



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE MECANISMOS

Edison Alejandro Catu Chaj

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, junio de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE MECANISMOS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDISON ALEJANDRO CATU CHAJ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdoba Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdoba Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Jorge Iván Cifuentes Castillo
EXAMINADOR	Ing. Herbert Samuel Figueroa Avendaño
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE MECANISMOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 5 de noviembre de 2021.

EDISON ALEJANDRO CATU CHAJ



Guatemala 26 de mayo de 2022

Ingeniero
Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

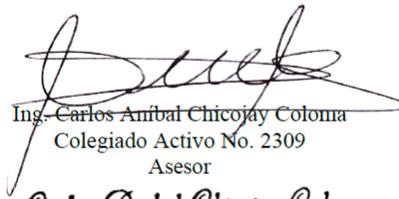
Respetable Sr. Director:

Por este medio me dirijo a usted con el propósito de informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE MECANISMOS**, presentado por el estudiante **Edison Alejandro Catú Chaj**.

Después de hechas las correcciones del caso, considero que el desarrollo del mismo ha sido en forma satisfactoria, y reúne los requisitos para continuar con el siguiente paso en el proceso respectivo de la Facultad, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Carlos Anibal Chicojaj Coloma
Colegiado Activo No. 2309
Asesor

Carlos Anibal Chicojaj Coloma
INGENIERO MECANICO
Colegiado No. 2309



Ref.EIM.037.2022

El Coordinador del Área de Diseño de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE MECANISMOS** desarrollado por el estudiante: **Edison Alejandro Catu Chaj** con Registro Académico **201212633** y CUI **2114533740101** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"




Ing. Esdras Miranda Orozco
COLEGIADO 4637

Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
Coordinador Área de Diseño
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, mayo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.147.EIM.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE MECANISMOS**, presentado por: **Edison Alejandro Catu Chaj**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Una firma manuscrita en tinta negra, que parece ser la del Sr. Morales Baiza.



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, julio de 2022



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.500.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE MECANISMOS**, presentado por **Edison Alejandro Catu Chaj**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, julio de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mis padres	Clemente Catu y Cristina Chaj, por su apoyo constante y por los valores que me inculcaron.
Mis hermanos	Lesbia y Emerson Catu, por ser mi ejemplo e inspiración.
Mi primo	Marlon Hernández, por mostrarme el camino durante la carrera.
Mi pareja	Carolina Cruz, por apoyarme y alentarme durante esta aventura.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Gracias por permitir formarme en tus aulas, porque hoy se ve reflejado el esfuerzo para la culminación de mi paso por esta casa del saber.

Facultad de Ingeniería

Por mostrar el camino para ser un buen profesional y a mis docentes en la carrera por sembrar un granito de sabiduría al brindarme sus conocimientos y apoyo para seguir adelante día a día. Infinitas gracias.

Mis compañeros

Jefry Hernández, Alejandra Coti, Christopher Virula, Cristian Donis, José González, y demás compañeros que me apoyaron en toda la carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. CONTENIDOS PROGRAMÁTICOS EN EL PROGRAMA ACTUAL	1
1.1. Unidad 1: Máquinas y mecanismos	1
1.1.1. Aplicaciones de la cinemática.....	2
1.1.2. Movimiento de traslación rectilínea.....	3
1.1.3. Traslación curvilínea o cicloide.....	4
1.1.4. Movimiento rotacional.....	5
1.1.5. Combinación de rotación y traslación	6
1.1.6. Movimiento helicoides o helicoidal	8
1.1.7. Términos complementarios.....	8
1.1.8. Formas de transmisión de movimiento	9
1.2. Unidad 2: Mecanismos de eslabones articulados.....	10
1.2.1. Mecanismos de cuatro barras articuladas	11
1.2.2. Ley de Grashof	15
1.2.3. Mecanismo biela manivela corredera	18
1.2.4. Mecanismo Yugo Escocés	19
1.2.5. Mecanismos de retorno rápido	20
1.2.6. Mecanismos de línea recta.....	24
1.2.7. Pantógrafo	28

1.2.8.	Mecanismos de movimiento intermitente	31
1.3.	Unidad 3: Diseño de perfiles de levas	36
1.3.1.	Nomenclatura del perfil de levas	37
1.3.2.	Movimiento lineal del seguidor	39
1.3.3.	Movimiento angular del seguidor.....	40
1.3.4.	Eje o árbol de levas.....	41
1.3.5.	Tipos de levas	42
1.3.6.	Tipos de seguidores	43
1.3.7.	Diagrama de desplazamiento.....	45
1.3.8.	Movimiento armónico simple	47
1.3.9.	Movimiento cicloidal	49
1.4.	Unidad 4: Engranajes.....	50
1.4.1.	Nomenclatura del engranaje	51
1.4.2.	División de los engranajes.....	52
1.4.3.	Engranajes de dientes rectos	53
1.4.4.	Engranaje de dientes helicoidales.....	54
1.4.5.	Engranajes cilíndricos de dientes dobles helicoidales.....	55
1.4.6.	Engranajes cónicos de dientes rectos.....	56
1.4.7.	Engranajes cónicos de dientes helicoidales.....	57
1.4.8.	Engranajes hipoidales	58
1.4.9.	Piñón cremallera	59
1.4.10.	Tornillo sinfín y corona	61
1.4.11.	Engranajes no circulares	62
1.4.12.	Trenes de engranajes en ejes paralelos	63
1.4.13.	Trenes de engranajes compuestos en ejes paralelos.....	65
1.5.	Unidad 5: Cadenas de transmisión	68
1.5.1.	Campo de aplicación.....	68

1.5.2.	Fallas en cadenas.....	69
1.5.3.	Cadenas de rodillos	70
1.5.4.	Tipos de cadenas	71
1.5.5.	Tipos de cadenas de transmisión	73
1.5.6.	Descripción de los <i>sprockets</i>	76
1.5.7.	Comparación de cadenas contra otros medios de transmisión de potencia	77
2.	FUNDAMENTOS DEL CURSO DE MECANISMOS	83
2.1.	Conceptos básicos para el análisis de un mecanismo	83
2.1.1.	Análisis y síntesis	83
2.1.2.	Ciencia de la mecánica.....	84
2.1.3.	Terminología.....	86
2.2.	Definición de un eslabón articulado.....	87
2.2.1.	Definición de mecanismos fijos.....	89
2.2.2.	Distancia entre articulaciones	90
2.2.3.	Movimientos diversos en un mecanismo	91
2.3.	Perfiles de levas	91
2.3.1.	Diagramas de desplazamiento	92
2.3.2.	Gráfico de perfil de levas	94
2.4.	Engranajes y sus aplicaciones	95
2.4.1.	Ley fundamental del engranaje.....	96
2.4.2.	Intercambio de engranajes	97
2.5.	Transmisiones por cadenas.....	98
2.5.1.	Lineamientos de diseño para transmisión por cadenas	99
2.5.2.	Lubricación	101
2.5.3.	Fallas en cadenas de transmisión	102

3.	CUESTIONARIO DIDÁCTICO PARA EL CURSO DE MECANISMOS.....	105
3.1.	Unidad 1: Máquinas y mecanismos.....	105
3.1.1.	Movimiento de traslación rectilínea	105
3.1.2.	Movimiento de traslación curvilínea o cicloide y rotacional.....	105
3.1.3.	Combinación de rotación y traslación.....	106
3.1.4.	Movimiento helicoidal	106
3.1.5.	Términos complementarios	106
3.1.6.	Formas de transmisión de un movimiento.....	106
3.2.	Unidad 2: Tipos de mecanismos de eslabones articulados....	107
3.2.1.	Mecanismos de cuatro barras articuladas	107
3.2.2.	Ley de Grashof.....	107
3.2.3.	Tipos de mecanismos	108
3.2.4.	Mecanismo de retorno rápido.....	108
3.2.5.	Mecanismos de línea recta.....	109
3.2.6.	Pantógrafo.....	109
3.2.7.	Mecanismo de movimiento intermitente	109
3.3.	Unidad 3: Diseño de perfiles de levas	110
3.3.1.	Nomenclatura de perfiles de levas	110
3.3.2.	Movimiento lineal en un seguidor de leva.....	110
3.3.3.	Movimiento angular en un seguidor de leva	111
3.3.4.	Árbol de levas o ejes	111
3.3.5.	Tipos de levas	111
3.3.6.	Tipos de seguidores de levas.....	112
3.3.7.	Diagrama de desplazamiento.....	112
3.3.8.	Movimiento armónico simple.....	112
3.3.9.	Movimiento cicloidal	112
3.4.	Unidad 4: Engranajes.....	113
3.4.1.	Nomenclatura de un engranaje	113

3.4.2.	Tipos de engranajes	113
3.5.	Unidad 5: Cadenas de transmisión de potencia	115
3.5.1.	Tipos de fallas en cadenas	115
3.5.2.	Cadenas de rodillos y sus tipos	115
3.5.3.	Tipos de cadenas de transmisión de potencia	115
3.5.4.	Descripción de un <i>sprockets</i>	116
3.5.5.	Comparación de cadenas con otros medios de transmisión de potencia	116
3.6.	Conceptos básicos	117
3.6.1.	Análisis y síntesis	117
3.6.2.	Ciencia de la mecánica.....	117
3.7.	Mecanismos de eslabones articulados	118
3.7.1.	Mecanismos fijos	118
3.7.2.	Distancia entre articulaciones	119
3.7.3.	Tipos de movimientos de un mecanismo.....	119
3.8.	Diseño de perfiles de levas.....	119
3.8.1.	Diagrama de desplazamiento	119
3.9.	Engranajes	120
3.9.1.	Ley fundamental del engranaje.....	120
3.9.2.	Engranajes intercambiables.....	120
3.10.	Cadenas	121
3.10.1.	Diseño para cadenas de transmisión.....	121
3.10.2.	Lubricación para cadenas.....	121
3.10.3.	Fallas comunes en las cadenas de transmisión ...	122
4.	RESPUESTAS SUGERIDAS PARA EL CUESTIONARIO DIDÁCTICO.....	123
4.1.	Unidad 1: Máquinas y mecanismos.....	123
4.1.1.	Movimientos de traslación rectilínea.....	124

4.1.2.	Traslación curvilínea o cicloide.....	124
4.1.3.	Combinación de rotación y traslación.....	125
4.1.4.	Movimiento helicoidal	125
4.1.5.	Términos complementarios	125
4.1.6.	Formas de transmisión de un movimiento.....	126
4.2.	Unidad 2: Mecanismos de eslabones articulados	126
4.2.1.	Mecanismos de cuatro barras articuladas	127
4.2.2.	Ley de Grashof.....	127
4.2.3.	Tipos de mecanismos	128
4.2.4.	Mecanismos de retorno rápido	129
4.2.5.	Mecanismos de línea recta.....	129
4.2.6.	Pantógrafo.....	130
4.2.7.	Mecanismos de movimiento intermitente	131
4.3.	Unidad 3: Diseño de perfiles de levas	132
4.3.1.	Nomenclatura de perfiles de levas	132
4.3.2.	Movimiento lineal en un seguidor de leva.....	132
4.3.3.	Movimiento angular en un seguidor de leva	133
4.3.4.	Árbol de levas o ejes	133
4.3.5.	Tipos de levas	133
4.3.6.	Tipos de seguidores de levas.....	134
4.3.7.	Diagrama de desplazamiento.....	134
4.3.8.	Movimiento armónico simple	135
4.3.9.	Movimiento cicloidal	135
4.4.	Unidad 4: Engranajes.....	135
4.4.1.	Nomenclatura de un engranaje	136
4.4.2.	Tipos de engranajes.....	137
4.5.	Unidad 5: Cadenas de transmisión de potencia	139
4.5.1.	Tipos de fallas en cadenas.....	140
4.5.2.	Cadenas de rodillos y sus tipos.....	140

4.5.3.	Tipos de cadenas de transmisión de potencia.....	140
4.5.4.	Descripción de los <i>sprockets</i>	141
4.5.5.	Comparación de cadenas y otros medios de transmisión de potencia.....	141
4.6.	Conceptos básicos.....	142
4.6.1.	Análisis y síntesis.....	143
4.6.2.	Ciencia de la mecánica.....	143
4.7.	Mecanismos de eslabones articulados.....	145
4.7.1.	Mecanismos fijos.....	146
4.7.2.	Distancia entre articulaciones.....	147
4.7.3.	Tipos de movimientos en un mecanismo.....	147
4.8.	Diseño de perfil de levas.....	147
4.8.1.	Diagrama de desplazamiento.....	148
4.9.	Engranajes.....	148
4.9.1.	Ley fundamental del engranaje.....	149
4.9.2.	Intercambio de engranajes.....	149
4.10.	Cadenas.....	150
4.10.1.	Diseño para cadenas de transmisión.....	150
4.10.2.	Lubricación para cadenas.....	151
4.10.3.	Fallas comunes en las cadenas de transmisión ...	151
CONCLUSIONES.....		153
RECOMENDACIONES.....		155
BIBLIOGRAFÍA.....		157
ANEXOS.....		161

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Junta de corredera en traslación.....	3
2.	Traslación cicloide.....	5
3.	Cuerpo en movimiento rotacional.....	6
4.	Movimiento rotacional y traslacional	7
5.	Ejemplo de un mecanismo de cuatro barras	12
6.	Tipos de mecanismos de 4 barras	14
7.	Mecanismo manivela – manivela	17
8.	Mecanismo centrado en biela manivela corredera.....	19
9.	Mecanismo de Yugo Escocés	20
10.	Mecanismo de manivela descentrado	21
11.	Mecanismo de cepillo.....	22
12.	Mecanismo Whitworth.....	23
13.	Eslabón de arrastre	24
14.	Mecanismo de Watt.....	25
15.	Mecanismo isósceles	26
16.	Mecanismo de Peaucellier	27
17.	Pantógrafo.....	29
18.	Pantógrafo inverso	30
19.	Pantógrafo no inverso	31
20.	Engranaje intermitente	32
21.	Rueda de Ginebra	33
22.	Fases de una rueda de Ginebra.....	33
23.	Mecanismo de Ginebra Lineal.....	34

24.	Mecanismo de rueda y trinquete.....	35
25.	Partes de un perfil de levas	37
26.	Nomenclatura del perfil	39
27.	Diagrama de desplazamiento de una leva.....	40
28.	Movimiento lineal	40
29.	Movimiento angular.....	41
30.	Tipos de levas.....	43
31.	Tipos de movimiento del seguidor	43
32.	Tipos de seguidores.....	45
33.	Derivadas cinemáticas.....	47
34.	Movimiento parabólico	48
35.	Movimiento armónico simple	49
36.	Movimiento cicloidal.....	49
37.	Partes de un engranaje.....	52
38.	Engranaje recto.....	54
39.	Engranajes helicoidales.....	55
40.	Engrane de dientes doble helicoidales	56
41.	Cónico de dientes rectos	57
42.	Engrane cónico de dientes helicoidales.....	58
43.	Engrane cónico hipoidal.....	59
44.	Cremallera y piñón.....	60
45.	Tornillo sinfín y engrane de tornillo sinfín.....	62
46.	Engranajes no circulares	63
47.	Trenes de engranajes simples.....	64
48.	Tren de engranaje.....	66
49.	Cadenas de rodillos	70
50.	Cadena transportadora de rodillos.....	72
51.	Cadenas de cargas.....	73
52.	Cadena de bulones.....	74

53.	Cadena desmontable	75
54.	Cadena de hileras múltiples	76
55.	Formas de <i>sprockets</i>	77
56.	Tipos de correas	78
57.	Banda sincrónica de transmisión	81
58.	Disciplinas de la mecánica	85
59.	Diagrama de desplazamiento.....	93
60.	Seguidor de rodillo	94
61.	Transmisión típica de cadena	98

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
D_1	Diámetro de paso en un engranaje
ΔP	Diferencia entre el punto inicial y el punto final
γ	Distancia de traslación para un seguidor de movimiento alternativo
$\theta(t)$	Función que describe el movimiento angular de salida en función del tiempo de un perfil de leva
L	Longitud de una cadena
P	Pasa de una cadena
r	Radio de un disco o engranaje
C	Relación adecuada entre centros de engranajes
θ	Revolución de un cuerpo
N	Tamaño del engranaje y número de dientes
w	Velocidad angular del engranaje
v	Velocidad tangencial

GLOSARIO

Abscisa	Es el punto o coordenada en el eje x del punto. Es la distancia horizontal al eje vertical.
Addendum	Es la parte del diente comprendida entre la circunferencia interior y la circunferencia primitiva en un engranaje.
Articulaciones	Es la conexión entre dos eslabones que permiten que ambos se muevan por un punto de apoyo permitiendo en movimiento de ambos al mismo tiempo con grados de libertad según el diseño del mecanismo.
Cicloide	Es una curva descrita por un punto de la circunferencia, cuando rueda sobre una recta sin resbalar.
Cinemática	Es la rama de la física que describe el movimiento de los objetos sólidos, en este caso no se considera el origen de la fuerza.
Cinética	Es el trabajo necesario para acelerar un cuerpo cualquiera desde el reposo a una velocidad determinada.
Cresta	Es la parte exterior del diente de un engranaje.

Dedendum	Es la distancia entre el radio del círculo primitivo de un engranaje y el círculo raíz.
Derivada cinemática	es el valor de una magnitud según el grado de una derivada.
Equilibrio	Se define cuando la suma de fuerzas y momentos sobre las partículas de un cuerpo del sistema es cero.
Eslabón	Es un cuerpo rígido que posee al menos dos uniones entre eslabones.
Fase	Sucede cuando los eslabones de un mecanismo pasan por la posición inicial una vez o es el ciclo completo de un mecanismo.
Flanco	Es la cara interior del diente de un engranaje.
Flexibilidad	Es la capacidad de un cuerpo a adaptarse con facilidad a diversas condiciones que se puedan dar de forma externa.
Fuerza	Es un fenómeno físico con la capacidad de modificar la velocidad de desplazamiento o movimiento de un cuerpo.
GLD	Grado de libertad de un cuerpo en movimiento.

Grado de libertad	Es un número que representa las coordenadas independientes que suceden simultáneamente en cada partícula de un sistema dinámico, es decir contabiliza las direcciones de los diversos movimientos que suceden en un cuerpo.
Helicoidal	Movimiento rototraslatorio que es la combinación de un movimiento rotatorio en torno a un eje con un movimiento traslacional.
Impulsor	Es una varilla que tiene un extremo montado en un seguidor que transmite el movimiento de vaivén en un perfil de leva.
Interactuantes	Eslabón que actúa juntamente con otro eslabón.
Involuta	Perfil que es geoméricamente curvo, se utiliza como base para diseñar perfiles de dientes de engranajes.
Leva	Pieza mecánica que se utiliza para transformar un movimiento circular constante en movimiento rectilíneo alternativo.
Máquina	Es un conjunto de mecanismo y piezas ajustadas entre sí, utilizados para transformar energía en trabajo.
Mecánica	Parte de la física que estudia el movimiento y equilibrio de un cuerpo.

Mecanismo	Es un conjunto de elementos que se ajustan entre si empleando energía mecánica para poder realizar un trabajo.
Movimiento oscilatorio	Movimiento que ocurre en torno a un punto que está en equilibrio.
Movimiento relativo	Un movimiento relativo depende de un sistema de referencia, cuando un eslabón se mueve depende de un movimiento inicial.
Par motor	Es un momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de potencia.
Pares	Es la unión entre dos mecanismos.
Piñón	Denominación que se le da a la rueda más pequeña de un par motor de ruedas dentadas o engranajes.
Pivote	Extremo de una pieza mecánica, que está apoyada o insertada en una base de manera que pueda girar o permite oscilaciones de otra pieza.
Potencia	Es la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.

Rigidez	Es la capacidad que tiene un cuerpo de resistir una deformación cuando se aplica una fuerza externa, además de volver a su forma original.
RPM	Revoluciones por minuto.
Seguidor	Elemento de un mecanismo de leva, pieza fija que realiza un movimiento de traslación alternativo que parte del movimiento de entrada de la leva.
<i>Sprokets</i>	Es una rueda dentada perfilada con dientes que engranan una cadena.
Trabajo	Es la energía que necesita un cuerpo para moverse.

RESUMEN

A raíz de la necesidad de una constante evolución en el aprendizaje de la ingeniería, pero centrándose en la ingeniería mecánica, dentro de su pensum existe una rama del diseño máquinas que es de vital importancia el conocimiento para una correcta aplicación, para un progreso constante en la industrialización de un país que necesita generar oportunidades.

Para un nuevo enfoque en el área de diseño, en el curso de mecanismos, se busca optimizar el contenido pragmático del curso, permitiendo un eficiente entendimiento de este recurso que es de suma importancia para comprender el funcionamiento de una máquina simple para la construcción de máquinas complejas que realicen un trabajo a gran escala en la industria, necesarios para convertir producir a gran escala, optimizando los recursos naturales de un país que tiene la capacidad de ser un productor en diversas áreas.

Para el diseño y creación de máquinas complejas, se utilizan varios mecanismos básicos para un movimiento específico, si se desea realizar un trabajo que tenga n etapas, debemos suponer que se utilizan n mecanismos para un el funcionamiento correcto, es necesario comprender como funciona cada mecanismo, sus movimientos de entrada y de salida, para obtener mejoras en los diseños y llegar a una innovación para la fabricación de nuevos sistemas.

La adquisición de los conocimientos en el campo de los mecanismos es la clave para el descubrimiento de máquinas para la industria y el progreso para un país. Para hacer esto posible, se realizará una síntesis de la información de los contenidos dados en el pensum de estudio, para realizar una investigación de

cada mecanismo, mejorando en la medida de lo posible la información y simplificando para una mejor comprensión y mejorar los diseños actuales, logrando el objetivo de adquirir un mejor conocimiento de la ingeniería mecánica, su aplicación y en el futuro, un mejoramiento en el diseño de máquinas.

OBJETIVOS

General

Compilar información para la realización de un texto paralelo para el curso de mecanismos.

Específicos

1. Mencionar los temas del curso de mecanismos impartidos actualmente en la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. Explicar el contenido actual del curso de mecanismos, referente a información establecida.
3. Establecer un cuestionario didáctico para el curso de mecanismos, integrando contenidos, información y ejemplos.
4. Sugerir respuestas con base en el cuestionario didáctico propuesto para el curso de mecanismo y así evaluar la conveniencia del texto paralelo propuesto.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de la ingeniería es aplicar la ciencia en términos de diseño, invención y mejoramiento de procesos en la industria. La rama de interés en este trabajo se enfocará en la ingeniería mecánica que es una de las ramas antiguas que combina principios físicos y matemáticos con la ciencia de los materiales, para analizar, diseñar, construir y darle mantenimiento a sistemas complejos.

En el estudio de ingeniería mecánica, donde se aplica el estudio a máquinas y todo lo concerniente al área térmica, materiales utilizados para la creación e innovación y su mantenimiento. En un punto dado, es necesario tener una comprensión del funcionamiento de una máquina, partiendo de su parte más simple que es un mecanismo, que funciona como una célula en un ser vivo, dependiendo de la complejidad del trabajo que se necesita es el número de mecanismos que deben funcionar con armonía, cada movimiento debe ser preciso para no interferir con el siguiente, dando como resultado arte dentro de una máquina.

En la búsqueda de tener movimientos afinados en un conjunto de piezas, los mecanismos que utilizan un sistema para su funcionamiento se pueden mejorar, optimizar o sustituir. Esto es posible teniendo una guía que reúna información e investigación, previamente seleccionado, reuniendo lo esencial del curso, logrando como meta un conocimiento enfocado en la innovación para la aplicación de la ingeniería mecánica en el campo.

Con lo descrito anteriormente, este trabajo de investigación, se enfoca en la realización de un texto paralelo para el curso de mecanismos, que consiste en reunir y reconstruir la información de diversos textos con el fin de tener un aprendizaje enfocado en las características básicas para luego profundizar en temas más complejos.

1. CONTENIDOS PROGRAMÁTICOS EN EL PROGRAMA ACTUAL

Este capítulo es un compendio de los temas que se definen en el curso de mecanismos, que forman parte del contenido teórico del curso. Siendo un resumen de las definiciones que se deben tener claro para poder comprender un mecanismo como tal.

1.1. Unidad 1: Máquinas y mecanismos

Una parte fundamental para el diseño de máquinas es el estudio de los tipos de mecanismos tal como levas, engranajes y cadenas. Es el dispositivo encargado de transformar cualquier movimiento en un patrón controlado o deseado dentro de la máquina, que pueden ser elementos rígidos o móviles, y por lo general desarrolla fuerzas bajas transmitiendo poca potencia. Lo anterior mencionado se puede definir como un medio de transmisión, restricción o control de un movimiento que es relativo en su espacio.

En general, una máquina contiene diversos mecanismos que son diseñados para generar y transmitir fuerzas que son significativas. El principio común de una máquina puede ser una barra de cualquier material utilizado como una palanca, un dispositivo más complejo como un reloj analógico, una lámpara o ajustable un dispensador de productos variados, unidos entre sí mediante diferentes tipos de uniones que se conocen como pares cinemáticos, pernos, uniones de contacto.

Los ejemplos anteriores de las máquinas que poseen movimientos similares a los mecanismos mencionados se pueden nombrar la puerta de la bóveda de

un banco, la caja de cambios de un vehículo, un robot y juegos mecánicos en un parque de diversiones.

No hay una manera de clasificar un mecanismo y una máquina, pero por definición, una máquina contiene un conjunto de mecanismos que transmiten fuerza desde cualquier fuente de energía, hasta una resistencia que se desea vencer. Lo antes mencionado difiere de su grado y no en su clase. Si los niveles de energía o la cantidad de fuerza que hay en el dispositivo son significativos, se considera como una máquina. En el caso contrario, se considera como un mecanismo.

El trabajo de una máquina, por definición, es un conjunto de elementos dispuestos para transmitir un movimiento diseñado en una forma predeterminada. Si a un mecanismo se le agrega energía y movimiento, se convierte en una máquina.

En ocasiones se puede tratar un mecanismo como un dispositivo cinemático, si funcionan a bajas velocidades y si se cargan en exceso. Es decir que se puede analizar cinemáticamente, es decir, son considerar las fuerzas que interactúan en la máquina. En el caso de una máquina, primero se debe considerar como mecanismo (para esto, debe funcionar a altas velocidades), y así sus velocidades y aceleraciones se analizarán cinemáticamente.

Posterior a esto, se puede considerar como sistemas dinámicos, porque las fuerzas dinámicas y estáticas producidas por esas aceleraciones son analizadas mediante principios de cinética.

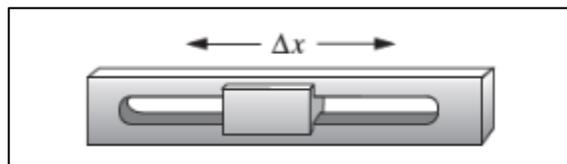
1.1.1. Aplicaciones de la cinemática

En primer lugar, para resolver cualquier problema de diseño de máquinas, es determinar la configuración cinemática necesaria para producir los movimientos deseados. Para el análisis de esfuerzos y fuerzas, se necesita realizar primero los problemas cinemáticos.

En teoría cualquier dispositivo o máquina que realiza un movimiento deseado, contiene uno o más elementos cinemáticos, como cadenas, bandas, engranajes, levas, eslabonamientos. Un ejemplo de un sistema cinemático para lo anterior podría ser el mecanismo de una bicicleta que utiliza una cadena para generar la multiplicación del par de torsión, y para el frenado el sistema de cables como un eslabonamiento. En el caso de máquinas más complejas como un vehículo que lo componen más dispositivos cinemáticos.

En equipos más grandes como máquinas de construcción, retroexcavadoras que utilizan extensamente eslabones en su diseño, las máquinas de ejercicio que utilizan cilindros hidráulicos para amortiguar impactos. Pero cada máquina parte de un mecanismo básico, por ejemplo, en la figura 1 se muestra una junta de corredera completa, donde una pieza se puede mover en ambas direcciones en una sola dimensión.

Figura 1. **Junta de corredera en traslación**



Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 11.

1.1.2. **Movimiento de traslación rectilínea**

Un cuerpo libre rígido se puede mover dentro de un marco de referencia, tendrá un movimiento complejo, esto se debe a que hay una combinación de movimiento de rotación y traslación, como sucede en un neumático de un vehículo.

En el plano tridimensional, puede haber rotación alrededor de un eje y también de traslación simultaneo que se puede visualizar a lo largo de sus tres ejes. En este caso, se simplificará el análisis a sistemas cinemáticos planos o bidimensionales.

Una traslación pura describe una trayectoria paralela, a lo largo de los puntos del cuerpo, ya sea curvilíneo o rectilíneo. Si se mueven hacia atrás y hacia adelante se dice que el cuerpo está oscilando. Una línea de referencia trazada en el cuerpo cambia su posición lineal pero no la orientación angular.

El movimiento de traslación se puede definir como un estado de movimiento de un cuerpo, que tiene un desplazamiento entre dos puntos cualesquiera. La siguiente ecuación representa la diferencia de desplazamiento lo cual afirma que, entre estos dos puntos del cuerpo son iguales.

$$\Delta P_{AB} = \Delta P_A - \Delta P_B = 0$$
$$\Delta P_A = \Delta P_B$$

Donde:

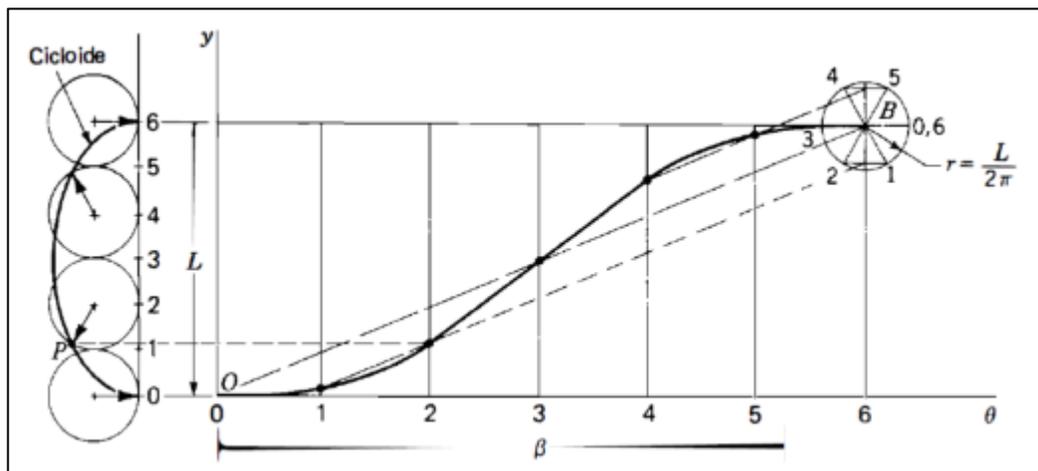
ΔP : es un punto cualquiera en un espacio entre el inicio y el final de movimiento dado.

1.1.3. Traslación curvilínea o cicloide

En un movimiento de este tipo el desplazamiento de las partículas que conforman el objeto no se realiza en forma rectilínea. Sino que las partes se mueven en curvas paralelas. Por tanto, se puede considerar el movimiento curvilíneo como la composición de movimientos rectilíneos a lo largo de los ejes coordenados.

Por lo tanto, un movimiento cicloide es una curva importante para las ciencias Matemáticas y Físicas que se encuentran al estudiar varios fenómenos físicos, tal como, la trayectoria de un punto del borde de un disco que rueda sin deslizar sobre una superficie horizontal. Un punto en el borde del disco describe una curva que denomina cicloide (palabra griega que significa circular). Al giro del disco le corresponde un arco de la cicloide. En la figura 2 se muestra figurativamente un movimiento cíclico durante un recorrido completo.

Figura 2. **Traslación cicloide**



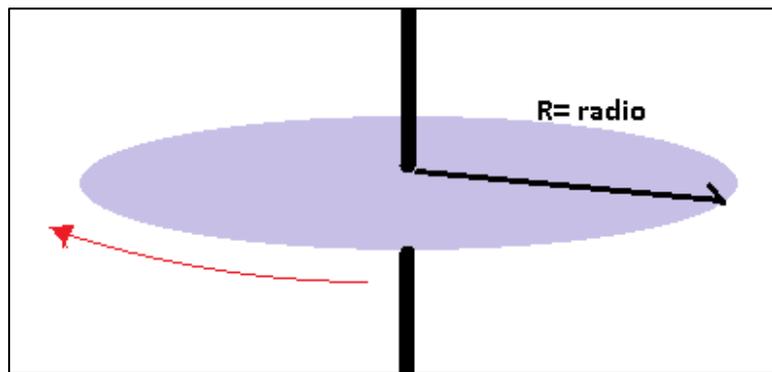
Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 21.

1.1.4. **Movimiento rotacional**

El movimiento de rotación se obtiene en el instante que, cada punto de un cuerpo rígido con un movimiento que tiene una distancia fija o constante de un eje. En el caso de que el cuerpo se mueva en forma de vaivén.

En la figura 3, se ejemplifica un disco que está rotando en dirección horario, sobre su eje.

Figura 3. **Cuerpo en movimiento rotacional**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

1.1.5. **Combinación de rotación y traslación**

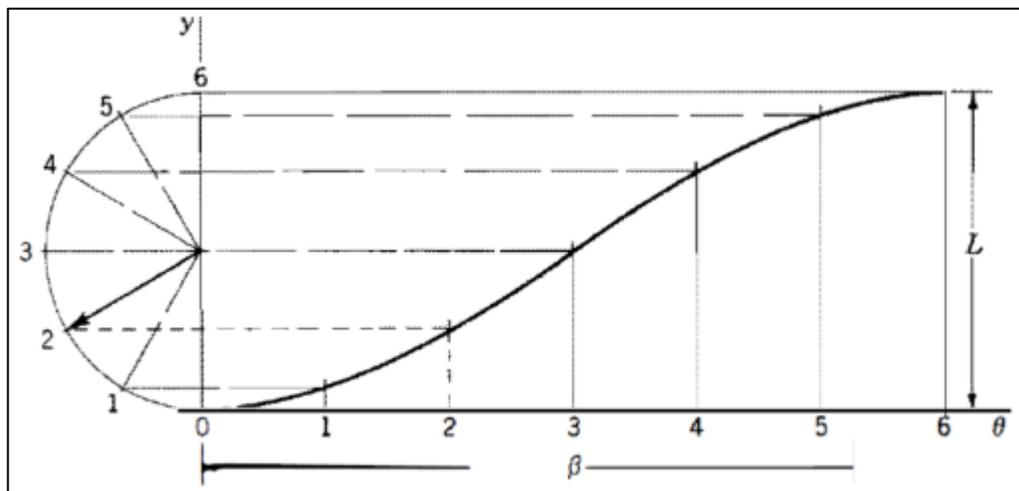
Se puede decir que la rotación o traslación de un cuerpo no se puede definir basándose en el movimiento de un solo punto. Esto se trata de movimientos de características de un sistema de coordenadas, por lo tanto, no se puede hablar rotación de un punto, debido que no tiene sentido la orientación angular de un punto.

Así mismo es incorrecto asociar los términos rotación y traslación con características curvilíneas y rectilíneas en la trayectoria de un solo punto, sin importar que punto se tome como referencia.

En la aplicación, un cuerpo, que ahora se denominara eslabón, puede tener cualquier forma. Pero un eslabón cinemático, se define como una línea entre juntas, dentro un marco de referencia permite un movimiento relativo entre eslabones adyacentes. Estas juntas permiten movimiento combinas de rotación y traslación.

En la figura 4, se muestra un diagrama de desplazamiento, un semicírculo y una abscisa es dividida en 6 partes. Su trayectoria es un movimiento de rotación y traslación, donde se construye una línea que parte del punto 2 del semicírculo y coincide en el punto dos de a la abscisa.

Figura 4. **Movimiento rotacional y traslacional**



Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 23.

1.1.6. Movimiento helicoidal o helicoidal

Es un movimiento roto-traslatorio que resulta de combinar un movimiento de rotación en torno a un eje dado en combinación a un movimiento de traslación a lo largo de ese mismo eje, como resultado se genera un movimiento helicoidal. El eje de referencia se le denomina eje instantáneo de rotación y deslizamiento de la partícula. Un ejemplo de este movimiento se puede encontrar en el filamento de un tornillo, al seguir el recorrido se describe.

1.1.7. Términos complementarios

Se necesitan algunos conocimientos y términos básicos para el desarrollo de mecanismo, de forma complementaria que servirán para el análisis y comportamiento de un conjunto de eslabones.

- **Ciclo:** en un mecanismo un ciclo se cumple al momento de pasar de forma consecutiva por sus infinitas posibles posiciones regresando a su posición inicial. Por definición es un acontecimiento que pasa en un orden hasta llegar a una fase que se repiten en el mismo orden.
- **Período:** es el tiempo que requiere cada ciclo terminado de un movimiento u oscilación. El tiempo es la magnitud física con la que se mide la duración o separación de cada ciclo, permitiendo ordenar los sucesos en secuencias infinitas, utilizando como unidad de medida el segundo y sus conversiones.
- **Fase:** indica la posición relativa de un mecanismo en un movimiento que es cíclico, siendo este una fracción del periodo transcurrido desde el

instante que corresponde al estado que se toma como referencia. (Sincronización en un mecanismo compuesto).

1.1.8. Formas de transmisión de movimiento

En un mecanismo hay diversas formas en las que puede cambiar de posición con el movimiento de un eslabón. Sin importar qué tan complejo sea, tendrá, por cada posición instantánea, un centro de masa global localizado en un punto en particular.

- Por contacto directo entre dos miembros: cuando dos miembros de un mecanismo entran en contacto, se puede transmitir el movimiento. Un ejemplo son los engranajes de transmisión de potencia, al ser acoplados, se le denomina motriz al engrane que emite energía y la otra conducida, o el movimiento que una leva imprime al seguidor.
- Por medio de un eslabón intermedio o biela: este tipo de movimiento se puede producir en los dos sentidos, tanto como circular a alternativo como alternativo a circular. Se pueden mencionar varios mecanismos de este tipo, como:
 - Biela- manivela: está compuesto por una barra rígida que realiza un movimiento lineal alternativo y una manivela que realiza un movimiento circular. La biela se une a la manivela por articulaciones y su movimiento suele ser guiado. La transformación del movimiento se puede realizar en los dos sentidos, obteniendo movimiento circular cuando la transmisión es biela manivela y movimiento alternativo cuando la transmisión es manivela biela.

- Cigüeñal: es un conjunto de manivelas que están dispuestas sobre un mismo eje. En los codos se acoplan bielas, cuyo desplazamiento al girar el cigüeñal es el doble de su radio. Para que el movimiento de las bielas sea correcto, estas tienen que moverse sobre guías. Conectando varias bielas a un cigüeñal se puede conseguir movimientos alternativos y secuenciales, como en un motor de combustión interna.
- Leva-seguidor: una leva es una rueda unida a un eje que tiene salientes o entradas que, al girar, comunican su movimiento a un seguidor, al cual transmiten el movimiento alternativo. La forma de la leva es la que determina el movimiento del seguidor.
- Excéntrica: es una rueda que gira sobre su eje, pero no pasa por su centro. Transmite el movimiento de una leva a un seguidor.
- Por medio de un conector flexible: este tipo de movimiento sucede cuando se tiene transmisión de movimiento por medio de bandas o fajas entre poleas, y en una cadena entre *sprockets*.

1.2. Unidad 2: Mecanismos de eslabones articulados

Es un elemento que permite modificar una fuerza, una velocidad de entrada y/o un movimiento de entrada en otros diferente de salida.

Como se ha mencionado, los movimientos que pueden realizar los mecanismos dentro de una máquina son lineales, alternativo, de rotación y oscilante.

Un mecanismo tiene un movimiento o fuerza de entrada al mecanismo, donde se transforma, a un movimiento o fuerza de salida diferente, donde se clasifican en 3 grupos:

- Mecanismo de transmisión: utilizados para modificar la fuerza de entrada por una diferente de salida, ya sea disminuyendo o aumentando la magnitud, transmitiendo fuerzas de un punto a otro.
- Mecanismo de transformación: son aquellos en los que el elemento motriz y el conducido tienen un movimiento diferente, transformando la velocidad o movimiento de ingreso en otro de salida, se puede mencionar un sistema de poleas donde la velocidad de entrada se transforma en otra de salida.
- Otros mecanismos: en una clasificación general, entran mecanismos que regulan el movimiento, como los frenos de disco de un automóvil, para desacoplar o acoplar ejes, como el embrague, o los que acumulan energía, como los muelles (siendo este un sistema de suspensión del vehículo, que absorben el impacto y el peso, para mantener las llantas pegadas al suelo).

1.2.1. Mecanismos de cuatro barras articuladas

Un mecanismo se puede clasificar haciendo hincapié en sus diferencias y similitudes. Un mecanismo plano es el que todas las partículas describen curvas planas en el espacio que se encuentran en planos paralelos. Descrito esto, cualquier movimiento que ocurra dentro de este plano se denomina coplanar.

Un eslabón es la parte básica que conforma un mecanismo, mientras aumenta el número de articulaciones y eslabones. Si se considera un

eslabonamiento de cuatro barras, significa que, un mecanismo cuenta con cuatro eslabones conectados por cuatro pasadores cuyos ejes son paralelos.

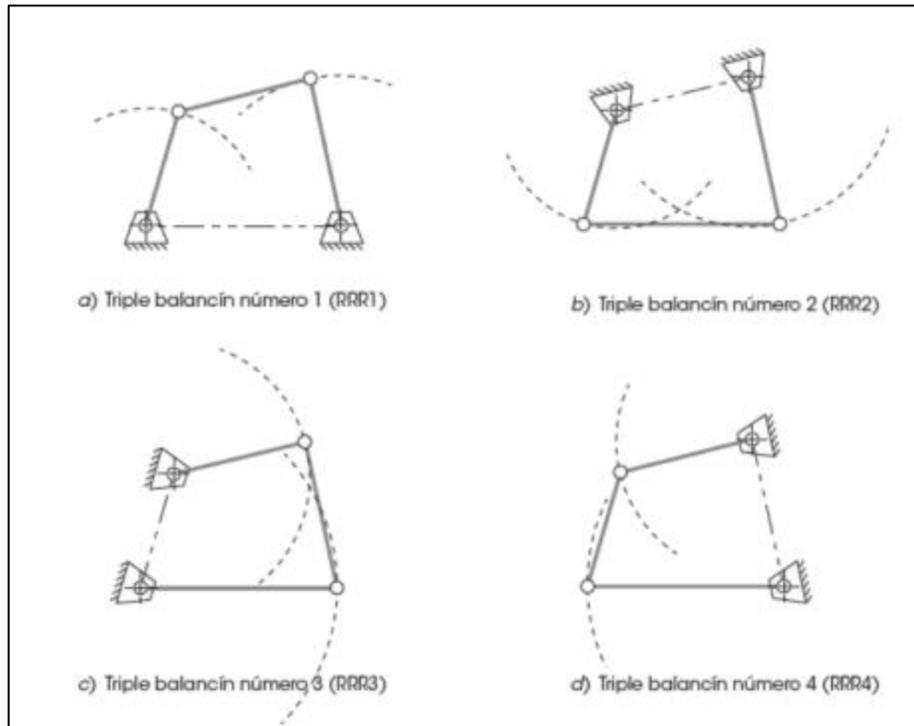
Este paralelismo es hipotético, debido que, en un plano tridimensional, esta forma es casi imposible por fuerzas, rigidez o torsión que se pueda generar en un movimiento, por cuestiones de simplificación de análisis, se tomara como en un plano.

Es un mecanismo articular simple para movimiento controlado. Aparece con varias formas, como de manivela-corredera. Es tan común y omnipresente que se utiliza en maquinaria. Puede generar movimientos variados. Debido a esto deberá estar entre las primeras soluciones para controlar movimientos.

Esta clasificación permite predecir el tipo de movimiento que se puede esperar de un eslabonamiento de cuatro barras con base en los valores de sus relaciones de eslabones.

El movimiento angular de un eslabonamiento no es dependiente de los valores absolutos de cada longitud de los eslabones. En la figura 5, se ejemplifica un mecanismo de cuatro barras.

Figura 5. Ejemplo de un mecanismo de cuatro barras



Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 14.

- Manivelas paralelas

Este mecanismo se encarga de transmitir un movimiento circular y velocidad similar, entre sí. En la figura 6 se observa que el movimiento es circular, tanto en la barra O_2 -A, como en la barra O_4 -B, generando un movimiento de traslación curvilínea en la barra AB3.

Un mecanismo comúnmente utilizado en máquinas transportadoras o máquinas de ejercicio que necesitan un movimiento repetitivo simétrico (como una elíptica).

- Manivelas no paralelas

Es un mecanismo con características similares al mencionado anteriormente, pero transforma la velocidad y movimiento en un punto a otro, dependiendo si el movimiento motriz proviene de la manivela superior o inferior.

En la figura 6, tomando como referencia la barra O_2-A , como motriz, la barra AB_3 transmite, en un ángulo agudo, el movimiento a la barra O_4-B , de velocidad y movimiento menor.

- Manivela balancín

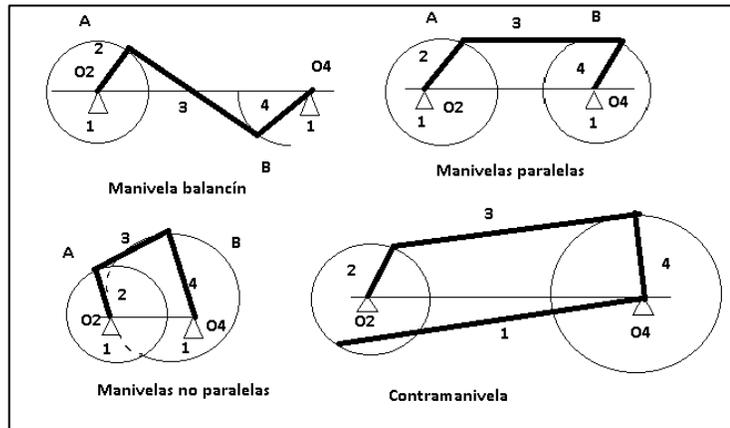
Una manivela es un mecanismo de movimiento simple, con la capacidad de completar una rotación desde un centro fijo, unido a un balancín, que es un eslabón simple que oscila hasta un determinado ángulo de amplitud, revirtiendo su dirección en intervalos, mientras que se completa la rotación de la manivela, el balancín ha hecho un recorrido completo en forma de vaivén.

En la figura 6, la barra O_2-A es la manivela que hace un recorrido circular. Mientras que la barra O_4-B es el balancín.

- Contramanivela

Es un mecanismo que consiste en dos manivelas con rotación continua; las dos manivelas dan una vuelta completa que son diferentes en diámetro. En la figura 6 se muestra una contramanivela.

Figura 6. **Tipos de mecanismos de 4 barras**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

1.2.2. Ley de Grashof

Esta ley establece, para mecanismos de cuatro barras, donde por lo menos una de ellas esta fija y otra pueda dar un giro completo sin problemas, entonces la suma de la barra más corta y la barra más larga sea menor o igual que la suma de las otras dos barras. En un arreglo real, cada barra esté ocupando planos paralelos diferentes.

La ley de Grashof sencillamente permite el diseño de mecanismos para rotaciones completas, en donde exista un motor involucrado para dar potencia o por la necesidad de transformar un movimiento rotatorio en oscilatorio, de forma que física y matemáticamente sea viable.

- Ley de Grashof en casos límite

En este caso se supone el mecanismo con cuatro barras articuladas con las siguientes longitudes:

$$a > b > c > d$$

Según la ley, establece que al menos una barra pueda completar una revolución se cumple la siguiente condición:

$$a + b \leq c + d$$

Es esta desigualdad se puede deducir lo siguiente:

- La única barra que puede dar la revolución completa respecto de otra es la barra más corta.
- Si la barra más corta da vueltas completas respecto a otra, entonces también dará vueltas completas respecto al resto de barras.
- Tipos de movimientos: se reconocen 3 tipos de movimientos básicos si se cumple la ley de Grashof:
 - De doble manivela, cuando la barra más corta es fija y las barras adyacentes dan vueltas completas.
 - Movimiento de vaivén, si la barra corta es adyacente a la barra fija.
 - Doble balancín, si la barra corta es opuesta a la barra fija.

En el caso que se cumpla una igualdad en la fórmula de Grashof, es un caso límite en donde la suma de la barra más corta con las más larga es igual a la suma de las barras restantes. Si este caso se cumple, las barras del mecanismo en cuestión quedan alineadas, donde las articulaciones no fijas

pueden indiferentemente ir en un sentido o el otro, ocasionando que el mecanismo se detenga inesperadamente.

Cuando un mecanismo cumple la ley de Grashof son confiables y suelen tener menos tensiones en sus articulaciones, cuando más lejos estén de la igualdad en la ecuación.

- Mecanismos que cumplen con la ley de Grashof

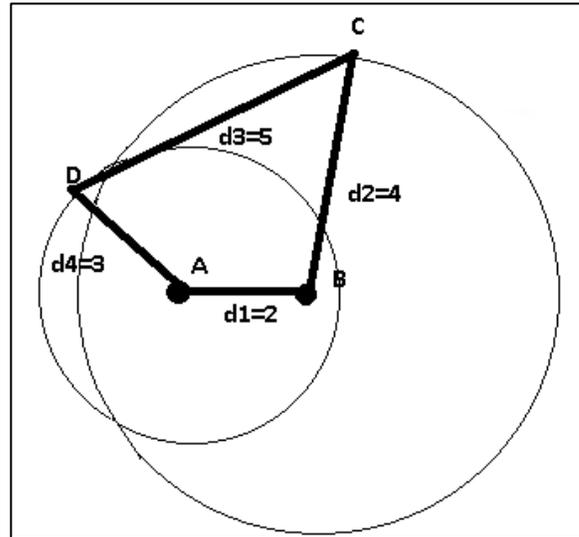
Se denotará articulaciones a, b, c y d. Para la simplificación en los siguientes diagramas se tomará de la siguiente manera:

- a y b son pivotes fijos
- $ab = d1$ (barra fija)
- $bc = d2$
- $cd = d3$
- $da = d4$

Mecanismo de doble manivela: las barras $d2$ y $d4$ giran, cumpliendo la ley de Grashof, como se muestra en la figura 7, donde la ecuación muestra un mecanismo al límite, como es con fines ilustrativos no se hará una diferencia en las distancias significativamente.

$$d1 + d3 \leq d2 + d4$$

Figura 7. **Mecanismo manivela – manivela**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

1.2.3. Mecanismo biela manivela corredera

Este tipo de mecanismo centrado en una biela manivela corredera tiene una carrera B . Que tiene un inicio y un fin en B_1 y B_2 , llamadas posición límite de la corredera. Se trazan arcos de círculo, con centro en O_2 , donde el radio, es respectivamente

$$r_3 - r_2 \text{ y } r_3 + r_2.$$

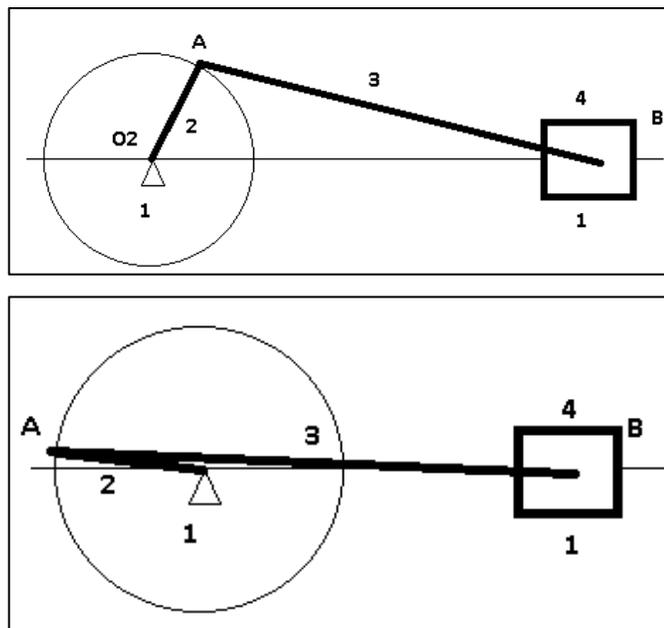
Aunque debe tener r_3 mas grande que r_2 , en un caso especial donde $r_3 = r_2$ tiene como resultado un mecanismo isósceles en la que la corredera tiene un movimiento alternativo pasando por O_2 y la carrera es 4 veces el radio de la manivela. Este tipo de acoplamiento genera una trayectoria elíptica.

En la figura 8 se muestra un mecanismo de biela manivela corredera. A partir de este diseño se puede obtener algunos efectos especiales, si se cambia

la distancia de excentricidad. Por ejemplo, la carrera B_1 y B_2 siempre es mayor que el doble del radio de la manivela. El ángulo de la manivela requerido para ejecutar la carrera hacia adelante es diferente del que corresponde a la carrera para retroceder.

Es el mecanismo principal de funcionamiento de un motor de combustión interna, ya sea para motores de cuatro tiempos o de 2 tiempos. A partir de este mecanismo, se puede generar el movimiento necesario para movilizar un vehículo, con ajustes de las medidas, carrera y radios, dan como resultado la potencia de motor, el torque y las revoluciones.

Figura 8. **Mecanismo centrado en biela manivela corredera**



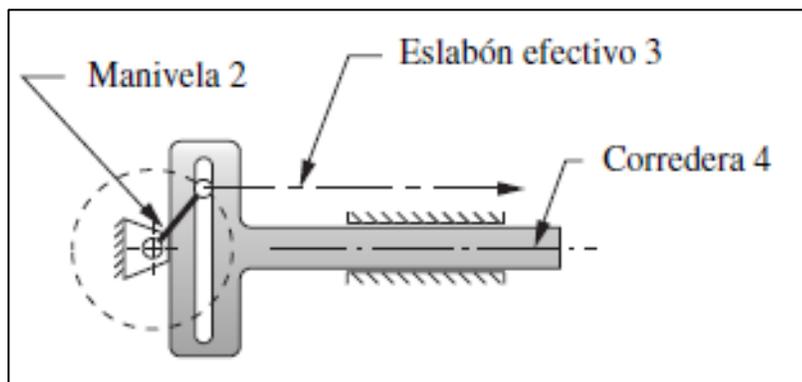
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

1.2.4. **Mecanismo Yugo Escocés**

Este mecanismo realiza un movimiento similar que una manivela simple, pero el movimiento de salida lineal es una senoide, que se utiliza para obtener un movimiento mecánico armónico simple, utilizado para obtener un movimiento circular en uno lineal o viceversa, en la figura 9 se puede observar un Yugo Escocés básico.

El movimiento que genera este mecanismo es, por lo general, utilizado en motores de combustión interna y neumáticos o en compresores alternativos, por su aplicación pseudoestática (velocidades pequeñas), en actuadores (servomotores) para válvulas de control que tienen alta presión en oleoductos (conductos con aceites) y gasoductos. En motores de vapor y aire comprimido donde se requiere mover cabrestantes en sistemas.

Figura 9. **Mecanismo de Yugo Escocés**



Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 16.

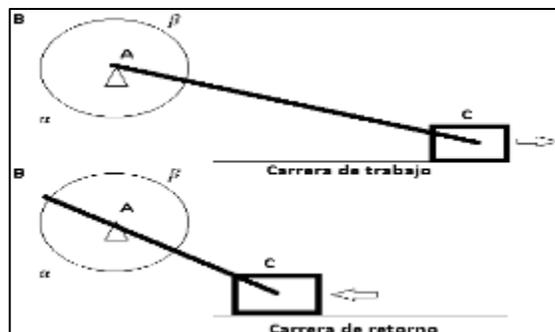
1.2.5. **Mecanismos de retorno rápido**

En muchos diseños de máquinas, se requiere una diferencia en la velocidad entre las etapas de avance y retorno del mecanismo. En algunos casos, el trabajo externo en la carrera de avance y de retorno debe realizarse tan rápido como sea posible, de tal modo que se disponga de un tiempo máximo para la carrera de trabajo. Existen un sinnúmero de configuraciones de eslabones que podrían proporcionar este funcionamiento, el reto es sintetizar la disposición correcta.

- Biela manivela descentrado

Este mecanismo tiene un movimiento similar al de biela manivela, su diferencia radica en la posición de la barra y el ángulo de su posición. β se define como el tiempo de la carrera de retorno y α es el tiempo de la carrera de avance. En la figura 10 se aprecia la descentralización que tiene la manivela, indicando la dirección del trabajo realizado y el retorno que realiza el mecanismo.

Figura 10. **Mecanismo de manivela descentrado**



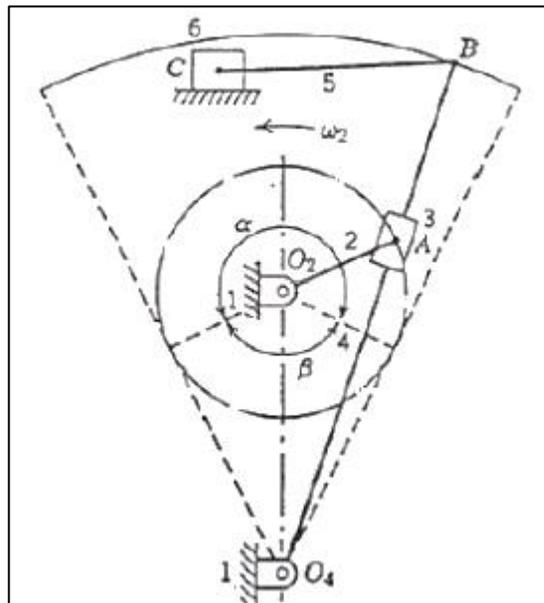
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

- Mecanismo de cepillo

En uno mecanismo es la base de las cepilladoras, máquina que realiza una operación mecánica de cepillado, que es la elaboración de superficies planas,

acanalamientos o formas geométricas, pero siempre y cuando sean superficies planas. Su funcionamiento se basa en un brazo rígido A, que tiene un movimiento recíprocante hacia adelante y hacia atrás. El brazo A está unido a un pivote O_4 . O_2 es una manivela que completa su revolución. El brazo B, también es rígido, que dibuja la sección de una circunferencia, provocando un movimiento lineal al punto C, que es el que realiza el trabajo final. En la figura 11 se puede ver el diagrama completo.

Figura 11. **Mecanismo de cepillo**



Fuente: Beetlecraft. *Introducción al análisis de mecanismos.*

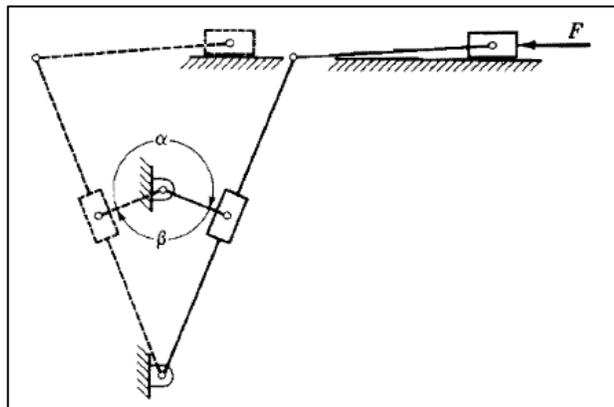
<https://beetlecraft.blogspot.com/2016/10/introduccion-al-analisis-de-mecanismos.html>. Consulta: 5 de abril de 2022.

- **Mecanismo Whitworth**

Es un mecanismo con base al de un mecanismo de Yugo Escocés giratorio, que genera movimientos irregulares con un movimiento de avance lento y un

retorno rápido. Se denomina movimiento de carrera irregular, se usa en máquinas limadoras. La manivela se mueve con una velocidad constante, porque el tiempo de avance es proporcional al ángulo de manivela, en el avance y en el retroceso, el mecanismo se diseña para que el ángulo de avance sea mayor que el ángulo de retroceso. Esto se logra colocando una barra de forma descentrada con respecto al nivel de referencia de la biela. En la figura 12 se puede ver esta característica.

Figura 12. **Mecanismo Whitworth**

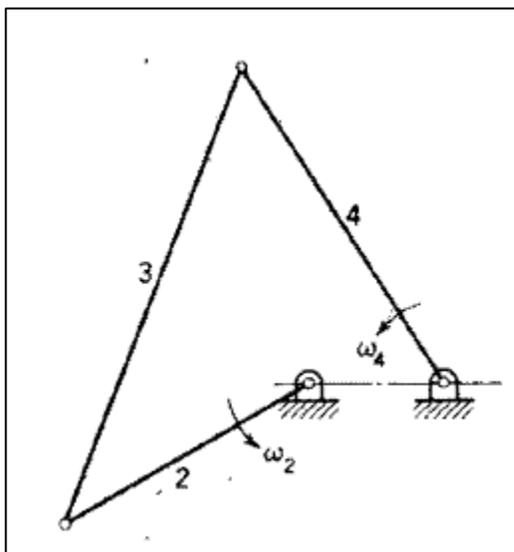


Fuente: SHIGLEY, Joseph; UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 50.

- Eslabón de arrastre

También llamado eslabonamiento de doble manivela, debido a que tiene 2 velocidades angulares de interés, w_2 y w_4 , alcanza su velocidad máxima cuando los eslabones 3 y 4 quedan perpendiculares y pueden girar continuamente como manivelas. Realizando un movimiento en el eslabón 2 con retorno rápido, como se puede ver en la figura 13, en este mecanismo los eslabones no deben ser similares a las circunferencias realizadas por que las manivelas son irregulares.

Figura 13. **Eslabón de arrastre**



Fuente: SHIGLEY, Joseph; UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 82.

1.2.6. Mecanismos de línea recta

Desde la época de Watt en el siglo XVIII se conocen los mecanismos de línea recta. Muchos científicos a lo largo del siglo pasado desarrollaron y descubrieron mecanismos de línea recta, la mayoría fueron nombrados en honor a sus creadores y descubridores. Se denomina así, porque tienen un movimiento de entrada que puede ser constante o alternativo, pero el movimiento de salida tiene una recta aproximada.

- Mecanismo de Watt

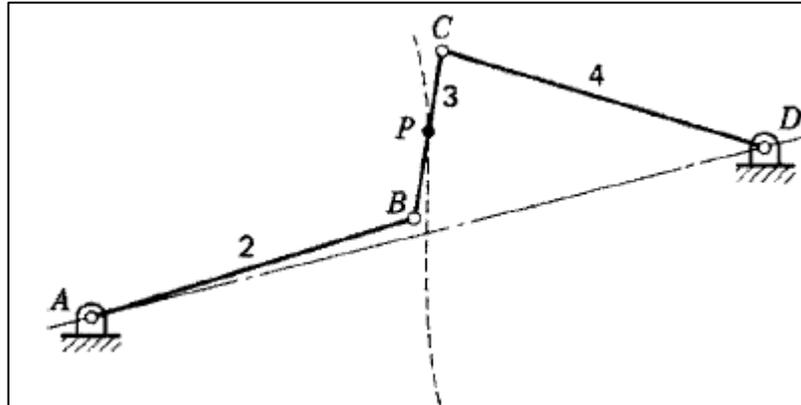
Es un mecanismo que consta de un sistema de tres barras articuladas, la barra central, es menor en tamaño a las 2 barras exteriores, que están articuladas a dos puntos fijos. También se conoce como mecanismo paralelo utilizado en

suspensiones de vehículos como mecanismos de guía lateral, este permite el movimiento vertical del eje, impidiendo su desplazamiento lateral.

En la figura 14, un mecanismo de watt, el punto P dibuja la línea punteada, generando un movimiento no rectilíneo exacto. La trayectoria se asemeja a un arco lemniscata (curva en forma de 8). El punto P está al centro de la barra CB cuando las barras AB y CD están en la misma posición. La ecuación describe una posición simétrica.

$$\frac{CP}{PB} = \frac{AB}{CD}$$

Figura 14. **Mecanismo de Watt**



Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 102.

- Mecanismo isósceles

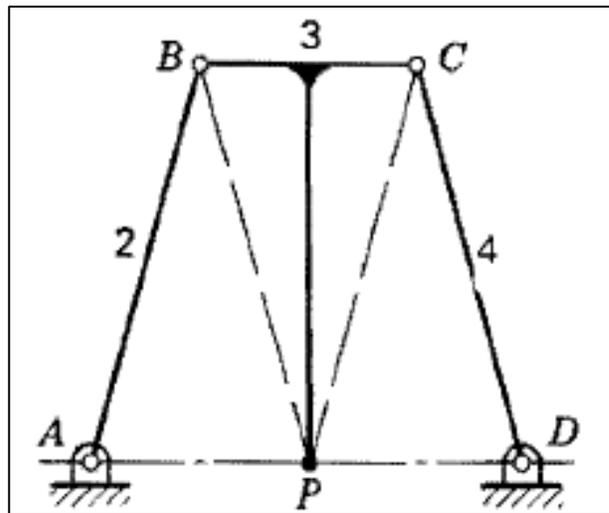
También denominado mecanismo de Roberts, por el ingeniero y constructor de máquinas británico Richard Robert, convierte un movimiento de rotación para aproximarlos a un movimiento rectilíneo. En la figura 15 el punto P describe la una

línea recta aproximada donde aparece el movimiento de retorno, el punto A es el pivote del mecanismo y el punto D actúa de manivela. La trayectoria formada indica que los eslabones forman tres triángulos isósceles congruentes.

En la siguiente ecuación, para que el mecanismo sea isósceles se debe cumplir con siguiente igualdad.

$$CB = \frac{AD}{2}$$

Figura 15. **Mecanismo isósceles**



Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 180.

- Mecanismo Peaucellier

Este mecanismo tiene un conjunto de barras articuladas, que tiene como función, transformar un movimiento circular en uno rectilíneo. Por su movimiento se considera que se mueve en un solo plano, y sus barras se mueven en planos

paralelos. Se inventó en el año de 1864 por el francés Charles-Nicolas Peaucellier (1832-1913), se utilizó en para el desarrollo de máquinas de vapor.

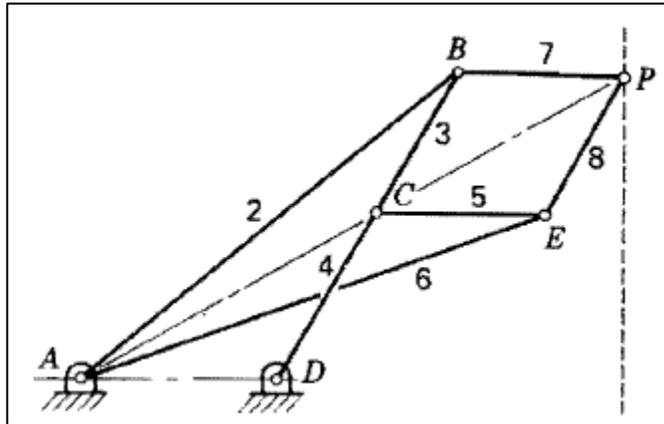
Como se muestra en la figura 16, los eslabones AB y AE son iguales, así que por simetría los puntos A, C y P al moverse pasan por el punto A. entonces en los puntos C y P son inversas entre sí (se mueven en direcciones opuestas).

En el punto D que es un pivote, pero si se cumple la igualdad $AD = CD$, el punto C tiene una trayectoria recta y el punto P tiene un movimiento rectilíneo.

Los eslabones deben cumplir con la siguiente igualdad para ser considerados mecanismo Peaucellier:

$$\begin{aligned}EP &= EC = BP = BC \\AB &= AE \\AD &= CD\end{aligned}$$

Figura 16. **Mecanismo de Peaucellier**



Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 196.

1.2.7. Pantógrafo

Es un tipo de mecanismo articulado con propiedades de un paralelogramo (rectángulo que tiene pares de lados opuestos que son iguales y paralelos dos a dos), este tipo de estructura dispone de barrillas conectadas de tal manera que se pueden mover respecto a un pivote.

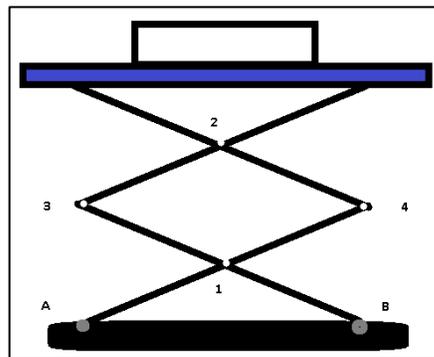
Se usa para aumentar o disminuir la relación de movimiento, pero depende de la dirección en la que se utilice. Su invención se relaciona a mecanismos utilizados en un ferrocarril, un gato hidráulico o simplemente como instrumento de dibujo para cambiar la escala.

En la figura 17 se observa la forma en el que se emplea un mecanismo de pantógrafo en un elevador hidráulico. Los puntos A y B son pivotes. Las articulaciones 3 y 4 se mueven de forma contraria como elevar o descender una carga en la parte superior.

Un pantógrafo utilizado para dibujo, por ilustración las barras son idénticas pero los puntos B F G son articulación que permiten el movimiento, el punto A es

un pivote, el punto C es donde se transmite el movimiento y el punto E puede considerarse el punto de referencia del dibujo inicial.

Figura 17. **Pantógrafo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

- **Pantógrafo inverso**

Este tipo de pantógrafo aumenta el movimiento del punto inicial, en este mecanismo existe la retropulsión (extensión) o antepulsión (flexión). Razón por la cual se denomina inverso, pues la dirección del movimiento es contraria al que se aplica. En la figura 18, el pantógrafo inicia su movimiento en el punto P y termina en el punto T.

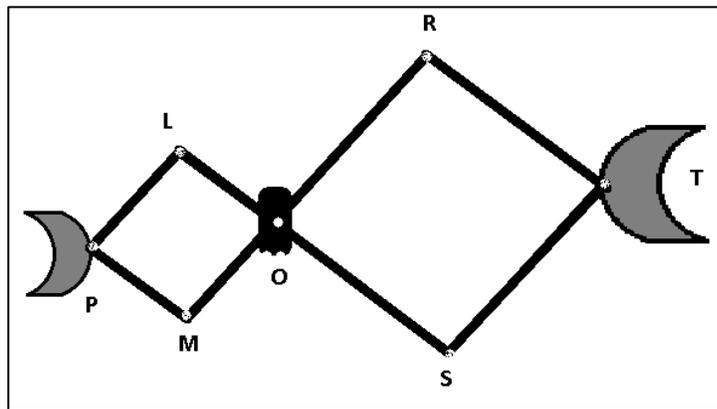
Para su funcionamiento, la razón de aumento o disminución se condiciona con la siguiente ecuación:

$$\frac{OP}{OT}$$

Así como las igualdades de las barras móviles donde LP=PM=MO=OL y las igualdades de RO=OS=ST=TR, las barras deben tener las mismas dimensiones

para que el mecanismo sea funcional. En este diseño el punto O es un pivote para.

Figura 18. **Pantógrafo inverso**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

- **Pantógrafo no inverso**

En un mecanismo de pantógrafo no inverso, hay un aumento de la fuerza del punto P al punto T, con la diferencia que la dirección donde se aplica la fuerza y movimiento de entrada es la misma dirección de la fuerza y movimiento de salida.

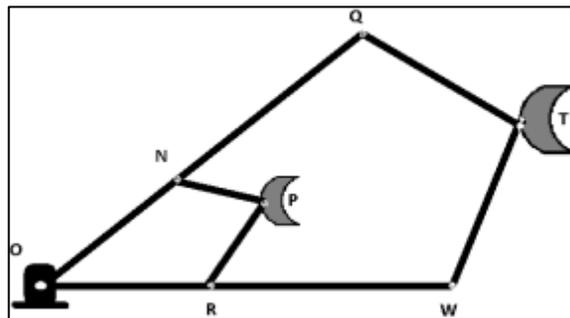
En la figura 19 se puede ver una serie de barras o eslabones que deben cumplir con la siguiente igualdad en el diseño para su funcionamiento:

- $OQ = OW$
- $ON = OR$
- $NQ = RW$

- $NP = PR$
- $QT = TW$

El punto O en este diseño, a diferencia del pantógrafo inverso, esta antes de la aplicación de la fuerza, razón por la cual es movimiento ocurre en la misma dirección.

Figura 19. **Pantógrafo no inverso**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

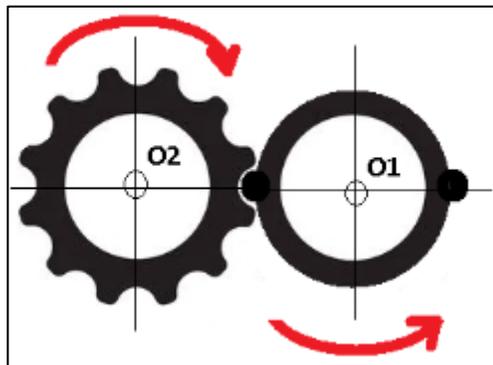
1.2.8. **Mecanismos de movimiento intermitente**

Este movimiento es una secuencia de movimientos y detenciones. Una detención que ocurre es cada periodo en donde un eslabón de salida permanece inmóvil, esto ocurre mientras que el de entrada continúa moviéndose. En maquinaria existen diversas aplicaciones donde se requiere movimientos de este tipo, por ejemplo, en máquinas con cadenas de transmisión o en mecanismos de proyectores de cine que necesitan una sucesión de imágenes fijas proyectadas, requiriendo un momento estático para la proyección y luego un avance rápido a la siguiente toma.

- Engranaje intermitente

Es un conjunto de engranajes, como se muestra en la imagen 20, el engranaje conducido 01 tiene un diente que se acopla a al engranaje conductor 02. Cada revolución del engranaje 01 se tiene un desplazamiento $(1/n) * 100$ diente, donde n es el número de porcentaje de su desplazamiento respecto a la rueda 02. Así mientras más dientes tenga el engrane 02, su desplazamiento será lento, o le engranaje 01 necesitara más revoluciones para completar una fase.

Figura 20. **Engranaje intermitente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

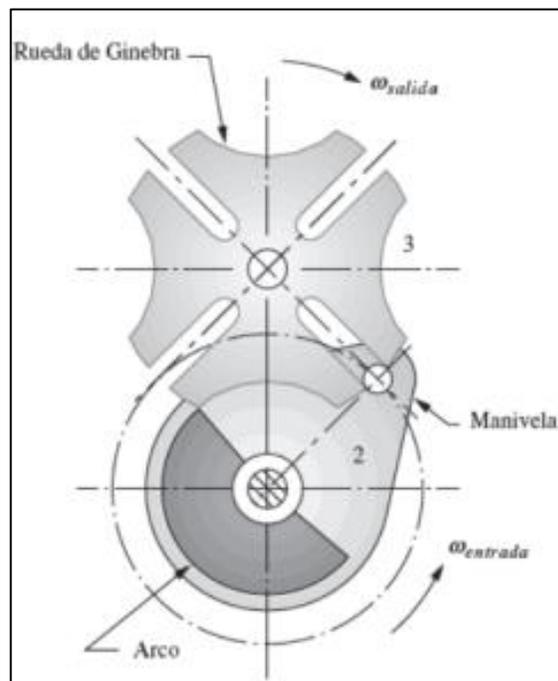
- Rueda de Ginebra

Este mecanismo es un dispositivo de movimiento intermitente, similar al engrane intermitente. Como se ve en la figura 21, tiene un engranaje donde la rueda motriz (2), tiene un pasador, que entra en un carril o ranura radial de la rueda seguidora (3), haciendo que gire una parte equivalente a una fracción de una revolución. Cuando el pasador termina su recorrido y sale de la ranura, la

rueda 2 tiene un bloque semicircular que bloquea la rueda 3 manteniéndola estática hasta que el pasador entra en la siguiente ranura.

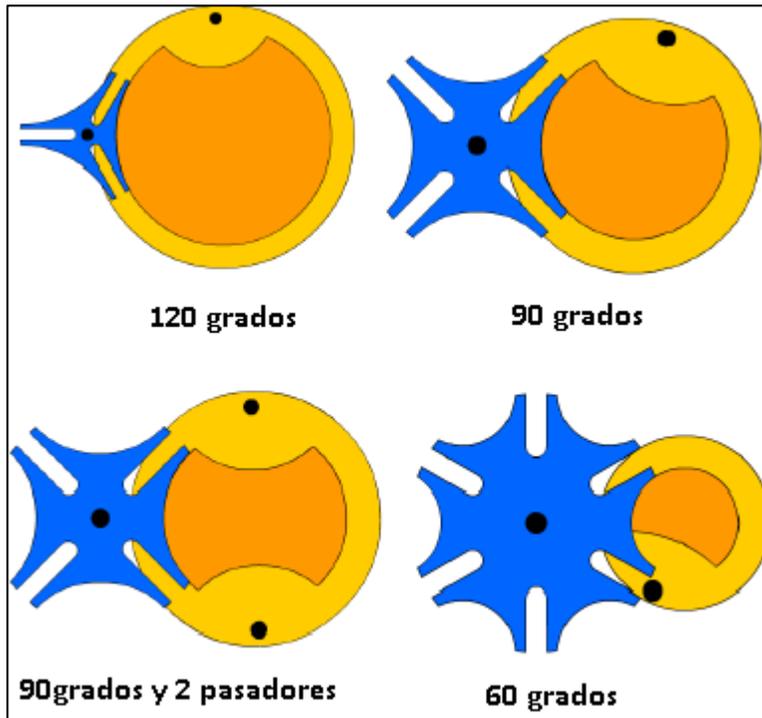
El mecanismo de ginebra dispone por lo menos de tres ranuras radiales equidistantes o en su equivalente radial 120° como se muestra en la figura 22, puede haber ruedas de ginebra de 90° , o de 60° . También puede haber ruedas de más de un pasador, siempre dependerá de la salida del movimiento que requiera el diseño.

Figura 21. **Rueda de Ginebra**



Fuente: NORTON, Robert. *Diseño de maquinaria*. p. 30.

Figura 22. **Fases de una rueda de Ginebra**

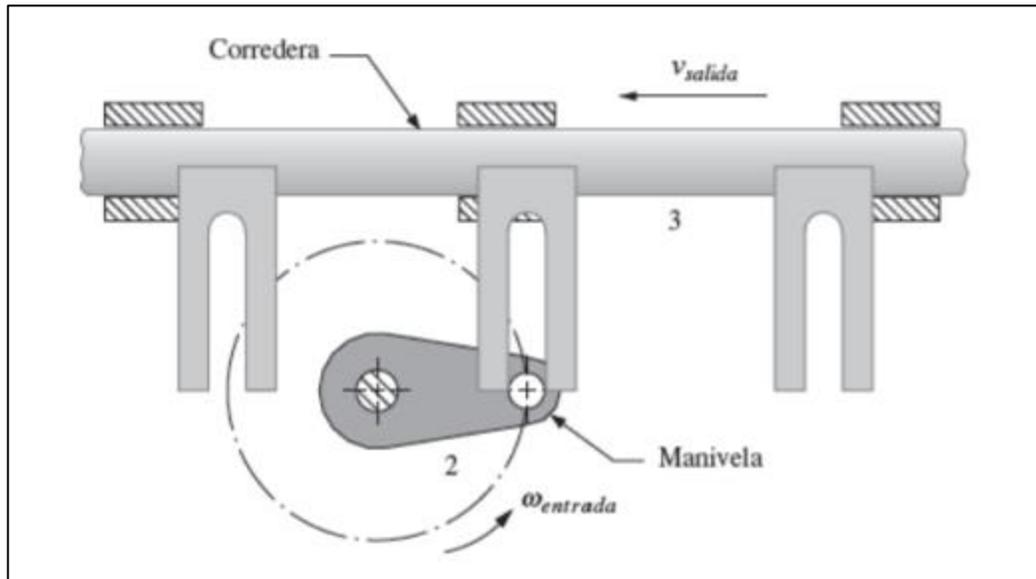


Fuente: Educaptus. *Fases de una rueda de Ginebra*. <http://www.educaplus.org/game/rueda-de-ginebra-3-pasos>. Consulta: 10 de abril de 2022.

- **Mecanismo de Ginebra Lineal**

Este mecanismo es una variable del mecanismo de ginebra, pero tiene una salida traslacional lineal, como se puede observar en la figura 23, un mecanismo de ginebra lineal es análogo a un dispositivo de Yugo Escocés abierto con yugos múltiples. Se puede utilizar como mando de banda transportadora intermitente con las ranuras dispuestas a lo largo de la cadena o banda transportadora.

Figura 23. **Mecanismo de Ginebra Lineal**



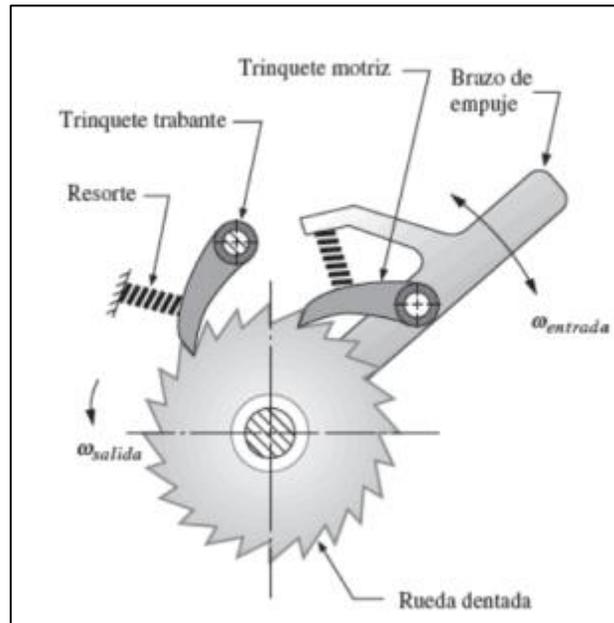
Fuente: NORTON, Robert. *Diseño de maquinaria*. p. 30.

- Mecanismo de rueda y trinquete

Un mecanismo de rueda y trinquete tiene un brazo de empuje que gira en torno al centro de una rueda dentada. El trinquete motriz permite que la rueda dentada gire en sentido contrario a las manecillas del reloj y no permite un movimiento de retorno.

El trinquete trabante evita que la rueda dentada invierta su dirección mientras que el trinquete motriz regresa. En la figura 24 se pueden ver las partes del mecanismo, que en general los dos trinquetes se mantienen en contacto con la rueda por medio de resortes. Este mecanismo se utiliza, por lo general, en llaves de tuercas, alicates o en el piñón de una bicicleta.

Figura 24. **Mecanismo de rueda y trinquete**



Fuente: NORTON, Robert. *Diseño de maquinaria*. p. 40.

1.3. Unidad 3: Diseño de perfiles de levas

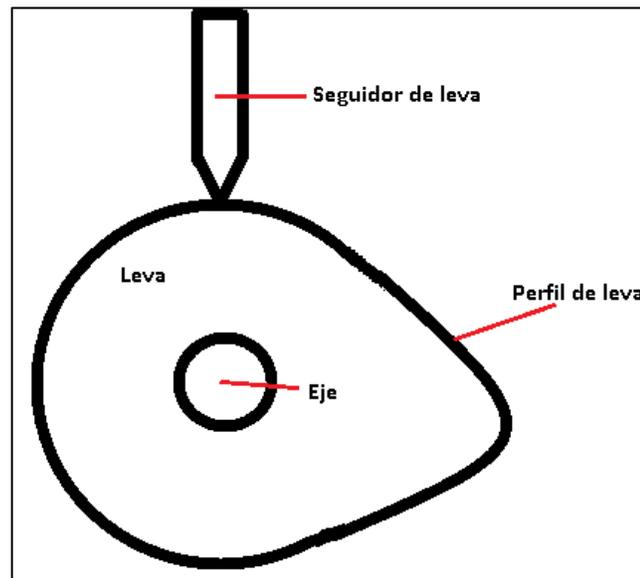
Una leva es un disco con un perfil externo que permite transformar un movimiento cíclico en uno rectilíneo, sujeto en un pivote que no es su centro geométrico, teniendo diversas formas dependiendo del diseño, pero se asemeja a un ovoide.

En el giro del eje se apoya un operador móvil, llamado seguidor de leva, que sigue el movimiento de las variaciones del perfil de una leva cuando está en movimiento. Existen dos tipos de seguidores que son de traslación y de rotación.

Dependiendo de la forma de leva y el movimiento que se desea, este mecanismo se utiliza en árboles de levas en un motor de combustión interna o en un artículo de casa como una lavadora de ropa.

Para que se catalogue como un perfil de leva, necesita un eje o árbol, soporte, leva, y seguidor de leva con un muelle o resorte en el seguidor, como se puede ver en la figura 25.

Figura 25. **Partes de un perfil de levass**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

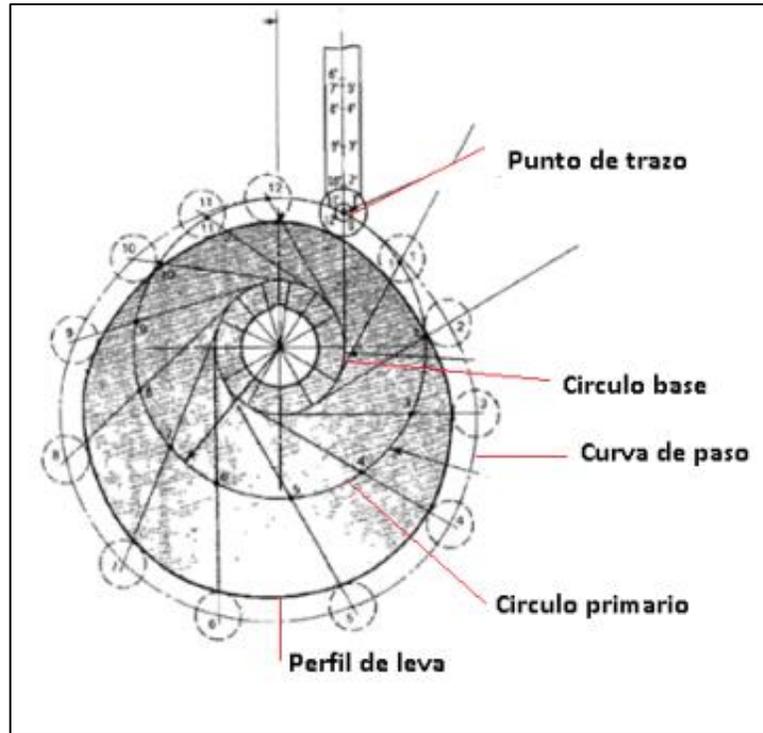
1.3.1. **Nomenclatura del perfil de levass**

Para comprender el funcionamiento de un perfil de levass en la figura 26, se puede ver las partes de un perfil de leva, los siguientes puntos serán definidos a continuación:

- El punto de trazo: es el punto teórico del seguidor, este corresponde al punto de un seguidor, para este caso de una cuña. Se toma como el centro del seguidor de rodillo, también se puede colocar en la superficie de un seguidor de cara plana.

- La curva de paso: es el geométrico que es generado por el punto de trazo conforme el seguidor se desplaza, en relación con la leva. Si es para un seguidor de cuña, la curva que representa el paso y la superficie de leva son idénticas. Si es un seguidor de rodillo, están separados por el radio del rodillo.
- El círculo primario: es el círculo más pequeño que se puede trazar en la leva, el centro se ubica en el eje de rotación de la leva, que también es tangente a la curva de paso. El radio para este círculo se denomina R_o .
- El círculo de base: es el círculo más pequeño, que tiene el centro sobre el eje de rotación de la leva, que tiene la tangente en la superficie de ésta. Para un seguidor de rodillo, es más pequeño que el círculo primario, la diferencia está en el radio del rodillo. En el caso de un seguidor de cara plana, el círculo base es idéntico al círculo primario.
- En un perfil de leva se aplica un principio, inversión cinemática. Si la leva es estacionaria y el seguidor gira en sentido opuesto a la dirección de rotación de la leva. Como se puede observar en la figura 26, el círculo primario se divide en un número de segmentos, que tiene un número de segmentos y también se asignan números de estación a los límites estos.
- En el diagrama de desplazamiento se dividen las abscisas con los segmentos correspondientes, se puede transferir del diagrama de desplazamientos directamente sobre el trazado de la leva, con el fin de localizar las posiciones al punto de trazo. Para un seguidor de rodillo, simplemente se dibuja el rodillo en su posición en cada estación y se construye el perfil de leva.

Figura 26. **Nomenclatura del perfil**



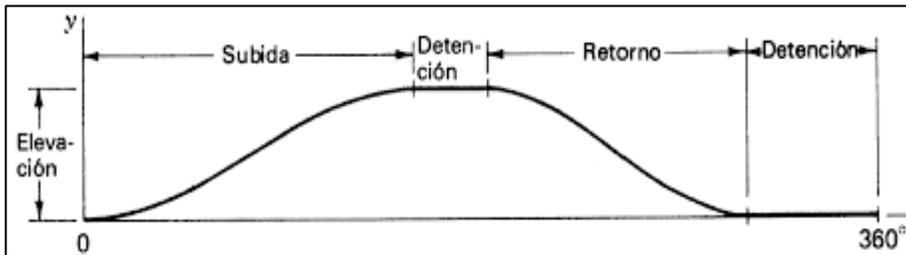
Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 60.

1.3.2. **Movimiento lineal del seguidor**

En un perfil de leva, el seguidor tiene un punto de contacto con la leva. El seguidor debe tener un muelle o resorte para acoplarse en todo el recorrido. Esta variación genera una gráfica que se presenta en la figura 27, como se puede observar, en la subida y el retorno hay una elevación en el eje Y dando al seguidor un movimiento lineal, como un vaivén.

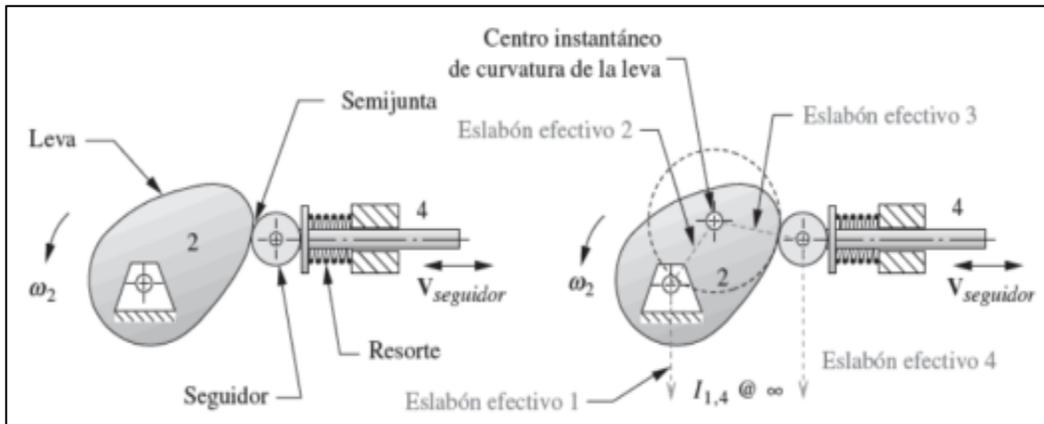
El movimiento de subida es generado por la cresta, pero el movimiento de retorno es obtenido con el muelle. En la figura 28 se muestra un ejemplo de un movimiento lineal, enumerando sus partes importantes.

Figura 27. **Diagrama de desplazamiento de una leva**



Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 130.

Figura 28. **Movimiento lineal**

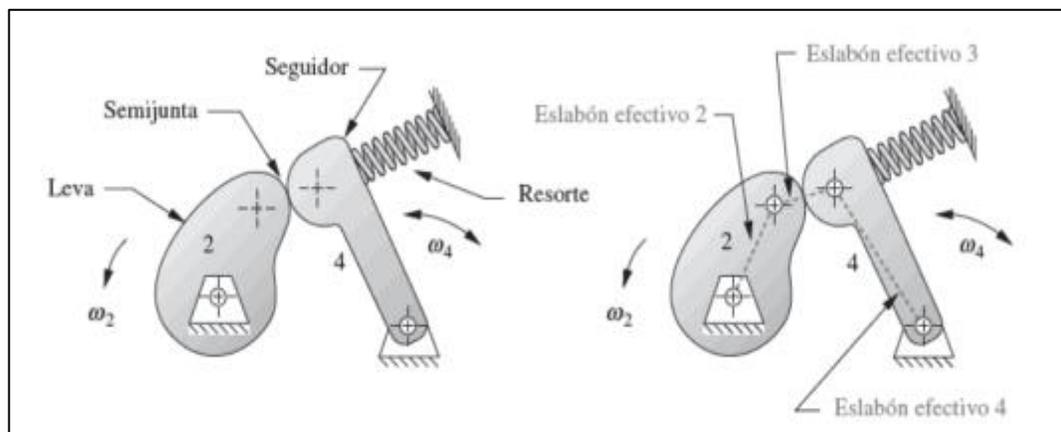


Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 45.

1.3.3. **Movimiento angular del seguidor**

Es un movimiento similar al movimiento lineal, pero con la diferencia que el movimiento del resorte se da de forma horizontal en el plano, en la figura 29, el de salida es angular, porque el seguidor tiene una forma de palanca y el muelle de recuperación tiene orientación.

Figura 29. **Movimiento angular**



Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 55.

1.3.4. Eje o árbol de levas

Es un mecanismo usado para colocar distintas levas, que pueden tener diferentes características físicas orientadas de tal manera que activan mecanismos a intervalos repetitivos (como un temporizador mecánico). Se encuentran en motores de combustión interna, donde controlan la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape. En el diseño se busca modificar el ángulo de desfase para controlar el tiempo de acción de cada válvula en un orden preestablecido.

Este mecanismo también se puede encontrar en molino o distribuidores de agua, pero su principal aplicación es en motores. Se fabrican de acero fundido,

forja, ensamblado. Comúnmente tienen acabados con tratamientos térmicos para aumentar su dureza como austemperizados (es un tratamiento isotérmico o temperatura constante donde se busca obtener una estructura con ferrita y austenita retenida o cementado), por mencionar algunos. Estos tratamientos endurecen la superficie del árbol, pero no su núcleo. Luego se mecaniza para un acabado deseado y con una precisión requerida.

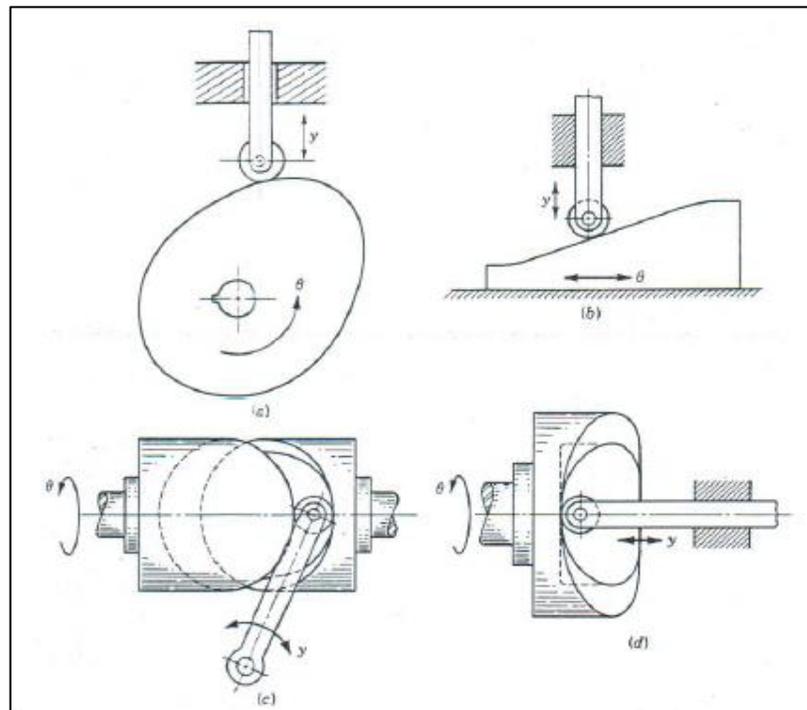
1.3.5. Tipos de levas

Dentro de este contexto, se pueden enumerar 4 tipos básicos de leva, en la figura 30 se puede mencionar la leva tipo placa (a), leva tipo cuña (b), leva de tambor (c), y de cara frontal (d).

- La leva tipo placa (a), tiene una forma de perfil curvo y espesor constante, aquí, el seguidor tiene contacto con la superficie lateral (espesor de la placa).
- La leva tipo cuña (b), es similar a la leva de placa, pero se usa en movimientos de traslación, razón por la que en la figura 30 se muestra una sección de una leva horizontal.
- Leva tipo tambor (c), tiene una forma cilíndrica, pero tiene una o más ranuras mecanizadas en la superficie, que guían el seguidor en un sentido que no es estrictamente lineal, generando un desplazamiento en dirección paralela al eje de giro de la leva. La entrada del movimiento es rotatoria y el movimiento de salida es lineal.
- Por último, la leva de cara frontal (d), es una leva con forma de cono o cilindro, la superficie superior está vacía de manera que se genera la leva.

El seguidor se desplaza en sentido paralelo a la transmisión del movimiento.

Figura 30. Tipos de levas

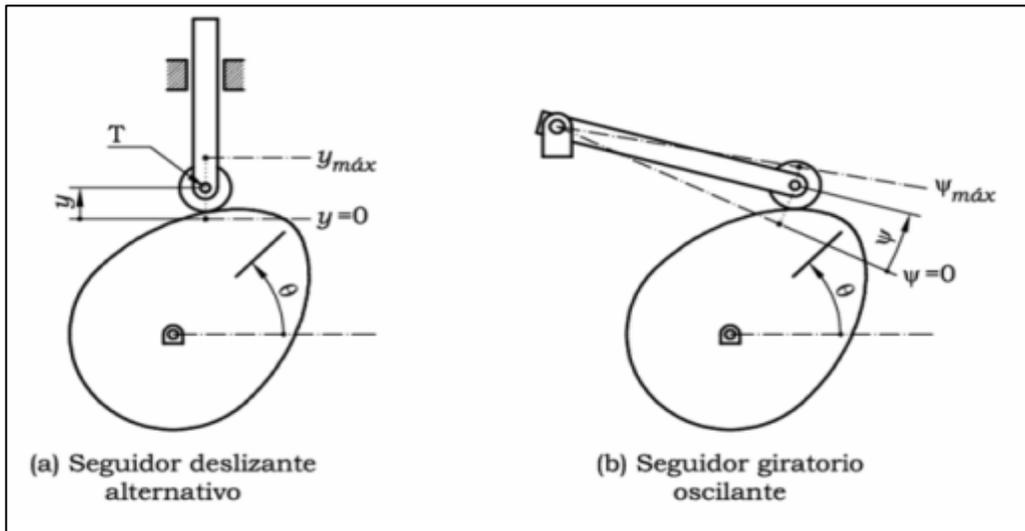


Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 111.

1.3.6. Tipos de seguidores

El seguidor es la parte responsable del movimiento de traslación alternativa o rotación oscilante como se muestra en la figura 31, partiendo del movimiento de entrada de la leva. El punto de contacto entre el seguidor y la leva depende de la terminación del seguidor.

Figura 31. Tipos de movimiento del seguidor



Fuente: El Motor Recalentado. *Clasificación de las levas.*

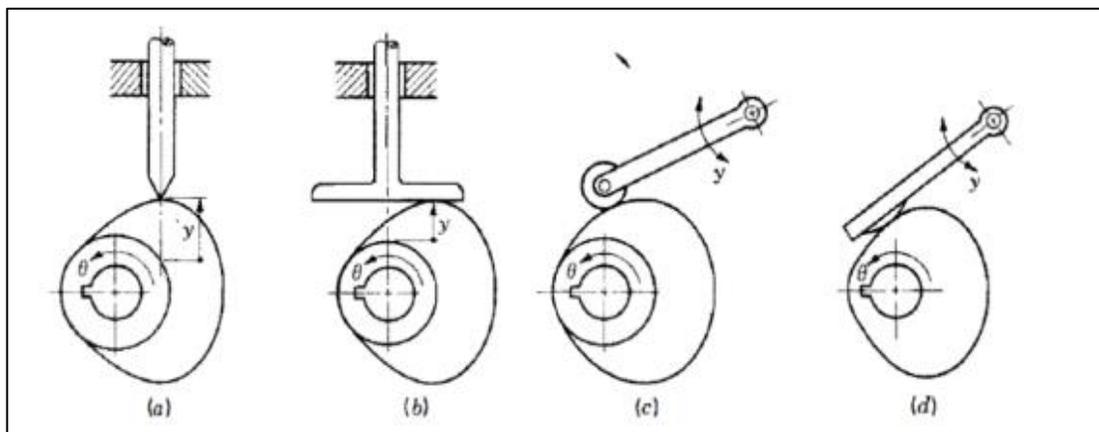
<http://elmotorrecalentado.blogspot.com/2010/08/clasificacion-de-las-levas.html>.

Consulta: 20 de abril de 2022.

- En la figura 32 se puede apreciar los seguidores más usados, el seguidor de cuña (a), tiene una similitud al filo de un cuchillo, su borde es afilado y tiene contacto con la leva. Tiene una mayor resistencia a la fricción y desgaste, con un empuje lateral considerable, razón por el cual no se usa comúnmente, pero por fácil fabricación tienen un costo bajo en comparación de los otros seguidores.
- El seguidor de cara plana (b), tiene un punto de contacto amplio, implicando baja resistencia a la fricción, pero disminuye el empuje lateral del eje. Se debe tomar en cuenta que la leva debe tener una forma convexa (superficie con curvatura), caso contrario la leva y el seguidor se atascan en la parte cóncava (curvatura hacia adentro), de la leva.

- El seguidor de rodillo (c), tiene en el extremo de contacto un rodillo que gira sobre su eje, tiene una baja resistencia al desgaste y a la fricción, pero no se elimina el empuje lateral de la leva.
- Por último, seguidor de cilindro (d), que tiene una similitud a de cara plana, pero el punto de contacto del seguidor es un semicírculo, aunque se reduce más la resistencia a la fricción en comparación con el de cara plana, la pieza tiene un desgaste mayor.

Figura 32. Tipos de seguidores



Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 72.

1.3.7. Diagrama de desplazamiento

Para entender el movimiento de un mecanismo de levas, su diseño siempre estará en función del movimiento que se desea que realice el seguidor de leva. El diseño de la leva será el resultado del movimiento que se desea en el seguidor, entonces con base a el movimiento que se desea se traza el diagrama de desplazamiento.

En la figura 33, se ejemplifica el perfil de la leva, en el eje θ es una revolución de la leva y es la línea donde se encuentra la superficie del eje y el círculo base.

- Derivadas cinemáticas

En términos matemáticos, una derivada dependiendo del grado que tenga indica la distancia, velocidad y aceleración en el instante que se está analizando, para representar el movimiento se debe tomar en cuenta una variable independiente y la función que dependiente. Da a lugar una ecuación cuya variable independiente es el tiempo y su dependiente que es el recorrido del espacio. En la figura 33, se muestra un diagrama del desplazamiento de un seguidor. La siguiente igualdad define el desplazamiento del contorno de la leva:

$$y = \text{desplazamiento}$$

En triángulo isósceles que se observa en la figura 33, es la primera derivada del desplazamiento, dando la velocidad de la leva, en el punto de tono, o ángulo más alto, la velocidad disminuye con el paso del tiempo, hasta el punto de detención, para luego aumentar en la parte del retorno de leva llegando a una detención. La siguiente ecuación muestra la primera derivada:

$$y' = \frac{dy}{d\theta} = \text{velocidad}$$

En la figura 37 se pueden observar dos rectángulos, que representan la segunda derivada, que es la aceleración de la leva, el primer rectángulo muestra una aceleración constante positiva, hasta que la velocidad es cero y así como su aceleración. Luego tiene una aceleración similar pero negativa, por cuestiones

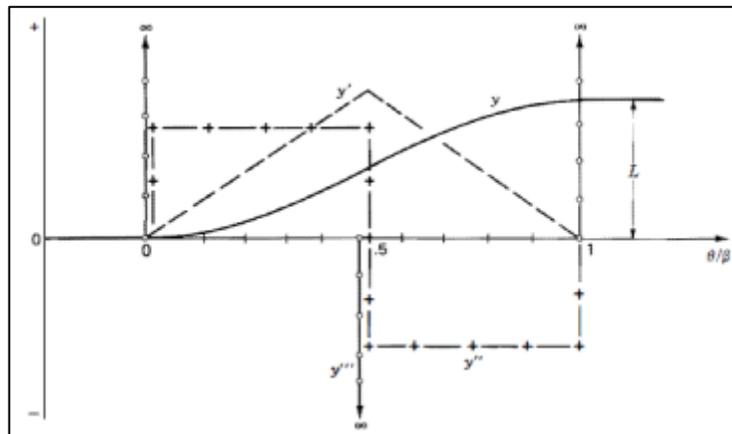
de posición se debe tomar como aceleración negativa, retornando hasta la detención. La siguiente ecuación representa la segunda derivada de una leva:

$$y'' = \frac{d^2y}{d\theta^2} = \text{velocidad}$$

Por último, se muestra el tirón o la segunda aceleración que viene dada por la tercera derivada, confirmando el punto de inflexión o cambio de dirección de la aceleración dada por la leva y el seguidor cuando están en contacto, como se muestra en la figura 33 que la flechas tienden al infinito, así como la orientación que toma que va de $(0, \infty)$, se muestra la función en tercera derivada:

$$y''' = \frac{d^3y}{d\theta^3} = \text{tirón}$$

Figura 33. **Derivadas cinemáticas**



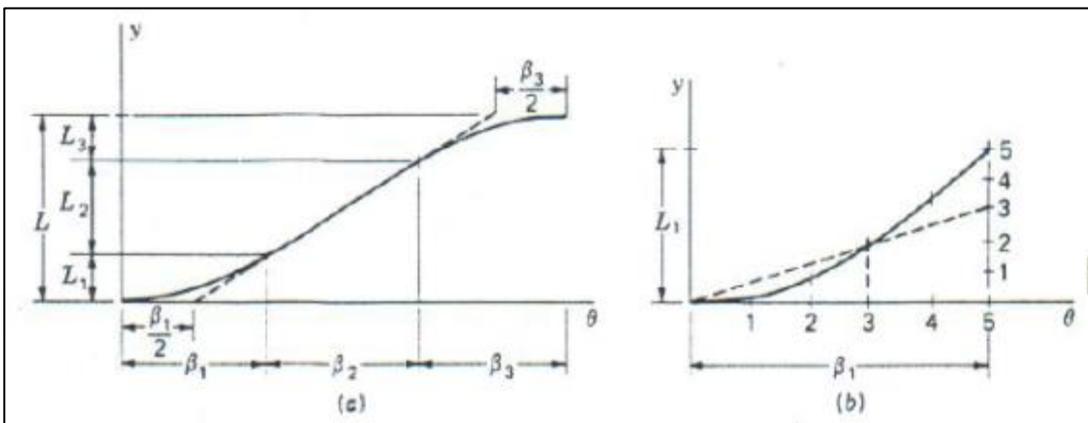
Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 78.

1.3.8. **Movimiento armónico simple**

Cuando se analiza una gráfica del desplazamiento de una leva, se obtienen un movimiento parabólico, como se puede observar en la figura 34, la gráfica (a), representa el movimiento entre caras con movimiento uniforme, en el eje θ se divide en $\beta_1, y \beta_2$ que representa la cresta o punto de tono donde pasa el seguidor. β_2 es el cuerpo de la leva, la sección uniforme o círculo primitivo. El eje Y muestra los puntos de inflexión del movimiento o L.

En la gráfica (b), es la representación de la construcción del diagrama de desplazamiento, de la sección (β_1, L_1), mostrando una parábola con una línea de tendencia recta, siendo un diseño efectivo que genere un movimiento armónico, este es el diseño esperado de una leva en óptimo funcionamiento.

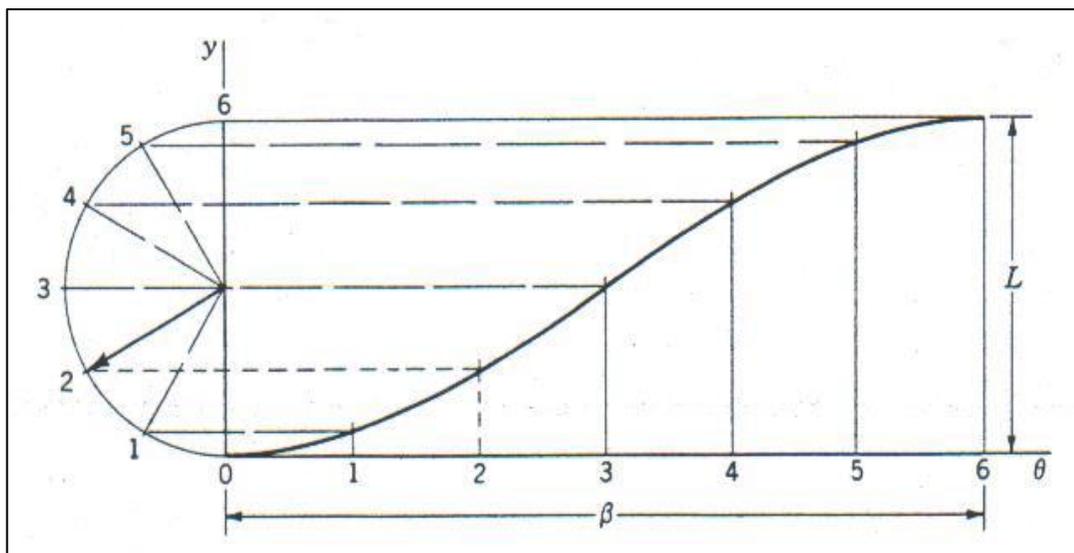
Figura 34. **Movimiento parabólico**



Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 122.

El contorno de una leva proporciona un movimiento armónico, que, por su simplicidad, se denomina simple. En la figura 35 se ejemplifica un semicírculo, donde la abscisa (coordenada de dirección horizontal), se divide en partes iguales, donde se intersectan con los puntos de la curva.

Figura 35. **Movimiento armónico simple**

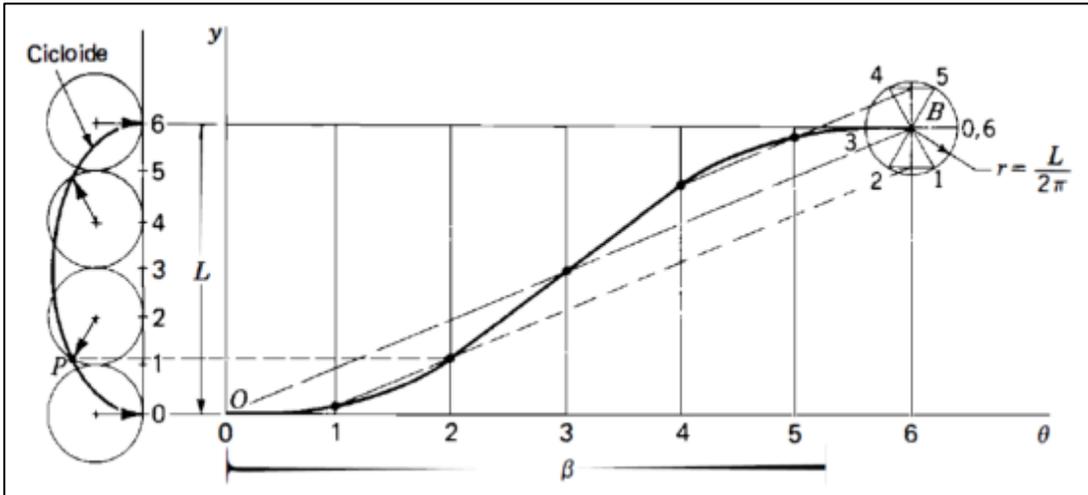


Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 140.

1.3.9. **Movimiento cicloidal**

Un movimiento cicloide es aquel que describe una curva sobre un plano, cuando existe un punto de referencia en el borde de un disco girando. Es un movimiento valido de leva, porque cumple con la ley fundamental del diseño de levas. En la figura 36 un círculo se divide en 6 partes y una horizontal en 6 partes, en el punto 1 y 2, define puntos de intersección en las divisiones 1 y 2 de la abscisa. El centro del círculo define el punto de intersección de la división 3 de la abscisa. En los puntos 4 y 5 del círculo, define los puntos de intersección en las divisiones 4 y 5 de la abscisa.

Figura 36. **Movimiento cicloidal**



Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 142.

1.4. Unidad 4: Engranajes

Un engranaje es un mecanismo de transformación de giro, son ruedas dentadas que tiene como propósito de transmitir una mayor o menor velocidad de rotación a una velocidad de rotación existente. El mecanismo capaz de realizar este trabajo está compuesto por engranajes y cadenas.

Debido a la necesidad de una máquina por aumentar las revoluciones, debido a que en la antigüedad se recurría a fuerzas naturales, pero tenía un límite, porque no se podía depender de la naturaleza por su limitación, como el viento que solo llega a cierta velocidad en ciertos climas o las aspas de un molino que giran muy lento. Para cambiar esto, las ruedas dentadas permiten cambiar la velocidad ya sea aumentándola o disminuyéndola.

Un ejemplo moderno son los motores eléctricos que se desea utilizar menos energía, pero se necesita una velocidad o fuerza mayor. Pero también existe el

escenario donde se necesite una velocidad lenta en cada giro, esto se logra con el uso de engranajes.

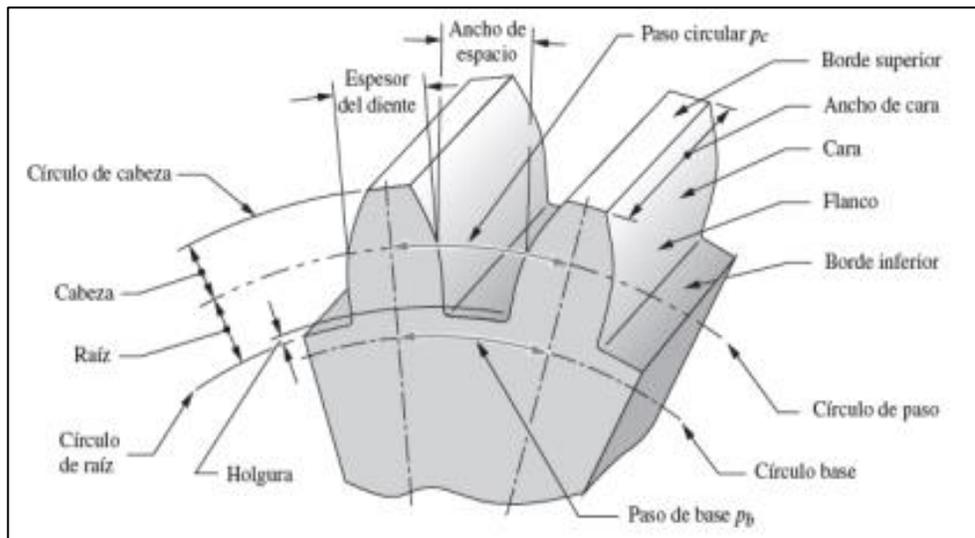
1.4.1. Nomenclatura del engranaje

En la figura 37 se aprecia la nomenclatura de un engranaje que se enlista a continuación:

- Anchura del diente: es el grosor del engranaje.
- Borde superior: también llamado cresta, es la parte exterior del diente.
- Cara y flanco: se denomina a la parte inferior y superior de la parte lateral de diente, es la parte de la superficie de contacto entre engranajes cuando entran en contacto.
- Borde inferior: también se le denomina valle que es la parte inferior de cada diente o es la separación entre cada diente.
- Círculo de paso: o circunferencia primitiva tiene la característica de marcar la división entre la cara y el flanco. Es una circunferencia importante que divide el dedendum y el addendum.
- Círculo addendum: marca la cresta o borde superior, es el diámetro exterior del engranaje.
- Addendum: es la zona superior del diente, que empieza del círculo de paso hasta la circunferencia o borde superior.

- Dedendum: es la parte inferior del diente que se localiza en el círculo Dedendum hasta la circunferencia de paso.
- Círculo de holgura: marca el fondo de los dientes, que define el diámetro interior de un engranaje.
- Paso circular: es la distancia que se mide desde una parte de un diente y la misma parte del siguiente diente. Es la separación entre cada diente. Cabe resaltar que la distancia debe ser la misma entre todos los dientes para que se mueva.

Figura 37. Partes de un engranaje



Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 112.

1.4.2. División de los engranajes

- Por la posición de los ejes

- Ejes paralelos
 - Cilíndricos de dientes rectos
 - Cilíndricos de dientes helicoidales
 - Piñón-Cremallera de dientes rectos o helicoidales

- Ejes que se cruzan
 - Cilíndrico de dientes helicoidales
 - Piñón-Cremallera de dientes helicoidales
 - Tornillo Sin fin-corona

- Ejes que se cortan
 - Cónicos de dientes rectos
 - Cónicos de dientes helicoidales

- Por la forma de los dientes
 - Rectos
 - Helicoidales

- Por la superficie donde se tallan los dientes
 - Cilíndricos
 - Cónicos

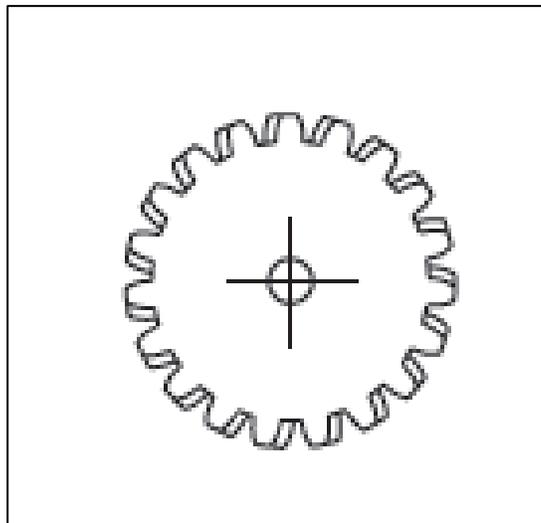
1.4.3. Engranajes de dientes rectos

Este tipo de engranaje tiene los dientes rectos que son simétricos entre los engranes. Tiene una forma simple, pero sobre todo es menos costosa, así como de fácil construcción, aunque son ruidosos.

Aunque solamente pueden engranarse si sus ejes también son paralelos, en este caso pueden existir engranajes interiores y exteriores (si es interior se refiere a un engranaje dentro de otro, pero si es exterior se hace referencia al contrato entre engranajes).

En la figura 38 se puede observar un engranaje recto.

Figura 38. **Engranaje recto**



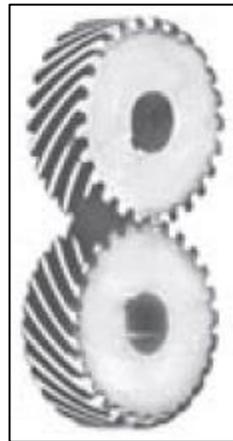
Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 131.

1.4.4. Engranaje de dientes helicoidales

Son engranes que tienen dientes con un ángulo helicoidal con respecto al eje del engrane, como se muestra en la figura 39, un par de engranes helicoidales de sentido opuesto engranados, en este caso tiene ejes paralelos, así como en ejes que se cruzan a 90 grados.

Este tipo de engranes son más costos que los rectos, debido al contacto más uniforme y gradual que hay entre las superficies anguladas, a medida que los dientes se engranan, que generan un empuje axial. A diferencia de los dientes rectos que se engranan de inmediato a lo ancho de su cara. Cuando un diente se impacta con otro provoca vibraciones, que es característico de los engranes rectos, pero es casi nulo en caso de los engranes helicoidales, que transmiten grandes cargas a altas velocidades. Uno de ángulo es más fuerte por la forma del diente más grueso en un plano perpendicular al eje de rotación, aunque tiene el mismo diámetro y paso que un engrane recto.

Figura 39. **Engranes helicoidal**



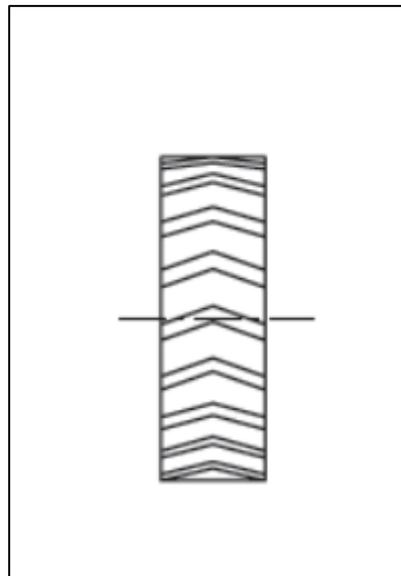
Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 149.

1.4.5. Engranajes cilíndricos de dientes dobles helicoidales

Estos se obtienen al unir dos engranes helicoidales de paso y diámetro idéntico, con la diferencia que son en sentido opuesto sobre el mismo eje. El proceso de fabricación se obtiene tallando los dientes en la misma pieza.

La ventaja, sobre un engrane helicoidal simple es la cancelación interna de cargas de empuje axiales, debido que cada mitad de engrane de doble helicoidales tiene cargas de empuje opuestas. Por lo tanto, no necesita cojinetes de empuje axial, además de localizar el eje axialmente. Su principal desventaja es que son sumamente costosos que uno recto y uno helicoidal, pero se utilizan en aplicaciones de alta potencia, por ejemplo, en buques de carga. En la figura 40, vista de frente, tiene similitud con un engrane helicoidal.

Figura 40. **Engrane de dientes doble helicoidales**



Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 151.

1.4.6. **Engranajes cónicos de dientes rectos**

Este tipo de engranaje se usa para transmitir un movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano, un caso común es cuando hay un ángulo recto entre los ejes de los engranajes, por medio de formas cónicas, en la figura 41, son dos engranajes acoplados, donde sus ejes están a 90 grados.

Son usados en condiciones donde se transmite movimiento entre árboles de levas donde termina la potencia. Cabe resaltar que tiene las mismas características de un conjunto de engranajes cilíndricos de dientes rectos.

Figura 41. **Cónico de dientes rectos**



Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 153.

1.4.7. Engranajes cónicos de dientes helicoidales

La principal característica de un engrane cónico es si los dientes son paralelos al eje del engrane. Si los dientes forman ángulos con respecto al eje, será un engrane cónica espiral, análogo a un engrane helicoidal. En ambos casos los vértices y ejes del cono deben tener una intersección.

Las desventajas y ventajas de un engrane recto y un helicoidal, son similares a los engranes cónicos rectos y cónicos espirales, respectivamente, en

el tema de resistencia, funcionamiento silencioso y costo. Para los dientes del engrane cónico, como se puede apreciar en la figura 42, tienen un diseño de una curva de diente octogonal. El reemplazo debe ser en pares de engranes, esto porque no son universalmente intercambiables, porque la distancia que debe tener a su centro debe ser con la máxima precisión.

Figura 42. **Engrane cónico de dientes helicoidales**

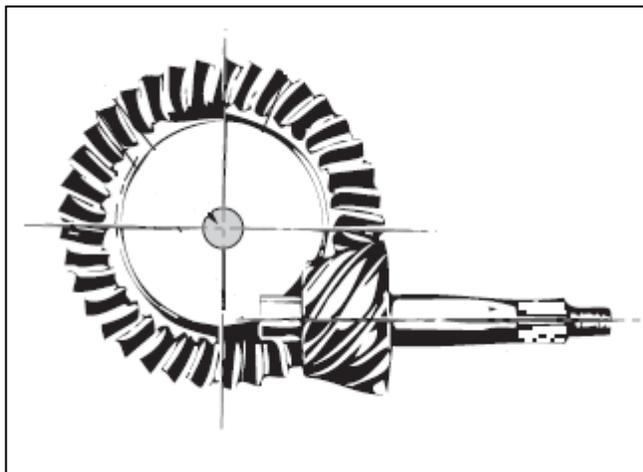


Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 154.

1.4.8. Engranajes hipoidales

En el caso que los engranes transmiten una mayor potencia que un conjunto de tipo helicoidal, aunque no sean paralelos y tampoco se intersectan, no se puede utilizar un engrane cónico. Los engranes hipoidales están basados en hiperboloides de revolución, como se muestra en la figura 43, la forma que tiene el diente no es involuta. Se utilizan en la transmisión final de los vehículos con el motor adelante y tracción en la parte trasera, para bajar el eje motriz y quedar abajo del eje trasero para reducir la joroba del árbol en un transporte motriz.

Figura 43. **Engrane cónico hipoidal**



Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 155.

1.4.9. **Piñón cremallera**

Es un mecanismo que se usa para la conversión una velocidad angular del piñón (es una rueda dentada más pequeña en un par de ruedas dentadas), en velocidad tangencial o avance de la cremallera. La siguiente ecuación relaciona el radio (r), del piñón en términos de la velocidad tangencial (v), de la cremallera y la velocidad angular (w), del piñón.

$$r = \frac{v}{w}$$

Si el círculo de un engrane base se extiende lo suficiente, se convertirá en una línea recta. Si la cuerda enrollada alrededor de este círculo base para generar la involuta sigue en su lugar después del agrandamiento del círculo base a un radio infinito, la cuerda tendría su centro en el infinito y generaría una

involuta que es una línea recta. Un engrane con estas características se le denomina cremallera. Tiene dientes trapezoidales, que son involutas verdaderas.

Esta característica genera una facilidad de crear una herramienta de corte para generar dientes en involuta en engranes circulares, al maquinar con precisión una cremallera para que corte dientes en otros engranes.

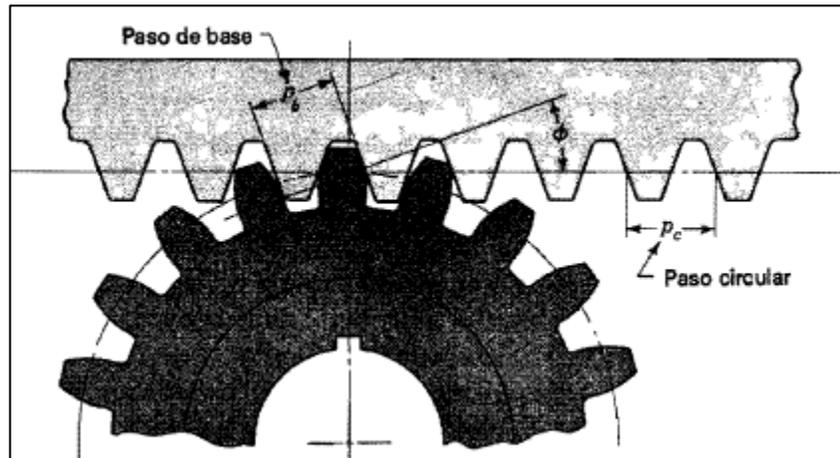
Luego de rotar el engrane el blanco con respecto a la cortadora de cremallera mientras está se mueve hacia adelante y hacia atrás del engrane en blanco, se conformará un diente en involuta verdaderamente en el engrane circular.

En la figura 44 se ejemplifica una cremallera y un piñón. Este mecanismo se utiliza generalmente en la conversión de movimiento rotatorio en lineal y viceversa. Si se acciona en reversa, requiere un freno para mantener una carga.

Se puede encontrar en la columna de la dirección de un volante, la cremallera engrana con el piñón y se mueve de izquierda a derecha como respuesta del movimiento angular de un volante de direcciones.

Una cremallera es un eslabón de un mecanismo articulado de múltiples barras que convierte la traslación lineal de la cremallera en una cantidad de movimiento angular de un eslabón oscilante conectado al ensamble de la rueda delantera para hacer virar.

Figura 44. **Cremallera y piñón**



Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 189.

1.4.10. Tornillo sinfín y corona

Para obtener un tornillo sinfín, simplemente se incrementa el ángulo de hélice de un tornillo, el cual está compuesto por un solo diente enrollado alrededor de toda la circunferencia un número n de veces. Una característica esencial es que un tornillo sinfín se puede engranar con una rueda de tornillo sinfín, que tiene el eje perpendicular al tornillo sinfín. Como se puede observar en la figura 45, debido a que el tornillo sinfín motriz por lo general tiene solo un diente a lo largo de su eje, tiene una relación de engranaje igual a uno entre el número de dientes del engranaje sinfín. Este tipo de dientes no son involutas en su cara completa, esto significa que la distancia central debe mantenerse con precisión para que sea garantizada una acción conjugada.

Cuando se necesita sustituir un tornillo, se realiza cambiando el juego completo. Estos juegos de engranes sinfín tiene una ventaja de presentar altas relaciones de engranes en un paquete pequeño que puede soportar grandes cargas, en especial en sus formas de envolventes simple o doble. Un envolvente siempre se refiere a que los dientes del engrane de un tornillo sinfín están

enrollados alrededor del tornillo sinfín. Los juegos de envolvente doble también tienen enrollados el tornillo sinfín alrededor del engrane, como resultado da un tornillo sinfín en forma de un reloj de arena.

Las dos técnicas mencionadas aumentan el área de contacto, como consecuencia incrementan la capacidad de soportar cargas, aunque también aumenta el costo final.

La principal ventaja de un tornillo sinfín es que evita la contramarcha en un mecanismo, porque la carga impulsada puede mantenerse después que se corta la potencia, funcionando como un freno.

Figura 45. **Tornillo sinfín y engrane de tornillo sinfín**

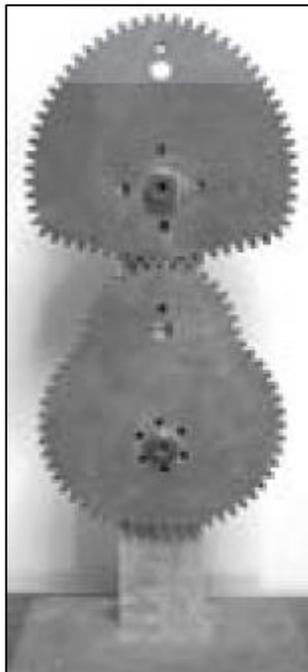


Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 160.

1.4.11. Engranajes no circulares

Su diseño está basado en los centros rodantes de un mecanismo de cuatro barras, se denomina centroda a la parte geométrica del centro instantáneo del mecanismo articulado. La figura 46 muestra un par de centrodas que podría utilizarse en engranes no circulares. En estos engranes se agregarían dientes a sus circunferencias de tal modo que se evite deslizamientos por algún desfase que pueda tener. Claro que la relación de velocidad de engranes no circulares no es constante, pero este es el motivo de crear una función de salida variable con el tiempo en respuesta de una entrada de velocidad constante. Se utilizan en una amplia variedad de maquinaria rotatoria, como prensas de impresión.

Figura 46. **Engranes no circulares**



Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 160.

1.4.12. Trenes de engranajes en ejes paralelos

Un tren de engranaje está formado por más de dos ruedas dentadas compuestas que engranan, que están solidarias a un eje o árbol de levas, con la condición de que sus ejes estén paralelos, un lugar simple donde se puede encontrar este mecanismo compuesto es un motor eléctrico en los juguetes.

La característica principal de este tipo de mecanismo es que las ruedas dentadas o engranajes están en un mismo plano o en todo caso cuando cada eje existe un solo engranaje.

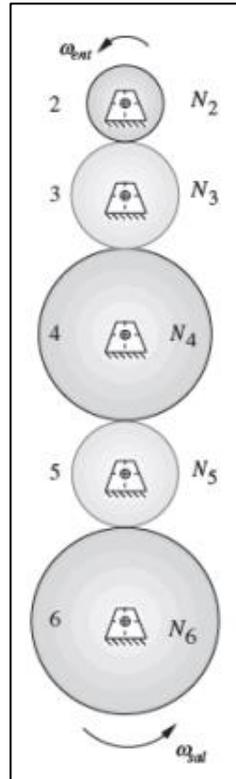
Conjunto de engranajes que tienen la capacidad de transmitir un movimiento o potencia de un punto inicial a un punto final por medio de contacto directo.

El punto inicial, donde inicia el movimiento, se denomina engranaje motriz, dicho punto puede estar al inicio, al final o en medio del sistema.

En la figura 47, el engranaje denominado N_2 es el conductor introduciendo la velocidad angular de entrada y el N_6 es el conducido que tiene la velocidad de salida.

Los engranajes intermedios son denominados engranajes locos que transmiten en movimiento.

Figura 47. **Trenes de engranajes simples**



Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 161.

- Relación de velocidades

En trenes de transmisión de engranajes la relación de reducción se calcula con el cociente de la velocidad de salida por la velocidad de entrada, la siguiente relación de ecuación muestra como la velocidad angular (w), el número de dientes (N), el diámetro de paso (D), el radio de paso (r) y las revoluciones por minuto (RPM) tienen la misma relación antes mencionada:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{RPM}{RPM}$$

1.4.13. Trenes de engranajes compuestos en ejes paralelos

Cumplen la misma función que un tren de engranaje simple, a diferencia que para unir diferentes engranajes no es necesario que estén en contacto directo ni estar sujeto a una correa, porque los engranajes tienen dientes para ser acoplados unos con otros no es un orden específico.

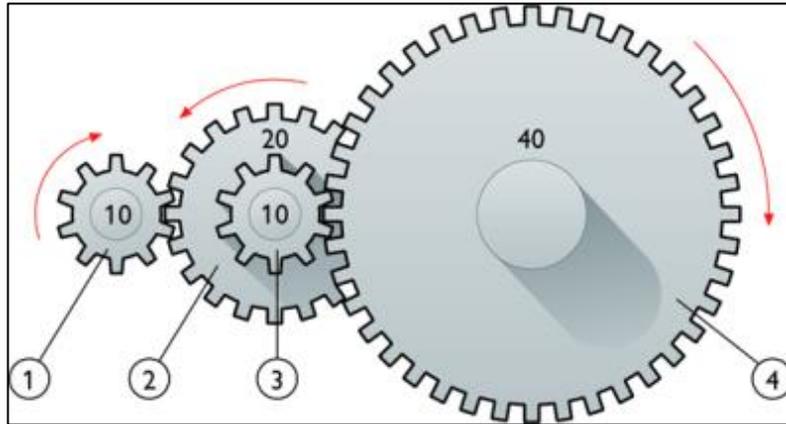
En la figura 48 se muestra un juego de engranaje, suponiendo que el movimiento empieza en el engrane (1), cuando el último engranaje (4), gira en el mismo sentido que (1), tiene una relación de velocidades positivas. En caso contrario tiene una relación de velocidades negativa.

Si en la figura 48, se visualizan solamente los engranes (1), (2), y (4), le da el nombre de trenes de engranajes simples, porque tiene una rueda por eje.

Son compuestos cuando hay más de una rueda por eje, como en el caso del engranaje (2), y (3), que comparten el eje.

En el caso del engranaje (2), cuando el engranaje (1), en un conductor y el engranaje (4), es conducido, es un engranaje loco o intermedio, tiene un sentido de giro contrario al que tiene el eje conducido y conductor. Su uso es exclusivo cuando se requiere que el sentido del movimiento sea el mismo o también cuando se necesite crear espacios entre engranajes o debido al diámetro requerido donde no tiene espacio para girar, se pueden utilizar dos engranajes intermedios.

Figura 48. **Tren de engranaje**



Fuente: Mecanismos de Transmisión PL y PT. *Engranajes compuestos*.

<https://3hmecanismosdetransmisionpl.webnode.es/engranajes-compuestos/>. Consulta: 25 de abril de 2022.

- Valor del tren e

Es el nombre que recibe la razón de velocidades del tren o simplemente el valor del tren, donde se necesita calcular la velocidad en un sistema. Para usar la siguiente ecuación hay que identificar cuáles son engranajes conductores y engranajes conducidos, para determinar el valor de e .

$$e = \frac{\text{Producto del número de dientes de conductores}}{\text{Producto del número de dientes de conducidos}}$$

El valor e es un número adimensional, que servirá para determinar la relación de las revoluciones por minuto que tiene de entrada el sistema y las revoluciones por minuto de salida, la siguiente ecuación describe esta relación:

$$RPM_L = (e)RPM_F$$

Donde RPM_L son las revoluciones por minuto del último engranaje del tren.

1.5. Unidad 5: Cadenas de transmisión

Una cadena es una serie de eslabones enlazados entre sí que tiene como función transmitir un movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas para que tengan la posibilidad de girar en torno a un eje común. Se usan para transmitir potencia entre dos ejes paralelos que giran en un mismo sentido con altas tensiones de trabajo.

1.5.1. Campo de aplicación

Tienen aplicaciones amplias, las más comunes son: en una bicicleta o motocicleta, para motores de combustión internas para sincronización del cigüeñal con el árbol de levas para que las válvulas se abran y cierren sin que los pistones se golpeen (cadena de tiempo).

Hay diversos tipos de cadenas, para diversos requerimientos y tolerancias, en este capítulo se centrará en las cadenas de rodillos, las cuales son flexibles y de uso mundial en industria. Algunas ventajas del uso de cadenas de transmisión son:

- Tienen la capacidad de transmitir grandes cargas, en diversas distancias.
- Gran variedad de selección en cadenas, accesorios o poleas que se adaptan al trabajo requerido.
- Pueden transmitir potencia sin deslizamiento ni pérdidas de energía, por lo tanto, son muy eficientes.
- El montaje y reparación es simples, y requieren poco mantenimiento sin dañar el equipo.

- Se fabrican de acero y acero inoxidable por lo cual tienen alta tolerancia a la temperatura, y son resistentes a la humedad, corrosión, como de acero niquelado para trabajos en el exterior.
- Tienen alta maniobrabilidad y se pueden usar para transmitir movimientos a varios ejes usando una cadena.
- Son de larga vida útil, siempre y cuando se mantenga aceitado. Dependiendo del trabajo y las revoluciones, se requiere una lubricación manual donde el usuario le aplica aceite periódicamente, una lubricación por goteo y lubricación por baño de aceite.

Como todo mecanismo, tiene algunas desventajas, que en su mayoría son mínimas, como:

- Son ruidosas y suelen tener vibraciones por el contacto metal con metal.
- Lubricación y mantenimiento frecuente.

1.5.2. Fallas en cadenas

Una falla puede ocurrir por falta de mantenimiento, uso inadecuado o simplemente cuando cumple su vida útil. Suelen fallar de varias formas, pero las más comunes son por elongación, fatiga y desgaste.

La falla por elongación ocurre cuando existe una sobrecarga en tensión, superando su resiliencia (capacidad de absorber energía elástica), hasta que no pueda funcionar adecuadamente o se separe (rotura).

En el caso de una falla por fatiga, la cadena tiene cargas repetitivas en tensión, bajo su límite de resiliencia (sin estiramiento), hasta el punto de que se desarrollan grietas microscópicas en las placas o rodamientos. Estas grietas se extienden hasta un punto de rotura.

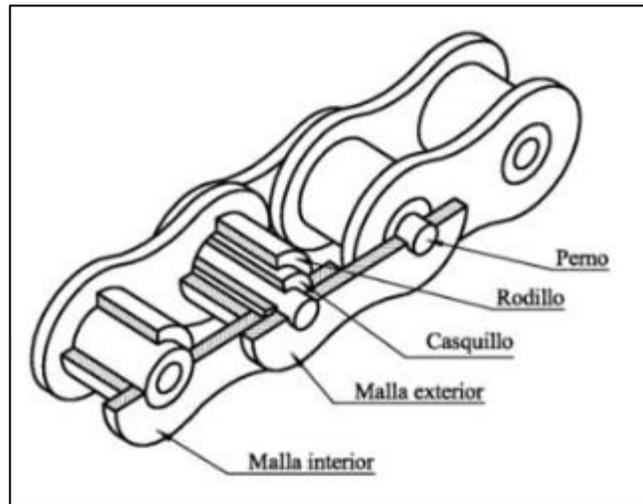
Por último, una falla por desgaste sucede cuando la cadena pierde materia por deslizamiento en combinación con abrasión (desgaste por fricción), o corrosión. En este punto una cadena no se ajusta o el desgaste llega a tal punto que la cadena se rompe.

1.5.3. Cadenas de rodillos

Una cadena de rodillos, como en la figura 49, está formada por la unión alternada de unos conjuntos que son llamados eslabones o mallas, que se presentan tanto en el interior como en el exterior de cada una de las uniones.

Los eslabones interiores se forman con dos placas o bridas interiores unidas por presión a dos casquillos, sobre los cuales giran libremente los rodillos de la cadena.

Figura 49. **Cadenas de rodillos**



Fuente: Mecapedia. *Cadenas de rodillos*. <http://www.mecapedia.uji.es/cadena.htm>.

Consulta: 26 de abril de 2022.

Los eslabones exteriores se forman con placas o bridas exteriores unidas a dos ejes que se remachan lateralmente una vez incorporados a los eslabones interiores.

Este conjunto, es la denominada cadena de rodillos, permite un acoplamiento suave a un casquillo y un perno dentro del rodillo, ejerciendo la función de su diseño que es la transmisión de potencia entre ejes que tienen cierta distancia.

1.5.4. Tipos de cadenas

Los diferentes tipos de cadenas se clasifican según el requerimiento que necesiten y la funcionalidad que tenga. Por ejemplo, una cadena usada en un motor no será igual que una cadena de una banda transportadora.

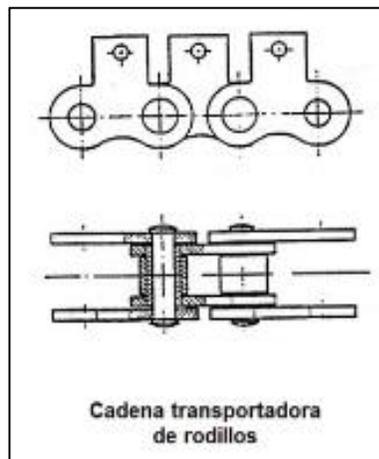
- Cadena de transmisión de potencia

Como lo indica su nombre, se encarga de transmitir un nivel de potencia que se convierte en movimiento entre ejes capaces de girar a distintas velocidades, son comunes en la industria, el diseño básico de estas cadenas se puede observar en la figura 50.

- Cadena transportadora

También es llamada de manutención, tiene como función transportar o desplazar un material, en trabajos de montaje o en un circuito de operarios que trabajan con la manipulación de piezas. O en sistemas de máquinas automatizadas donde se fabrican con componentes pesados, donde su manipulación es difícil para un operador. En la figura 50 se muestra una cadena transportadora de rodillos.

Figura 50. **Cadena transportadora de rodillos**



Fuente: Ingemecanica. *Cadena transportadora de rodillos*.

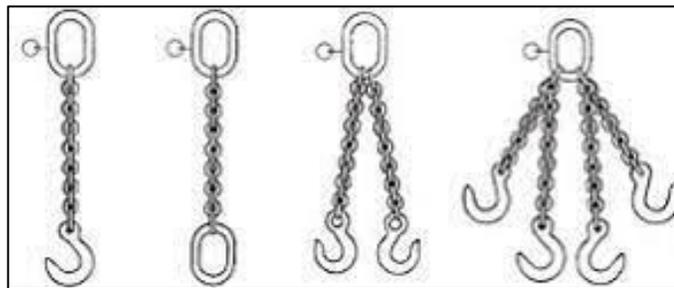
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>. Consulta: 2 de mayo de 2022.

- Cadena de carga

Son conocidos como cadenas de bastos de fuerza, utilizados en el desplazamiento de elementos grandes, debido a su peso, la manipulación es difícil.

En la figura 51 se observan formas de ordenar cadenas de carga, son cadenas con un uso común, si se emplean poleas se puede obtener grúas analógicas para diversos usos como en construcción.

Figura 51. **Cadenas de cargas**



Fuente: Tenso. *Cadenas de carga*. <http://www.tenso.es/productos/eslingas/cadena.asp>.

Consulta: 5 de mayo de 2022.

1.5.5. Tipos de cadenas de transmisión

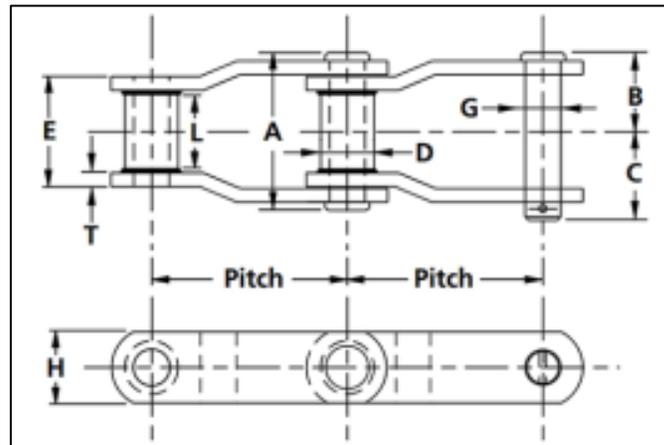
Una cadena de transmisión se usa en mecanismos de cadenas por eslabones articulados adaptados a distintas ruedas dentadas. Pero dentro de esta clasificación, existen varios tipos de cadenas que se utilizan dependiendo del costo, diseño, espacio, mantenimiento, repuesto y trabajo que desea realizarse.

- Cadena de bulones de acero

Son usados en el sector agrícola, transporte o para instalaciones de elevación, donde se requiere manejo de pesos que oscilan entre 150 a 2 000 Newtons de esfuerzo. En la figura 52, una cadena de bulones tiene las siguientes partes

- A: perno y chaveta
- B: distancia a la cabeza
- C: distancia a la chaveta
- E: longitud de apoyo
- L: distancia entre barras laterales
- D y G: diámetros de los rodos
- T: grosor
- H: altura de la cadena

Figura 52. Cadena de bulones



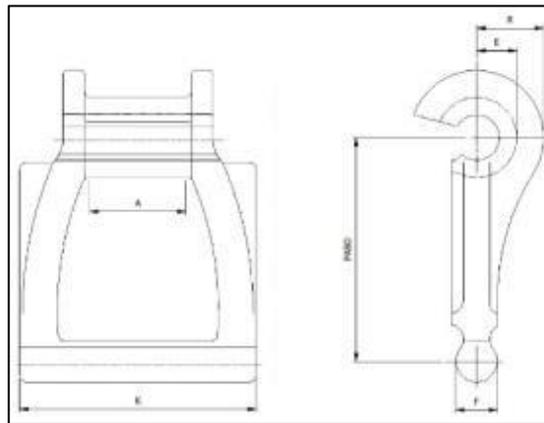
Fuente: Gomafiltros. *Cadena de bulones*.

https://gomafiltros.com/productos/cadenas/cadena_WH78. Consulta: 6 de mayo de 2022.

- Cadenas articuladas desmontables

Este tipo de cadenas son similares a las de bulones, pero soportan esfuerzos de tracción de 300 hasta 3 200 Newtons, usados también en el sector agrícola, en la figura 53 se observa una cadena desmontable.

Figura 53. **Cadena desmontable**



Fuente: Genmil. *Cadena desmontable*.

<http://www.genmil.com.co/php/Cadenas/interfaz/interfaz.php?cadena=Desmontables&%20id=1>

Consulta: 5 de mayo de 2022.

- Cadenas de manguitos

Son cadena de rodillos, pero son usados para trabajos con poco esfuerzo, pero a altas velocidades (RPM), como en automóviles. Un manguito es un cilindro hueco de forma circular usados como elementos de unión entre placas interiores de cadenas, en casos donde la vibración es excesiva se utiliza caucho en los manguitos para evitar micro desplazamientos relativos entre los elementos de los acoplamientos.

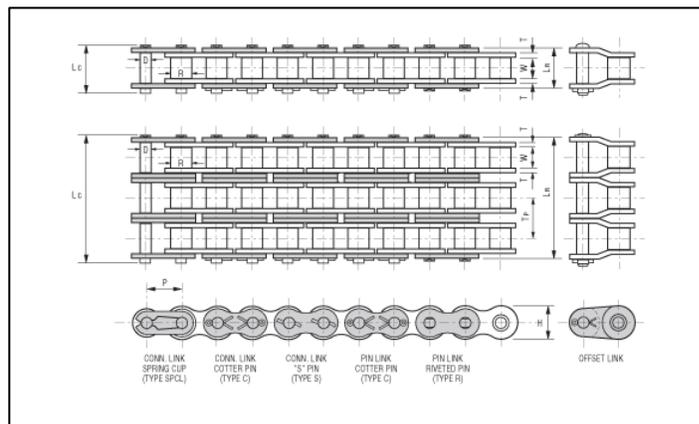
Cuando hay más de una hilera de cadenas, se coloca un manguito de material de caucho, que es llamado *silentblock* (dos manguitos metálicos

concéntricos con un manguito de caucho en el centro), que son usados en vehículos en las piezas de dirección, en las suspensiones o bielas de anclaje.

Una desventaja es que estos manguitos necesitan un mantenimiento constante, porque su material se envejece por factores térmicos, presiones y flexiones a las que esta sometidos. En el caso de motores, si se usa anticongelantes de mala calidad que atacan el caucho y tiene un deterioro masivo.

En la imagen 54, se muestra una cadena de 3 hileras, se ejemplifica en el intermedio de cada hilera se usa manguitos para evitar la transmisión y asegurar la unión.

Figura 54. **Cadena de hileras múltiples**



Fuente: Canamchains. *Cadena de hileras múltiples*.

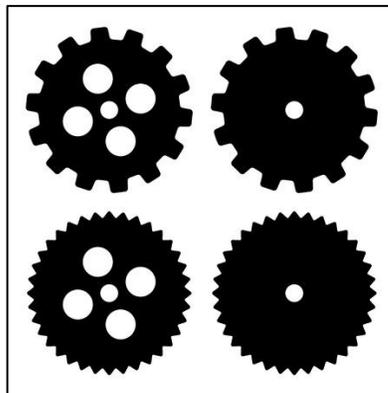
<https://www.can-amchains.com/es/American%20standard/American%20standard>. Consulta: 8 de mayo de 2022.

1.5.6. Descripción de los *sprockets*

Los *sprockets* son piezas con formas de ruedas dentadas, que al momento de girar se pueden acoplar con una cadena, en el caso de varias hileras de cadenas, se usan varios *sprockets*. En el caso donde se requiera un cambio de velocidades se utilizan distintos tamaños de *sprockets* o si se requiere cambiar el par o dirección original de un motor.

La forma de cada diente es una derivada de la forma geométrica descrita por el rodillo de una cadena que a menudo se mueve en línea recta. La forma del diente tiene una relación matemática con el paso de la cadena, el número de dientes en el *sprockets* y el diámetro del rodillo. En la figura 55, se muestran algunas formas que puede tener un *sprockets*, para diferentes tipos de cadenas.

Figura 55. **Formas de *sprockets***



Fuente: Canamchains. *Formas de sprockets*.

<https://www.can-amchains.com/es/American%20standard/American%20standard>. Consulta: 8 de mayo de 2022.

1.5.7. **Comparación de cadenas contra otros medios de transmisión de potencia**

La transmisión por cadena es similar a la transmisión por correa. Se efectúa también entre árboles paralelos, pero en este caso, engarzando los dientes de un piñón con los eslabones de una cadena.

El acoplamiento entre correas y dientes se efectúa sin deslizamiento y engranan uno a uno.

Se emplea cuando se tienen que transmitir grandes potencias con relaciones de transmisión reducida.

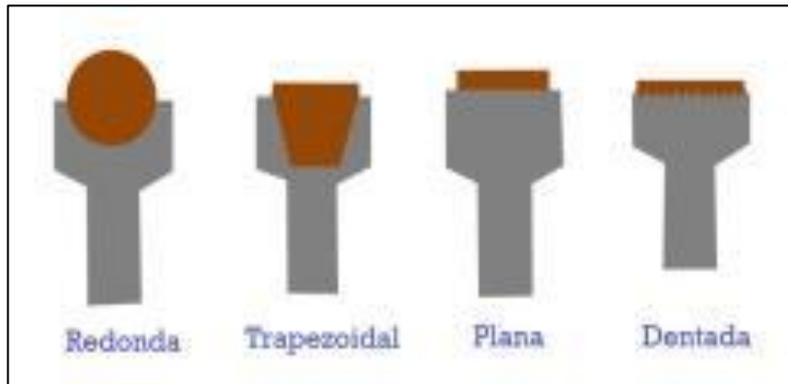
- **Correas de transmisión**

Es un tipo de mecanismo que usa correas para unir dos o más ruedas con movimientos de rotación, donde ejerce fuerza de fricción suministrando energía desde la rueda motriz.

Es muy importante recalcar que este tipo de transmisión mecánica se basa exclusivamente en las fuerzas de fricción, a diferencia de una cadena de transmisión, pero son fabricadas de goma.

Se pueden clasificar en redondas, trapezoidales, planas y dentadas, como se muestra en la figura 56.

Figura 56. **Tipos de correas**



Fuente: Edu.Xunta. *Tipos de correas.*

https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html. Consulta: 8 de mayo de 2022.

- Correas redondas

Su principal característica es que son muy flexibles y se ajustan en cualquier dirección y sentido porque se usan poleas angulares. Debido a su flexibilidad su instalación es sencilla, no requiere de ningún dispositivo tensor y el diseño puede ser compacto. Por tanto, su elasticidad funge como un método de seguridad y reduce las vibraciones causadas por breves sobrecargas.

- Correas trapezoidales

Como su nombre lo indica, tiene la forma de un trapecio, forma que beneficia al aumento de la fricción entre la correa y la polea. Hay otra versión de una correa de este tipo que es una trapezoidal dentada, esta permite un mejor ajuste cuando los radios de las poleas son pequeños.

- Correas planas

Se considera el primer tipo de correa utilizada, su forma es simple, este es un rectángulo, que fue muy usado por las industrias por diversas máquinas, aunque ya no se emplean tanto por la existencia de las correas trapezoidales. Las fallas más comunes que tuvieron fue el deslizamiento entre superficies de contacto, así que la velocidad angular de los ejes no era constante. También se puede mencionar que requería un tensado en la instalación que podía producir fatiga en los ejes o un daño al cojinete.

- Correas dentadas

Una correa dentada, también llamada reguladora o sincronizada, tiene la característica de tener dientes que engarzan con las poleas. Transmiten la potencia con el empuje de sus dientes y no con la fricción del contacto. En este aspecto son similares a la transmisión por engranajes, con la diferencia que son flexibles. Se usan cuando se busca una velocidad angular constante y no estresan ni fatigan los ejes en la instalación.

Aunque el costo es más elevado que una correa convencional, también se debe tomar en cuenta que solamente se puede usar con poleas dentadas para su correcto funcionamiento.

- Material de fabricación

Hay materiales diversos del que se fabrican las correas, pero por lo general son de elastómeros o de caucho sintético reforzada con cuerdas sintéticas o metálicas para aumentar la resistencia a la que es sometida.

También las poleas deben tener características específicas para usar las corres, por ejemplo, una correa dentada usa poleas con ranuras en V igual a la de la banda que ayuda a sujetarla, y la tensión la traba con las ranuras.

En la figura 57 se muestra una correa sincrónica y sus poleas especiales a engranes, este tipo de banda se hace de hule, con un refuerzo de cuerdas de acero para mayor resistencia y tiene dientes moldeados que ajustan en las ranuras de las poleas para una transmisión positiva.

Tiene una capacidad de niveles altos de transmisión de potencia y pares de torsión altos, con frecuencia son utilizados para impulsar árboles de levas en motores de combustión.

Aunque son más costosas que una banda en V convencionales y son más ruidosos, pero funcionan más frías y duran más. Tiene una eficiencia de transmisión de un 98 % y permanece en ese nivel con el uso.

Figura 57. **Banda sincrónica de transmisión**



Fuente: NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 141.

2. FUNDAMENTOS DEL CURSO DE MECANISMOS

Los mecanismos y las máquinas es una ciencia que se utiliza para relacionar la geometría y los movimientos de piezas como un conjunto, y las fuerzas que generan los movimientos. En los siguientes incisos, se desarrollará los conceptos básicos para comprender la naturaleza de un mecanismo.

2.1. Conceptos básicos para el análisis de un mecanismo

Una máquina moderna tiene diseños complejos, pero parten de mecanismos básicos y simples de comprender. Un ingeniero debe hacer cuestionamientos que se relacionan a nuevos diseños, mejoras y optimización con la finalidad de mejorar y facilitar con tecnología e innovación la forma en la que la humanidad trabaja o resuelve problemas. Razón por la cual, cada vez se necesitan satisfacer nuevas necesidades con el diseño de máquinas que parten de un mecanismo.

2.1.1. Análisis y síntesis

El análisis y síntesis son aspectos importantes para estudiar, diseñar y fabricar un mecanismo. Un diseño es una síntesis, eso significa que es un proceso de idear un método o patrón que ayude a encontrar una solución a un problema. En un diseño se establece las dimensiones, materias para su fabricación, formas y disposiciones de las piezas a modo que la máquina que resulte desempeñe las tareas prescritas. Existen muchas fases dentro de un diseño para que sea funcional, pero es factible el planteamiento de un método científico, pero también cabe mencionar que requiere imaginación, intuición,

sentido común, experiencia y creatividad. La ciencia provee herramientas que sirven al ingeniero para crear arte en un mecanismo.

Iniciado el proceso, se debe evaluar las alternativas interactuantes al que un ingeniero se enfrenta, utilizando instrumentos matemáticos que al ser aplicados correctamente ofrece información de diseño más exacta para juzgar un diseño que se pueda lograr a través de la intuición o cálculo. Pero las herramientas científicas no pueden tomar decisiones suplantando a los ingenieros, al final se pone en práctica la imaginación y creatividad, incluso al grado de pasar por encima de las predicciones matemáticas.

Por otra, parte un análisis es un conjunto de métodos científicos que dispone un ingeniero para diseñar. Son técnicas que permiten examinar en forma crítica un diseño existente o propuesto con el fin de determinar si es adecuado para el trabajo que se requiere. Debido a esto, un análisis, individualmente, no se toma como una ciencia creativa sino más bien es una evaluación y clasificación de ideas ya concebidas. La meta real es la síntesis, el diseño de un mecanismo para una máquina, el análisis es una herramienta, sin embargo, es inevitable usarse como un paso para un diseño.

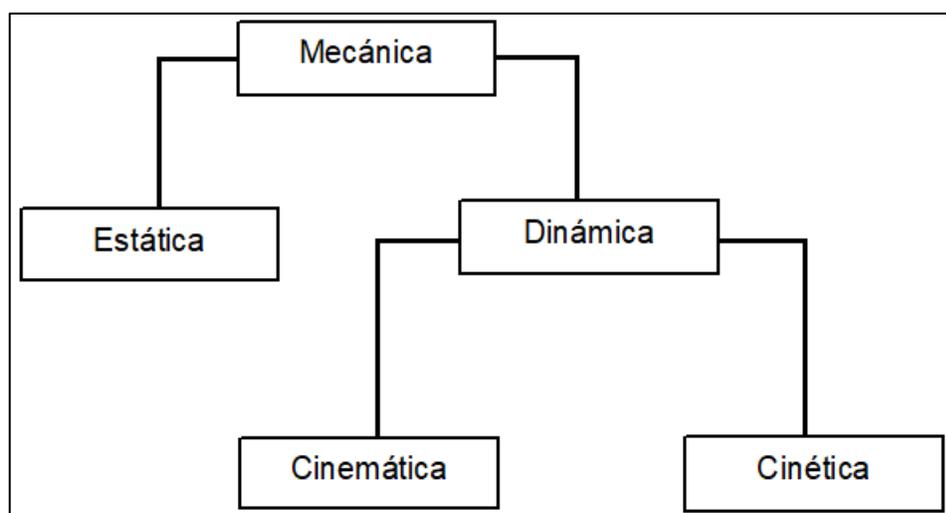
2.1.2. Ciencia de la mecánica

La mecánica es la rama del análisis científico que se ocupa de los movimientos, las fuerzas que la componen y los ciclos que completa el movimiento. Se divide en mecánica estática y dinámica. La mecánica estática tiene bases en el análisis de un sistema en equilibrio o en aquellos que no cambian su posición en un tiempo indeterminable. La dinámica estudia los sistemas que cambian con el tiempo o estando en movimiento.

En la figura 58 se muestra un diagrama que ilustra las ramas de la mecánica. En científico Leonardo Euler fue un físico matemático suizo del siglo XVIII, fue el primero en proponer la diferencia de la mecánica estática y dinámica. En el año de 1775 Euler hizo una investigación del movimiento de un cuerpo rígido, separando el análisis en dos partes, una geométrica y la otra mecánica. En la primera, se debe investigar la transferencia del cuerpo de una posición dada a cualquier otro sin tomar en cuenta la causa del movimiento, y es preciso representarla mediante fórmulas analíticas, las que definirán la posición de cada punto del cuerpo. Por lo tanto, esta investigación se referirá exclusivamente a la geometría.

Mediante la separación en el análisis, la forma geométrica indica la forma del movimiento y la mecánica se basada en principios dinámicos, como la causa del movimiento y su comportamiento a lo largo del tiempo hasta el punto de equilibrio.

Figura 58. **Disciplinas de la mecánica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

La mecánica dinámica estudia la cinemática y cinética, denominadas así del vocablo griego *kinema*, que significa movimiento, que se ocupan del movimiento y las fuerzas que lo producen.

Uno de los primeros problemas al realizar un diseño es la comprensión de la cinemática, que es el estudio del movimiento, independientemente de las fuerzas que produce. Específicamente la cinemática estudia la posición, desplazamiento, rotación, rapidez, velocidad y aceleración. El presente trabajo se centrará en los aspectos cinemáticos que surgen al diseñar un mecanismo.

Es preciso mencionar que en la investigación Euler, determina que la división de dinámica en cinemática y cinética se basa en la suposición de cuerpos rígidos. En los cuerpos flexibles las formas mismas de los cuerpos y movimientos depende de las fuerzas ejercidas sobre ellos, en este caso, el estudio de la fuerza y el movimiento se debe realizar en forma simultánea, eso incrementa notablemente la complejidad del análisis.

En la realidad, un mecanismo tiene cierta flexibilidad, aunque se construyen con materiales para minimizar deformación, razón por la cual se toman como cuerpos rígidos, despreciando una flexibilidad, y luego, una vez realizado el análisis dinámico, cuando las cargas se conocen, se suelen diseñar las piezas de manera que esta suposición se justifique.

2.1.3. Terminología

El ingeniero mecánico alemán Franz Reuleaux del siglo XIX, que a menudo es considerado como el padre de la cinemática define una máquina como una combinación de cuerpos resistentes de tal manera que, por medio de ellos, las fuerzas mecánicas de la naturaleza se pueden encauzar para realizar un trabajo

acompañado de movimientos determinados también define mecanismo como una “combinación de cuerpos resistentes conectados por medio de articulaciones móviles para formar una cadena cinemática cerrada con un eslabón fijo, y cuyo propósito es transformar el movimiento.”¹

Pero la definición antes mencionada contrasta con el término de estructura, que es una combinación de cuerpos rígidos resistentes que están conectados por medio de articulaciones, con el propósito de no efectuar un trabajo ni transformar el movimiento.

El objetivo de una estructura es ser rígida, con la salvedad que se mueve mínimamente, pero carece de movilidad interna debido a que no hay movimientos relativos entre sus componentes. Mientras que los mecanismos tienen estos movimientos, que tiene como propósito aprovechar estos movimientos internos relativos para transmitir potencia y así generar un movimiento.

Los términos, par motor, trabajo, fuerza y potencia describen conceptos que predominan en una máquina. A diferencia de un mecanismo, aunque puede transmitir potencia y fuerza, el objetivo que tiene que predominar es el de lograr un movimiento deseado.

Así es como se puede concebir una analogía acerca de los términos de estructura, máquina y mecanismo. Una estructura es a la estática lo que el término mecanismo es a la cinemática y el término máquina es a la cinética.

2.2. Definición de un eslabón articulado

¹ NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. p. 141.

En un mecanismo, el termino eslabón es como se designa al componente de un mecanismo o una pieza que conforma una máquina, aunque se debe suponerse como un cuerpo completamente rígido. Los mecanismos que conforman una máquina no se adaptan a una rigidez, como se indica en la teoría, como ejemplo, los resortes, comúnmente no tienen efecto alguno sobre la cinemática de un dispositivo, pero si desempeñan una labor en la generación de fuerzas. Este tipo de elementos no se denominan eslabón y es depreciable durante el análisis cinemático y el efecto de fuerzas se introduce en el análisis dinámico.

Los eslabones de un mecanismo se deben conectar entre sí, de tal manera que sea posible la transmisión del movimiento que viene de un motor o eslabón de entrada, al seguidor, o eslabón de salida. Estas conexiones se consideran como articulación de eslabones, son nombrados pares cinemáticos, o simplemente pares, porque cada articulación se compone de dos eslabones pareados, con cada superficie forman parte de cada uno de los eslabones articulados. Un eslabón se puede definir como la conexión rígida entre dos o más elementos de diferentes pares cinemáticos.

Se debe suponer que hay rigidez en los eslabones, y no debe haber un movimiento relativo entre dos puntos seleccionados aleatoriamente en un mismo eslabón, el propósito de un eslabón es mantener una relación espacial constante entre los elementos de sus pares cinemáticos.

Un resultado de la rigidez es que los detalles complicados que presentan las formas reales de las piezas pierden importancia cuando se analiza la cinemática del mecanismo. Por esta razón se pueden realizar diagramas simplificados que contienen las características importantes de un eslabón,

detalles como ubicación relativa de los elementos del par, aunque esto reduce significativamente la geometría real de una pieza. Por ejemplo, un motor de combustión interna utiliza un mecanismo de biela manivela, la simplificación del diagrama ayuda a realizar un análisis.

Esta representación ayuda porque elimina factores que pueden generar confusiones y en ese instante no son de importancia para el análisis. Pero se presenta otra desventaja como la de limitada semejanza con la realizada que generan impresiones de que son construcciones para usos académicos y no de una maquina real.

A la conexión de varios eslabones en movimiento por medio de articulaciones, se construye una cadena cinemática. Esta característica permite nombrar, dependiendo del número de eslabones presentes, si los eslabones tienen dos pares se denomina binarios, si hay tres pares, ternarios y así sucesivamente. Si cada eslabón está unido de forma cerrada, recibe el nombre de cadena cinemática cerrada. Caso contrario se denomina abierto.

2.2.1. Definición de mecanismos fijos

Cuando un mecanismo tiene un eslabón fijo o pivoteado, indica una referencia estática para los demás eslabones, esto significa que los movimientos de todos los demás puntos del eslabonamiento se medirán con respecto a éste en particular. En el caso de una máquina de trabajo real, el eslabón es casi siempre una plataforma o la base, y éste se le denomina eslabón base o marco. Debido a esto, la pregunta que debe ser respondida es, si dicho marco realmente estacionario, aunque no afecta para el estudio de la cinemática; pero es relevante y se debe considerar en el cálculo de las fuerzas resultantes.

Al definir qué eslabón es el marco de referencia, la cadena cinémica se convierte en un mecanismo, el impulsor se mueve pasando en el mismo punto inicial del mecanismo n veces, al ciclo terminado se denomina fase, el resto de los eslabones manifiestan movimientos definidos con respecto al marco de referencia predeterminado.

Por último, el término cadena cinemática se utiliza para especificar una disposición del eslabón y las articulaciones, cuando no se ha definido cuál será el eslabón que se usará como marco de referencia. En el momento que se define el eslabón de referencia, la cadena cinemática se considera como un mecanismo.

En el instante que un eslabón se considera mecanismo y sea funcional, los movimientos de cada eslabón no pueden ser aleatorios, deben apegarse a fases relativas constantes, que fueron diseñados para desarrollar un trabajo predeterminado. Estos movimientos adecuados son obtenidos por el número correcto de eslabones y el tipo de articulación que, permite la conexión de estos.

2.2.2. Distancia entre articulaciones

Al considerar las distancias entre articulaciones próximas, tanto la distancia natural por el diseño y movimiento relativo, que son esenciales para analizar la cinemática de un mecanismo. esta es la principal razón por la que se debe examina detenidamente la naturaleza de las articulaciones.

Se debe tomar en cuenta la forma de la superficie de los eslabones para mantener un control y así determinar un movimiento relativo que permite una articulación dada. Cada tipo de articulación posee formas y características dando como resultado movimientos específicos, que es determinante para la manera en que las superficies se pueden mover una con otra.

2.2.3. Movimientos diversos en un mecanismo

Existen elementos que tienen movimientos sutiles, difíciles de reconocer, un ejemplo es un mecanismo de pasador que podría tener un cojinete, de tal manera que es difícil identificar las dos superficies de las cuales, este compuesto.

En el estudio de mecanismos no se tomará en cuenta el movimiento de los rodillos del cojinete, pero en este caso los movimientos permitidos por las articulaciones son equivalentes. Para identificar los pares mecánicos es importante analizar los movimientos relativos que suceden, aunque no es necesario que estos movimientos sigan las formas de los elementos, pero si dan indicios importantes, la única función cinemática de una articulación es determinar el movimiento relativo entre eslabones.

En un mecanismo se tienen que reconocer el tipo de movimiento relativo que permite cada par, donde se asigna un parámetro aceptado, que permite realizar el cálculo del movimiento, en donde los grados de libertad (GDL), del mecanismo dependerá de los parámetros asignados (los grados de libertad es un mínimo de parámetros que especifican un número de reacciones que tiene una estructura), se conoce como variables del par.

2.3. Perfiles de levas

La función principal del perfil de una leva es impulsar un elemento, llamado seguidor. Con el fin de poder generar un movimiento específico que parte de un diseño, donde cada leva es diferente, ya sea por el material o la forma en la que se fabrican. El movimiento que genera es gracias al contacto directo, razón por

el cual se considera un mecanismo sencillo así que no son tan costosos y diseñarlos es relativamente fácil, por las pocas piezas móviles que requiere en su funcionamiento. En el caso del seguidor, el movimiento es lineal y puede tener diversas variables por los tipos de puntas que se pueden usar. Este mecanismo se sigue usando en maquinaria moderna como en motores de combustión interna.

2.3.1. Diagramas de desplazamiento

Un diagrama de desplazamiento es una representación gráfica de la relación que existe entre una leva y su seguidor. El movimiento de entrada es el giro de la leva y el movimiento de salida o desplazamiento lo da el seguidor.

Es importante entender cómo se lee un diagrama de desplazamiento por la amplia variedad de levas y seguidores, estas tienen características similares que permiten analizar sistemáticamente para su diseño. Un sistema de levas se toma como un dispositivo con un solo grado de libertad, que es impulsado por un movimiento de entrada o directa, donde tiene una velocidad angular constante, que llega al seguidor con un movimiento de salida predeterminado.

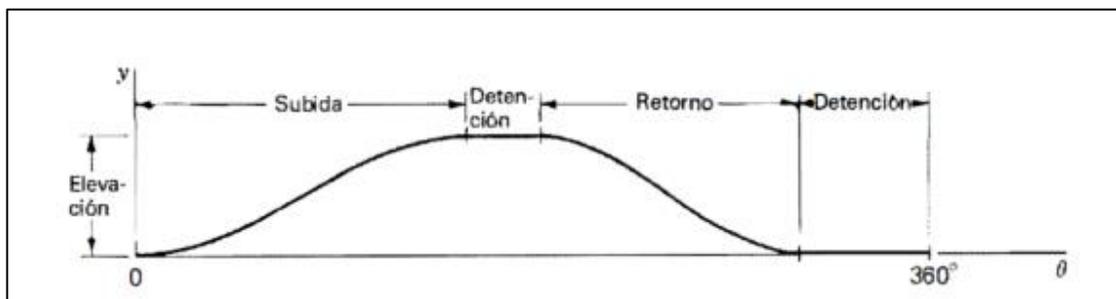
El diseño de una leva es denotado como $\theta(t)$, donde se describe un movimiento angular de entrada en función del tiempo y el de salida por γ . Donde γ es una distancia de traslación para un seguidor de movimiento alternativo, pero es un ángulo para un seguidor oscilante.

Durante la rotación de la leva, la fase del movimiento de entrada, su seguidor realiza una serie de pasos como se muestra en la figura 59. La gráfica, es un diagrama de desplazamiento, la abscisa (primera coordenada que define

un punto en el diagrama), representa un ciclo del movimiento de entrada θ (una revolución). La ordenada representa el recorrido γ del seguidor.

En el diagrama de desplazamiento se puede observar la subida, donde el movimiento máximo del seguidor es hacia afuera del centro de la leva. La subida máxima es la elevación. Los periodos en los que el seguidor se encuentra en reposo se le denomina detenciones y el retorno es el periodo en el que el movimiento del seguidor es hacia dentro de la leva.

Figura 59. Diagrama de desplazamiento



Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 122.

Detalles como las elevaciones y duración de las detenciones varían por el diseño y el tipo de recorrido, así como existen posibles movimientos del seguidor que pueden tener variaciones durante la subida o la bajada, que se pueden usar para diversas situaciones que requiera la leva, como modificar la potencia o la velocidad. Al tener un diseño y decidida la forma de relación que tiene la entrada θ y la salida γ , se genera un diagrama exacto, con una relación funcional que se representa con la siguiente ecuación:

$$\gamma = \gamma(\theta)$$

Esta ecuación, expresa el perfil de una leva, contiene información para su trazo, diseño y datos para su fabricación final. Indica la calidad de leva y el comportamiento que desarrolla en cada fase que realiza.

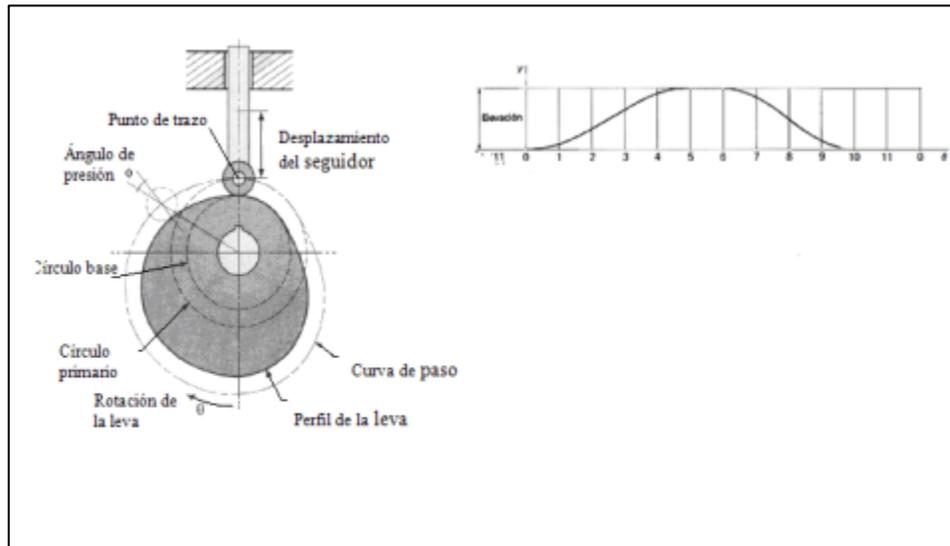
Haciendo una comparación, para un movimiento uniforme, se crea una gráfica con pendiente constante, esta tiene velocidad constante en todo su recorrido; la velocidad se transmite al seguidor, por eso es constante. Para un movimiento así, no es útil para estudiar y diseñar perfiles debido a los vértices que se producen en los límites con otras secciones de un diagrama de desplazamiento. Esta es la razón de aplicar secciones curvas, eliminando vértices.

2.3.2. Gráfico de perfil de levas

Para determinar el perfil de una leva, que debe entregar un movimiento específico para el seguidor. Suponiendo que el movimiento fue diseñado a partir de gráfica, de forma analítica (diseñado por tanteo a raíz del movimiento que se requiere) o numérica (por medio de cálculos y mediciones). Por tanto, se puede trazar un diagrama completo del desplazamiento para una rotación completa de la leva.

El problema radica en trazar un perfil consistente, para obtener el movimiento del seguidor, esto se representa por el diagrama de desplazamiento. En la figura 60 se ejemplifica un caso de una leva de placa y un seguidor de rodillo. Se especifica una nomenclatura.

Figura 60. **Seguidor de rodillo**



Fuente: SHIGLEY, Joseph. y UICKER, John. *Teoría de máquinas y mecanismo*. p. 126.

2.4. Engranajes y sus aplicaciones

Un engrane es un dispositivo que transmite el movimiento rotatorio de un eje a otro. Estos se presentan en prácticamente en todas las máquinas que constituyen uno de los mejores y diversos medios para la transmisión de potencia.

Sus aplicaciones más importantes son de transmisión de del movimiento que proviene de un eje con una fuente de energía, un ejemplo es un motor de combustión interna o motores con fuentes de energía diversos como electricidad, hasta otro eje que tiene cierta distancia, siendo así la transmisión de movimiento dentro de una máquina.

Existen diversos tipos y formas de engranajes, como los utilizados en un reloj, así como de tamaños masivos, como se encuentran en reductores de velocidades de una turbina de vapor en buques de carga.

Algunas aplicaciones que tienen los engranajes son, en máquinas como bombas hidráulicas donde dos o más pares de engranajes se mueven en dirección contraria que produciendo un trasiego de algún fluido de trabajo. En mecanismos diferenciales que son juegos de engranajes usados en vehículos, permitiendo que las llantas puedan girar a velocidades distintas cuando circulan dentro de una curva. En la caja de cambios, donde son encargados de acoplar la potencia emitida por el motor al sistema de transmisión por medio de diferentes relaciones entre engranajes, de tal manera que la velocidad del cigüeñal que es constante se convierte en diferentes velocidades en las llantas.

2.4.1. Ley fundamental del engranaje

Para producir un movimiento rotatorio, los engranes debe estar uno sobre otro, a la acción de los dientes acoplados se le conoce como ley fundamental, puede compararse con un mecanismo de leva y seguidor. Una superficie conjugada ocurre cuando al perfil de los dientes, se le da la forma, para que se produzca a razón constante velocidades angulares durante el acoplamiento.

En algunas ocasiones es posible especificar cualquier perfil para un diente, posteriormente encontrar un perfil para el diente que se va a acoplar, encontrando una superficie conjugada. Esta última es una solución de perfil de involuta, utilizado universalmente en los dientes de engranes.

A la acción de acoplar un solo par de dientes, conforme gira el engrane impulsor, conforme recorre una fase manteniendo una velocidad angular constante en el engrane impulsado. Este es un criterio base que rige para seleccionar el perfil del diente. Al no cumplirse esto, se generarían vibraciones serias, generando problemas de impacto, incluso perdida de velocidades.

La ecuación que se utiliza en la ley de engranajes es la siguiente:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

Donde:

w : es la velocidad angular del engranaje.

r : es el radio del engranaje.

Esta ecuación se utiliza con frecuencia para poder definir la ley fundamental del engranaje. Afirma que el punto de paso se debe mantener fijo sobre la línea de los centros. Indicando que todas las líneas de acción, en un punto de contacto cualquiera debe pasar por cualquier punto del paso del engranaje. Pero el problema sigue siendo, determinar la forma de las superficies acopladas, esto para poder aplicar la ley del engranaje

Se debe evitar suponer que cualquier perfil o forma, que pueda conjugar resulte efectiva. Aunque el diseño cubre la necesidad requerida y se logre las curvas conjugadas, existe el problema de reproducirlo físicamente en el acero o cualquier material que se utilice para su construcción. Tomar en cuenta el factor económico al momento de producir un engranaje, que esto dependerá la eficiencia del proyecto.

2.4.2. Intercambio de engranajes

Existe una relación entre la cabeza del diente, el pie o base del diente, altura de trabajo, el espesor del diente y el ángulo de presión, en conjunto, es un sistema de dientes. Existe un problema por la estandarización de los engranajes, así que cuando es necesario un cambio por desgaste se recomienda sustituir el

sistema completo sin tomar en cuenta el factor económico, porque dependiendo del trabajo que realiza el engranaje, se fabrican de materiales costosos o de difícil fabricación.

En el caso que se considere el factor económico, es necesario resolver el problema de cómo se cortará por el número de dientes, para tener el mismo ángulo de presión y paso, tomando en cuenta el desgaste que ha sufrido el sistema.

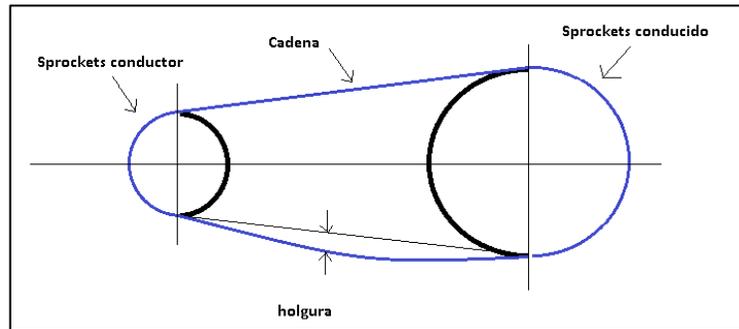
2.5. Transmisiones por cadenas

El elemento de transmisión de potencia formado por eslabones unidos por pernos recibe el nombre de cadenas. Un diseño de este tipo permite, sobre grandes fuerzas de tensión, pero son flexibles, lo suficiente para pasar por cuerpos circulares que giran alrededor de un eje.

Para la transmisión de potencia entre ejes, una cadena es una estructura ubicada sobre ruedas dentadas llamadas *sprockets*. La figura 61 se aprecia un esquema de una transmisión por cadenas. El tipo de cadena más común es la cadena de rodillo, es este dispositivo, cada rodillo esta sobre cada perno que permite una fricción bastante baja entre los *sprockets* y la cadena. Aunque hay una diversidad de diseños de eslabones extendidos. Su principal uso es el transporte.

En un sistema así, existe una holgura debido al peso y la dirección de la potencia, si la dirección es horario, la holgura estará en la cadena superior. En el caso contrario, será en la parte inferior, como se muestra en la imagen 61.

Figura 61. **Transmisión típica de cadena**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2007.

2.5.1. Lineamientos de diseño para transmisión por cadenas

En esta sección se presenta las recomendaciones para diseñar transmisiones por cadenas:

- La cantidad mínima de dientes en un *sprockets* debe ser 17, a menos que el impulsor funcione a una velocidad muy pequeña (menor que 100 rpm).
- La distancia entre centros entre los ejes de los *sprockets* debe ser de 30 a 50 pasos de cadena (30 a 50 veces el paso de la cadena).
- En el caso normal, el *sprockets* mayor no debe tener más de 120 dientes.
- La longitud de la cadena debe ser un múltiplo entero del paso, y se recomienda tener un número par de pasos. La distancia entre centros debe ser ajustable para adaptarse a la longitud de la cadena, y para adaptarse a las tolerancias y al desgaste. Debe evitarse un colgamiento excesivo del lado menos tenso, en especial en transmisiones que no sean horizontales. Una relación adecuada entre centros (C), longitud de cadena (L), cantidad

de dientes del engranaje pequeña (N_1) y el número de dientes del engranaje grande (N_2), se expresa con la siguiente ecuación:

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

La distancia entre centros para determinar longitud de cadena, también en pasos, es:

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right]$$

Suponiendo que, en la distancia entre centros calculados, que no existe colgamiento en lado holgado o tenso de la cadena, y por lo tanto es la distancia máxima. Se debe proveer tolerancias negativas de ajuste. También se debe prever los ajustes por desgaste.

- El diámetro de paso de un engranaje con n dientes, para una cadena de paso (p), es:

$$D = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{N}\right)}$$

- Se toma en cuenta el número de dientes para determinar el diámetro mínimo, con frecuencia, por el tamaño del eje donde se monta la cadena.
- El arco de contacto θ_1 de la cadena en la catarina pequeña, debe ser mayor que 120° .

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

- En el caso de la catarina mayor, el arco de contacto θ_2 , tiene como referencia la siguiente ecuación.

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \sin^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

2.5.2. Lubricación

Es fundamental que la transmisión por cadena tenga una lubricación adecuada. Por la cantidad de partes móviles que la componen, agregado a esto, la interacción entre los dientes de un *sprockets* y la cadena. Es importante que el ingeniero diseñador defina las propiedades del lubricante adecuado y el método de lubricación.

- Propiedades del lubricante

Con el fin de obtener una lubricación adecuada, se recomienda un derivado del petróleo, similar al aceite del motor. Su viscosidad debe permitir que el aceite fluya fácilmente en la superficie de la cadena que tiene un movimiento rotatorio y constante entre sí. Para que esta acción se cumpla, el aceite debe conservarse limpio y sin humedad. Un factor importante para la selección del lubricante son las temperaturas ambientes.

- Método de lubricación

Se recomienda tres tipos de lubricación, dependiendo de la velocidad de trabajo y la potencia que el sistema está transmitiendo.

- Tipo A. Lubricación manual o por goteo: este método la aplicación del aceite se realiza de forma copiosa con un canalón con vertedero o con una brocha, en un periodo de tiempo, como mínimo de 8 horas de funcionamiento. El aceite alimenta directamente cada una de las placas de los eslabones de cada hilera que compone la cadena.
- Tipo B. Lubricación de baño: se ajusta a condiciones adversas donde se coloca para la protección del *sprockets* y la cadena, ya que se usa en altas velocidades donde se proporciona un colector de aceite, en el que se sumerge de forma continua la cadena. Otra forma es fijar un disco o un lanzador a un eje, esto con la finalidad que levante el aceite hasta un canal, posicionado en la parte superior de la cadena inferior. El canal genera una corriente de aceite a la cadena, de esta manera no es necesario sumergir en aceite todo el sistema.
- Tipo C. Lubricación con chorro de aceite: este método generalmente se utiliza en cadenas de altas rpm, una bomba de aceite proporciona un flujo constante en la parte inferior de la cadena.

2.5.3. Fallas en cadenas de transmisión

La capacidad de transmisión de potencia de las cadenas tiene en cuenta tres modos de falla: 1), fatiga de las placas de eslabón, debido a la aplicación repetida de la tensión en el lado tenso de la cadena, 2), el impacto de los rodillos al engranar en los dientes de los *sprockets* por las altas revoluciones y 3), la abrasión, que es una forma común de desgaste donde la fricción causa un deterioro significativo a lo largo del uso, entre los pernos de cada eslabón.

Las capacidades se basan en datos empíricos con un impulsor y una carga uniformes, con una duración nominal aproximadamente de 15 000 horas. Las variables importantes son el paso de la cadena y el tamaño y la velocidad de giro del engranaje menor. Es crítica la buena lubricación para el funcionamiento satisfactorio de una transmisión de cadenas. Los fabricantes recomiendan el método de lubricación para las combinaciones dadas de tamaño de cadena, de los *sprockets* y velocidad.

3. CUESTIONARIO DIDÁCTICO PARA EL CURSO DE MECANISMOS

En la siguiente sección se presenta un cuestionario, que es un resumen del contenido del curso de mecanismos, que comprobara el aprendizaje del texto paralelo y si funcionalidad para el curso.

3.1. Unidad 1: Máquinas y mecanismos

- ¿Qué es un de mecanismo?
- ¿Cómo se define la función de un mecanismo?
- ¿Qué nombre reciben las uniones que se encuentran en los mecanismos?
- ¿Por qué no pueden clasificar tipos de mecanismos?
- ¿Qué sucede cuando a un mecanismo se le agrega energía y movimiento?
- En un análisis ¿cómo se considera un mecanismo?
- ¿Cómo se analiza una máquina?
- ¿Qué tipo de elementos cinemáticos se puede encontrar en una maquina?

3.1.1. Movimiento de traslación rectilínea

- ¿Cómo es un cuerpo con un movimiento de traslación rectilíneo?
- ¿Cuál es el ejemplo más simple de este tipo de movimiento?
- ¿Qué es un movimiento de traslación?

3.1.2. Movimiento de traslación curvilínea o cicloide y rotacional

- ¿Cómo se define un movimiento curvilíneo?
- ¿Qué otra definición se puede decir de un movimiento curvilíneo?
- ¿Qué es un movimiento cicloide?
- ¿Cómo se obtiene un movimiento rotacional?

3.1.3. Combinación de rotación y traslación

- ¿Qué características tiene un movimiento combinando de rotación y traslación?
- ¿Cómo no se debe asociar los términos de rotación y traslación?
- ¿Cuándo ocurre un movimiento combinado de rotación y traslación en eslabones adyacentes?

3.1.4. Movimiento helicoidal

- ¿Qué es un movimiento helicoidal?
- ¿Qué nombre recibe el eje de referencia?

3.1.5. Términos complementarios

- ¿Cómo se define un ciclo en un mecanismo?
- ¿Qué es un período?
- ¿Qué indica una fase?

3.1.6. Formas de transmisión de un movimiento

- ¿Cuáles son los diversos tipos de formas que tiene un mecanismo para cambiar de posición?
- ¿Cómo funciona un mecanismo por contacto directo?
- ¿Cuál sería un ejemplo de un mecanismo por contacto directo?
- ¿Cómo se describe un mecanismo que función por medio de un eslabón intermedio?
- ¿Qué ejemplos hay de estos mecanismos?
- ¿Qué es un conector flexible?

3.2. Unidad 2: Tipos de mecanismos de eslabones articulados

- ¿Cómo se define un mecanismo?
- ¿Qué tipos de movimientos puede realizar un mecanismo?
- ¿Cómo se clasifica el tipo de transformación de movimiento que puede realizar un mecanismo?
- ¿Qué significa que un mecanismo tiene un movimiento de transmisión?
- ¿Cuál es la descripción de un mecanismo que transforma un movimiento?
- ¿Cuáles son los mecanismos no entran en la clasificación de transmisión y transformación?

3.2.1. Mecanismos de cuatro barras articuladas

- ¿Por qué se estudiarán los mecanismos de cuatro barras?
- ¿Cuál es la función de un mecanismo de manivelas paralelas?
- ¿Dónde se común el uso de un mecanismo de manivelas paralelas?
- ¿Cuál es la característica de un mecanismo de manivelas no paralelas?
- ¿Qué capacidad tiene un mecanismo de manivela balancín?

3.2.2. Ley de Grashof

- ¿Para qué mecanismos se aplica la ley de Grashof?
- ¿Qué establece la ley de Grashof?
- ¿Qué se debe tomar en cuenta para usar la ley de Grashof en mecanismos de cuatro barras?
- ¿Qué permite la ley de Grashof?
- En general ¿Qué tipo de movimiento busca transformar un mecanismo aplicando la ley de Grashof?
- ¿Cuáles son los tres tipos de movimientos básicos cuando se cumple la ley de Grashof?
- ¿Cómo se consideran los mecanismos que cumplen con la ley de Grashof?

3.2.3. Tipos de mecanismos

- ¿Cuál es la característica básica de un mecanismo biela manivela corredera?
- ¿En qué tipos de máquinas se encuentra comúnmente este tipo de mecanismo?
- ¿Con que mecanismo se compara el movimiento de un Yugo Escocés?
- ¿Qué tipo de movimiento de salida tiene un mecanismo de Yugo Escocés?
- ¿Dónde se utiliza el mecanismo de Yugo Escocés?

3.2.4. Mecanismo de retorno rápido

- ¿Qué diferencia tiene un mecanismo de biela manivela descentrado con uno de biela manivela?

- ¿En qué se utiliza un mecanismo de cepillo?
- ¿Cómo funciona el mecanismo de cepillo?
- ¿Cuál es el mecanismo en el que se basa el mecanismo Whitworth?
- ¿Qué tiempo de movimiento realiza un mecanismo Whitworth?
- ¿En qué tipo de máquinas se utiliza el mecanismo Whitworth?
- ¿Cuál es el mecanismo que tiene un eslabonamiento de doble manivela?

3.2.5. Mecanismos de línea recta

- ¿Cuál es la característica de un mecanismo de línea recta?
- ¿Cuántas barras tiene un mecanismo de Watt y que tamaño se recomiendan tener?
- ¿En qué máquina se utiliza comúnmente un mecanismo de Watt?
- ¿Qué tipo de trayectoria genera la barra central de un mecanismo de Watt?
- ¿Qué mecanismo genera tres triángulos congruentes?
- ¿Con que fin se diseñó el mecanismo de Peaucellier?

3.2.6. Pantógrafo

- ¿Qué propiedades tiene un mecanismo Pantógrafo?
- ¿Cuál es la función de un mecanismo de pantógrafo?
- ¿En qué máquinas se empezó a utilizar un mecanismo de pantógrafo?
- ¿Cuál es la función de un pantógrafo inverso?
- ¿Por qué se denomina inverso?
- ¿Qué característica tiene un mecanismo de pantógrafo no inverso?

3.2.7. Mecanismo de movimiento intermitente

- ¿Cómo es el movimiento de un mecanismo de movimiento intermitente?
- ¿Qué máquinas utilizan este tipo de movimiento intermitente?
- ¿Cómo funciona un engranaje intermitente?
- ¿Cuál es la principal diferencia entre un engranaje intermitente y una rueda de Ginebra?
- ¿Cómo se mantiene fija la rueda de Ginebra al salir de la ranura?
- ¿Qué salida tiene un mecanismo de Ginebra lineal?
- ¿Con que otro mecanismo se puede comparar el mecanismo de Ginebra lineal?
- ¿Cuál es la función de un trinquete en un mecanismo de rueda de Trinquete?
- ¿En qué tipos de máquinas se utiliza una rueda de Trinquete?

3.3. Unidad 3: Diseño de perfiles de levas

- ¿Qué es una leva?
- ¿Cuál es la función de un seguidor de leva?
- ¿Qué tipos de levas se pueden mencionar?

3.3.1. Nomenclatura de perfiles de levas

- ¿Qué es un punto de trazo en un perfil de levas?
- ¿Cómo se genera una curva de paso?
- ¿Dónde se ubica el círculo primario?
- ¿Cuál es la ubicación del círculo base?

3.3.2. Movimiento lineal en un seguidor de leva

- ¿Qué dispositivo es indispensable para que un seguidor funcione adecuadamente para que funcione en todo el recorrido?
- ¿Cuál es el motivo por el que se genera una cresta en un diagrama de desplazamiento de leva?

3.3.3. Movimiento angular en un seguidor de leva

- ¿Cuál es la principal diferencia de un movimiento lineal con un movimiento angular del seguidor?
- ¿Qué forma debe tener el seguidor y el resorte para que se genere un movimiento angular?

3.3.4. Árbol de levas o ejes

- ¿Cuál es la función de un árbol de levas?
- ¿Qué máquina utiliza comúnmente un árbol de levas y que función desempeñan?
- ¿Dónde más se puede encontrar un mecanismo de árbol de levas?
- ¿Qué tipos de tratamientos térmicos se necesita para un árbol de levas?

3.3.5. Tipos de levas

- ¿Cuáles son los 4 tipos de levas más comunes que se utilizan?
- ¿Qué forma tiene la leva tipo placa?
- ¿Qué tipo de leva se utiliza cuando se necesita movimientos de traslación?
- ¿Cuál es el nombre de la leva que tiene una o más ranuras mecanizadas en su superficie para un desplazamiento en dirección paralela al eje de giro de la leva?
- ¿Qué forma tiene una leva de cara frontal?

3.3.6. Tipos de seguidores de levas

- ¿Cuál es la función de un seguidor en una leva?
- ¿Qué seguidor tiene una similitud con el filo de un cuchillo?
- ¿Qué ventaja tiene usar el seguidor antes mencionado?
- ¿Cuáles son las ventajas de usar un seguidor de cara plana?
- ¿Qué forma debe tener el seguidor de cara plana?
- ¿Cuál es el seguidor que tiene una baja resistencia al descaste y la fricción, aunque no elimina el empuje lateral de la leva?
- ¿Cómo se denomina al seguidor que tiene una similitud con un seguidor de cara plana, pero tiene un punto de contacto con forma de un semicírculo?

3.3.7. Diagrama de desplazamiento

- ¿Cuál es la base para trazar un diagrama de desplazamiento de un perfil de leva?
- ¿Qué es una derivada cinemática en términos matemáticos?
- ¿Qué es el tirón en un diagrama de desplazamiento?

3.3.8. Movimiento armónico simple

- ¿Dónde ocurre un movimiento armónico y con qué movimiento se obtiene?
- ¿Qué proporciona un movimiento armónico?

3.3.9. Movimiento cicloidal

- ¿Qué describe un movimiento cicloidal?
- ¿Qué ley cumple un movimiento cicloidal?

3.4. Unidad 4: Engranajes

- ¿Qué tipo de mecanismo se considera un engranaje?
- ¿Cuál es el propósito de los engranajes?
- Antes de la invención de engranajes ¿Que se utilizaba para aumentar o disminuir revoluciones en una máquina?
- ¿Dónde se utiliza comúnmente los engranajes?

3.4.1. Nomenclatura de un engranaje

- ¿Cómo se denomina el grosor del engranaje?
- ¿Qué otro nombre se le da al borde superior de un engranaje?
- Es la parte de la superficie de contacto entre los engranajes
- ¿Cuál es el borde inferior?
- ¿Qué parte del engranaje marca la división entre la cara y el flanco?
- ¿Cuál es la función del Addendum?
- ¿Dónde se localiza en Dedendum?
- ¿Qué define el círculo de holgura?
- ¿Cómo se llama a la distancia que se mide desde una parte de un diente y la misma parte del siguiente diente?

3.4.2. Tipos de engranajes

- ¿Cuál es el engranaje con un diseño más simple, menos costa y de fácil construcción?

- ¿Cuáles son las dos variantes de engranajes anteriormente mencionados?
- ¿Qué característica tiene los engranajes helicoidales?
- ¿Qué ventaja tiene usar un engranaje helicoidal?
- ¿Cómo se obtiene un engranaje de dientes dobles helicoidales?
- ¿Qué ventaja y desventaja tiene usar un engranaje de dientes dobles helicoidales contra un helicoidal?
- ¿Cuándo se usan los engranajes cónicos de dientes rectos?
- ¿Dónde se usa los engranajes cónicos de dientes rectos?
- ¿Cuál es la principal ventaja y desventaja de los engranajes cónicos de dientes helicoidales?
- ¿En qué se basan los engranajes hipoidales?
- ¿Dónde se utilizan los engranajes hipoidales?
- ¿Qué nombre recibe el mecanismo que se usa para la conversión de una velocidad angular de un engranaje en una velocidad tangencial?
- ¿Cómo se describe una cremallera?
- ¿Cuál es la forma de obtener un tornillo sinfín?
- ¿Cuál es la condición para cambiar un tornillo sinfín?
- ¿Qué ventaja tiene usar un mecanismo de tornillo sinfín?
- ¿Qué es un envolvente en un tornillo sinfín?
- ¿Cuándo hay dos envolventes en un tornillo sinfín que ¿forma tienen?
- ¿Cuál es la ventaja y desventaja de utilizar más de una envolvente?
- ¿Cuál es la principal ventaja de utilizar un tornillo sinfín?
- ¿Qué es una centroda?
- ¿Cómo es la velocidad de engranajes no circulares?
- ¿Dónde se utilizan los engranajes no circulares?
- ¿Qué conforma un tren de engranajes?
- ¿Cuál es la función de un tren de engranajes?
- ¿Qué nombre tiene en engranajes que inicia el movimiento?

- ¿Cómo se denominan a los engranajes intermedios?
- ¿Cuál es la diferencia de un tren de engranajes simple con uno compuesto?

3.5. Unidad 5: Cadenas de transmisión de potencia

- ¿Qué es una cadena?
- ¿Cuál es la función de una cadena?
- ¿Dónde se utilizan las cadenas de transmisión?
- ¿Cuáles son algunas ventajas de usar cadenas de transmisión?
- ¿Qué desventaja tiene usar cadenas de transmisión?

3.5.1. Tipos de fallas en cadenas

- ¿Cuáles son las fallas más comunes que suceden en cadenas de transmisión?
- ¿Cuándo ocurre una falla por elongación?
- ¿Cuál es la razón de que ocurra una falla por fatiga?
- ¿Qué pasa cuando hay una falla por desgaste?

3.5.2. Cadenas de rodillos y sus tipos

- ¿Cómo se llama la unión alternada en una cadena de rodillos?
- ¿Cómo se forman los eslabones exteriores?
- ¿Cuáles son los tipos de cadenas más comunes en industria?

3.5.3. Tipos de cadenas de transmisión de potencia

- ¿Qué cadena se utiliza en sector agrícola, transporte o para elevaciones?

- ¿Cuál es el grado de esfuerzo en Newtons toleran las cadenas articuladas desmontables?
- ¿Dónde se utilizan las cadenas de manguitos?
- ¿Qué es un manguito en una cadena de transmisión?
- ¿Cómo se llama el elemento de caucho que se coloca cuando hay más de una hilera de cadenas?
- ¿Qué desventaja tiene utilizar manguitos?

3.5.4. Descripción de un *sprockets*

- ¿Qué son los *sprockets* y cómo funcionan?
- ¿De qué depende la forma de los dientes de un *sprockets*?
- ¿Cuál es la relación matemática de los dientes de un *sprockets*?

3.5.5. Comparación de cadenas con otros medios de transmisión de potencia

- ¿Qué otra forma de transmisión se puede mencionar que sea similar a una cadena de transmisión?
- ¿Cuándo se emplean correas de transmisión?
- ¿En qué fuerza se basa la transmisión de potencia de una correa?
- ¿Cuáles son los tipos de correas de transmisión más comunes?
- ¿Cuál es la principal característica de las correas redondas?
- ¿En que beneficia usar correas trapezoidales?
- ¿Cuál es la falla más común de las correas planas?
- ¿Cómo transmiten la potencia una correa dentada?
- ¿Qué materiales se emplean para la fabricación de correas?
- ¿Dónde se utilizan frecuentemente las correas de transmisión?

3.6. Conceptos básicos

- ¿Qué ciencia relaciona la geometría y los movimientos de piezas como un conjunto?
- ¿Cuál es la finalidad de diseñar nuevos mecanismos u optimizar los existentes?

3.6.1. Análisis y síntesis

- ¿Cuáles son los aspectos importantes para diseñar y fabricar un mecanismo?
- ¿Qué es una síntesis en el tema de mecanismos?
- Menciones algunos factores que se establece en un diseño de un mecanismo.
- ¿Qué fases se debe tomar en cuenta para determinar que un mecanismo es funcional o cumple con el propósito para el cual fue diseñado?
- ¿Cómo se puede juzgar un buen diseño de mecanismos?
- ¿A qué se refiere con el análisis de un mecanismo?
- ¿Por qué no se toma el análisis como algo creativo?

3.6.2. Ciencia de la mecánica

- ¿Qué tipo de análisis científico ocupa la mecánica?
- ¿Cuál es la base de la mecánica estática?
- ¿Qué estudia la mecánica dinámica?
- ¿Qué es un cuerpo rígido?
- ¿Cómo se divide el análisis de un cuerpo rígido?
- ¿Qué investiga el análisis geométrico?

- ¿Cuál es la razón de analizar el movimiento de forma separada?
- ¿Cuáles son las divisiones de la mecánica dinámica?
- ¿Qué estudia la mecánica cinemática?
- ¿Cuál es la diferencia con la mecánica cinética?
- ¿Existe la flexibilidad en un cuerpo rígido?
- ¿Cuál es la definición del ingeniero mecánico Reuleaux con respecto a una máquina?
- Para el ingeniero Reuleaux ¿Qué es un mecanismo?
- ¿Cuáles son los objetivos principales para una máquina?
- A diferencia de una máquina ¿Cuáles son los objetivos de un mecanismo?

3.7. Mecanismos de eslabones articulados

- ¿Qué es un eslabón?
- ¿Cómo se denomina a las uniones de eslabones que permiten transmitir movimiento?
- ¿Cuál es el propósito de un eslabón?
- ¿Cuál es un resultado de la rigidez en un mecanismo?
- ¿Qué es un diagrama simple de eslabones?
- ¿Cuál es la desventaja de usar un diagrama de eslabones?
- ¿Qué ventaja tiene usar un diagrama de eslabones?
- ¿Cómo se define una cadena cinemática?
- ¿Qué tipos de cadenas cinemáticas se pueden mencionar?

3.7.1. Mecanismos fijos

- ¿Cuál es la definición de un mecanismo fijo?
- ¿Qué es cadena cinemática?

- ¿Cuál es el siguiente paso al definir el eslabón fijo como marco de referencia?
- ¿Cómo se denomina al movimiento de un mecanismo que termina un ciclo?
- ¿Cómo son los movimientos cuando eslabón se considere mecanismo funcional?

3.7.2. Distancia entre articulaciones

- ¿Cuál es la principal razón por la que se debe tener cuidado al examinar el tipo de articulación que tiene un mecanismo?
- ¿Qué otros factores se deben tomar en cuenta para determinar la distancia entre eslabones?
- ¿En qué momento hay movimientos específicos en un eslabón?

3.7.3. Tipos de movimientos de un mecanismo

- ¿Por qué algunos mecanismos pueden tener movimientos sutiles?
- ¿Cuál es la única función cinemática de una articulación?
- ¿Qué son los grados de libertad (GDL), en un mecanismo?

3.8. Diseño de perfiles de levas

- ¿Cuál es la función de un perfil de levas?
- ¿Cuál es el fin de diseñar una leva?
- ¿Qué ventajas tiene el uso de un perfil de levas?
- ¿Cómo es el movimiento del seguidor, generado por una leva?

3.8.1. Diagrama de desplazamiento

- ¿Qué es un diagrama de desplazamiento?
- ¿Cuál es el movimiento de entrada y salida de este mecanismo?
- ¿Cuántos grados de libertad se toma en un perfil de leva?
- ¿Cómo se denomina al período donde un seguidor está en reposo?
- ¿Si se realiza el diseño de una leva con un movimiento diseñado, de qué forma se puede realizar?

3.9. Engranajes

- ¿Qué es un engranaje?
- Menciones algunas aplicaciones donde hay engranajes

3.9.1. Ley fundamental del engranaje

- ¿A qué se refiere con la ley fundamental del engranaje?
- ¿Cuándo ocurre una superficie conjugada?
- ¿Cuál es el criterio base para seleccionar un perfil de diente de engranaje?
- ¿Qué pasa cuando no se cumple con el criterio base?
- ¿Qué problema existe cuando el diseño cubre la necesidad y se logra una curva conjugada?
- ¿Cuál es otro factor para la fabricación de un engranaje?

3.9.2. Engranajes intercambiables

- ¿Cuáles son las principales relaciones que se tiene que tomar en cuenta para intercambiar un engrane?
- ¿Por qué es un problema intercambiar un engranaje?

- ¿Cuál es un factor importante para sustituir un engranaje o un juego de engranajes?
- Si un engranaje es costoso, ¿Qué factores se debe tomar en cuenta para reemplazar un engranaje?

3.10. Cadenas

- ¿Qué es una cadena de transmisión?
- ¿Cuál es la razón principal para usar cadenas?
- ¿Cuál es el nombre que recibe las ruedas dentadas usadas para transmitir la potencia entre ejes?
- ¿Cuál es la cadena de transmisión de uso más común?
- ¿Qué función tiene un rodillo?
- ¿Por qué existe una holgura en una cadena de transmisión cuando esta entre dos *sprockets*?
- ¿Cuál es la dirección y la holgura de la cadena de transmisión en un diagrama simple?

3.10.1. Diseño para cadenas de transmisión

- ¿Cuál es la cantidad mínima de dientes en un *sprockets*?
- ¿Qué distancia mínima y máxima debe haber entre centros de *sprockets* contado en pasos de cadena?
- ¿Cuántos dientes máximos debe tener el *sprockets* mayor?

3.10.2. Lubricación para cadenas

- ¿Por qué es importante la lubricación en una cadena de transmisión?
- ¿Qué propiedad debe tener un buen lubricante para cadenas de transmisión?

- ¿Cuáles son los diferentes tipos de lubricación que se consideran para cadenas de transmisión?
- ¿Qué es la lubricación manual?
- ¿Cómo es la lubricación de baño?
- ¿Dónde se usa la lubricación con chorro?

3.10.3. Fallas comunes en las cadenas de transmisión

- ¿Cuáles son los modos de fallas en cadenas de transmisión?
- ¿Por qué ocurre la falla por fatiga?
- ¿Cómo es el desgaste por impacto que sucede en las cadenas?
- ¿Cuál es la característica del desgaste por abrasión?
- Según los fabricantes, ¿Cuál es el método recomendado de lubricación?

4. RESPUESTAS SUGERIDAS PARA EL CUESTIONARIO DIDÁCTICO

En este capítulo se darán sugerencia para las respuestas del cuestionario didáctico dado anteriormente.

4.1. Unidad 1: Máquinas y mecanismos

- Es un dispositivo encargado de transformar cualquier movimiento en un patrón controlado dentro de una máquina.
- Un mecanismo es un medio de transmisión, restricción o control de un movimiento que es relativo al espacio que ocupa dentro de un sistema, en este caso, una máquina.
- Los diferentes tipos de uniones que se encuentran en un mecanismo se denomina pares cinemáticos, pernos, uniones de contacto.
- Porque se clasifican en su grano y no en su clase. El grado de energía que utiliza y la resistencia que se desea vencer. Si la fuerza es significativa se considera como máquina, caso contrario se considera mecanismo.
- Se empieza a considerar como máquina.
- Si funciona a velocidades mínimas, se considera como un dispositivo cinemático para interpretar las fuerzas que interactúan.

- Primero se debe considerar como mecanismo, porque una máquina funciona a altas velocidades, así se puede analizar cinemáticamente.
- Se pueden mencionar las cadenas, bandas, engranajes, levas o eslabonamientos.

4.1.1. Movimientos de traslación rectilínea

- Cuando un cuerpo se mueve en un marco de referencia, de forma compleja tiene una combinación de movimiento de rotacional y de traslación.
- Un ejemplo caro es un neumático que rota y se traslada.
- Se define como un estado de movimiento de un cuerpo, que se desplaza entre dos puntos.

4.1.2. Traslación curvilínea o cicloide

- El movimiento de un cuerpo no ocurre en forma recta, las partes se mueven en curvas paralelas.
- Es la composición de movimientos rectilíneos a lo largo de unos ejes coordenados.
- Es un movimiento que enfoca en el comportamiento de un punto en el borde de un disco, cuando se desplaza en una superficie horizontal.

- Un punto cualquiera en un cuerpo rígido con un movimiento que tiene una distancia constante de un eje.

4.1.3. Combinación de rotación y traslación

- Tiene características de un sistema de coordenadas que no se puede enfocar en un solo punto.
- No se asocia con características curvilíneas y rectilíneas en la trayectoria de un solo punto.
- Cuando dos o más eslabones adyacentes permiten el movimiento combinado de rotación y traslación.

4.1.4. Movimiento helicoidal

- Es un movimiento roto-traslatorio, que es la combinación de un movimiento de rotación en torno a un eje de forma progresiva.
- Eje instantáneo de rotación y deslizamiento de la partícula.

4.1.5. Términos complementarios

- Un ciclo se cumple cuando los eslabones pasan por sus infinitas posibles posiciones regresando a la posición inicial.
- Es el tiempo que necesita un mecanismo para terminar cada ciclo de su movimiento.

- La posición relativa de un mecanismo en un movimiento que es cíclico que es una fracción del período.

4.1.6. Formas de transmisión de un movimiento

- Por contacto directo, por medio de un eslabón intermedio y por medio de un conector flexible.
- Cuando hay dos o más miembros de un mecanismo que tienen un contacto que transmiten un movimiento.
- Un ejemplo claro son los engranajes de potencia cuando están acoplados.
- Cuando un mecanismo funciona de un movimiento circula a alternativo y viceversa.
- Un mecanismo de cigüeñal o uno de leva seguidor.
- Es un instrumento que transmite el movimiento por medio de bandas o fajas entre poleas, como lo es una cadena entre *sprockets*.

4.2. Unidad 2: Mecanismos de eslabones articulados

- Es un elemento que permite modificar una fuerza, velocidad y entradas de un movimiento.
- Dentro de una máquina puede tener movimientos lineales, alternativos, de rotación y oscilantes.

- Se puede clasificar en 3 grupos que son de transmisión, de transformación y otros.
- Simplemente transmite un movimiento, modificando la fuerza de entrada a una de salida. Indiferentemente si aumenta o disminuye.
- Son mecanismos motrices, donde transforman la velocidad y el movimiento de ingreso.
- Son los que regulan el movimiento de un mecanismo como un embrague.

4.2.1. Mecanismos de cuatro barras articuladas

- En el curso se hacen énfasis en los tipos de mecanismos de cuatro barras.
- En el curso se hacen énfasis en los tipos de mecanismos de cuatro barras.
- En máquinas transportadoras o de ejercicio por su movimiento repetitivo simétrico.
- Es similar a uno de manivelas paralelas, pero con la diferencia que transforma la velocidad y movimiento. Ya sea de menos a más o viceversa.
- Puede completar una rotación en un centro fijo que está unido a un balancín. Cuando la manivela completa una rotación, el balancín hace un recorrido en vaivén.

4.2.2. Ley de Grashof

- Es para mecanismos de cuatro barras.

- Establece que por lo menos una barra es fija y otra da una rotación completa sin problemas.
- Se debe tomar en cuenta que la suma de la longitud de la barra más largo y más corta sea menor o igual que la suma de las otras dos barras.
- Permite que funcione el diseño de un mecanismo que genera rotaciones completas, donde use un motor para dar potencia.
- Busca transformar un movimiento rotatorio en oscilatorio que sea física y matemáticamente viable.
- De doble manivela, de vaivén y de doble balancín.
- Son mecanismos confiables y con menos tensiones en sus articulaciones, mientras estén más lejos de la igualdad.

4.2.3. Tipos de mecanismos

- La corredera está alineada con el eje de la biela.
- Se usan principalmente en motores de combustión interna.
- Se puede comprar con el movimiento de una manivela simple.
- Tiene un movimiento sinusoidal para obtener un movimiento circular en uno lineal o viceversa.

- En motores de combustión interna, en neumáticos o compresores alternativos, en actuadores para válvulas de control de alta presión en oleoductos, motores de vapor y en aire comprimido donde se mueven cabrestantes.

4.2.4. Mecanismos de retorno rápido

- La diferencia radica en la posición de la barra y el ángulo de la posición de la biela.
- Para la elaboración de superficies planas, acanalamientos o formas geométricas.
- Se basa en un brazo regido que tiene un movimiento recíprocante hacia adelante y hace atrás generando superficies planas.
- Tiene como base un mecanismo de Yugo Escocés.
- Tienen un movimiento irregular con un avance lento y un retorno rápido.
- Debido a su carrera irregular se usa en máquinas limadoras.
- Mecanismo de eslabón de arrastre.

4.2.5. Mecanismos de línea recta

- La principal característica es que tienen un movimiento de entrada que puede ser constante o alternativo pero el movimiento de salida es de una recta aproximada.

- Consta de un sistema de tres barras articuladas, la barra central debe ser de menor tamaño con relación a las otras dos.
- Se utiliza en suspensiones de vehículo como mecanismo de guía lateral que permite movimiento vertical del eje (desplazamiento lateral).
- Genera un movimiento no rectilíneo exacto, razón por la cual la trayectoria se asemeja a un arco lemniscata.
- En el punto intermedio, en mecanismo isósceles genera tres triángulos isósceles.
- Se utilizó en el desarrollo de máquinas de vapor.

4.2.6. Pantógrafo

- Tienen propiedades de un paralelogramo.
- Se utiliza para aumentar o disminuir la relación de un movimiento.
- En ferrocarriles, gatos hidráulicos o para instrumentos de dibujo.
- Tiene como función aumentar el movimiento del punto inicial.
- Sus movimientos son de extensión o flexión. La dirección del movimiento es contraria al que se aplica.

- La fuerza y dirección del movimiento de salida, tiene la misma dirección y fuerza que, de entrada.

4.2.7. Mecanismos de movimiento intermitente

- Tiene una secuencia de movimientos y detenciones. El movimiento de entrada es constante y la o las detenciones ocurren en la salida.
- En máquina con cadenas de transmisión o en proyectores de cine con múltiples detenciones.
- Es un conjunto de engranajes acoplados, donde el engranaje conducido tiene n dientes y el engranaje conductor tiene $(1/n) * 100$ dientes para calcular el porcentaje de su desplazamiento.
- La rueda motriz tiene un pasado que entra y sale en una ranura de la rueda seguidora. La construcción es un poco más compleja.
- La rueda motriz tiene un bloque semicircular que mantiene estático hasta que entra en la siguiente ranura.
- Tiene una salida traslacional lineal.
- Tiene un parecido análogo a un dispositivo de Yugo Escocés con múltiples ranuras.
- El trinquete tiene como función bloquear la rueda dentada evitando que se invierta su dirección mientras avanza.

- Se utiliza en llaves de tuercas, alicates o en el piñón de una bicicleta.

4.3. Unidad 3: Diseño de perfiles de levas

- Es un disco con un perfil externo que permite transformar un movimiento cíclico en uno rectilíneo.
- Sigue el movimiento de las variaciones del perfil de una leva durante su trayecto.
- Se pueden mencionar dos tipos de seguidores que son de traslación y de rotación.

4.3.1. Nomenclatura de perfiles de levas

- Es el centro del seguidor independientemente que tipo de seguir sea, es el trazo teórico del seguidor.
- Es la forma geométrica que se traza conforma el seguidor se desplaza a lo largo de la leva.
- Es el círculo más pequeño que se puede trazar, donde el centro se ubica en el eje de rotación de la leva, que es tangente a la curva de paso.
- Tiene el centro sobre el eje de rotación de la leva, es más pequeño que el círculo primario, pero dependerá del tipo de seguidor.

4.3.2. Movimiento lineal en un seguidor de leva

- Debe tener un muelle o resorte para acoplarse al recorrido de la leva
- Esta subida se da por la subida que tiene una leva en su punto más alto

4.3.3. Movimiento angular en un seguidor de leva

- El movimiento del resorte o muelle se genera de forma horizontal al plano.
- Debe tener una forma de palanca y el resorte debe tener una orientación a fin.

4.3.4. Árbol de levas o ejes

- Se utiliza para colocar distintas levas, pueden tener diversas características físicas para que se activen de a intervalos repetitivos.
- Se utiliza en motores de combustión interna, debido a que controlan la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape.
- En un molino o distribuidores de agua.
- De acero fundido, forja o ensamblado para aumentar la dureza de la superficie.

4.3.5. Tipos de levas

- La leva tipo placa, tipo cuña, de tambor y de cara frontal
- Tiene una forma de perfil curvo y espesor constante

- Se usa una leva de tipo cuña
- Es la leva tipo tambor
- Tiene forma de cono o cilindro, su superficie superior está vacía de manera que se genera la leva.

4.3.6. Tipos de seguidores de levas

- Se responsabiliza del movimiento de rotación oscilante o de traslación alternativa, que parte del movimiento de entrada de la leva.
- El seguidor tipo cuña.
- Tiene mayor resistencia a la fricción y desgaste, con empuje lateral considerable y de bajo costo.
- Tiene un punto de contacto amplio, baja resistencia a la fricción que disminuye el empuje lateral del eje.
- Debe tener una forma con curvatura, caso contrario el seguidor se atasca en la parte cóncava.
- El seguidor de rodillo.
- El seguidor de cilindro.

4.3.7. Diagrama de desplazamiento

- Se diseña la leva como resultado del movimiento que se desea en el seguidor, con base a el movimiento se traza el diagrama de desplazamiento.
- Una derivada, que depende el grado en el que se encuentra, indica la distancia, velocidad y aceleración en función del tiempo.
- Es una segunda aceleración que es dada por la tercera derivada, que confirma un punto de inflexión que es un cambio de dirección de la aceleración.

4.3.8. Movimiento armónico simple

- Ocurre cuando se analiza un desplazamiento de una leva y se obtienen un movimiento parabólico.
- Lo proporciona el contorno de una leva.

4.3.9. Movimiento cicloidal

- Describe una curva sobre un plano, cuando hay un punto de referencia en el borde de un disco girando.
- Por su tipo de movimiento valido para una leva, cumple con la ley fundamental del diseño de una leva.

4.4. Unidad 4: Engranajes

- Se considera un mecanismo de transformación de giro.
- Transmiten una velocidad de rotación, ya sea una mayor o menor, a partir de una velocidad existente.
- Se recurría a fuerzas naturales, pero tenía muchas limitantes.
- En motores eléctricos porque con menos energía se puede obtener más potencia o viceversa.

4.4.1. Nomenclatura de un engranaje

- Se denomina anchura del diente.
- Es también llamado cresta.
- Cara y flanco que son la parte inferior y superior del diente.
- Llamado también valle que es la separación entre cada diente.
- Llamado el círculo de paso o también circunferencia primitiva.
- Marca la cresta o borde superior que es el diámetro exterior del engranaje.
- Se localiza en la parte inferior del diente hasta la circunferencia de paso.
- Define el diámetro interior de un engranaje.

- Se denomina paso circular.

4.4.2. Tipos de engranajes

- Engranajes de dientes rectos.
- Pueden ser engranajes interiores y exteriores.
- Son más costosos por que necesitan un contacto más uniforme y gradual por su empuje axial, como el tipo de engrane que tiene, porque es progresivo por los ángulos que lo conforman.
- Los engranajes helicoidales no generan tantas vibraciones por lo cual se pueden usar a altas velocidades.
- Se obtiene al unir dos engranajes helicoidales, pero en sentido opuesto sobre el mismo eje.
- Cancela las cargas internas de empujes axiales, pero son sumamente costosos, aunque lo compensa usarlo en alta potencia.
- Cuando se necesita transmitir un movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano (ángulo recto entre ejes).
- En casos donde se transmite movimiento entre árboles de levas donde termina la potencia.

- Tienen un funcionamiento silencioso, pero son muy costosos en comparación con los mencionados anteriormente.
- Se basan en hiperboloides de revolución.
- Se usan en transmisión de los vehículos que tienen el motor adelante y la tracción trasera.
- Se denomina piñón cremallera.
- Es un eslabón de múltiples barras en un orden que convierten la traslación lineal en una angular.
- Al incrementar el ángulo de hélice de un tornillo, que está conformado por un diente enrollado alrededor de toda la circunferencia un número n veces.
- Se debe cambiar todo el juego completo por el tipo de desgaste que tiene.
- Puede soportar grandes cargas.
- Se refiere a que los dientes del engranaje de un tornillo sinfín están enrollados alrededor del tornillo.
- Tiene una forma de reloj de arena.
- Incrementan la capacidad de soportar cargas, pero aumenta el costo final.
- Evita la contramarcha en un mecanismo, funciona como un freno.

- Es la parte geométrica del centro instantáneo del mecanismo articulado.
- Por su forma irregular su relación de velocidades no es constante.
- En máquinas rotatorias como prensas de impresión.
- Está formado por dos o más engranajes, unidos a un árbol de levas con ejes paralelos.
- Transmitir un movimiento o potencia de un punto inicial a un punto final por medio de contacto directo.
- Engranaje motriz.
- Engranajes locos que transmiten en movimiento.
- No es necesario que estén en contacto directo porque los engranajes tienen dientes para ser acoplados entre sí.

4.5. Unidad 5: Cadenas de transmisión de potencia

- Es una serie de eslabones enlazados entre sí.
- Transmitir el movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas.
- Transmiten potencia entre dos ejes paralelos que giran en un mismo sentido con altas tensiones de trabajo.

- Transmiten grandes cargas, potencias sin perder energía, de fácil montaje, reparación simple, alta maniobrabilidad y de larga vida útil.
- Son ruidosas, con mucha vibración y necesita lubricación constante.

4.5.1. Tipos de fallas en cadenas

- Fallas por elongación, fatiga y desgaste.
- Cuando hay una sobrecarga de tensión que supera su resiliencia hasta que hay rotura.
- Por las cargas repetitivas en tensión que provocan grietas que con el tiempo generan rotura.
- Hay una pérdida de material por deslizamiento en donde hay abrasión y al final corrosión. Generando un desajuste de la longitud de la cadena.

4.5.2. Cadenas de rodillos y sus tipos

- Se le llama mallas que están en el interior como en el exterior
- Se usan placas o bridas exteriores unidas a dos ejes que se remachan
- Cadenas de transmisión de potencia, transportadora y de carga

4.5.3. Tipos de cadenas de transmisión de potencia

- Cadenas de bulones de acero.

- Soporta esfuerzos de tracción de 300 hasta 3 200.
- En trabajos de poco esfuerzo, pero a altas velocidades como en vehículos.
- Es un cilindro hueco que se usa como elemento de unión entre placas interiores de cadenas.
- Es llamado *silentblock* que son dos manguitos metálicos concéntricos con un manguito de caucho en el centro.
- Necesitan un mayor y constante mantenimiento porque se deteriora por factores térmicos, presiones y flexiones a las que está sometido.

4.5.4. Descripción de los *sprockets*

- Son ruedas dentadas, que al momento de girar se acoplan con una cadena.
- La forma de los dientes deriva de la forma geométrica descrita por el rodillo de una cadena.
- Tiene una relación con el paso de la cadena, el número de dientes en el *sprockets* y el diámetro del rodillo.

4.5.5. Comparación de cadenas y otros medios de transmisión de potencia

- Transmisión de potencia por correas.
- Cuando se tiene que transmitir grandes potencias con relaciones de transmisión reducida.
- Se basa en la fuerza de fricción.
- Correas redondas, trapezoidales, planas y dentadas.
- Son muy flexibles y se ajustan en cualquier dirección y sentido por esta razón se pueden usar poleas angulares, no necesita tensores para su instalación y es de diseño compacto.
- Aumenta la fricción entre la correa y la polea.
- Por su forma rectangular tenías fallas por deslizamiento entre superficies de contacto provocando velocidades angulares no constante.
- Transmiten potencia por el empuje de sus dientes y no por la fricción del contacto.
- Los materiales más comunes son elastómeros o de caucho sintético con cuerdas sintéticas o metálicas.
- Son usados en motores de combustión interna por los niveles altos de transmisión de potencia y pares de torsión altos.

4.6. Conceptos básicos

- Mecanismos y máquinas.
- Tiene como finalidad mejorar y facilitar con tecnología e innovación la forma en que se trabaja o resuelve un problema.

4.6.1. Análisis y síntesis

- El análisis y síntesis.
- Es la parte del diseño, siendo un proceso para idear un método y así, encontrar soluciones.
- Se establece las dimensiones y proporciones, material de fabricación, forma y disposición de la pieza resultante.
- Imaginación, intuición, sentido común, experiencia y creatividad.
- Por medio de la intuición del ingeniero o los cálculos realizados.
- Es el conjunto de métodos científicos que dispone un ingeniero para realiza un diseño.
- Un diseño solo se puede evaluar y clasificar para determinar su funcionalidad.

4.6.2. Ciencia de la mecánica

- Se ocupa de los movimientos, las fuerzas y ciclos de un movimiento.

- Analiza los sistemas en equilibrio o que no tienen movimiento.
- Es el caso contrario de la estática, estudia los sistemas que cambian con el tiempo que tienen movimiento.
- Es un cuerpo que tienen una forma estable, donde no tiene variaciones a pesar de ser sometido a fuerzas externas.
- Se divide en dos partes que son, el análisis geométrico y mecánico.
- La transferencia de cuerpo rígido a partir de una posición inicial a una posición final sin tomar en cuenta las causas de dicho movimiento.
- El análisis geométrico indica la forma del movimiento, mientras que la mecánica analiza la causa del movimiento y el comportamiento que tiene en un tiempo hasta encontrar un punto de equilibrio.
- Se dividen en mecánica cinética y cinemática.
- Describe el movimiento de cuerpo rígidos, pero no las causas, estudia la trayectoria en función del tiempo, como la posición, rotación, rapidez, velocidad y aceleración.
- En este caso se refiere a la energía que tiene la sumatoria de las fuerzas que se emplean en el cuerpo rígido.
- A pesar de que se construye con materiales para minimizar una deformación, existe cierta flexibilidad, pero no afecta el movimiento.

- Es una combinación de cuerpos resistentes de tal manera que, por medio de ellos, las fuerzas mecánicas de la naturaleza se pueden encauzar para realizar un trabajo acompañado de movimientos determinados.
- Es la combinación de cuerpos resistentes conectados por medio de articulaciones móviles para formar una cadena cinemática cerrada con un eslabón fijo que tiene como propósito transformar un movimiento.
- Realizar un trabajo, fuerza, par motor y potencia.
- Transmitir una fuerza y potencia.

4.7. Mecanismos de eslabones articulados

- Es un componente mecánico que conforma una máquina, suponiendo que es un cuerpo rígido.
- Se consideran como articulaciones de eslabones llamados pares cinemáticos.
- Mantener una relación espacial constante entre los elementos de sus pares cinemáticos.
- En los detalles complicados que presentan las formas reales de las piezas pierden importancia al realizar un análisis cinemático del mecanismo.

- Es una imagen que detalla relativamente los elementos de un par, así realizar un análisis del movimiento.
- Reducen la geometría real de una pieza y limitando semejanza.
- Elimina factores que pueden generar confusiones que no son de importancia en el análisis.
- Es la conexión de varios eslabones en movimiento por medio de articulaciones.
- Cadenas cinemáticas cerradas y abiertas.

4.7.1. Mecanismos fijos

- Es un eslabón fijo, es el indicativo de un cuerpo estático respecto a los demás eslabones.
- Es un término que se usa para especificar una disposición del eslabón y las articulaciones, para ser considerado como un mecanismo.
- En este caso la cadena cinemática se convierte como en un mecanismo, debido a que el eslabón impulsor gira cíclicamente pasando por su punto inicial n veces.
- De denomina fase de mecanismo.

- Los movimientos en cada eslabón deben realizarse de acuerdo con el diseño, razón por el cual no debe haber movimientos aleatorios.

4.7.2. Distancia entre articulaciones

- Cuando se considera una articulación, existe una distancia natural por el diseño y por el movimiento relativo, esta distancia es esencial para que el mecanismo funcione de forma adecuada.
- La superficie de los eslabones para un mejor control y así tener un movimiento relativo aceptable.
- Debido a que cada articulación posee formas y características diferentes, es importante que la manera en que las superficies se puedan mover una con otra.

4.7.3. Tipos de movimientos en un mecanismo

- Podrían tener un cojinete, haciendo difícil identificar movimientos.
- Determinar el movimiento relativo entre los eslabones.
- Los grados de libertad es un mínimo de parámetros que especifican un número de reacciones que tiene una estructura.

4.8. Diseño de perfil de levas

- Como función principal se puede mencionar que tiene como función impulsar un elemento, denominado seguidor.

- Poder generar un movimiento específico a partir de un diseño.
- Por su tipo de contacto directo se considera un mecanismo sencillo, no tan costoso y de diseño relativamente fácil por sus pocas piezas móviles.
- Se asemeja a un movimiento lineal.

4.8.1. Diagrama de desplazamiento

- Es una representación gráfica que representa la relación que hay entre un seguidor y un perfil de levas.
- El movimiento de entrada es el giro de la leva y el de salida es el desplazamiento del seguidor.
- En el análisis se toma solo un grado de libertad, este es un movimiento directo por su velocidad angular constante.
- Se llama detenciones.
- Se puede realizar de forma analítica o numérica.

4.9. Engranajes

- Es un dispositivo que tiene la capacidad de transmitir un movimiento rotatorio de un eje a otro.
- En bombas hidráulicas, mecanismos diferenciales y en una caja de cambios.

4.9.1. Ley fundamental del engranaje

- La ley fundamental es cuando los engranajes están acoplados por medio de sus dientes, transmitiendo un movimiento rotatorio.
- Cuando al perfil de los dientes se le da la forma para que produzca una velocidad angular constante durante el acoplamiento.
- Cuando se acopla un par de engranajes, se debe mantener la velocidad angular entre los engranajes impulsores e impulsados.
- Se pueden generar vibraciones, generando problemas de impacto y pérdidas de velocidades.
- Reproducirlo físicamente en el acero o cualquier otro material.
- Un factor importante es el económico, porque de este depende la eficiencia del proyecto.

4.9.2. Intercambio de engranajes

- Se debe tomar en cuenta que hay una relación entre la cabeza del diente, la base, la altura de trabajo, el grosor del diente y en alguno de presión.
- Porque no puede haber una estandarización en los engranajes, debido al desgaste por trabajo en la superficie.

- El factor económico es importante, por el material o el proceso de fabricación.
- Lo primero es resolver como se cortará por el número de dientes, la razón es el ángulo de presión y paso, porque se debe tomar en cuenta el desgaste que ha tenido el sistema.

4.10. Cadenas

- Lo primero es resolver como se cortará por el número de dientes, la razón es el ángulo de presión y paso, porque se debe tomar en cuenta el desgaste que ha tenido el sistema.
- Las cadenas tienen un diseño que permite soportar grandes fuerzas de tensión, pero son flexibles.
- Se le denomina *sprockets*.
- La cadena de rodillo.
- Los rodillos tienen la facultad de disminuir la fricción entre los *sprockets* y la cadena de transmisión.
- Es por el peso de la cadena y la dirección que tienen la transmisión de potencia.
- Si la dirección es horaria la holgura estará en la parte superior, si es antihoraria la holgura estaba en la parte inferior.

4.10.1. Diseño para cadenas de transmisión

- La cantidad mínima recomendada es de 17 dientes
- Se recomienda entre 30 a 50 pasos para que sea efectivo el diseño
- No debe tener más de 120 dientes

4.10.2. Lubricación para cadenas

- Debido a la cantidad de partes móviles que la componen y por el contacto entre los dientes de un *sprockets* y la cadena.
- Un derivado de petróleo, como aceite de motor, con una viscosidad mínima para que fluya en la superficie de la cadena que se mueve rotacionalmente y constante.
- Lubricación manual, de baño y de chorro.
- También llamado por goteo, se realiza por un canal o con una brocha, cada cierto período de tiempo.
- Se coloca un colector de aceite para que la lubricación sea continua, en todo caso se sumerge la cadena.
- Se usa para cadenas de altas revoluciones, donde se coloca una bomba de aceite para que el flujo sea constante en la parte inferior del sistema.

4.10.3. Fallas comunes en las cadenas de transmisión

- Las fallas pueden ser por fatiga, por impacto en rodillos y por abrasión.

- Es por una aplicación repetitiva de tensión en la parte tensa de la cadena, debido a su rotación.
- El impacto es debido al engranar los dientes de los *sprockets* constantemente a revoluciones altas.
- Es causado principalmente por la fricción, y hay una pérdida de materia significativa.
- Se debe tomar en cuenta una combinación de situaciones dadas entre el tamaño de la cadena, *sprockets* y la velocidad.

CONCLUSIONES

1. Los temas del curso de mecanismos impartido actualmente en la facultad de ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala, en comparación con otras universidades, tiene similitud y concordancia, por lo cual una reorganización programática es viable dado que no difiere su contenido.
2. El contenido actual del curso de mecanismos, referente a información establecida por la Escuela de Mecánica, determina los requisitos para optar a tomar el curso de mecanismo, su programación de estudio.
3. Un texto paralelo para el curso de mecanismo debe tener las herramientas necesarias y materiales de apoyo didáctico, que se logra con un cuestionario para el aprendizaje de un mecanismo, como funciona y donde se utiliza.
4. La función de colocar las respuestas en capítulo es para que un catedráticos y estudiantes evalúen la conveniencia del texto paralelo, el cual es de beneficio para la comprensión de los temas programáticos de la materia.

RECOMENDACIONES

1. Realizar mejoras y evoluciones de mecanismo para fortalecer y actualizar conocimiento de máquinas, una base sólida es necesaria para tener nueva tecnología. Se recomienda que los catedráticos de la Escuela de Ingeniería Mecánica puedan obtener mecanismos físicos para comprender como funcionan.
2. Utilizar los materiales didácticos elaborados en este proyecto para que sean utilizados por grupos pequeños de estudiantes. Esto con el fin de que todos puedan participar activamente y evitar el deterioro acelerado de los materiales.
3. Hacer uso del capítulo 3 que tiene una actividad de cuestionario, por los temas que contiene y el tipo de conocimiento que se desea desarrollar, porque son conocimientos básicos y al comprenderlos y saberlos de memoria ayudaran a largo plazo en el diseño, construcción y funcionamiento de máquinas complejas y lograr un aprendizaje consistente.
4. Ayudar al estudiante en el cuestionario y guiarlo en respuestas aproximadas, debido que son subjetivas a la persona que recopiló la información, se recomienda que se utilicen cuando no ha habido una comprensión o para resolver dudas del capítulo 3.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARRIMAQ. *Montacargas retráctil*. [en línea]. <https://www.arrimaq.com/gruas_reach11.html>. [Consulta: 22 de abril de 2022].
2. BEER, Ferdinand; JOHNSTON, Russell. y EISENBERG, Elliot. *Mecánica Vectorial para ingenieros: Estática*. España: Graw-Hill, 2006. 654 p.
3. BILBAO, Armando; AMEZUA, Enrique. y ALTUZARRA, Oscar. *Mecánica aplicada: dinámica*. México: Síntesis, 2008. 344 p.
4. Canamchains. *Cadena de hileras múltiples*. [en línea]. <<https://www.canamchains.com/es/American%20standard/American%20standard>>. [Consulta: 8 de mayo de 2022].
5. CHICOJAY, Anibal. *Conceptos básicos*. [en línea]. <<https://drive.google.com/file/d/1Ang9UbYo9JelZPIOu97-iU0dfgsxoZKN/view>>. [Consulta: 5 de abril de 2022].
6. Chopperon. *Caja de cambios*. [en línea]. <<https://chopperon.com/como-funciona-la-caja-de-cambios-de-una-moto/>>. [Consulta: 2 de mayo de 2022].

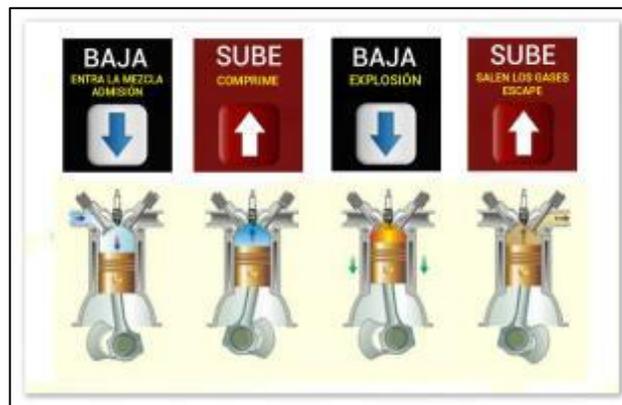
7. De Máquinas y Herramientas. *Llave ratchet*. [en línea]. <<https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-manuales/llave-crique-carraca-introduccion>>. [Consulta: 28 de abril de 2022].
8. Edu.Xunta. *Tipos de correas*. [en línea]. <https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html>. [Consulta: 8 de mayo de 2022].
9. El Motor Recalentado. *Clasificación de las levas*. [en línea]. <<http://elmotorrecalentado.blogspot.com/2010/08/clasificacion-de-las-levas.html>>. [Consulta: 20 de abril de 2022].
10. Enredandonogaraxe. *Sierra caladora*. [en línea]. <<https://enredandonogaraxe.club/herramientas/caladora/>>. [Consulta: 20 de abril de 2022].
11. Fierros Clásicos. *Pistones*. [en línea]. <<https://fierrosclasicos.com/los-pistones-que-son-como-funcionan-sintomas-de-problemas/>>. [Consulta: 20 de abril de 2022].
12. Genmil. *Cadena desmontable*. [en línea]. <<http://www.genmil.com.co/php/Cadenas/interfaz/interfaz.php?cadena=Desmontables&%20id=1>>. [Consulta: 5 de mayo de 2022].
13. Gomafiltros. *Cadena de bulones*. [en línea]. <https://gomafiltros.com/productos/cadenas/cadena_WH78>. [Consulta: 6 de mayo de 2022].

14. GONZÁLEZ, Carlos. *Mecánica del sólido rígido*. España: Ariel Ciencia, 2003. 640 p.
15. HERNÁNDEZ, Alfonso. *Cinemática de mecanismos. Análisis y diseño*. México: Síntesis, 2008. 368 p.
16. Ingemecanica. *Cadena transportadora de rodillos*. [en línea]. <<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>>. [Consulta: 2 de mayo de 2022].
17. Introingruedadeginebra. *Proyector de cine*. [en línea]. <<http://introingruedadeginebra.blogspot.com/2013/05/rueda-de-ginebra.html>>. [Consulta: 28 de abril de 2022].
18. Mecanismos de Transmisión PL y PT. *Engranajes compuestos*. [en línea]. <<https://3hmecanismosdetransmisionpl.webnode.es/engranajes-compuestos-/>>. [Consulta: 25 de abril de 2022].
19. Mecapedia. *Cadenas de rodillos*. [en línea]. <<http://www.mecapedia.uji.es/cadena.htm>>. [Consulta: 26 de abril de 2022].
20. Motor.es. *Árbol de levas*. [en línea]. <<https://www.motor.es/que-es/arb-ol-de-levas>>. [Consulta: 2 de mayo de 2022].
21. NORTON, Robert Lloyd. *Diseño de maquinaria*. 4a. ed. México: Mc. Graw-Hill, 2009. 205 p.

22. SHINGLEY, Joseph. y UIKER, Jonh. *Teoría de máquinas y mecanismos*. México: Mc. Graw-Hill, 2001. 629 p.
23. Tenso. *Cadenas de carga*. [en línea]. <<http://www.tenso.es/productos/eslingas/cadena.asp>>. [Consulta: 5 de mayo de 2022].
24. Vecteezy. *Transportadora de rodillos*. [en línea]. <<https://es.vecteezy.com/foto/1906793-detalle-de-cadena-de-rodillos-transportador-en-linea-de-produccion-superficial-dof>>. [Consulta: 6 de mayo de 2022].
25. Wikiwand. *Suspensión de un vehículo*. [en línea]. <https://www.wikiwand.com/es/Mecanismo_de_Watt>. [Consulta: 22 de abril de 2022].

ANEXOS

Anexo 1. **Pistones. Aplica un mecanismo de biela manivela**



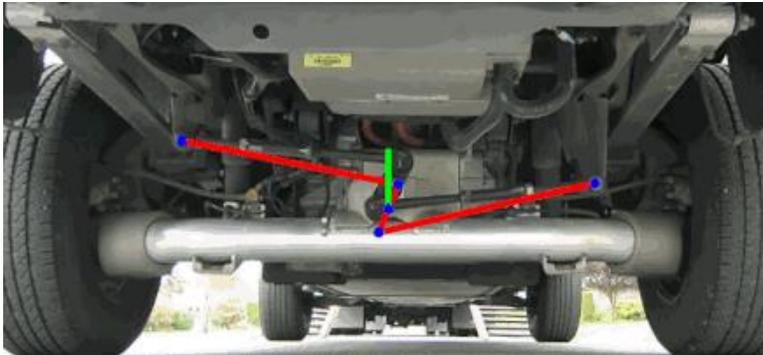
Fuente: Fierros clásicos. *Pistones*. <https://fierrosclasicos.com/los-pistones-que-son-como-funcionan-sintomas-de-problemas/>. Consulta: 20 de abril de 2022.

Anexo 2. **Sierra caladora: sierra eléctrica que utiliza un mecanismo de Yugo escoces, que realiza un movimiento de vaivén vertical**



Fuente: Enredandonogaraxe. *Sierra caladora*. <https://enredandonogaraxe.club/herramientas/caladora/>. Consulta: 20 de abril de 2022.

Anexo 3. **Suspensión de un vehículo: utiliza un mecanismo de watt o paralelo, que se usa para mantener un sistema con aproximación lineal**



Fuente: Wikiwand. *Suspensión de un vehículo*.
https://www.wikiwand.com/es/Mecanismo_de_Watt. Consulta: 22 de abril de 2022.

Anexo 4. **Montacargas retráctil: usa un mecanismo de pantógrafo para elevar grandes cargas**



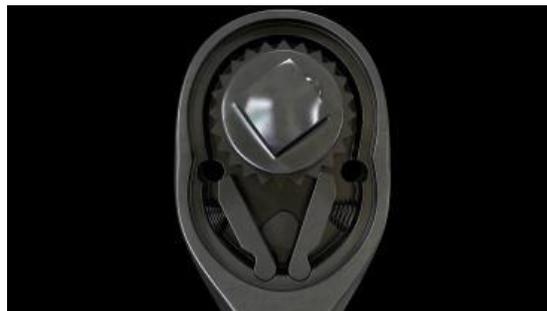
Fuente: ARRIMAQ. *Montacargas retráctil*. https://www.arrimaq.com/gruas_reach11.html.
Consulta: 22 de abril de 2022.

Anexo 5. **Proyector de cine: utiliza un mecanismo de ginebra, el movimiento de la cinta debe ser intermitente**



Fuente: Introingruedadeginebra. *Proyector de cine*.
<http://introingruedadeginebra.blogspot.com/2013/05/rueda-de-ginebra.html>. Consulta: 28 de abril de 2022.

Anexo 6. **Llave ratchet: es una llave utiliza en una llave que puede girar sin quitar el contacto de la superficie, y el mecanismo de trinquete permite cambiar el sentido**



Fuente: De Máquinas y Herramientas. *Llave ratchet*.
<https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-manuales/llave-crique-carraca-introduccion>. Consulta: 28 de abril de 2022.

Anexo 7. **Árbol de levas: para generar un movimiento alternativo y abrir o cerrar válvulas de admisión en un motor, es necesario un perfil de leva**



Fuente: Motor.es. *Árbol de levas*. <https://www.motor.es/que-es/arb-ol-de-levas>. Consulta: 2 de mayo de 2022.

Anexo 8. **Caja de cambios: se encarga de modificar el diferencial del cigüeñal del motor y la rueda de tracción en un vehículo, este se utiliza engranajes para este trabajo**



Fuente: Chopperon. *Caja de cambios*. <https://chopperon.com/como-funciona-la-caja-de-cambios-de-una-moto/>. Consulta: 2 de mayo de 2022.

Anexo 9. **Transportadora de rodillos: utiliza cadenas de transmisión, para movilizar cargas, dependiente de la potencia que proporcione la cadena**



Fuente: Vecteezy. *Transportadora de rodillos*. <https://es.vecteezy.com/foto/1906793-detalle-de-cadena-de-rodillos-transportador-en-linea-de-produccion-superficial-dof>. Consulta: 6 de mayo de 2022.