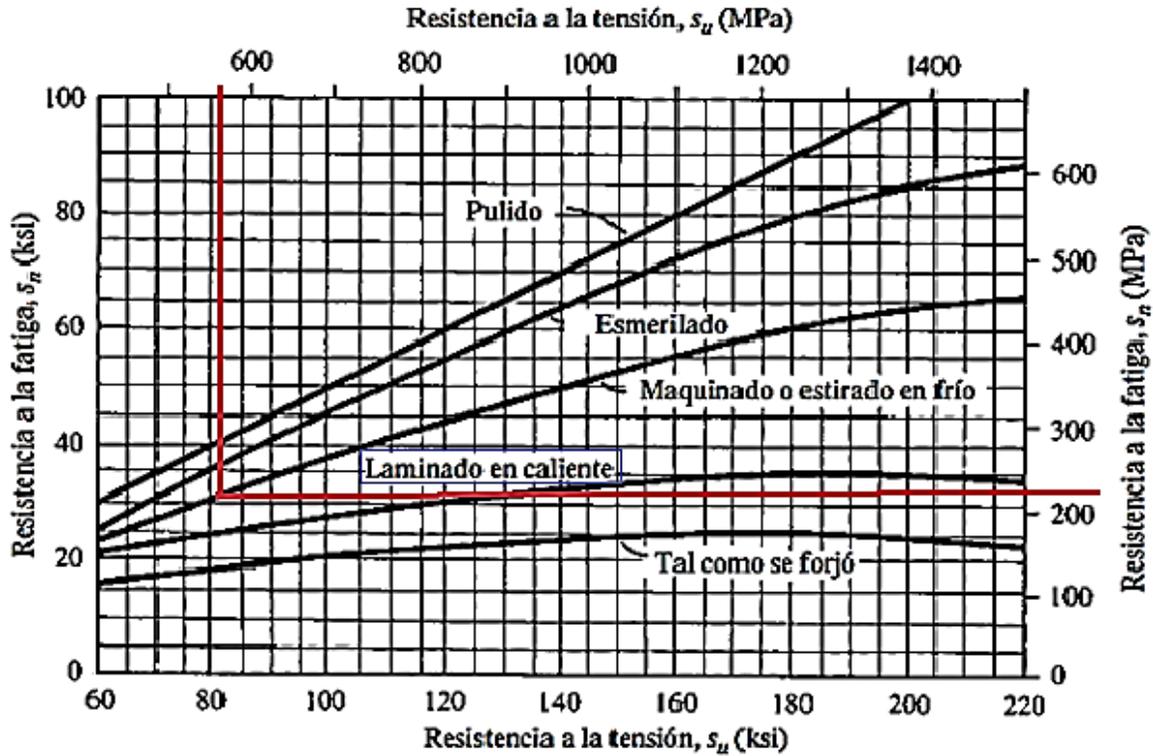
Factores de confiabilidad aproximados C_R

Confiabilidad deseada C_R

0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Fuente: Libro Diseño de Elementos Mecánico de R. Mott.

Figura 10-10: Resistencia a la fatiga



Fuente: Libro Diseño de Elementos Mecánico de R. Mott.

La siguiente figura representa el factor de tamaño.

Tabla 10-13: Factor de Tamaño

Unidades del Sistema Estadounidense Tradicional	
Rango de tamaño	Para D en pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_S = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_S = (D/0.3)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_S = 0.859 - 0.02125D$
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para D en mm
$D \leq 7.62$	$C_S = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_S = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_S = 0.859 - 0.000837D$

Fuente: Libro Diseño de Elementos Mecánico de R. Mott.

Tabla 10-14: Factor del Material

Acero forjado:	$C_m = 1.00$	Hierro colado maleable:	$C_m = 0.80$
Acero colado:	$C_m = 0.80$	Hierro colado gris:	$C_m = 0.70$
Acero pulverizado:	$C_m = 0.76$	Hierro colado dúctil:	$C_m = 0.66$

Fuente: Libro Diseño de Elementos Mecánico de R. Mott.

Mediante las figuras mostradas anteriormente se obtienen los factores de esfuerzo de flexión, confiabilidad, material, tamaño y resistencia a la fatiga.

Donde:

C_s = Factor por Tamaño $7.62 < D \leq 50$

Se calcula mediante:

$$C_s = \left(\frac{D}{7.62}\right)^{-0.11} = \left(\frac{15.88}{7.62}\right)^{-0.11} = 0.922$$

C_{st} = factor de tipo de esfuerzo: esfuerzo de flexión (1.0)

C_R = factor de confiabilidad: confiabilidad 99% valor (0.81)

C_m = factor de material: acero forjado valor (1.0)

s_n = Resistencia a la fatiga (230 Mpa)

Luego de haber seleccionado los anteriores valores se obtiene la resistencia ultima a la fatiga mediante la ecuación 32:

$$S'_n = 230(1.0)(1.0)(0.81)(0.94) = 171.8 \text{ MPa}$$

Los cálculos realizados anteriormente para el primer eje aplican de igual forma para los siguientes ejes y se presentan los valores en las siguientes tablas:

Tabla 10-15: Resistencia a la fatiga con sus factores del Eje 2

EJE 2							
VARIABLES	Su (MPa)	Sn (MPa)	Cm	Cst	CR	Cs	Sn` (Mpa)
VALOR	496	230	1	1	0,81	1,02	190,7

Tabla 10-16: Resistencia a la fatiga con sus factores del Eje 3

EJE 3							
VARIABLES	Su (MPa)	Sn (MPa)	Cm	Cst	CR	Cs	Sn` (Mpa)
VALOR	496	230	1	1	0,81	1,02	190,7

Tabla 10-17: Resistencia a la fatiga con sus factores del Eje 4

EJE 4							
VARIABLES	Su (MPa)	Sn (MPa)	Cm	Cst	CR	Cs	Sn` (Mpa)
VALOR	496	230	1	1	0,81	0,99	185

Tabla 10-18: Resistencia a la fatiga con sus factores del Eje 5

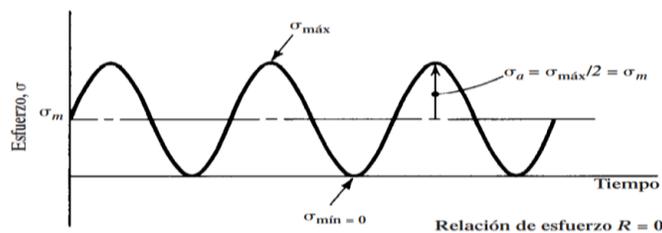
EJE 5							
VARIABLES	Su (Mpa)	Sn (Mpa)	Cm	Cst	CR	Cs	Sn` (Mpa)
VALOR	496	230	1	1	0,81	0,99	185

10.6. Esfuerzos en los Ejes

Se realiza el cálculo de esfuerzo admisible y esfuerzo medio en el eje.

Ya que está sometido el eje a un esfuerzo de flexión se puede llegar a la conclusión que es un esfuerzo alternante. Por lo tanto, es igual al esfuerzo máximo. debido a que el esfuerzo medio es cero como se muestra en la siguiente figura:

Figura 10-11: Esfuerzos Alternantes



Fuente: Libro Diseño de Elementos Mecánico de R. Mott.

Para obtener el esfuerzo máximo se emplea la ecuación 27:

$$\sigma_{max} = \frac{L * Bz (32)}{\pi (D)^3} = \frac{(130)(289.120)(32)}{\pi (15.88)^3} = 95.69 \text{ MPa}$$

Luego se calcula el esfuerzo alternativo:

Ecuación 33: Esfuerzo Alternativo

$$\sigma_A = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_A = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = \frac{\sigma_{max}}{2} = \frac{95.69}{2} = 47.846 \text{ Mpa}$$

Para un esfuerzo alternante el esfuerzo mínimo es cero

El esfuerzo medio se obtiene mediante:

Ecuación 34: Esfuerzo Alternante

$$\sigma_{medio} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_{medio} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = \frac{\sigma_{max}}{2} = \frac{95.69}{2} = 47.846 \text{ Mpa}$$

Haciendo uso de la ecuación de resistencia a la fatiga de Goodman se tiene que:

Ecuación 35: Esfuerzo de Goodman

$$\frac{1}{FS} = \frac{\sigma_A}{S_e} + \frac{\sigma_{med}}{S_{ut}}$$

$$\frac{1}{FS} = \frac{\sigma_A}{S'_n} + \frac{\sigma_{med}}{S_{ut}} = \frac{47.846}{127.020} + \frac{0}{496} = \frac{1}{FS}$$

$$FS = 3.03$$

El análisis en los ejes Dos, Tres, Cuatro y Cinco se presentarán en las siguientes tablas estos cálculos se realizaron de la misma manera que se realizó el cálculo para el eje 1.

Tabla 10-19: Esfuerzos en el Eje 2

EJE 2					
VARIABLES	σ_{max} (Mpa)	σ_a (Mpa)	σ_m (Mpa)	σ_{min} (Mpa)	R
VALOR	18,39	9,19	9,19	0	0

Tabla 10-20: Esfuerzos en el Eje 3

EJE 3					
VARIABLES	σ_{max} (Mpa)	σ_a (Mpa)	σ_m (Mpa)	σ_{min} (Mpa)	R
VALOR	6,56	3,28	3,30	0	0

Tabla 10-21: Esfuerzos en el Eje 4

EJE 4					
VARIABLES	σ_{max} (Mpa)	σ_a (Mpa)	σ_m (Mpa)	σ_{min} (Mpa)	R
VALOR	4,23	2,11	2,11	0	0

Tabla 10-22: Esfuerzos en el Eje 5

EJE 5					
VARIABLES	σ_{max} (Mpa)	σ_a (Mpa)	σ_m (Mpa)	σ_{min} (Mpa)	R
VALOR	5,32	2,66	2,66	0	0

10.7. Selección de rodamientos

Ecuación 36: Vida nominal

$$L_{10h} = (10^6 / 60 n) \left(\frac{C}{Pd} \right)^p$$

Donde:

L_{10h}= Vida nominal SKF (horas de funcionamiento)

C= Capacidad de carga dinámica.

Pd= Cargas dinámicas equivalentes del rodamiento.

N= Revoluciones por minuto.

P= Valor estándar para rodamientos de bolas P=3

Ahora despejando la Capacidad de carga dinámica la Ecuación 37 quedaría.

Ecuación 38: Capacidad de carga dinámica.

$$C = Pd * \left(\frac{L_{10h} * 60 * n}{10^6} \right)^{1/p}$$

El valor de vida nominal es tomado del catálogo de SKF en el que se tiene en cuenta el tipo de máquina, la cual se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla 10-23: Tipo de Máquina y Vida Útil Específica

Tipo de máquina	Vida útil especificada Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos: herramientas eléctricas portátiles, dispositivos de elevación en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3 000 ... 8 000
Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos donde se requiere una alta confiabilidad: ascensores (elevadores), grúas para productos embalados o eslingas para tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre utilizadas al máximo: transmisiones por engranajes de uso general, motores eléctricos para uso industrial, trituradoras giratorias	10 000 ... 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario utilizando plenamente sus capacidades: herramientas mecánicas, máquinas para carpintería, máquinas para la industria de la ingeniería, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de impresión, separadores y centrifugadoras	20 000 ... 30 000
Máquinas para 24 horas de trabajo continuo: unidades de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 ... 50 000
Maquinaria para energía eólica, incluidos los rodamientos del eje principal, de orientación, de la caja de engranajes de cambio de paso, del generador	30 000 ... 100 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas de trenzado de cables, maquinaria de propulsión para buques de alta mar	60 000 ... 100 000
Máquinas eléctricas de gran tamaño, plantas de generación de energía, bombas para minas, ventiladores para minas, rodamientos para ejes en túnel para buques de alta mar	> 100 000

Act
Ve a

Tomado el valor correspondiente de la anterior tabla para máquinas que trabajan un promedio de 8 horas diarias se debe de tener en cuenta que los rodamientos tendrán una vida útil de trabajo promediada de 20000 a 30000 horas de servicio. Realizando el cálculo del valor promedio de las horas de servicio se obtiene:

Pd Representa la carga aplicada a los rodamientos. el rodamiento ubicado en el lugar de Bz es:

$$Pd = Bz = 289.12N$$

n. es la velocidad en rpm

$$n = 64 \text{ rpm}$$

Reemplazando los valores en la ecuación quedaría.

$$C = Pd * \left(\frac{L_{10h} * 60 * n}{10^6} \right)^{1/p}$$

$$C = 289.12 * \left(\frac{25000 * 60 * 64}{10^6} \right)^{1/3} = 1.32KN$$

Consultando el catálogo y teniendo presente los valores calculados se selecciona el rodamiento así:

Se determinó un rodamiento rígido de bolas con placa de protección en los dos lados y se obtiene la tabla 1 y 2 de los anexos de la selección de los rodamientos tomadas del proveedor SKF.

En la siguiente tabla se presentan las características de la selección de cada rodamiento con su respectivo eje. estos valores se calcularon de la misma forma que se realizó para el cálculo de los rodamientos que llevara el Eje 1.

Tabla 10-24: Selección de Rodamientos

SELECCIÓN DE RODAMIENTO					
Características	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4	EJE 5
d(mm)	15,88	6,35	6,35	8,0	8,0
RPM	64	136	292	626	626
Carga Radial(N)	289,12	6,60	4,81	4,25	5,35
Carga Axial(N)	0	0	0	0	0
Temperatura(°C)	80	80	80	80	80
L10h	25000	25000	25000	25000	25000
C(KN)	1,32	0,04	0,04	0,04	0,05
Pd(N)	289	6,60	4.81	4,25	5,35

Designación	W 61802 R-2Z	628/6-2Z	628/6-2Z	W 637/8 R-2ZS	W 637/8 R-2ZS
-------------	--------------	----------	----------	---------------	---------------

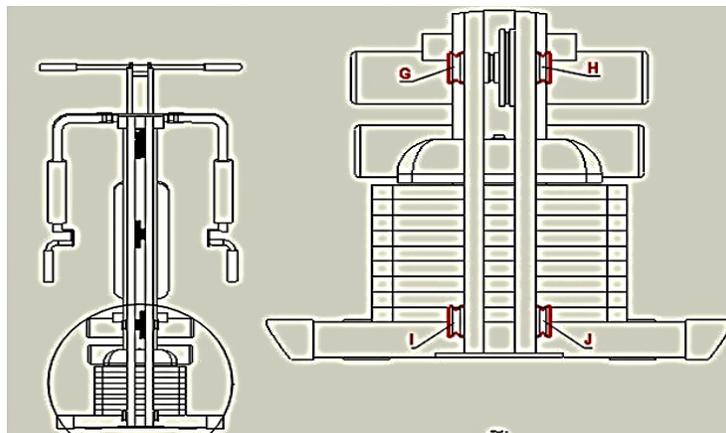
Las siguientes tablas de los anexos de la selección de los rodamientos representan los ejes dos y tres ya que estas presentan las mismas características de diámetro del eje en la tabla anterior.

10.7.1. Selección del Rodamiento Antirretroceso en los ejes 4 y 5 polea (G.H.I y J).

Como se menciona en la sección 6.7.1. se seleccionan cuatro rodamientos antirretornos que permiten girar al eje en un solo sentido debido a que cuando el sistema este girando en el sentido horario la polea G transmite la potencia a la polea I que esta paralela, mientras tanto las poleas H y J estarán bloqueadas por los rodamientos unidireccionales o antirretorno pero no impedirá que el eje 4 y 5 giren y así poder transmitir al generador las revoluciones en sentido horario. Ahora cuando el sistema este girando en sentido antihorario las poleas G y I se bloquearán con ayuda de los rodamientos antirretornos sin impedir que sus ejes giren mientras que las poleas H y J que están conectadas por medio una correa en cruz entregando al quinto eje las revoluciones de salida en sentido horario.

Los rodamientos unidireccionales tienen un diámetro es de 8 mm. Además, cuenta con elementos internos de bloqueo y es un rodamiento de bolas de una sola hilera. Estos rodamientos van acoplados a las poleas (G, H, I y J) como se menciona anteriormente y ver en la siguiente figura.

Figura 10-12: Esquema Etapas Cuatro y Cinco



Fuente: Autores

Figura 10-13: Rodamiento Unidireccional o Antirretorno.

TIPO - TYPE - MODÈLE US



Fuente: Linearte

Se selecciona un conjunto de 4 rodamientos antirretorno que permiten girar al eje en un solo sentido cuyo diámetro es de 8 mm teniendo en cuenta que el eje tiene un mismo diámetro exterior. Además, cuenta con elementos internos de bloqueo con rodamiento de bolas de una sola hilera. Estos rodamientos van acoplados a las poleas (I, J, K y H).

Tabla 10-25: Elementos Seleccionados

Etapas	Ejes	Diámetro (mm)	Rodamientos	Poleas	Diámetro (mm)
1	1	15,88	W 61802 R-2Z	M	70
				A	175
2	2	6,35	628/6-2Z	B	80
				C	175
3	3	6,35	628/6-2Z	D	80
				E	175
4	4	8,0	W 637/8 R-2ZS	F	80
				G	80
5	5	8,0	W 637/8 R-2ZS	H	80
				I	80
				J	80

Fuente: Autores

11. CONCLUSIONES

- Se realiza un análisis dinámico del accionamiento de la maquina multifuncional de ejercicio, con lo que se logra suministrar una velocidad cercana al 600 rpm.
- Se propone un sistema de transmisión por bandas (correas) para una máquina multifuncional de ejercicio que entrega una velocidad en el eje de entrada de 64 rpm y posteriormente, en el eje de salida se obtiene 666 rpm, la cual se aproxima a los 600 rpm necesarias para el accionamiento del generador electromagnético. El eje de salida del sistema de transmisión este acoplado a un generador de magnetos permanentes (SH-200P) que transforma la energía mecánica rotacional en energía eléctrica que, según especificaciones del fabricante, entrega una potencia de 200 W.
- Para transformar la energía mecánica en energía eléctrica se selecciona un generador de magnetos permanentes el cual entrega una tensión trifásica de 12V RMS aproximadamente. Mediante un puente rectificador de onda trifásico se logra en convertir la corriente alterna en corriente directa, de 12 o 24V en el regulador de carga (MPPT060).
- El modelamiento y cálculo del sistema permite determinar que es mayor el esfuerzo físico que debe realizar la persona para levantar las masas de la maquina multifuncional de ejercicio que la carga de oposición que hace el sistema de transmisión de potencia junto con el generador, como lo demuestra la tabla 10-2.
- Se logra realizar los planos del sistema electromecánico que se acondiciona adaptado a la maquina multifuncional de ejercicios, el cual está compuesto por cinco ejes once poleas los rodamientos en los puntos de apoyo y los rodamientos unidireccionales además de su estructura y se realiza el análisis de esfuerzos en la estructura y ejes que están comprendidos entre 15.8 mm y 6.35 mm en acero 1040.
- Las poleas se proponen en Nylon y la estructura estará compuesta de dos vigas que son de un acero 1040 y las partes tubulares son calibre 18 en acero 1040 con el propósito de que sean resistentes y de bajo peso.
- Debido al empleo de un sistema que permite el suministro de una tensión de 12V trifásica, es posible la implementación de una batería convencional (Plomo – Acido) de vehículo para la acumulación de carga y posteriormente empleado en diversas aplicaciones como la iluminación y/o recarga de dispositivos electrónicos.

Bibliografía

- [1]. endesa fundación. (agosto de 2019). *fundación endesa recursos 201908-generador-electrico*. Recuperado el 08 de septiembre de 2020, de <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-generador-electrico>
- [2]. actitud ecológica. (01 de abril de 2020). *actitudecologica.com*. Recuperado el 08 de octubre de 2020, de <https://actitudecologica.com/tipos-de-pilas/>
- [3]. Adam Chidley, Avnet Abacus. (13 de febrero de 2017). *interempresas.net*. Recuperado el 13 de septiembre de 2020, de <https://www.interempresas.net/Electronica/Articulos/168948-condensadores-hibridos-combinan-lo-mejor-supercondensadores-tecnologia-ion-litio.html>
- [4]. adjditec Malaga s.a. (13 de junio de 2020). *adjditec.com*. Recuperado el 09 de octubre de 2020, de <https://adjditec.com/en/noticias/baterias-solares-en-paralelo-en-serie-o-mixta>
- [5]. Albarran, J. A. (29 de julio de 2010). *motorpasionmoto*. Recuperado el 26 de agosto de 2020, de <https://www.motorpasionmoto.com/tecnologia/transmisiones-por-cadena-correa-dentada-o-cardan-para-gustos-los-colores>
- [6]. aliexpress. (2020). *aliexpress.com*. Recuperado el 2 de octubre de 2020, de <https://es.aliexpress.com/popular/permanent-magnet-generator-200w.html>
- [7]. aliexpress. (2020). *aliexpress.com*. Recuperado el 05 de octubre de 2020, de <https://www.aliexcolombia.co/>
- [8]. Amaya, A. P. (8 de junio de 2018). *auto noCIÓN*. Recuperado el 10 de septiembre de 2020, de <https://www.autonocion.com/volante-motor-que-es-funcionamiento/>
- [9]. auto solar. (19 de abril de 2015). *autosolar.es*. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/como-funcionan-las-baterias-de-plomo-acido>
- [10]. auto solar. (19 de abril de 2015). *autosolar.es*. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/etapas-de-carga-de-una-bateria>
- [11]. auto solar. (19 de abril de 2015). *autosolar.es*. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-pwm>
- [12]. auto solar. (19 de abril de 2015). *autosolar.es*. Recuperado el 07 de octubre de 2020, de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/como-funcionan-las-baterias-de-plomo-acido>
- [13]. baterías y amperios. (7 de abril de 2014). *baterías y amperios.wordpress*. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de <https://bateriasyamperios.wordpress.com/2014/04/07/conexiones-en-serie-y-en-paralelo-para-varias-baterias/>
- [14]. CanStockPhoto. (2010). *CanStockPhoto*. Obtenido de CanStockPhoto: canstockphoto.es/illustration-gimnasio-equipment-48237078.html

- [15]. Carlos Andrés Castillo Gonzales, H. D. (2012). *biblioteca universidad pontificia bolivariana Bucaramanga*. Recuperado el 05 de septiembre de 2020, de http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_22264.pdf
- [16]. Carrasco, P. B. (2015). *depósito de investigación universidad de Sevilla*. Recuperado el 25 de septiembre de 2020, de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/39073/TFG%20Bravo%20Carrasco,%20Pablo.pdf?sequence=4>
- [17]. Cedenó, E. (12 de julio de 2011). *esteban-cedeno.blogspot*. Recuperado el 09 de octubre de 2020, de <http://esteban-cedeno.blogspot.com/2011/07/transmision-por-cadenas.html>
- [18]. Champman, S. J. (2012). *archive.org*. Recuperado el 15 de octubre de 2020, de <https://archive.org/stream/266539159MaquinasElectricasChapman5taEdicionPdf/266539159-Maquinas-electricas-Chapman-5ta-edicion-pdf#page/n5/mode/2up>
- [19]. Colcha, M. (22 de octubre de 2010). *slideshare.net*. Recuperado el 09 de octubre de 2020, de <https://pt.slideshare.net/MARTHYTAS/bandas-de-transmision/13>
- [20]. compañía levantina de reductores. (24 de marzo de 2017). *clr.es/blog*. Recuperado el 11 de octubre de 2020, de <https://clr.es/blog/es/aplicaciones-tornillos-sinfin/>
- [21]. compañía levantina de reductores. (18 de febrero de 2019). *clr.es*. Recuperado el 30 de agosto de 2020, de <https://clr.es/blog/es/engranaje-conico-como-funciona/>
- [22]. Cortez, L. M. (s.f.). *preparatoriaabiertapuebla.com*. Recuperado el 05 de octubre de 2020, de <https://preparatoriaabiertapuebla.com/wp-content/uploads/2017/11/POTENCIA-MECANICA.pdf>
- [23]. cpm solar. (16 de septiembre de 2019). *cpm solar.com*. Recuperado el 25 de agosto de 2020, de <https://cpmsolar.com/2019/09/16/la-corriente-continua-cc-vs-ca/>
- [24]. Cubillos Adela, E. S. (2011). *biblioteca clacso*. (IDEA-USACH, Ed.) Recuperado el 17 de septiembre de 2020, de ["http://biblioteca.clacso.org.ar/clacso/engov/20130827052932/engMAalCubillosEstenssor.pdf"](http://biblioteca.clacso.org.ar/clacso/engov/20130827052932/engMAalCubillosEstenssor.pdf)
- [25]. directindustry virtualexpo . (2020). *directindustry.es*. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de <https://www.directindustry.es/prod/atlanta/product-19987-747041.html>
- [26]. ecured. (30 de septiembre de 2011). *ecured.cu*. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de https://www.ecured.cu/index.php?title=Bater%C3%ADas_de_Ni-MH&oldid=978794
- [27]. editorialcontrol. (14 de noviembre de 2019). *edcontrol.com*. Recuperado el 08 de octubre de 2020, de <http://www.edcontrol.com/index.php/elementos/elementos-28/item/208-premio-nobel-en-quimica-2019-para-los-inventores-de-la-bateria-de-ion-litio>

- [28]. endesa. (2020). *fundacion endesa*. Recuperado el 20 de septiembre de 2020, de <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-materia-carga-electrica>
- [29]. fitness, c. (2013). *slideshare*. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de <https://www.slideshare.net/PabloVollmar/guia-completa-de-musculacin>
- [30]. Frederic, D. (2013). *guia de los movimientos de musculacion*. macondus.
- [31]. fundamentos de máquinas wmn. (07 de agosto de 2010). *fundamentos de maquinas wmn*. *blogspot*. Recuperado el 27 de agosto de 2020, de <http://fundamentosdemaquinaswmn.blogspot.com/2010/08/engranajes.html>
- [32]. generatuluz. (2020). *generatuluz.com*. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/controladores-carga/reguladores/que-es-un-regulador-solar-mppt/>
- [33]. generatuluz. (2020). *generatuluz.com*. Recuperado el 09 de octubre de 2020, de <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/controladores-carga/reguladores/que-es-un-regulador-solar-mppt/>
- [34]. ingemecanica. (2020). *ingemecanica.com*. Recuperado el 09 de octubre de 2020, de <https://ingemecanica.com/tutorialesemanal/tutorialn151.html>
- [35]. intermec. (2020). *intermec.com.co*. Recuperado el 15 de octubre de 2020, de <https://www.intermec.com.co/literatura.php>
- [36]. Ismygym. (23 de febrero de 2017). *Ismygym*. Recuperado el 18 de septiembre de 2020, de <https://www.ismygym.com/software-web-iphone-android-gestion-reservas/2017/02/23/maquinas-gimnasio-multifuncion/>
- [37]. Jarpert, G. E. (2004). *el libro practico de los generadores, transformadores y motores electricos*. Recuperado el 23 de septiembre 23 de 2020, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=P62ebMavSIIC&oi=fnd&pg=PA2&dq=generador+de+corriente+continua+y+corriente+alterna&ots=HyTLGDc7fl&sig=ZDSgSDoB3sbLWc1_mgQmU3OykFk
- [38]. jhon blog. (09 de abril de 2019). *informacionsobrelosengranajes*. *blog spot*. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de <https://informacionsobrelosengranajes.blogspot.com/2019/04/los-engranajes.html>
- [39]. José David Calderón Serrano, M. C. (enero de 2016). *mi portal*. Recuperado el 12 de septiembre de 2020, de <https://www.google.com/search?hl=en-US&q=http://www.miportal.edu.sv/wp-content/uploads/recursos/manual%2520de%2520+electronica%2520+y%2520+electricidad%2520b%25C3%25A1+Sica.pdf&spell=1&sa=X&ved=2ahUKewjX1lyJ73sAhWE1FkKHbXID58QBSgAegQICRAp>
- [40]. Juan Antonio Calvo Saez. (junio de 2016). *diba*. Recuperado el 21 de septiembre de 2020, de

https://www.diba.cat/documents/467843/118493136/manual_instalaciones_electricas_web.pdf/5a1f0c34-8aae-4f96-a05b-489d7a295852

- [41]. Juan Manuel Mariner, H. P. (2016). *repositorion universidad tecnologica nacional argentina*. Recuperado el 12 de septiembre de 2020, de <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/3378/Volante%20de%20inercia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [42]. Juares, A. R. (12 de noviembre de 2019). *inducción de Faraday*. Recuperado el 19 de septiembre de 2020, de http://www.academia.edu/download/63362678/Induccion_de_Faraday20200519-45841-xwqja6.pdf
- [43]. Juares, A. R. (12 de noviembre de 2019). *laboratorio de electricidad y magnetismo universidad autónoma de México*. Recuperado el 19 de septiembre de 2020, de http://www.academia.edu/download/63362678/Induccion_de_Faraday20200519-45841-xwqja6.pdf
- [44]. Landin, P. (18 de febrero de 2018). *paleandino*. Recuperado el 29 de agosto de 2020, de <http://pelandintecno.blogspot.com/2018/02/tornillo-sin-fin-descripcion-y.html>
- [45]. leiva, I. f. (2008). *instalaciones residenciales teoría y práctica*. Bogotá: panamericana formas e impresos s.a.
- [46]. leiva, I. f. (2012). *instalaciones residenciales teoría y practica* (Vol. novena edición). Bogotá Colombia: panamericana formas e impresos s.a.
- [47]. Luisa Herrera, A. A. (22 de diciembre de 2013). *revistaas.udistrital.edu.co*. Recuperado el 07 de octubre de 2020, de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/REDES/article/view/5920/7419>
- [48]. Martil, I. (21 de febrero de 2019). *diario electronico hoy*. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de <https://blogs.cdecomunicacion.es/ignacio/2019/02/21/funcionamiento-de-una-bateria-de-ion-litio-pros-y-contras/>
- [49]. Maunas, E. A. (04 de noviembre de 2014). *slideshare.net*. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de <https://es.slideshare.net/evermaunaswidmer/engranaje-helicoidal>
- [50]. Mera, I. G. (2010). *repositorio biblioteca universidad de Sevilla*. Recuperado el 12 de septiembre de 2020, de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4740/fichero/2.+Baterias+y+Supercondensadores.pdf>
- [51]. merkasol. (2020). *merkasol.com*. Recuperado el 09 de octubre de 2020, de <https://merkasol.com/Reguladores-Solares/Reguladores>
- [52]. Mott, R. L. (21 de septiembre de 2015). *slideshare*. Recuperado el 25 de agosto de 2020, de <https://www.slideshare.net/juliomrkt/diseo-de-elementos-de-mquinas-robert-l-mott>

- [53]. Mott, R. L. (21 de septiembre de 2015). *slideshare*. Recuperado el 26 de agosto de 2020, de <https://www.slideshare.net/juliomrkt/diseo-de-elementos-de-mquinas-robert-l-mott>
- [54]. Mott, R. L. (21 de septiembre de 2015). *slideshare*. Recuperado el 30 de agosto de 2020, de <https://www.slideshare.net/juliomrkt/diseo-de-elementos-de-mquinas-robert-l-mott>
- [55]. movilidad, z. (14 de marzo de 2018). *zona movilidad*. Recuperado el 16 de septiembre de 2020, de <https://www.zonamovilidad.es/eco-gym:-el-gimnasio-que-crea-electricidad-a-traves-del-ejercicio.html>
- [56]. Papelería Distrimar. (07 de marzo de 2019). *distrimar.es*. Recuperado el 15 de septiembre de 2020, de <https://www.distrimar.es/pilas-alcalinas-funcionamiento-tipos-ventajas.html>
- [57]. partes del. (octubre de 2017). *partesdel.com*. Recuperado el 08 de octubre de 2020, de https://www.partesdel.com/generador_electrico.html
- [58]. pilas recargables. (s.f.). *pilasrecargables.net*. Recuperado el 09 de octubre de 2020, de <https://www.pilasrecargables10.net/de-niquel-metal-hidruro/>
- [59]. Rafiño, M. E. (03 de julio de 2020). *concepto. De*. Recuperado el 14 de septiembre de 2020, de <https://concepto.de/bateria/>
- [60]. recuperaciontecno87. (04 de noviembre de 2015). <http://recuperaciontecno87.blogspot.com/>. Recuperado el 29 de agosto de 2020, de <http://recuperaciontecno87.blogspot.com/2015/11/tornillo-sin-fin.html>
- [61]. Rivera, F. N. (30 de septiembre de 2012). *scribd*. Recuperado el 20 de agosto de 2020, de <https://www.scribd.com/doc/108497727/Ventajas-y-Desventajas-Transmision-Polea-Correa>
- [62]. Saldarriaga, V. (26 de marzo de 2017). *area tecnologia*. Recuperado el 06 de septiembre de 2020, de https://www.areatecnologia.com/La_dinamo.htm
- [63]. sc.ehu.es. (s.f.). *sc.ehu.es*. Recuperado el 11 de octubre de 2020, de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/fem/fem.htm>
- [64]. slideshare. (29 de marzo de 2016). *slideshare.net*. Recuperado el 25 de agosto de 2020, de <https://www.slideshare.net/AlmuPe/corriente-alterna-60163951>
- [65]. slideshare. (09 de septiembre de 2017). *slideshare.net*. Recuperado el 05 de octubre de 2020, de <https://www.slideshare.net/EyairTovar1/torsion-3>
- [66]. sogears. (11 de septiembre de 2019). *es.sogears.com*. Recuperado el 28 de agosto de 2020, de <https://es.sogears.com/Blog/ventajas-y-desventajas-del-engranaje-helicoidal>
- [67]. solar-energia. (08 de abril de 2016). *solar-energia.net*. Recuperado el 08 de septiembre de 2020, de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/instalaciones-autonomas/reguladores-carga>

- [68]. united nations climate change. (04 de abril de 2019). *unfccc*. Recuperado el 18 de septiembre de 2020, de <https://unfccc.int/es/news/la-energia-renovable-representa-ya-un-tercio-de-la-capacidad-energetica-mundial-segun-irena>
- [69]. Vargas, M. J. (2012). *repositorio biblioteca universidad de granada*. Recuperado el 2 de septiembre de 2020, de <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/23778/21403946.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [70]. Vilorio, E. (mayo de 2015). *slideshare*. Recuperado el 28 de agosto de 2020, de <https://www.slideshare.net/andreinaviloria/engranajes-de-dientes-rectos-47931108>
- [71]. Wildi, T. (2007). *maquinas electricas y sistemas de potencia*. Mexico: Pearson Educacion.
- [72]. wittestein españa. (10 de abril de 2018). *wittestein.es*. Recuperado el 27 de agosto de 2020, de <https://www.wittestein.es/empresa/prensa/nota-de-prensa/engranajes-conicos-clasificacion-y-funcionamiento/>
- [73]. zach Wendt. (7 de julio de 2017). *arrow.com*. Recuperado el 14 de septiembre de 2020, de <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/choosing-the-right-battery-for-your-internet-of-things-application>

(CanStockPhoto, 2010)

