



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

**TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE DISEÑO DE MÁQUINAS 3,
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA,
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

José Javier Moreno Mérida

Asesorado por el Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco

Guatemala, noviembre de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE DISEÑO DE MÁQUINAS 3,
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA,
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ JAVIER MORENO MÉRIDA

ASESORADO POR EL ING. ESDRAS FELICIANO MIRANDA OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortíz
EXAMINADOR	Ing. José Ismael Véliz Padilla
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortíz
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 DISEÑO DE MÁQUINAS 3,
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA,
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería mecánica, fecha 10 de marzo de 2020



José Javier Moreno Mérida

Guatemala, 24 de febrero de 2020

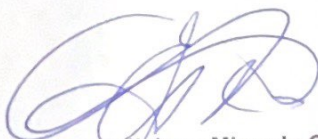
Ingeniero
Gilberto Enrique Morales Baiza
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Morales:

Por este medio hago constar que he revisado el protocolo del estudiante **JOSÉ JAVIER MORENO MÉRIDA**, con registro académico **201314864** y CUI **3009125520101**, comprometiéndome a asesorar el trabajo de graduación titulado: **"TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE DISEÑO DE MÁQUINAS 3"**.

En base a lo anterior, lo someto a su consideración a efecto de continuar con el trámite respectivo para su aprobación, sin otro particular.

Atentamente.



Esdras Feliciano Miranda Orozco
Ingeniero Mecánico
Colegiado 4637
ASESOR



USAC
TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.136.2024

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 DISEÑO DE MÁQUINAS 3, ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA** desarrollado por el estudiante: **José Javier Moreno Mérida** con Registro Académico **201314864** y CUI **3009125520101**, 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, octubre de 2024



SIST.LNG.DIRECTOR.19.EIM.2024

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, al trabajo de graduación titulado: **TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE DISEÑO DE MÁQUINAS 3, ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por: **Jose Javier Moreno Merida**, 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 y un sello circular de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ingeniero Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, agosto de 2024



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.655.2024

El Decano 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 DISEÑO DE MÁQUINAS 3, ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por: **Jose Javier Moreno Merida** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

Guatemala, noviembre de 2024



Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 655 CUI: 3009125520101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por la vida y las oportunidades que me ha presentado.
Mi Hijo	José Carlos Moreno por ser el ejemplo de que fuerza de voluntad, el amor y la fe mueven montañas.
Mi Esposa	Karla Ovalle por ser mi apoyo incondicional, mi apoyo emocional todo es tiempo.
Mis Padres	José Moreno por ser mi ejemplo a seguir en mi vida. Merle Mérida por ser la inspiración de constancia en el estudio.
Mis Hermanos	Andrea y Andrés Moreno por su cariño y apoyo incondicional.
Mi Abuela	Mara Moreno por ser mi imagen de trabajo duro y buen corazón.
Mi tío	Sergio Moreno por ser mi hermano mayor, por su inquebrantable voluntad y guía.
Mis Abuelos	Oscar Mérida y Antonieta Castellanos por su apoyo y cariño incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la más grande formadora de talentos profesionales.
Facultad de Ingeniería	Por ser mi casa de estudio y mi pasión de por vida.
Ing. Esdras Miranda	Por su dedicación a su profesión y comprometido con el aprendizaje de los nuevos profesionales.
Docentes de Escuela de ingeniería mecánica	Por su dedicación, su siempre tan esperado y cordial apoyo hacia todos los estudiantes.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. SITUACIÓN ACTUAL.....	17
1.1. Documentación de apoyo	17
1.1.1. Manual de rodamientos	17
1.1.2. Manual de tribología y mantenimiento proactivo.....	17
1.1.3. Manual de tipos de engranes.....	18
1.2. Entrevista con el catedrático.....	19
2. CONTENIDO PROGRAMATICO	21
2.1. Diseño de Maquinas 3	21
2.2. Descripción del curso	21
2.3. Objetivo general	22
2.4. Objetivos específicos.....	22
2.5. Metodología.....	23
2.6. Contenido Programático	23
2.7. Documentación utilizada.....	25
2.8. Evaluación	25
2.8.1. Procedimientos	26
2.8.2. Instrumentos	26
2.8.3. Ponderación.....	27
3. PROPUESTA DEL TEXTO PARALELO.....	29

3.1.	Teoría, terminología y ejemplos	29
3.1.1.	Unidad I. (Lubricación)	29
3.1.1.1.	Viscosidad	30
3.1.2.	Unidad II. cojinetes de deslizamiento (bujes) y rodamientos.....	36
3.1.3.	Unidad III. (Rodamientos de bolas y rodillos)	42
3.1.4.	Unidad IV. (Engranajes rectos)	48
3.1.5.	Unidad V. (Engranajes cónicos).....	55
3.1.6.	Unidad VI. (Tornillos sin fin)	59
3.1.7.	Unidad VII. (Engranajes helicoidales)	61
3.1.7.1.	Número de dientes formativo	62
3.1.8.	Unidad VIII. (Elementos de máquina diversos)	63
3.1.8.1.	Volantes	63
3.1.8.2.	Vigas curvas.....	64
3.2.	Tareas	64
3.3.	Hojas de trabajo y problemas en general	78
3.4.	Cuestionario	101
3.5.	Proyectos	104
3.5.1.	Datos básicos del proyecto	105
3.5.2.	Antecedentes	105
3.5.3.	Objetivos	106
3.5.4.	Roles y responsabilidades.....	106
3.5.5.	Detalles técnicos del proyecto.....	106
3.5.5.1.	Especificaciones de diseño del proyecto.....	107
3.5.5.1.1.	Cálculos	107
3.5.5.1.2.	Diseño	107
3.5.5.2.	Descripción del proyecto	108
3.5.5.2.1.	Alcance 1	108

	3.5.5.2.2.	Alcance 2.....	109
	3.5.5.2.3.	Alcance 3.....	110
3.5.6.		Detalles financieros del proyecto	110
	3.5.6.1.	Presupuesto.....	110
	3.5.6.2.	Beneficios del proyecto.....	111
	3.5.6.3.	Alcances adicionales deseables	111
3.5.7.		Detalles de gestión	111
	3.5.7.1.	Plan de gestión	111
	3.5.7.2.	Análisis de resultados de alcances....	112
	3.5.7.3.	Capacitaciones	112
	3.5.7.4.	Comunicación, liderazgo y medición .	112
3.5.8.		Detalles de ejecución del proyecto	112
	3.5.8.1.	Cronograma.....	113
	3.5.8.2.	Análisis de riesgos.....	113
3.5.9.		Anexos.....	114
3.6.		Proyecto prototipo	114
4.		MEJORA CONTINUA DEL TEXTO PARALELO	119
4.1.		Seguimiento.....	119
	4.1.1.	Auditoria del texto paralelo	119
	4.1.2.	Cumplimiento del contenido del curso	120
4.2.		Evaluación de resultados.....	122
	4.2.1.	Encuesta a catedrático del curso.....	123
	4.2.2.	Encuesta a Coordinador del área de Diseño de Máquinas	124
	4.2.3.	Encuesta a Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica	125
4.3.		Mejora continua	127
	4.3.1.	Procedimiento de mejora.....	127
	4.3.2.	Actualización de los contenidos del curso	129

4.3.3.	Identificación de deficiencias.....	129
4.3.4.	Identificación de mejoras.....	129
CONCLUSIONES.....		131
RECOMENDACIONES		133
BIBLIOGRAFÍA.....		135
ANEXOS.....		137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Grafica de stribeck y beerbower.....	31
Figura 2.	Efecto de la reducción de la viscosidad.....	32
Figura 3.	Diagrama tensión tangencial	33
Figura 4.	Engranajes cónicos	55
Figura 5.	Engranaje de tornillo.....	60
Figura 6.	Engranaje helicoidal	61
Figura 7.	Tarea de investigación.....	65
Figura 8.	Tarea de rodamiento	67
Figura 9.	Tarea de engranes rectos.....	68
Figura 10.	Tarea de engranes cónicos.	69
Figura 11.	Tarea de tornillos sin fin.....	71
Figura 12.	Tarea de engranajes helicoidales.....	74
Figura 13.	Hoja de trabajo no. 1	79
Figura 14.	Hoja de trabajo no. 2	81
Figura 15.	Hoja de trabajo no. 3	83
Figura 16.	Hoja de trabajo no. 4	86
Figura 17.	Hoja de trabajo no. 5	92
Figura 18.	Hoja de trabajo no. 6	94
Figura 19.	Hoja de trabajo no. 7	96
Figura 20.	Hoja de trabajo no. 8	99
Figura 21.	Ejemplo de cronograma.....	113

TABLAS

Tabla 1.	Unidad I Lubricación.....	35
Tabla 2.	Unidad II Cojinetes	40
Tabla 3.	Unidad III Rodamiento.....	46
Tabla 4.	Unidad IV Engranajes rectos.....	51
Tabla 5.	Unidad V Engranajes cónicos	57
Tabla 6.	Unidad VI tornillos sin fin.....	60
Tabla 7.	Unidad VII engranaje helicoidal.....	62
Tabla 8.	Proyecto prototipo curso Diseño de máquinas tres	114
Tabla 9.	Modelo de pauta de observación	120
Tabla 10.	Encuesta al catedrático	123
Tabla 11.	Encuesta al coordinador.....	124
Tabla 12.	Encuesta al director de escuela	125
Tabla 13.	Programa de políticas y estrategias de Ingeniería mecánica .	128

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
g	Aceleración debida a la gravedad, función
H	Calor, potencia
cdm	Cifra de mérito
B	Coeficiente
f	Coeficiente de fricción, frecuencia, función
Bhn	Dureza Brinell
D	Diámetro de la hélice
d	Diámetro, distancia
h	Distancia, espesor de película
HB	Dureza Brinell
HRC	Dureza Rockwell escala C
F	Fuerza, dimensión fundamental de la fuerza
I	Integral, impulso lineal, momento de inercia de la masa, segundo momento del área
E	Módulo de elasticidad, energía, error
G	Módulo de elasticidad en torsión
B V	Variable
c	Variable de distancia

GLOSARIO

Buje	Pieza mecánica cuya función principal es reducir la fricción por medio deslizamiento contra su cara expuesta al elemento que gira.
Control	Función administrativa que consiste en medir y corregir la realización de las actividades de los subordinados, con el fin de asegurar que se logren los planes y objetivos de la empresa o departamento.
Cojinete	Es un elemento de máquina que tiene como finalidad servir de apoyo a los ejes que giran en el espacio, para que estos puedan rotar libremente y soportar las cargas que actúan sobre los mismos.
Mantenimiento	Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación
Palanca	Barra inflexible, recta, angular o curva, que se transmitir una fuerza.
Plano inclinado	Superficie plana, resistente, que forma ángulo agudo con la horizontal, y por medio de la cual se facilita la elevación o el descenso de cuerpos.

Polea	Rueda acanalada en su circunferencia y móvil alrededor de un eje. Por la canal o garganta pasa una cuerda o cadena en cuyos dos extremos actúan, respectivamente, la potencia y la resistencia.
Punto de apoyo	Lugar fijo sobre el cual estriba una palanca u otra máquina, para que la potencia pueda vencer la resistencia.
Resistencia	Fuerza que se opone al movimiento de una máquina y ha de ser vencida por la potencia.
Rueda	Pieza mecánica en forma de disco que gira alrededor de un eje.
Torno	Máquina simple que consiste en un cilindro dispuesto para girar alrededor de su eje por la acción de palancas, cigüeñas o ruedas, y que ordinariamente actúa sobre la resistencia por medio de una cuerda que se va arrollando al cilindro

RESUMEN

Debido a que la Escuela de Ingeniería Mecánica consta con altos estándares educativos y el curso profesional de Diseño de Máquinas 3 es un curso que tiene gran cantidad de temas que son vitales para la formación de profesionales, surge la razón de la creación del “TEXTO PARALELO PARA EL CURSO DE DISEÑO DE MÁQUINAS 3, ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”. debido a la necesidad de crear un material de apoyo que sirva para mejorar y facilitar la docencia de este, al proporcionar teoría, lecturas, ejemplos, problemas, entre otros. Por lo cual se propone a mejorar el método enseñanza-aprendizaje para poder mantener los altos estándares que caracterizan a la Escuela de Ingeniería Mecánica en la formación de profesionales.

OBJETIVOS

General

Elaborar el texto paralelo para el curso de Diseño de Máquinas 3 de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos

1. Diagnosticar los textos de apoyo del curso de Diseño de Máquinas 3.
2. Definir los contenidos programáticos del curso de Diseño de Máquinas 3 en el catálogo de cursos vigente.
3. Sugerir un texto de apoyo útil para la docencia del curso; con contenido teórico-práctico que faciliten tanto la docencia; como a la comprensión de los temas expuestos.
4. Realizar encuesta de opinión sobre el texto paralelo a catedráticos, Coordinador del área de Diseño de Máquinas y director de Escuela de Ingeniería Mecánica; para poder generar un método de mejora continua.

INTRODUCCIÓN

La Escuela de Ingeniería Mecánica se caracteriza por tener altos estándares educativos y lo corrobora la acreditación de calidad educativa. La carrera de Ingeniería Mecánica fue acreditada por la Agencia Centroamericana de Acreditación de Arquitectura y de Ingeniería -ACAAI-; lo cual agrega un valor y reconoce que su nivel educativo cumple con los estándares propuestos.

Considero que, es importante la realización del presente texto paralelo del curso de Diseño de Máquinas 3, para que de esta manera se pueda tener un registro más específico para mejorar el enfoque de los extensos temas que competen al curso. Por lo tanto, también es necesario para el apoyo y la mejora de la docencia de este, crear alternativas de mejora continua; que contiene un extenso contenido teórico, pero carece de practica como lo son cálculos en ciertas áreas de las mismas.

1. SITUACIÓN ACTUAL

1.1. Documentación de apoyo

Este capítulo constituye una síntesis de los conceptos abordados en el programa de estudio dedicado a el curso diseño de máquinas 3, los cuales integran el componente teórico del curso. Este documento representa una recapitulación de las definiciones cruciales que deben comprendidas para lograr el objetivo del curso.

1.1.1. Manual de rodamientos

En el texto se encuentra una guía sobre la importancia de seleccionar el rodamiento adecuado, teniendo en cuenta factores como los componentes adyacentes (eje y soportes), el lubricante y los sellos. Se explican los dos tipos principales de cojinetes: los de deslizamiento, que utilizan una capa de lubricante para facilitar el movimiento, y los de rodamiento, que emplean elementos rodantes para reducir la fricción. Los cojinetes de rodamiento son preferidos en la industria por sus ventajas en costo y eficiencia, aunque presentan desventajas como mayores dimensiones y menor capacidad para absorber vibraciones en aplicaciones de alta velocidad. También se menciona que estos rodamientos se clasifican según el tipo de elemento rodante y la carga que soportan.

1.1.2. Manual de tribología y mantenimiento proactivo

Se define la tribología como la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación en superficies en movimiento relativo, destacando su evolución

desde la ingeniería de lubricación. Se aborda el trabajo de Stribeck y Beerbower, quienes desarrollaron el número de Sommerfeld para relacionar la viscosidad del lubricante, la carga y la velocidad de giro, resultando en la curva de Stribeck que identifica tres zonas de lubricación: hidrodinámica y elastohidrodinámica (zona I), mixta o parcial (zona II), y marginal (zona III). La curva muestra que, en la zona I, una disminución en la viscosidad reduce el grosor de la película lubricante hasta el punto C, donde la fricción es mínima. Al reducir aún más la viscosidad, se incrementa el coeficiente de fricción, llegando al punto A, donde el contacto superficial se vuelve predominante.

1.1.3. Manual de tipos de engranes

El manual de engranajes presenta un resumen del libro: Dudley, Darle W. *Practical gear design*, Págs. 152-189, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1954. En el que se hace referencia al diseño de los engranajes.

Se explora la elección de la clase adecuada de engrane en el diseño de sistemas de transmisión, destacando que no hay una opción universalmente superior, sino que cada aplicación requiere un tipo específico que se ajuste a sus necesidades. Se describen las configuraciones de engranes según la orientación de los ejes: paralelos, cruzados y no paralelos. Los engranes cilíndricos y cónicos son preferidos en instalaciones de alta potencia por su eficiencia, mientras que los engranes para ejes cruzados, como los hipoides y sin fin, suelen tener mayor fricción y menor eficiencia. Además, se detalla la clasificación de engranajes en tres grandes grupos y la importancia de seleccionar el material adecuado, considerando factores como el coste, capacidad de carga y resistencia a la corrosión. Los materiales comúnmente usados incluyen aceros, hierros fundidos, bronce, y plásticos, cada uno con propiedades específicas que influyen en su aplicación.

1.2. Entrevista con el catedrático

Se procedió a realizar una entrevista con el catedrático del curso en estudio para describir el objetivo y el desarrollo del curso de Diseño de máquinas tres.

¿Cómo influye el contenido de este curso en la formación integral de un ingeniero mecánico y cuáles son los aspectos clave que los estudiantes podrán dominar al finalizar la materia?

Este curso desempeña un papel crucial en la formación del ingeniero mecánico, ya que profundiza en aspectos avanzados del diseño de máquinas, permitiendo a los estudiantes adquirir habilidades específicas en análisis, síntesis y optimización de sistemas mecánicos complejos. Al finalizar la materia, los estudiantes dominarán conceptos como el diseño avanzado de elementos de máquinas, el análisis de sistemas mecatrónicos y la aplicación de metodologías modernas para resolver problemas reales en la industria.

¿Cuál es la relevancia práctica del contenido programático en la vida profesional de un ingeniero mecánico? ¿Qué aplicaciones o industrias se benefician más directamente de los conocimientos adquiridos en este curso?

El contenido de este curso tiene una relevancia directa en la vida profesional del ingeniero mecánico, ya que capacita a los estudiantes para abordar desafíos complejos en diversas industrias, como la automotriz, aeroespacial, manufacturera, entre otras. Los conocimientos adquiridos les permiten desarrollar máquinas más eficientes, seguras y adaptables a las demandas del mercado actual.

¿Podría destacar algunos ejemplos o casos reales en los que los conceptos enseñados en diseño de máquinas tres han sido fundamentales para resolver problemas o mejorar procesos en la industria?

Tenemos ejemplos notables en la industria automotriz, donde la aplicación de técnicas avanzadas de diseño de máquinas ha permitido desarrollar sistemas de transmisión más eficientes y confiables, así como en la industria aeroespacial, donde el análisis y diseño de componentes mecánicos ha sido esencial para la construcción de aeronaves más seguras y eficientes.

¿Cuáles son los mayores desafíos que enfrentan los estudiantes al abordar este curso y cómo pueden estos conocimientos adquiridos marcar la diferencia en su futura trayectoria profesional como ingenieros mecánicos?

Los mayores desafíos suelen estar en la aplicación práctica de teorías complejas en situaciones reales. Sin embargo, al superar estos desafíos, los estudiantes desarrollan habilidades de resolución de problemas y análisis crítico que son fundamentales en su carrera profesional. Los conocimientos adquiridos les permiten ser profesionales altamente competentes y adaptarse con éxito a los desafíos en constante evolución de la ingeniería mecánica.

2. CONTENIDO PROGRAMATICO

2.1. Diseño de Máquinas 3

Curso en el cual se estudian los conceptos básicos de lubricación y su aplicación en diferentes elementos de máquinas, el diseño y selección de engranes, rodamientos, cojinetes, según las cargas aplicadas en ello.

2.2. Descripción del curso

El estudiante inicia en la ciencia del diseño mecánico, orientado aplicar fundamentos de ingeniería a casos del diseño de elemento que tenga soluciones funcionales y económicamente factibles.

Durante el desarrollo del programa de formación se emplean procedimientos bien definidos en las Soluciones, empleando métodos numéricos y Gráficos tratando que los participantes puedan usar dichas técnicas en la resolución de problemas de campo.

Detalles:

- Estudiar los conceptos básicos de física aplicados directamente al diseño de maquinaria.
- Introducir al participante al conocimiento de procedimientos aplicables al diseño de máquina.

- Realizar los primeros cálculos fundamentales previos al diseño de partes mecánicas.
- Alcanzar el conocimiento práctico necesario de la aplicación de procedimientos de diseño.
- Conocer la documentación específica propia de un proyecto de máquina.
- Estudiar la electricidad industrial.
- Reconocer los principios fundamentales de Hidráulica y Neumática.
- Usar el control automático en maquinaria industrial.

2.3. Objetivo general

Proporcionar la preparación adecuada para que el estudiante tenga los criterios suficientes para la selección adecuada de los elementos de máquinas de acuerdo a sus aplicaciones

2.4. Objetivos específicos

El estudiante obtendrá conocimientos de lubricación y sus aplicaciones.

Obtendrá conocimientos sobre cojinetes de fricción y rodamientos.

Aprenderá a seleccionar engranes rectos, cónicos, helicoidales y tornillos sin fin.

Conocerá las aplicaciones de diversos elementos de máquinas tales como: vigas curvas, volantes y cadenas de transmisión

2.5. Metodología

Busca la participación del estudiante con el fin que efectivamente se cumpla los programas de investigación, desarrollo, conceptos teóricos prácticos y su aplicación en la Ingeniería Mecánica.

Clases dirigidas por el catedrático los lunes y miércoles donde se incluirá el contenido con énfasis en la aplicación tanto de la lubricación como de los elementos de máquinas propuestos. Los viernes se realizarán hojas de trabajo y exámenes cortos. Se realizarán dos exámenes parciales, un proyecto especial, tareas, exámenes cortos y un examen final.

Para dar seguimiento al proyecto se realizarán revisiones programadas con cada uno de los grupos, estas revisiones se realizarán los jueves en el horario de 18:00 a 19:00 horas dependiendo siempre del criterio del catedrático.

2.6. Contenido Programático

En el siguiente apartado se describe el contenido programado aprobado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica.

Unidad I. (Lubricación):

- Viscosidad.
- Medida de la viscosidad.

Unidad II. (Tipos de cojinetes):

- Cojinetes con carga.
- Equilibrio térmico de los cojinetes.
- Cargas en los cojinetes.

Unidad III. (Rodamientos de Bolas y Rodillos):

- Tipos.
- Selección.
- Cargas variables.
- Rodamiento de rodillos.

Unidad IV. (Engranés rectos):

- Ley fundamental.
- Pasos de los engranes potencia transmitida.
- Resistencia a flexión, carga dinámica y límite de desgaste.
- Carga en los dientes de los engranes.

Unidad V. (Engranés cónicos):

- Tornillos sin fin y engranes helicoidales.
- Engranés cónicos de dientes rectos.
- Resistencia a flexión.
- Carga dinámica y límite de desgaste en los engranes.
- Cónicos de dientes rectos.
- Carga en los dientes de los engranes cónicos de dientes rectos.

Unidad VI. (Tornillos sin fin)

- Resistencia a flexión.
- La carga dinámica y límite de desgaste de los tornillos sin fin.
- Carga en los dientes del tornillo sin fin y rendimiento.

Unidad VII. (Engranés helicoidales)

- Número de dientes formativo

- Carga en los dientes de los engranes helicoidales

Unidad VIII. (Elementos de máquina diversos)

- Volantes
- Vigas curvas

2.7. Documentación utilizada

Se describe la documentación utilizada para la docencia del curso.

2.8. Evaluación

Primera evaluación parcial: lubricación, tipos de cojinetes y rodamientos de bolas y rodillos.

- Viscosidad y cojinetes (40 %): preguntas teóricas y problemas prácticos sobre viscosidad y cojinetes. Evaluación de conocimientos fundamentales en lubricación.
- Rodamientos de bolas y rodillos (60 %): identificación y descripción de tipos de rodamientos. Selección de rodamientos y análisis de situaciones con cargas variables.

Segunda evaluación parcial: engranes rectos, engranes cónicos y tornillos sin fin.

- Engranes rectos (40 %): explicación de la ley fundamental y cálculos de potencia transmitida. Análisis de cargas en los dientes y resistencia a flexión.

- Engranés cónicos y tornillos sin fin (60 %): descripción de engranes cónicos y análisis de su resistencia. Problemas prácticos sobre tornillos sin fin y su resistencia.

Examen final general: todo el contenido del curso. Revisión integral (100 %): Preguntas teóricas y problemas prácticos que abarcan todo el contenido del curso. Evaluación de la comprensión global de lubricación, cojinetes, rodamientos, engranes y elementos de máquinas.

Este enfoque de evaluación permite una revisión detallada de cada parte del curso en dos evaluaciones parciales, seguido de un examen final que integra todo el contenido. Se busca evaluar a fondo tanto el conocimiento teórico como la capacidad práctica en el diseño de máquinas.

2.8.1. Procedimientos

- Clase magistral impartida tres veces por semana.
- Proyecto de diseño de maquina y especificación de requerimientos.
- Tareas y evaluaciones complementarias.
- Autoestudio.

2.8.2. Instrumentos

El instrumento para la medición, serán indicadores, ya que se puede evaluar, el grado de avance, demora, pausa del proyecto, esto se evalúa en función de las actividades establecidas en los cronogramas-

2.8.3. Ponderación

Según el Reglamento General de Evaluación y Promoción del Estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la zona tiene valor de 75 puntos, la nota mínima de promoción es de 61 puntos y la zona mínima para optar a examen final es de 36 puntos. De acuerdo con el Normativo de Evaluación y Promoción del estudiante de pregrado de la Facultad de Ingeniería, se procederá así:

Dos exámenes parciales	50 %
Trabajos en grupo, tareas, proyectos y exámenes cortos	25 %
Total de la zona	75 %
Evaluación final	25 %
Nota de promoción	100 %

3. PROPUESTA DEL TEXTO PARALELO

3.1. Teoría, terminología y ejemplos

A continuación, se hace la propuesta de texto paralelo, para el curso de Diseño de máquinas tres.

3.1.1. Unidad I. (Lubricación)

En esta unidad se presentan los conceptos y la aplicación de la lubricación en el proceso de reducción del rozamiento entre superficies, su uso en la industria y procesos productivos. Se le presenta al estudiante el manual de tribología y mantenimiento proactivo, haciendo énfasis en las ventajas de la lubricación, la curva de Stribeck y sus tres zonas diferenciadas: lubricación hidrodinámica y elastohidrodinámica, lubricación mixta o elastohidrodinámica parcial, lubricación marginal. También se hace mención del coeficiente de fricción, espesor de película de aceite y desgaste según el tipo de lubricación. Se utilizan el libro de Richard.G. Budynas. J. Keith Nisbett. diseño de ingeniería mecánica de Shigley y también tribología y mantenimiento Proactivo de Omar Linares.

La lubricación es un proceso fundamental en maquinaria, destinado a minimizar la fricción, el desgaste y el calentamiento entre elementos móviles. Se define un lubricante como cualquier sustancia capaz de cumplir con estos objetivos al ser aplicada entre las superficies en movimiento. En el caso de una chumacera de camisa, donde un árbol o muñón experimenta un movimiento deslizante al girar u oscilar dentro de la camisa o buje, se emplea la lubricación

para mitigar los efectos de fricción. Por otro lado, en cojinetes antifricción, donde el movimiento predominante es rodante, y en aplicaciones como seguidores que pueden rodar o deslizarse sobre una leva, así como en el acoplamiento de dientes de engranes que combina rodamiento y deslizamiento, la lubricación juega un papel esencial para reducir la fricción, el desgaste y el calentamiento asociados a estos movimientos. De igual manera, en aplicaciones como los cilindros donde los pistones se deslizan, la lubricación es crucial para garantizar un funcionamiento eficiente al minimizar los efectos adversos de la fricción y el desgaste.

3.1.1.1. Viscosidad

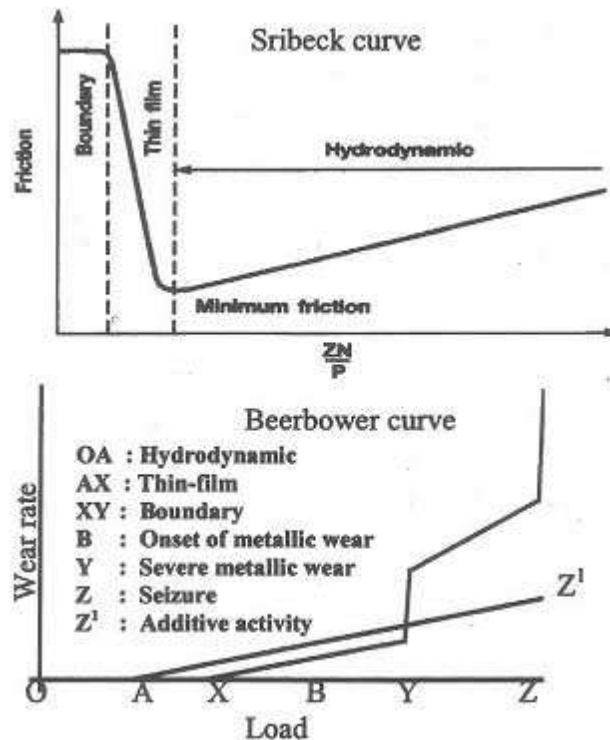
En este tema se presentan la viscosidad como esta relacionas con la forma exponencial con que la presión, pero también si tomamos como constante la presión y únicamente se cambia la velocidad a la que la superficie lubricada se mueve podemos graficar su comportamiento de las 3 zonas de la siguiente manera.

Así como se pudo deducir de la Figura 2 en el capítulo anterior descrito se deduce que: en la región I, al disminuir la viscosidad, el espesor de la película lubricante también se reduce hasta llegar al punto C. Una mayor disminución en la viscosidad conduce al punto B, donde se produce un contacto intermitente entre las dos superficies debido a que la película tiene un grosor extremadamente reducido: la fricción en los puntos B y C es prácticamente idéntica, a pesar de que en B la viscosidad del fluido es menor; en este escenario, la resistencia al movimiento se genera por el contacto entre las imperfecciones superficiales. El punto C, considerado el punto óptimo de operación, marca tanto el límite entre la región estable e inestable como el punto que ofrece la menor fricción con un desgaste prácticamente nulo. En la aplicación práctica, se suele trabajar ligeramente hacia la derecha de C para garantizar un margen de seguridad

adicional. Si al encontrarnos en el punto B disminuimos levemente la viscosidad, el coeficiente de fricción aumenta rápidamente hasta alcanzar el punto A. A partir de este punto, la mayoría de la carga es sostenida por las irregularidades superficiales, por lo que una reducción mayor en la viscosidad apenas tiene efecto en el coeficiente de fricción.

Figura 1.

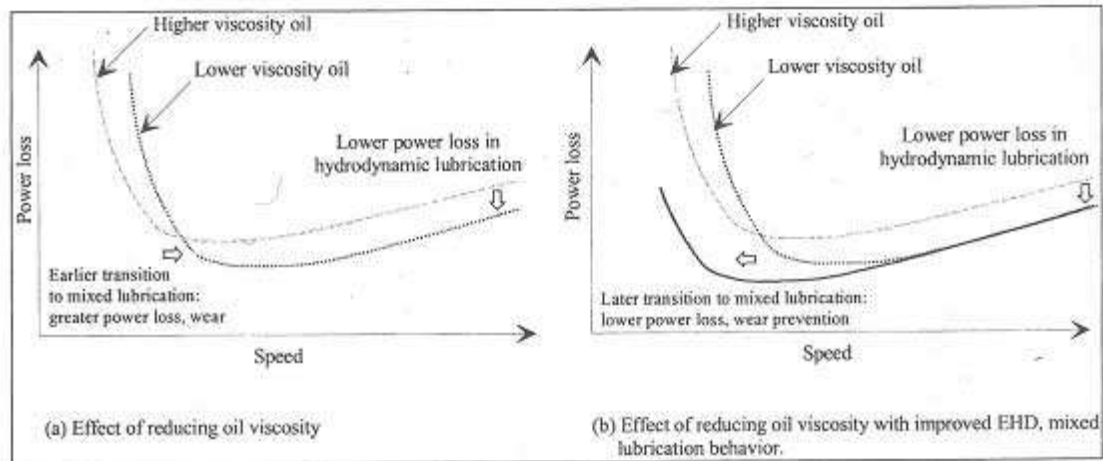
Grafica de Stribeck y Beerbower.



Nota. Tribología y Mantenimiento Proactivo. (<https://www.widman.biz/boletines/20.php>)
consultado 28 de octubre de 2023. De dominio público

Figura 2.

Efecto de la reducción de la viscosidad



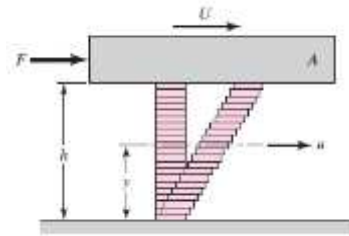
Nota. Efecto de la reducción de la viscosidad y la reducción de la viscosidad lubricación mixta. Tribología y Mantenimiento Proactivo. (<https://www.widman.biz/boletines/20.php>) consultado 28 de octubre de 2023. De dominio público

La viscosidad en mecánica de fluidos se refiere a la resistencia interna que presenta un fluido al fluir o deformarse. Es una propiedad fundamental que describe la capacidad de un fluido para oponerse al deslizamiento entre sus capas adyacentes cuando se aplica una fuerza tangencial. Esta resistencia interna es responsable de la fricción interna en el fluido y afecta su capacidad para fluir suavemente. La viscosidad se manifiesta en dos formas principales: la viscosidad dinámica, que está relacionada con la resistencia al corte o deformación, y la viscosidad cinemática, que se relaciona con la resistencia a la deformación por cambios de forma o volumen.

En resumen, la viscosidad en mecánica de fluidos es una medida de la fricción interna dentro del fluido, determinante en su comportamiento de flujo, resistencia al movimiento y distribución de velocidad en sistemas fluidos.

Figura 3.

Diagrama tensión tangencial



Nota. Diagrama de comportamiento para cálculo de tensión tangencial. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 559) McGraw-Hill.

Consideremos una placa A moviéndose a una velocidad U dentro de una película de lubricante con un espesor h . Donde τ representa el esfuerzo cortante o la tensión tangencial, esta película se supone formada por capas horizontales que, bajo la influencia de una fuerza F , se deforman o deslizan entre sí, como un mazo de cartas. Las capas en contacto con la placa móvil adquieren la velocidad U , mientras que se asume que aquellas en contacto con la superficie estacionaria tienen una velocidad de cero. Las velocidades de las capas intermedias varían según la distancia relativa a la superficie estacionaria. De acuerdo con el efecto viscoso de Newton, el esfuerzo cortante del fluido es directamente proporcional a la tasa de cambio de la velocidad respecto a la distancia y . En esta expresión, μ representa la constante de proporcionalidad que define la viscosidad absoluta, también conocida como viscosidad dinámica. La derivada du/dy indica la tasa de cambio de la velocidad en relación con la distancia, comúnmente llamada gradiente de la velocidad o razón de corte. En resumen, la viscosidad μ cuantifica la resistencia a la fricción interna del fluido. En muchos casos de fluidos lubricantes, el gradiente de la velocidad es constante, por lo que $du/dy = U/h$. Esta relación se deriva de la ecuación:

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{U}{h}$$

La densidad específica, también conocida como densidad relativa o gravedad específica, es una medida que compara la densidad de una sustancia con la densidad de otra, generalmente con la densidad del agua a una temperatura específica. Se define como la relación entre la densidad de la sustancia en cuestión y la densidad del agua, ambas medidas a la misma temperatura.

$$\text{densidad específica} = \frac{\text{densidad del liquido}}{\text{densidad del agua}}$$

Por convención, la densidad del agua a 4 grados Celsius se toma como referencia para muchos cálculos de densidad específica. Si la densidad específica es menor que 1, significa que la sustancia es menos densa que el agua, y si es mayor que 1, la sustancia es más densa que el agua. Este valor adimensional es útil en diversas disciplinas, como la química y la ingeniería, para caracterizar y comparar las propiedades de diferentes materiales.

La viscosidad cinemática es una propiedad de los fluidos que describe la resistencia interna del fluido al flujo bajo la influencia de la gravedad. Se define como la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido. La viscosidad dinámica, por otro lado, es la medida de la resistencia del fluido a fluir debido a las fuerzas internas de fricción entre las capas de fluido en movimiento.

La viscosidad cinemática (ν) se expresa matemáticamente mediante la siguiente fórmula:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Donde:

ν es la viscosidad cinemática.

μ es la viscosidad dinámica del fluido.

ρ es la densidad del fluido.

La unidad de medida común para la viscosidad cinemática en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es el metro cuadrado por segundo (m²/s). Otros equivalentes prácticos incluyen el centistoke (cSt) en el sistema cegesimal y el stokes (St).

La viscosidad cinemática es una propiedad importante en la industria y la ingeniería, ya que afecta el comportamiento del flujo de fluidos, especialmente en aplicaciones como lubricación, transporte de fluidos y diseño de sistemas hidráulicos. Un fluido con alta viscosidad cinemática fluirá más lentamente que un fluido con baja viscosidad cinemática, asumiendo densidades similares.

Tabla 1.

Unidad I Lubricación

Lubricación	El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre si para prevenir daño en las piezas. Se intenta con ello que el proceso de deslizamiento sea con el rozamiento más pequeño posible. Para conseguir esto se intenta, siempre que sea posible, que haya una película de lubricante de espesor suficiente ente las dos superficies en contacto para evitar el desgaste. El lubricante en la mayoría de los casos es aceite mineral. En algunos casos se utiliza agua, aire o lubricantes sintéticos cuando hay condiciones especiales de temperatura, velocidad.
-------------	---

Continuación de la Tabla 1.

Objetivo y campos de aplicación	El objetivo de la lubricación es reducir el rozamiento, el desgaste y el calentamiento de las superficies de contacto de piezas con movimiento relativo. La aplicación recurrente es el cojinete, constituido por muñón o eje, cojinete.
Tipos de lubricación	Lubricación hidrodinámica, las superficies están separadas por una película de lubricantes que proporciona estabilidad Lubricante ilímite, la película de lubricante es tan fina que existe un contacto parcial metal-metal. Lubricación hidrostática, se obtiene introduciendo a presión el lubricante en la zona de carga para crear una película de lubricante, no es necesario el movimiento relativo entre las superficies.
Temas adicionales	Viscosidad, tipos de viscosidad Ley de Petroff Estabilidad de la lubricación, curva de Stribeck Tribología y mantenimiento proactivo: • El parámetro de película. • Curva de Stribeck y Beerbower. • Cálculo del tipo de película lubricante. • Cálculo del consumo de energía por fricción (CEf)

Nota. Tabla con resúmenes de apuntes de clase presencial sobre lubricación de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.1.2. Unidad II. Cojinetes de deslizamiento (bujes) y rodamientos

En esta unidad se utilizan el libro de Richard.G. Budynas. J. Keith Nisbett. diseño de ingeniería mecánica de Shigley y el libro diseño de elementos de

máquinas cuarta edición de Robert Mott. Se tiene como finalidad identificar los tipos de cojinetes con contacto de rodadura disponibles en el comercio y seleccionar el tipo adecuado de aplicación, considerando la forma de aplicar la carga y las condiciones de instalación. Se igual forma se guía al estudiante en el conocimiento teórico para recomendar los valores adecuados de duración de diseño para los rodamientos. Especificar los detalles de montaje para rodamientos que afecten el diseño del eje sobre el que se va a asentar el rodamiento y la caja dentro de la que se va a instalar. Los cojinetes cumplen un papel fundamental al proporcionar soporte a los árboles y ejes en movimiento, permitiéndoles girar libremente y absorber las cargas que se aplican sobre ellos. Se clasifican principalmente en dos categorías:

Cojinetes de Deslizamiento (Bujes): estos cojinetes funcionan mediante una interfaz de deslizamiento entre dos superficies, proporcionando soporte y permitiendo el movimiento sin un contacto directo entre los componentes rotatorios. El lubricante se utiliza para reducir la fricción y el desgaste entre las superficies en contacto.

Cojinetes de Rodamiento (Rodamientos o baleros): este tipo de cojinetes emplea elementos rodantes, como bolas o rodillos, que se ubican entre las superficies del cojinete y el eje, reduciendo la fricción y facilitando el movimiento rotativo. Los rodamientos pueden manejar cargas radiales y axiales, y su diseño varía según la aplicación específica.

Mott aborda el tema de los cojinetes en el contexto del diseño mecánico y la ingeniería de máquinas. Tipos de Cojinetes: Mott podría abordar diferentes tipos de cojinetes, como cojinetes de deslizamiento, cojinetes de rodillos, cojinetes de bolas, etc. Cada tipo tiene sus propias características y aplicaciones específicas.

Selección y Diseño: proporciona pautas sobre cómo seleccionar el tipo adecuado de cojinete para una aplicación particular y cómo diseñar el sistema de cojinete teniendo en cuenta factores como carga, velocidad, lubricación, y vida útil.

Lubricación: la lubricación es un aspecto crucial en el diseño de cojinetes. Mott podría abordar temas como el tipo de lubricante a utilizar, sistemas de lubricación, y cómo la lubricación afecta al rendimiento y a la vida útil del cojinete.

Análisis de fallas: incluye discusiones sobre cómo analizar las fallas de los cojinetes, cómo prevenirlas y qué acciones correctivas tomar en caso de problemas.

Se pueden definir según el sentido de aplicación de carga:

- Radiales: diseñados principalmente para soportar cargas que actúan de manera perpendicular al eje de rotación, es decir, en dirección radial.
- Radiales-Axiales: capaces de soportar cargas radiales y axiales simultáneamente, lo que les permite resistir fuerzas tanto en la dirección radial como en la axial.
- Axiales: estos cojinetes están específicamente diseñados para resistir cargas que actúan paralelas al eje de rotación, es decir, en dirección axial.
- Axiales-Radiales: tienen la capacidad de soportar cargas tanto radiales como axiales, lo que les permite resistir fuerzas en ambas direcciones de manera simultánea.
- Cojinetes enteros: son cojinetes que constan de una sola pieza o unidad, sin separaciones o divisiones.

- Cojinetes partidos: estos cojinetes están divididos en dos partes para facilitar su montaje y desmontaje, lo que los hace útiles en aplicaciones donde se requiere un mantenimiento más accesible o en espacios limitados.

Para la selección de cojinetes según el libro de Mott se deben de tomar los siguientes puntos:

- Requisitos de la Aplicación: comprende los requisitos específicos de la aplicación. Esto incluye la carga a la que estará sometido el cojinete, la velocidad de operación, y cualquier otra condición operativa especial.
- Tipo de Cojinete: considera el tipo de cojinete más adecuado para la aplicación. Los cojinetes pueden ser de deslizamiento, de rodillos, de bolas, etc. La elección dependerá de factores como la carga, la velocidad, la precisión requerida y el espacio disponible.
- Carga y Velocidad: calcula la carga que soportará el cojinete y la velocidad de operación. Utiliza las ecuaciones y métodos proporcionados por Mott para determinar los valores necesarios.
- Vida Útil del Cojinete: estima la vida útil requerida del cojinete. Mott podría proporcionar métodos para calcular la vida útil del cojinete en función de la carga y la velocidad.
- Lubricación: considera los requisitos de lubricación. Mott discute sobre la importancia de la lubricación en el rendimiento y la durabilidad de los cojinetes. Determina el tipo y el método de lubricación más apropiado.
- Tolerancias y Ajustes: asegúrate de entender las tolerancias y ajustes adecuados para el tipo de cojinete seleccionado.
- Costo y Disponibilidad: se debe tener en cuenta las consideraciones económicas. Asegúrate de que los cojinetes seleccionados sean asequibles y fácilmente disponibles en el mercado.

- Análisis de Fallas: familiarízate con los posibles modos de falla y los factores que podrían afectar la durabilidad del cojinete.

Tabla 2.

Unidad II Cojinetes

Puntos clave y operación	Las máquinas utilizan rodamientos y cojinetes (chumaceras) para mantener sus partes móviles en la posición adecuada, limitar el desgaste y permitir un movimiento fácil y de poca fricción. El movimiento es, por lo general, de rotación: o el eje gira dentro del rodamiento, o el rodamiento gira alrededor del eje. En algunos casos el movimiento puede ser lineal, o sea, el eje se mueve hacia los extremos y a través del rodamiento o cojinete. Es preciso que los rodamientos y cojinetes utilizados en cualquier aplicación sean siempre capaces de soportar el tipo de movimiento asociado con esa máquina
Carga en los cojines	La carga sobre un rodamiento o cojinete es la suma de todas las fuerzas que ejercen presión sobre él. Existen dos clases de fuerzas: axial y radial. Si la fuerza se ejerce paralelamente en el eje, es una carga axial. El propulsor o la hélice de un bote siempre impone una carga axial en su cojinete igual a la fuerza empleada para empujar el bote.

Continuación de la Tabla 2.

Clases de cojinete	Los términos "rodamiento" y "cojinete" no son sinónimos exactos. Aunque ambos se refieren a mecanismos que tienen el mismo propósito, y aunque ambos mecanismos pueden soportar cargas radiales o axiales y permitir el movimiento lineal o de rotación, son distintos en cuanto a su operación. El uso del uno o del otro dependerá de factores tales como el tamaño de la carga y la velocidad de operación de la máquina. Ahora vamos a examinarlos individualmente para enterarnos de cómo se distinguen y de las variedades de cada uno. Comúnmente de manera local se les llama buje a los cojinetes que no cuentan con un elemento que intervenga en la reducción de la fricción como son los bujes que soportan a un cigüeñal de motor que funcionan como deslizaderas y rodamiento se refiere a aquel en el que interviene un elemento que rota con la dirección de la fuerza que se quiere reducir su fricción como pueden ser los rodamientos que sostienen un eje de una banda transportadora.
---------------------------	---

Nota. Tabla con resúmenes de apuntes de clase presencial sobre cojinetes de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

Las máquinas utilizan rodamientos y cojinetes para mantener sus partes móviles en la posición adecuada, limitar el desgaste y permitir un movimiento fácil y de poca fricción. El movimiento es, por lo general, de rotación: o el eje gira dentro del rodamiento, o el rodamiento gira alrededor del eje. En algunos casos el movimiento puede ser lineal, o sea, el eje se mueve hacia los extremos y a través del rodamiento o cojinete. Es preciso que los rodamientos y cojinetes utilizados en cualquier aplicación sean siempre capaces de soportar el tipo de movimiento asociado con esa máquina, este cálculo se puede ver en el capítulo 14 del libro Diseño de elementos de máquinas de Robert Mott. Y se ahondara en el cálculo de este más adelante.

3.1.3. Unidad III. (Rodamientos de bolas y rodillos)

Se presenta el programa de estudio de la unidad III. para lo cual se utiliza los libros de referencia designados y autorizados por la Escuela de Mecánica, Facultad de Ingeniería.

Los cojinetes de rodamiento se diversifican según la forma de sus elementos rodantes, los cuales son fundamentales para su funcionamiento.

Bolas son de contacto puntual: Este tipo de cojinetes utiliza bolas como elementos rodantes. Debido a su forma esférica, el contacto con las pistas internas del cojinete es puntual, lo que significa que el punto de contacto entre la bola y la pista es mínimo. Esta configuración reduce la fricción en comparación con otros diseños y permite un movimiento más suave con menor resistencia.

Rodillos son de contacto Lineal: en contraste, los cojinetes de rodillos emplean cilindros o rodillos como elementos rodantes. Estos rodillos presentan una superficie alargada que crea un contacto lineal con las pistas internas del cojinete. Esta configuración distribuye la carga a lo largo de una línea en lugar de un punto, lo que permite una mayor capacidad para soportar cargas más pesadas y resistir fuerzas de cizallamiento en aplicaciones que demandan mayor resistencia. Además, los cojinetes de rodillos suelen ser más efectivos en situaciones donde se requiere una mayor rigidez o resistencia a la deformación del eje.

Aquí encontramos una amplia variedad de cojinetes según su diseño y estructura:

- Rígido de bolas de una hilera (Radial): cojinete que utiliza una hilera de bolas en disposición radial para soportar cargas.
- Bolas angulares (Radio-axial): diseñados para resistir cargas radiales y axiales con un ángulo de contacto específico.
- Agujas (Radial): emplean rodillos delgados y largos para soportar cargas radiales.
- Rodillos cónicos (Radio-axial): utilizan rodillos cónicos para soportar cargas radiales y axiales.
- Axial de rodillos cilíndricos (Axial): diseñados para resistir cargas axiales usando rodillos cilíndricos.
- Axial de rodillos cónicos (Axial-radial): capaces de soportar tanto cargas axiales como radiales con rodillos cónicos.
- Bolas de dos hileras autoalineante (Radial): cojinetes de dos hileras de bolas que pueden acomodar desalineaciones.
- Rodillos cilíndricos (Radial): utilizan rodillos cilíndricos para soportar cargas radiales.
- Rodillos esféricos autoalineantes (Radial): diseñados para absorber desalineaciones usando rodillos esféricos.
- Bolas axiales (Axial): cojinete axial que utiliza bolas para soportar cargas en esa dirección.
- Axial de agujas (Axial): emplea agujas para resistir cargas axiales.

Estos son solo algunos ejemplos de la diversidad de cojinetes disponibles en función de sus capacidades de carga, construcción y diseño específico para distintas aplicaciones industriales.

En el caso de los engranajes de bolas, se emplean esferas como elementos rodantes que se sitúan entre los dientes de los engranajes con el

propósito de disminuir la fricción y optimizar la eficacia de la transmisión. Las características fundamentales incluyen:

- Bolas como elementos rodantes: mejoran la eficiencia al reducir la fricción y permitir un movimiento suave.
- Alta precisión: suelen utilizarse en aplicaciones que requieren precisión y poco juego.

Aplicaciones comunes:

- Industria de la automoción: se encuentran en sistemas de dirección y transmisiones automáticas.
- Maquinaria de precisión: en aplicaciones que requieren movimientos suaves y precisos.

En el caso de los cojinetes de rodillos, se emplean cilindros rodantes en lugar de esferas con el objetivo de aumentar la capacidad de carga y la resistencia a cargas radiales. Las características principales comprenden:

- Mayor capacidad de carga: los rodillos permiten una mayor área de contacto, lo que mejora la capacidad de carga.
- Resistencia a cargas radiales: adecuados para aplicaciones con cargas radiales significativas.

Se utilizan en aplicaciones donde se requiere una alta capacidad de carga, como en la industria minera y de construcción. Transmisiones de potencia, en sistemas que experimentan cargas radiales considerables.

Ambos tipos de cojinetes requieren un diseño preciso y cálculos cuidadosos para garantizar la integridad estructural y un rendimiento eficiente. Lubricación adecuada es esencial para reducir el desgaste y la fricción en las superficies de contacto.

La elección del rodamiento idóneo implica considerar varios aspectos cruciales. Factores como la carga a la que estará sometido, ya sea radial, axial o combinada, junto con su magnitud, determinarán el tipo y tamaño del rodamiento requerido. Además, la velocidad de rotación del eje, el ambiente operativo, la precisión necesaria, los requerimientos de lubricación, el espacio para el montaje y el presupuesto disponible son aspectos fundamentales en este proceso. Se debe buscar una combinación óptima que asegure un rendimiento eficiente y una vida útil prolongada del rodamiento en la aplicación específica.

En la selección del rodamiento apropiado, es esencial considerar cuidadosamente la carga, dirección y magnitud a la que estará expuesto, ya sea axial, radial o combinada, lo cual determinará su tipo y tamaño. Además, aspectos como la velocidad de rotación, el entorno operativo, la precisión necesaria, los requisitos de lubricación, las dimensiones para el montaje y las consideraciones presupuestarias juegan un papel crucial. La combinación adecuada de estas variables garantiza un rendimiento óptimo y una durabilidad prolongada del rodamiento en la aplicación específica.

Tabla 3.*Unidad III Rodamiento*

Rodamiento	Un sistema de rodamientos no se compone solo de rodamientos. Los componentes adyacentes, como el eje y los soportes, son partes integrales del sistema en su conjunto. El lubricante y los sellos también desempeñan una función esencial. Para que el rodamiento funcione con el máximo rendimiento, debe haber una cantidad correcta del lubricante adecuado con el fin de reducir la fricción en el rodamiento y protegerlo de la corrosión. Los elementos sellados son importantes porque permiten que el lubricante permanezca dentro del rodamiento y evitan el ingreso de contaminantes. Esto es especialmente importante dado que la limpieza afecta considerablemente la vida útil del rodamiento.
Tipos y diseño de rodamiento	Rodamientos radiales Los rodamientos radiales soportan cargas que se encuentran, principalmente, en dirección perpendicular al eje. Normalmente, los rodamientos se clasifican según el tipo de elemento rodante y la forma de los caminos de rodadura

Continuación de la Tabla 3.

Aspectos que estudiar	• Conceptos básicos de rodamientos ○ Selección de rodamientos ○ Terminología ○ Tipos y diseños de rodamientos ○ Dimensiones principales ○ Sistema de designación básica de rodamientos ○ Criterios básicos de selección. • Fricción ○ Cálculo del momento de fricción Pérdida de potencia y temperatura del rodamiento.
Aspecto que estudiar	• Velocidades ○ Conceptos básicos sobre la velocidad de los rodamientos ○ Velocidad de referencia ○ Velocidad límite ○ Casos especiales ○ Generación de vibraciones a altas velocidades • Especificadores de los rodamientos ○ Dimensión ○ Tolerancia ○ Juego interno de los rodamientos ○ Materiales usados para los rodamientos • Lubricación ○ Conceptos de lubricación ○ Lubricación con grasa ○ Re-lubricación • Montaje, desmontaje y mantenimiento de los rodamientos ○ Información general ○ Montaje ○ Desmontaje ○ Almacenamiento de los rodamientos Inspección y limpieza

Nota. Tabla con resúmenes de apuntes de clase presencial sobre rodamientos de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.1.4. Unidad IV. (Engranajes rectos)

Los engranajes rectos son componentes fundamentales en la transmisión de movimiento en sistemas mecánicos. Aquí se presenta un resumen de los aspectos clave relacionados con los engranajes rectos, según el libro de Robert Mott:

Definición y Función: Los engranajes rectos son dispositivos mecánicos utilizados para transmitir movimiento rotativo entre ejes paralelos. Su función principal es la de transmitir potencia y movimiento de un eje a otro de manera eficiente.

Es necesario conocer los conceptos físicos básicos que componen el diseño de los engranajes rectos, también sus magnitudes y sus cálculos por lo que adjunto a continuación como se calculan las magnitudes físicas.

Velocidad de línea de paso o velocidad tangencial:

$$v_t = (D/2)\omega$$

Donde ω es el numero de revoluciones sobre minuto y D es el diámetro primitivo del engranaje

Relación de velocidades:

$$VR = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Donde ω_1 y ω_2 son las revoluciones sobre minuto de cada engranaje respectivamente.

Paso diametral:

$$P_d = \frac{N}{D}$$

Donde N es el número de dientes y D es el diámetro primitivo.

Fuerza tangencial:

$$F_t = \frac{T}{r}$$

Donde T es el par de torsión y r es el radio primitivo.

Par torsional:

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

Donde P es la potencia y ω son las revoluciones sobre minuto.

Fuerza radial y fuerza normal o axial:

$$F_r = F_t * \tan(\theta)$$

$$F_r = F_t * \cot(\theta)$$

Donde θ es el ángulo de presión.

Perfil del Diente: los dientes de los engranajes rectos tienen una forma trapezoidal y se cortan en una línea recta a lo largo del cilindro primitivo. El perfil del diente debe diseñarse cuidadosamente para garantizar un funcionamiento suave y sin problemas.

Relación de Engranaje: la relación de engranaje, que representa la proporción entre el número de dientes en los engranajes, determina la velocidad angular y la dirección del movimiento entre los ejes.

$$i = \frac{N_2}{N_1}$$

Donde N_2 y N_1 son el número de dientes en los engranajes 2 y 1, respectivamente.

Ángulo de Presión: el ángulo de presión es el ángulo entre la línea de acción y una línea radial que pasa por el punto de contacto entre dos dientes. Este ángulo afecta la capacidad de carga y la eficiencia de la transmisión.

Materiales y Tratamientos Térmicos: los materiales para engranajes deben tener una alta resistencia al desgaste y la fatiga. Los tratamientos térmicos, como el temple, se utilizan para mejorar la resistencia y durabilidad de los engranajes.

Dimensionamiento y Tolerancias: el dimensionamiento preciso de los engranajes, incluyendo el módulo y el paso, es esencial para garantizar una transmisión eficiente. Tolerancias adecuadas deben considerarse para evitar problemas de montaje y funcionamiento.

Lubricación y Mantenimiento: la lubricación adecuada es esencial para reducir la fricción y el desgaste de los dientes. El mantenimiento regular, como la inspección de desgaste y la reposición de lubricantes, es crucial para prolongar la vida útil de los engranajes.

Tabla 4.

Unidad IV Engranajes rectos

Engranaje	Un engranaje es un mecanismo de transmisión formado por ruedas dentadas que giran alrededor de ejes cuya posición relativa es fija. Los engranajes consiguen que la transmisión de movimiento de un eje a otro se realice con velocidad constante y sin deslizamiento de una rueda con la otra. Son sencillos de construir, pueden transmitir grandes potencias y están normalizados. Por ello, son elementos muy utilizados en gran variedad de máquinas, como reductores, cajas de cambios, diferenciales o trenes de engranajes.
Clasificación de engranaje	La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y según los tipos de dentado. Según estos criterios existen los siguientes tipos de engranajes: • Ejes paralelos. • Ejes coplanarios no paralelos. • Engranajes con ejes no coplanarios no paralelos. • Engranajes especiales.

Continuación de la Tabla 4.

Aspectos que estudiar	1. Conceptos Básicos: Definición de Engranajes Rectos: Comprender la configuración básica de los dientes y cómo se transmiten las fuerzas. Terminología: Familiarizarse con términos como diámetro primitivo, módulo, paso, perfil de diente, etc. 2. Geometría y Diseño: Relación de Transmisión: Entender cómo la cantidad de dientes afecta la relación de transmisión. Número de Dientes: Relación con la distribución de carga y la suavidad de la transmisión. 3. Cálculos y Fórmulas: Fórmulas Básicas: Aprender las fórmulas para el cálculo del diámetro primitivo, módulo, paso, velocidad tangencial, etc. Interpretación de Gráficos: Entender las relaciones gráficas entre diferentes parámetros. 4. Resistencia y Durabilidad: Tensiones de Flexión: Comprender cómo las cargas afectan la resistencia de los dientes a la flexión. Tensiones de Contacto: Evaluar la resistencia al contacto entre los dientes. Factores de Seguridad: Aplicar factores de seguridad adecuados. 5. Vibraciones y Ruido: Análisis de Vibraciones: Estudiar cómo evitar vibraciones no deseadas durante el funcionamiento. Reducción de Ruido: Métodos para minimizar el ruido generado por los engranajes.
-----------------------	--

Continuación de la Tabla 4.

Aspectos que estudiar	6. Materiales y Tratamientos Térmicos: Selección de Materiales: Comprender las propiedades de los materiales utilizados en engranajes rectos. Tratamientos Térmicos: Conocer la importancia de tratamientos como el temple y revenido. 7. Fabricación y Tolerancias: Proceso de Fabricación: Entender los métodos comunes de fabricación de engranajes rectos. Tolerancias y Ajustes: Conocer las tolerancias críticas y ajustes adecuados. 8. Métodos de Análisis: Software de Simulación: Familiarizarse con herramientas de simulación para análisis de engranajes rectos. Análisis por Elementos Finitos: Comprender cómo se aplica este método al análisis de engranajes rectos. 9. Aplicaciones Prácticas: Casos de Estudio: Estudiar casos prácticos de aplicación de engranajes rectos en máquinas reales. Proyectos Prácticos: Participar en proyectos de diseño y análisis de engranajes rectos. 10. Normativas y Estándares: Normas Industriales: Conocer las normas y estándares relevantes en el diseño y fabricación de engranajes rectos.
------------------------------	--

Continuación de la Tabla 4.

Ley fundamental	La acción de los dientes acoplados de los engranes, uno sobre otros, para producir un movimiento rotatorio, puede compararse con una leva y su seguidor. Cuando a los perfiles del diente (0 los de la leva y el seguidor) se les da una forma tal como para que produzcan una razón constante entre las velocidades angulares durante el endentamiento, se dice que las superficies son conjugadas. Es posible especificar cualquier perfil para un diente y luego encontrar un perfil para el diente que se va a acoplar o entrelazar con él, de tal modo que las superficies sean conjugadas. Unas de estas soluciones es el perfil de involuta que, con unas cuantas excepciones, se utiliza universalmente en los dientes de engranes. La acción de un solo par de dientes acoplados conforme recorre toda una fase de tal acción debe ser tal que la razón de la velocidad angular del engrane impulsor a la del engrane impulsado se mantenga constante. Este es el criterio fundamental que rige la selección de los perfiles del diente. Si esto no se cumpliera para el engranaje, se tendrían vibraciones muy serias y problemas de impacto, incluso a velocidades bajas.
Pasos de los engranes y potencia transmitida	La acción de los dientes acoplados de los engranes, uno sobre otros, para producir un movimiento rotatorio, puede compararse con una leva y su seguidor. Cuando a los perfiles del diente (los de la leva y el seguidor) se les da una forma tal como para que produzcan una razón constante entre las velocidades angulares durante el endentamientos, se dice que las superficies son conjugadas. Es posible especificar cualquier perfil para un diente y luego encontrar un perfil para el diente que se va a acoplar o entrelazar con él, de tal modo que las superficies sean conjugadas. Unas de estas soluciones es el perfil de involuta que, con unas cuantas excepciones, se utiliza universalmente en los dientes de engranes.

Continuación de la Tabla 4.

Resistencia a flexión, carga dinámica y límite de desgaste	El valor de la resistencia admisible varía en los materiales dependiendo de la composición del material, limpieza superficial, tensión residual, microestructura interna, calidad, tratamiento térmico y proceso de fabricación.
Carga en los dientes de los engranes	En esta sección se explica que el diente de un engranaje puede experimentar esfuerzos dinámicos y carga de ajuste.

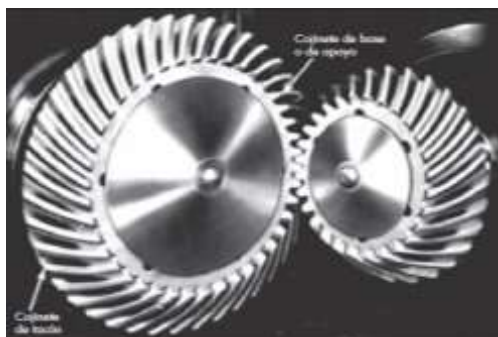
Nota. Tabla con resúmenes de apuntes de clase presencia sobre engranajes rectos de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.1.5. Unidad V. (Engranes cónicos)

Los engranajes cónicos son ampliamente utilizados en aplicaciones de ingeniería mecánica, especialmente en maquinaria y vehículos, debido a su capacidad para transmitir movimiento entre ejes que se cruzan. Su diseño permite una transferencia eficiente de torque y velocidad angular.

Figura 4.

Engranes cónicos



Nota. Engranes cónicos. Obtenido de R. Mott (2006). *Diseño de elementos de máquinas 4ta ed.* (p. 766) Pearson Educación de México.

El cálculo de la relación de transmisión es un aspecto crucial al trabajar con engranajes cónicos, ya que determina la relación entre las velocidades de los ejes y, por lo tanto, la cantidad de torque transmitido. Este cálculo es fundamental para garantizar el rendimiento deseado del sistema en el que se utilizan los engranajes.

Además, la selección de materiales es esencial para asegurar la resistencia y durabilidad de los engranajes cónicos, especialmente teniendo en cuenta las cargas y tensiones a las que estarán sometidos durante su operación. La lubricación adecuada también es importante para reducir el desgaste y la fricción entre los dientes de los engranajes, lo que contribuye a su vida útil y rendimiento óptimo.

La correcta alineación y ajuste de los engranajes cónicos representa otro aspecto crucial que requiere atención. Un desalineamiento inapropiado puede ocasionar cargas desiguales y un desgaste prematuro, por lo que es esencial prestar especial cuidado a este aspecto durante tanto el montaje como la operación de los engranajes cónicos. Estos engranajes son componentes fundamentales en la ingeniería mecánica, y comprender su diseño, cálculos, selección de materiales, lubricación, alineación y ajuste es esencial para asegurar un funcionamiento eficiente y fiable de los sistemas en los cuales son empleados.

Tabla 5.

Unidad V Engranajes cónicos

Engranaje	Un engranaje es un mecanismo de transmisión formado por ruedas dentadas que giran alrededor de ejes cuya posición relativa es fija. Los engranajes consiguen que la transmisión de movimiento de un eje a otro se realice con velocidad constante y sin deslizamiento de una rueda con la otra. Son sencillos de construir, pueden transmitir grandes potencias y están normalizados. Por ello, son elementos muy utilizados en gran variedad de máquinas, como reductores, cajas de cambios, diferenciales o trenes de engranajes.
Inspección de engranaje	Ciclo de inspección de un engranaje cónico Temperatura de medición Instrumentación utilizada para la inspección de la pieza Inspección de la pieza Estudio del plano de la pieza a medir Realización del programa de inspección Medida de la pieza por parte de la máquina Generación y revisión de los informes generados
Aspectos a estudiar	1. Conceptos Básicos: Definición de Engranajes Cónicos: Comprender la diferencia entre engranajes cónicos y otros tipos de engranajes. Terminología: Familiarizarse con términos como diámetro primitivo, ángulo de presión, módulo, paso, etc. 2. Geometría y Diseño: Relación de Transmisión: Entender cómo afecta la velocidad angular entre los engranajes. Ángulo de Presión: Su impacto en el diseño de los dientes. Número de Dientes: Relación con la distribución de carga y la capacidad de carga. 3. Cálculos y Fórmulas: Fórmulas Básicas: Aprender las fórmulas para el cálculo del diámetro primitivo, módulo, paso, etc. Interpretación de Gráficos: Entender gráficos de funciones y relaciones importantes en el diseño de engranajes.

Continuación de la Tabla 5.

Aspectos a estudiar	4. Resistencia y Durabilidad: Tensiones de Flexión: Comprender cómo las cargas afectan la resistencia de los dientes a la flexión. Tensiones de Contacto: Evaluar la resistencia al contacto entre los dientes. Factores de Seguridad: Aplicar factores de seguridad adecuados. 5. Vibraciones y Ruido: Análisis de Vibraciones: Estudiar cómo evitar vibraciones no deseadas durante el funcionamiento. 6. Materiales y Tratamientos Térmicos: Selección de Materiales: Comprender las propiedades de los materiales utilizados en engranajes. Tratamientos Térmicos: Conocer la importancia de tratamientos como el temple y revenido. 7. Fabricación y Tolerancias: Proceso de Fabricación: Entender los métodos comunes de fabricación de engranajes cónicos. Tolerancias y Ajustes: Conocer las tolerancias críticas y ajustes adecuados. 8. Métodos de Análisis: Software de Simulación. Análisis por Elementos Finitos. 9. Aplicaciones Prácticas: Casos de Estudio: Estudiar casos prácticos de aplicación de engranajes cónicos en máquinas reales. Proyectos Prácticos: Participar en proyectos de diseño y análisis de engranajes cónicos. 10. Normativas y Estándares: Normas Industriales: Conocer las normas y estándares relevantes en el diseño y fabricación de engranajes. Estudiar estos aspectos proporcionará una base sólida para comprender y aplicar los principios relacionados con los engranajes cónicos en la ingeniería mecánica. Además, siempre es útil realizar ejercicios prácticos y proyectos para consolidar el conocimiento teórico.
---------------------	--

Nota. Tabla con resúmenes de apuntes de clase presencial sobre engranajes conicos de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.1.6. Unidad VI. (Tornillos sin fin)

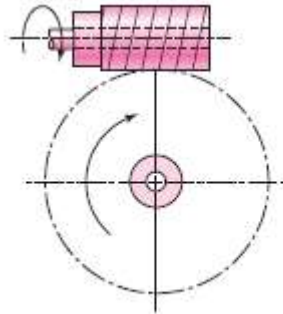
Se presenta el programa de estudio de la unidad VI. Para lo cual se utiliza los libros de referencia designados y autorizados por la Escuela de Mecánica, Facultad de Ingeniería.

Los tornillos sin fin son componentes esenciales en el mundo de la ingeniería mecánica, desempeñando un papel fundamental en la transmisión de movimiento y potencia en una variedad de maquinaria. Estos dispositivos mecánicos, con sus diversos tipos como engranajes rectos, cónicos y tornillos sin fin, se encargan de facilitar el movimiento rotativo entre ejes paralelos o no paralelos, asegurando un funcionamiento eficiente y duradero.

Es una configuración única que involucra un tornillo que engrana con una rueda dentada conocida como rueda sin fin. Esta combinación proporciona una transmisión suave y silenciosa, siendo particularmente útil en mecanismos que requieren una alta relación de reducción de velocidad. Los tornillos sin fin pueden tener eficiencias más bajas en comparación con otras formas de transmisión, y la lubricación adecuada desempeña un papel crucial para reducir el desgaste.

En el diseño y aplicación de engranajes y tornillos sin fin, aspectos como la selección de materiales, la lubricación eficiente, y la correcta alineación y tolerancias son factores críticos que impactan directamente en su rendimiento. Estos componentes no solo son esenciales en la ingeniería mecánica, sino que también requieren una comprensión detallada y cálculos precisos para garantizar su operación fiable en diversos sistemas mecánicos.

Figura 5.
Engranaje de tornillo



Nota. Engranajes cónicos. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 655) McGraw-Hill.

Tabla 6.
Unidad VI tornillos sin fin

Tornillo sin fin	El diseño de tornillos sin fin y engranes (coronas) está limitado por las herramientas disponibles, restricciones de espacio, distancias entre centros de los ejes, relaciones de engranes necesarias y la experiencia del diseñador.
Un conjunto de decisiones útil para un acoplamiento de un tornillo sin fin y un engrane (rueda) incluye	• Función: potencia, velocidad, m_G, K_a • Factor de diseño: n_d • Sistema de dientes • Materiales y procesos • Número de hilos en el tornillo sin fin: N_w • Paso axial del tornillo sin fin: p_x • Diámetro de paso del tornillo sin fin: d_w • Ancho de cara de la rueda: F_G • Área lateral de la superficie: A

Nota. Tabla con resúmenes de apuntes de clase presencial sobre tornillos sin fin de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

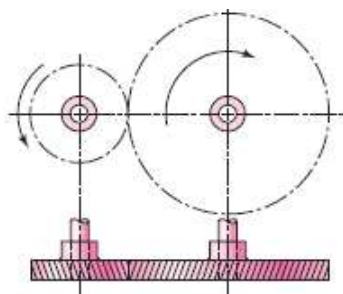
3.1.7. Unidad VII. (Engranajes helicoidales)

Se presenta el programa de estudio de la unidad VII. Para lo cual se utiliza los libros de referencia designados y autorizados por la Escuela de Mecánica, Facultad de Ingeniería.

Los engranajes helicoidales se destacan por su diseño único con dientes dispuestos en un ángulo helicoidal. Esta disposición específica no solo permite una transmisión suave y silenciosa del movimiento, sino que también distribuye la carga axial a lo largo de la cara del diente, mejorando la capacidad de carga y resistencia a fuerzas axiales. Su aplicación se encuentra en una variedad de sistemas, desde cajas de cambio de vehículos hasta trenes de transmisión, donde la eficiencia en la transmisión de potencia es esencial. La importancia de los engranajes helicoidales está en su capacidad para proporcionar transmisiones eficientes y suaves, distribuyendo cargas de manera efectiva. Su comprensión detallada y aplicación precisa son esenciales para garantizar un rendimiento fiable en sistemas mecánicos.

Figura 6.

Engranaje helicoidal



Nota. Engranajes cónicos. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 654) McGraw-Hill.

3.1.7.1. Número de dientes formativo

Los engranes helicoidales poseen dientes inclinados con respecto al eje de rotación, y se utilizan para las mismas aplicaciones que los engranes rectos y, cuando se utilizan en esta forma, no son tan ruidosos, debido al engranado más gradual de los dientes durante el acoplamiento. Asimismo, el diente inclinado desarrolla cargas de empuje y pares de flexión que no están presentes en los engranes rectos. En ocasiones, los engranes helicoidales se usan para transmitir movimiento entre ejes no paralelos.

Tabla 7.

Unidad VII engranaje helicoidal

Engranaje helicoidal	La mayoría de los ingenieros prefieren utilizar engranes rectos cuando es preciso transferir potencia entre ejes paralelos, porque son más fáciles de diseñar y, a menudo, su fabricación más económica; pero a veces las necesidades del diseño son tales que los engranes helicoidales resultan la mejor opción. Esto es cierto sobre todo cuando se trata de cargas pesadas, altas velocidades o cuando se debe mantener bajo el nivel de ruido. Cuando se debe transmitir movimiento entre ejes que no son paralelos, no se puede utilizar el engrane recto; el diseñador debe elegir entonces entre los engranes helicoidales cruzados, de gusano, cónicos. Los engranes cónicos tienen dientes rectos, contacto lineal y eficiencias altas. Los engranes helicoidales cruzados y los de gusano tienen una eficiencia mucho menor debido a que se incrementa la acción de deslizamiento; sin embargo, si se emplean buenos principios de ingeniería, se pueden diseñar engranes helicoidales cruzados y de gusano con valores bastantes aceptables de la eficiencia.
----------------------	---

Continuación de la Tabla 7.

Temario	Engranajes helicoidales de ejes paralelos Relaciones entre los dientes de engranes helicoidales Proporciones de los dientes en los engranes helicoidales Contacto de los dientes en los engranes helicoidales Engranajes de espina de pescado Engranajes helicoidales de ejes cruzados Proporciones de los dientes en los engranes cónicos
---------	--

Nota. Tabla con resúmenes de apuntes de clase presencial sobre engranajes helicoidales de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.1.8. Unidad VIII. (Elementos de máquina diversos)

En esta unidad se describen los elementos de máquina diversos, para que el estudiante, tenga los conocimientos teóricos y prácticos de los elementos relaciones al diseño de máquinas. Se toman en cuenta muchos mecanismos vistos en cursos anteriores de la carrera y se aplican más adelante en el proyecto del diseño de una máquina funcional.

3.1.8.1. Volantes

En esta sección se expone que un volante de inercia es un dispositivo inercial de almacenamiento de energía. Absorbe la energía mecánica cuando incrementa su velocidad angular y libera su energía cuando disminuye. El interés se enfoca en el diseño de volantes de inercia, de modo que se obtenga una cantidad específica de regulación de la velocidad.

3.1.8.2. Vigas curvas

Entendemos por vigas, en general a aquellos elementos en los cuales una de sus dimensiones es mucho mayor que las otras dos que lo componen. La viga curva constituye un importante elemento estructural de ingeniería, debido a su utilización en una amplia variedad de aplicaciones; así por ejemplo estructuras como hélices de helicópteros, ventiladores, turbinas y subsistemas de estructuras más complejas pueden ser modelados como vigas curvas. De igual manera dichas vigas son usadas de forma corriente en la construcción de puentes. Los ejemplos anteriores permiten afirmar que el estudio de la respuesta dinámica de este componente estructural bajo diversas condiciones ayudaría a entender el comportamiento de ciertas estructuras reales de mayor complejidad sometidas a condiciones similares.

3.2. Tareas

Las tareas permiten al estudiante, desarrollar sus habilidades adquiridas en base al proceso de aprendizaje, y la metodología didáctica empleada por el catedrático. A continuación, se presenta las tareas, hojas de trabajo y respuestas propuestas.

Figura 7.

Tarea de investigación

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3 CATEDRATICO: AUXILIAR:	
Nombre: _____ Carné: _____	
TAREA DE INVESTIGACIÓN DE REPASO	
<u>Aditivos</u>	
Responda las siguientes preguntas	
1. ¿Qué es un aditivo?	
R Los aditivos son unas sustancias químicas que, al añadirse a los lubricantes y aceites para formar el producto final, mejoran sus propiedades y/o le añaden otras nuevas.	
2. ¿Qué beneficios puede tener un aditivo?	
R Alargar la vida útil del elemento mecánico lubricado.	
3. ¿Qué aplicaciones tiene el uso de aditivos?	
R Para el siguiente listado de aditivos:	
• Dispersantes. R Son necesarios para humedecer, dispersar y estabilizar polvos con pigmentos secos en una variedad de formulaciones líquidas. • Detergentes. R Mantiene las superficies libres de depósitos o incrustaciones • De extrema presión. R Generan que el lubricante mantenga sus propiedades ante la alta presión • Inhibidores de oxidación. R No permiten que se genere oxidación	

Continuación de Figura 7.

- Anti-desgaste.
 - R Genera que en el contacto entre dos elementos mecánicos el desgaste sea mínimo o nulo
- Modificadores de fricción.
 - R Ayuda a que se mantenga un desgaste controlado por la fricción que genera el contacto de las piezas mecánicas

Nota. Tarea de investigación sobre aditivos para el curso de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, elaborado en Word.

Figura 8.

Tarea de rodamiento

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3 CATEDRATICO: AUXILIAR: Nombre: _____ Carné: _____ Rodamientos de Bolas y Rodillos Investigue lo siguiente: • Tipos de rodamientos (dibuje y defina sus partes) ○ ¿Cómo soporta la carga un rodamiento? ○ Principio de funcionamiento (Como soporta las cargas sean radiales o de empuje) ○ Materiales más comunes para su fabricación ○ ¿Qué tipos de lubricación?
--

Nota. Tarea de investigación sobre rodamientos para el curso de diseño de máquinas 3.
Elaboración propia, elaborado en Word.

Figura 9.

Tarea de engranes rectos.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3 CATEDRATICO: AUXILIAR: Nombre: _____ Carné: _____	
Tarea de engranes rectos. Investigue lo siguiente: • Ley fundamental ○ ¿Qué es y cómo se aplica? • Pasos de los engranes potencia transmitida ○ ¿Que son los pasos del engranaje? ○ ¿Como se transmite la potencia entre dientes? • Resistencia a flexión, carga dinámica y límite de desgaste ○ ¿Qué es la resistencia de flexión? ▪ Que aplicaciones tiene en la industria ○ ¿Qué es la carga dinámica en elementos mecánicos de transmisión de potencia? ○ ¿Qué es el límite de desgaste en engranajes? ▪ ¿Cuándo se recomienda cambiar un engranaje? ▪ ¿Como se mide el desgaste de los dientes de un engranaje? ▪ ¿Formas que existen de detectar el mal funcionamiento de un engranaje de manera correctiva, predictiva y preventiva? • Carga en los dientes de los engranes	

Continuación de la Figura 9.

- ¿Como se calcula las velocidades de entra, de salida en cajas reductoras y como se calcula la carga en sus dientes?

Nota. Tarea de investigación sobre engranajes rectos para el curso de diseño de máquinas 3.
Elaboración propia.

Figura 10.

Tarea de engranes cónicos.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3
CATEDRATICO:
AUXILIAR:



Nombre: _____ Carné: _____

Tarea de engranes cónicos.

Investigue lo siguiente:

- Tornillos sin fin y engranes helicoidales
 - ¿Qué función tienen y que aplicaciones tienen en la industria?
- Engranes cónicos de dientes rectos
 - ¿Qué función tienen y que aplicaciones tienen en la industria?
- Resistencia a flexión
 - ¿Cómo se comporta en engranajes cónicos?
- Carga dinámica y límite de desgaste en los engranes
 - ¿Qué es la resistencia de flexión?
 - Que aplicaciones tiene en la industria.

Continuación de la Figura 10.

- ¿Qué es la carga dinámica en elementos mecánicos de transmisión de potencia?
- ¿Qué es el límite de desgaste en engranajes?
- ¿Cuándo se recomienda cambiar un engranaje?
- ¿Como se mide el desgaste de los dientes de un engranaje?
- ¿Formas que existen de detectar el mal funcionamiento de un engranaje de manera correctiva, predictiva y preventiva?
- Cónicos de dientes rectos
 - ¿Qué función tienen y que aplicaciones tienen en la industria?
- Carga en los dientes de los engranes cónicos de dientes rectos
 - ¿Como se calcula las cargas en los engranajes cónicos de dientes rectos?

Nota. Tarea de investigación sobre engranajes cónicos para el curso de diseño de máquinas 3.
Elaboración propia, elaborado en Word.

Figura 11.

Tarea de tornillos sin fin

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3 CATEDRATICO: AUXILIAR: Nombre: _____ Carné: _____ Tarea de tornillos sin fin. Investigue lo siguiente: • Resistencia a flexión ○ ¿Como se calcula la resistencia a la flexión en un tornillo sin fin? R/. Cálculo de la carga admisible: La carga admisible en un tornillo sin fin se basa en el diseño del tornillo y el material. La resistencia a la flexión (σ_F) se calcula usando la fórmula: $\sigma_F = \frac{M \cdot C}{I}$ M=Momento de flexión aplicado. c = Distancia desde el centroide hasta el borde exterior del tornillo. I = Momento de inercia de la sección transversal del tornillo. • La carga dinámica y límite de desgaste de los tornillos sin fin ○ ¿Como se la carga dinámica y el límite de desgaste en un tornillo sin fin?	
--	---

Continuación de la Figura 11.

R/.

Carga Dinámica: La carga dinámica en un tornillo sin fin se refiere a la carga que se aplica de manera continua durante el funcionamiento. Se puede calcular con base en la potencia transmitida y la velocidad angular. La fórmula general para la carga dinámica en engranajes sin fin es:

$$F_d = \frac{T \cdot 2 \cdot \pi}{d}$$

F_d = Carga dinámica.

T = Par transmitido.

d = Diámetro del tornillo sin fin.

El límite de desgaste es la máxima carga que un tornillo sin fin puede soportar antes de que se produzca un desgaste significativo. Se basa en pruebas de laboratorio y en los estándares de diseño, como los proporcionados por la Norma ISO 1328. El límite de desgaste se puede calcular considerando el coeficiente de fricción, el material del tornillo y la lubricación. La fórmula general es:

$$W = \frac{C}{f}$$

W = Límite de desgaste.

C = Capacidad de carga dinámica del tornillo.

f = Coeficiente de fricción.

- ¿Cuándo se recomienda cambiar un tornillo sin fin de manera preventiva, correctiva y si se pudiera detectar de manera predictiva?

Continuación de la Figura 11.

R/.

Preventivo: se recomienda cambiar un tornillo sin fin de manera preventiva en función de los intervalos de mantenimiento establecidos por el fabricante, basados en el tiempo de funcionamiento o ciclos operativos. Se realiza una revisión periódica para evitar fallos inesperados.

Correctivo: se cambia cuando se detectan fallos o daños visibles durante la inspección, como grietas, desgastes severos o deformaciones.

Predictivo: se puede detectar el momento de cambiar el tornillo sin fin mediante técnicas de monitoreo predictivo, como el análisis de vibraciones, la medición de temperatura y el análisis de aceite. Si se detecta un aumento en la fricción, temperaturas elevadas o ruidos anómalos, puede indicar un desgaste inminente.

- Carga en los dientes del tornillo sin fin y rendimiento.
 - ¿Como se calcula las cargas en los en un tornillo sin fin?

R/.

Las cargas en los dientes de un tornillo sin fin se calculan teniendo en cuenta la geometría del tornillo y el engranaje, así como el par transmitido. La carga en los dientes se puede calcular mediante:

$$F_t = \frac{T \cdot 2}{d \cdot \cos(\phi)}$$

F_t = Carga tangencial en los dientes.

T = Par transmitido.

d = Diámetro del tornillo sin fin.

ϕ = Ángulo de hélice del tornillo sin fin.

Continuación de la Figura 11.

- ¿Como se calcula el rendimiento en un tornillo sin fin?

R/. El rendimiento se puede calcular teniendo en cuenta las pérdidas por fricción y el coeficiente de eficiencia de los materiales. La eficiencia también depende de la precisión de fabricación y el mantenimiento del sistema.

Nota. Tarea de investigación sobre tornillos sin fin para el curso de diseño de máquinas 3.
Elaboración propia.

Figura 12.

Tarea de engranajes helicoidales

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3
CATEDRATICO:
AUXILIAR:
Nombre: _____ Carné: _____

Tarea de engranajes helicoidales, volantes y vigas curvas.
Investigue lo siguiente:

1. Engranajes helicoidales

- Número de dientes.
 - ¿Como se calculan la cantidad de dientes que debe tener?



Continuación de la Figura 12.

R/. El número de dientes en un engranaje helicoidal puede ser determinado utilizando la fórmula general para el diseño de engranajes, pero también se considera la relación de transmisión deseada, el módulo del engranaje, y el diámetro del engranaje. La relación de transmisión se define como la relación entre el número de dientes de los engranajes de entrada y salida.

La fórmula básica para el número de dientes N en un engranaje es:

$$N = \frac{D}{m}$$

Donde:

D es el diámetro de paso, m es el módulo del engranaje. El módulo se puede calcular a partir del paso del engranaje (distancia entre dientes).

- Carga en los dientes de los engranes helicoidales.
 - ¿Como se calculan la carga de los dientes?

R/. La carga en los dientes de un engranaje helicoidal se puede calcular utilizando la fórmula de carga de los engranajes, que toma en cuenta la potencia transmitida, la velocidad angular y el diseño del engranaje. La fórmula básica para la carga en los dientes es:

$$F_t = \frac{2T}{d}$$

donde F_t es la carga tangencial, T es el par transmitido, y d es el diámetro de paso.

- ¿Qué aplicaciones se tienen en la industria para los engranajes helicoidales?

Continuación de la Figura 12.

R/. Los engranajes helicoidales son ampliamente utilizados en aplicaciones que requieren una transmisión de potencia eficiente y silenciosa. Algunas aplicaciones comunes incluyen:

- Transmisiones de automóviles: Para mejorar la suavidad en el cambio de marcha.
- Equipos industriales: Como en máquinas herramienta, equipos de procesamiento y sistemas de transmisión de energía.
- Sistemas de elevación: Como en grúas y ascensores.
- Reductores de velocidad: Para reducir la velocidad de rotación de los motores y aumentar el torque.
- ¿Qué tipo de mantenimiento preventivo y predictivo se les puede dar a los engranajes helicoidales?

R/. El mantenimiento preventivo y predictivo para engranajes helicoidales incluye:

- Inspección regular: Revisión visual de desgaste, daños o alineación.
- Lubricación: Aplicar y revisar lubricantes adecuados para minimizar el desgaste y la fricción.
- Medición de vibraciones: Monitoreo de vibraciones para identificar posibles problemas antes de que se vuelvan críticos.
- Alineación: Verificar y ajustar la alineación para evitar desgastes irregulares.
- Análisis de aceite: Evaluar la calidad del aceite de lubricación para detectar contaminantes y desgaste prematuro.

Continuación de la Figura 12.

2. Volantes y vigas curvas

- ¿Qué son los volantes y las vigas curvas?

R/.

- Volantes: Son discos pesados que se utilizan para almacenar energía cinética y proporcionar estabilidad en sistemas rotativos. Actúan como amortiguadores de fluctuaciones en el suministro de energía, manteniendo un flujo de trabajo más constante.
- Vigas curvas: Son elementos estructurales con una forma curva que se utilizan para soportar cargas y resistir flexión. Son comunes en la construcción de puentes y estructuras arquitectónicas para distribuir las cargas de manera eficiente.

- ¿Qué aplicaciones tienen en la industria volantes y las vigas curvas?

R/. Volantes: Motores de combustión interna: Para suavizar las fluctuaciones en el par motor. Sistemas de maquinaria: Para almacenar y liberar energía en procesos industriales.

Vigas curvas: Construcción de puentes: Para soportar cargas pesadas y distribuir las de manera uniforme. Estructuras arquitectónicas: En edificios y otros proyectos para proporcionar soporte y estabilidad. Maquinaria industrial: Para reforzar estructuras y soportar cargas en máquinas y equipos.

- ¿Como se mide el deterioro de los volantes?

R/.

- Inspección visual: Buscar grietas, deformaciones o daños visibles.
- Pruebas de balanceo: Verificar el equilibrio dinámico para detectar desbalances que pueden indicar desgaste.

Continuación de la Figura 12.

- Medición de vibraciones: identificar patrones de vibración que indiquen problemas internos o desalineación.
- Pruebas de resistencia: evaluar la integridad estructural mediante pruebas de carga para asegurar que el volante aún cumple con sus especificaciones de diseño.

Nota. Tarea de investigación sobre engranajes helicoidales para el curso de diseño de máquinas
3. Elaboración propia, elaborado en Word.

3.3. Hojas de trabajo y problemas en general

Las hojas de trabajo permiten al estudiante, desarrollarlas en clase, por lo cual, cada duda que se le presente es atendida por el catedrático de forma inmediata, lo que beneficia en la comprensión, amplitud de sus conocimientos.

Figura 13.

Hoja de trabajo no. 1

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3
CATEDRATICO: Ing. Esdras Miranda
AUXILIAR: Javier Moreno

Nombre: _____ Carné: _____

Hoja de trabajo no. 1

1- Defina las 4 propiedades necesarias para elegir adecuadamente el material que se utilizara en los cojinetes

- a. Resistencia.
- b. Facilidad de incrustación.
- c. Resistencia a la corrosión.
- d. Costo.

Nota. Mott, Robert. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Educación de México. Pág. 666

2- ¿Qué materiales son más utilizados en la fabricación de un cojinete de superficie plana y su composición?

Mencione al menos 3

- a. Bronce.
- b. Babbitt.
- c. Aluminio.
- d. Zinc.
- e. Plásticos.

Nota. Mott, Robert. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Educación de México. Pág. 666

Continuación de la Figura 13.

- 3- Mencione los 6 factores que deben considerarse para poder decidir que material es el más apto
- a. Coeficiente de fricción.
 - b. Capacidad de carga.
 - c. Velocidad de operación.
 - d. Temperatura a las condiciones de operación.
 - e. Limitaciones de desgaste.
 - f. Forma de producción.

Nota. Mott, Robert. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Educación de México. Pág. 668

Nota. Hoja de trabajo sobre rodamientos para el curso de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, elaborado en Word.

Figura 14.

Hoja de trabajo no. 2

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3 CATEDRATICO: AUXILIAR:	
Nombre: _____ Carné: _____	
Hoja de trabajo no. 2	
¿Qué significa Viscosidad?	
R/ Es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción. La viscosidad se corresponde con el concepto informal de "espesor". Por ejemplo, la miel tiene una viscosidad mucho mayor que el agua.	
¿Qué es densidad relativa?	
R/ es una comparación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra que se toma como referencia: Ambas densidades se expresan en las mismas unidades y en iguales condiciones de temperatura y presión. La densidad relativa es adimensional (sin unidades), ya que queda definida como el cociente de dos densidades.	
¿Qué significa Viscosidad dinámica y cuáles son sus unidades en el sistema internacional?	

Continuación de la Figura 14

R/ La viscosidad dinámica, designada como μ , se mide, en unidades del Sistema Internacional, en pascal-segundo (Pa·s), o N·s·m⁻², o kg·m⁻¹·s⁻¹. En el Sistema Cegesimal se utiliza el poise (P).

$$1 \text{ poise} = 1 [P] = 10^{-1} [\text{Pa} \cdot \text{s}] = [10^{-1} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}]$$

¿Qué significa viscosidad cinemática y cuáles son sus unidades en el sistema internacional?

R/ La viscosidad cinemática representa esta característica desechando las fuerzas que generan el movimiento. Es decir, basta con dividir la viscosidad dinámica por la densidad del fluido y se obtiene una unidad simple de movimiento: cm²/seg (stoke), sin importar sus características propias de densidad.

¿Qué aspectos se consideran importantes para elegir el lubricante adecuado?

R/

- El trabajo que realiza el mismo
- Su desempeño en rpm altas o bajas
- Sus aditivos
- La temperatura

Resuelva

Complete la tabla con la información que se le solicita

Lubricante	Viscosidad Dinámica (poises)	Viscosidad Cinemática (CSt)	Densidad Especifica
Tipo 1		3.8	0.5
Tipo 2	0.05		0.76
Tipo 3	0.08	6.7	
Tipo 4		9.3	0.9

A continuación, se presentan las respuestas de Hoja de trabajo no. 2

Viscosidad Dinámica	Viscosidad Cinemática	Densidad Especifica	densidad del liquido
---------------------	-----------------------	---------------------	----------------------

(poises)	(CSt)		
0.7448	3.8	0.5	500
0.05	0.3877551	0.76	760
0.08	6.7	0.00012184	0.12183978
1.01266667	9.3	0.9	900

Nota. Hoja de trabajo sobre lubricación para el curso de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, realizado en Word

Figura 15.

Hoja de trabajo no. 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3 CATEDRATICO: AUXILIAR:									
Nombre: _____ Carné: _____									
Hoja de trabajo no. 3									
Se debe diseñar un cojinete para soportar una carga radial de 280 lb, de un eje de diámetro mínimo aceptable de 2 pulg. y gira a una velocidad de 300 rpm. Diseñe el cojinete que funcione bajo condición de no lubricación.									
Respuesta									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">tipo de lubricante</th> <th style="width: 25%;">Longitud (pulg)</th> <th style="width: 25%;">presión (psi)</th> <th style="width: 25%;">velocidad del muñón (pies/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>cojinetes no lubricados</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">140</td> <td style="text-align: center;">157.0796327</td> </tr> </tbody> </table>		tipo de lubricante	Longitud (pulg)	presión (psi)	velocidad del muñón (pies/min)	cojinetes no lubricados	1	140	157.0796327
tipo de lubricante	Longitud (pulg)	presión (psi)	velocidad del muñón (pies/min)						
cojinetes no lubricados	1	140	157.0796327						

Continuación de la Figura 15.

Factor P_v = Velocidad del muñón/presión (psi)

Valor de diseño PV = $2 \times$ Factor PV

factor (psi*pies/min)	P_v	Valor de diseño (psi*pies/min)	de PV
21991.14858		43982.29715	

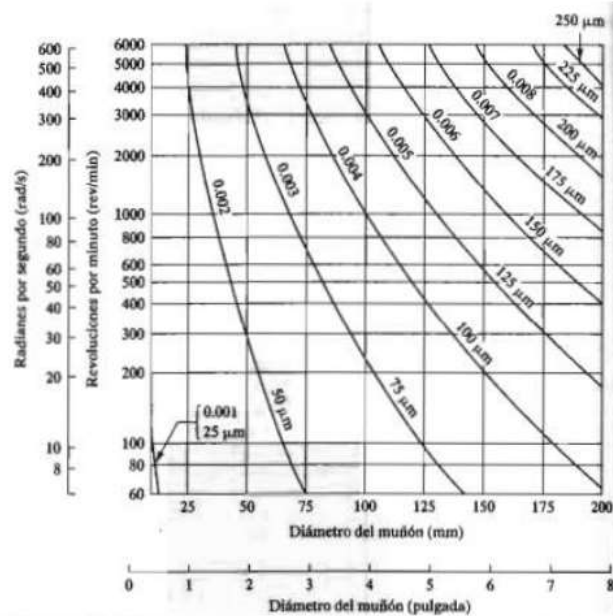
TABLA 16-1 Parámetros típicos de funcionamiento para materiales de cojinete con lubricación marginal a temperatura ambiente.

Material	pV		
	psi-pies/min	kPa-m/s	
Polimida Vespel® SP-21	300 000	10 500	Marca registrada de DuPont Co.
Bronce al manganeso (C86200)	150 000	5250	También llamado SAE 430A
Bronce de aluminio (C95200)	125 000	4375	También llamado SAE 68A
Bronce de estaño con plomo (C93200)	75 000	2625	También llamado SAE 660
Cojinete KU de lubricante seco	51 000	1785	Vea la nota 1
Bronce poroso impregnado en aceite	50 000	1750	
Babbitt: alto contenido de estaño (99%)	30 000	1050	
PTFE Rulon®: forro M	25 000	875	Respaldo de metal
PTFE Rulon®: FCJ	20 000	700	Movimiento oscilatorio y lineal
Babbitt: bajo contenido de estaño (10%)	18 000	630	
Grafito/metallizado	15 000	525	Graphite Metallizing Corp.
PTFE Rulon®: 641	10 000	350	Aplicaciones en alimentos y medicinas (vea la nota 2)
PTFE Rulon®: J	7500	263	PTFE con carga
Poliuretano: UHMW	4000	140	Peso molecular ultraalto
Nylon® 101	3000	105	Marca registrada de DuPont Co.

Fuente: Bunting Bearings Corp., Holland, OH

Nota. Tabla de parámetros de funcionamiento para materiales de cojinete con lubricación. Obtenido de R. Mott (2006). *Diseño de elementos de máquinas 4ta ed.* (p. 669) Pearson Educación de México.

Continuación de la Figura 15.



Nota. Curva diámetro y velocidad de giro de cojinete con lubricación. Obtenido de R. Mott (2006). *Diseño de elementos de máquinas 4ta ed.* (p. 672) Pearson Educación de México.

R/ Según la tabla se debe de usar como material de diseño bronce poroso impregnado en aceite y se debe usar un $C_d=0.002$ pulg minima basado en el diámetro de 2 pulg y $n=300$

Nota. Hoja de trabajo sobre cojinetes para el curso de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, elaborado en Word.

Figura 16.

Hoja de trabajo no. 4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3
CATEDRATICO:
AUXILIAR:



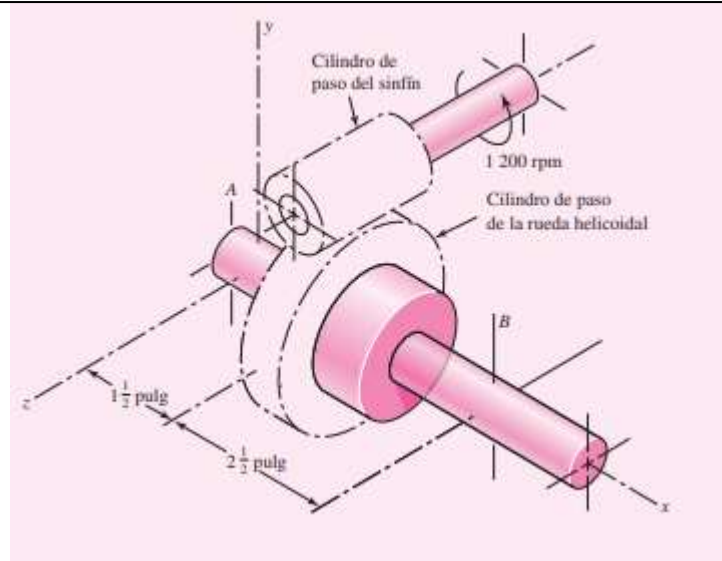
Nombre: _____ Carné: _____

Un tornillo sin fin de dos dientes con sentido a la derecha transmite 1 hp a 1 200 rpm a una corona de 30 dientes. La corona tiene un paso diametral transversal de 6 dientes/pulg y un ancho de cara de 1 pulg. El sin fin tiene un diámetro de paso de 2 pulg y un ancho de cara de 2 1/2 pulg. El ángulo de presión normal mide 14.5° . Los materiales y la calidad del trabajo necesitan el uso de la curva B de la gráfica para obtener el coeficiente de fricción.

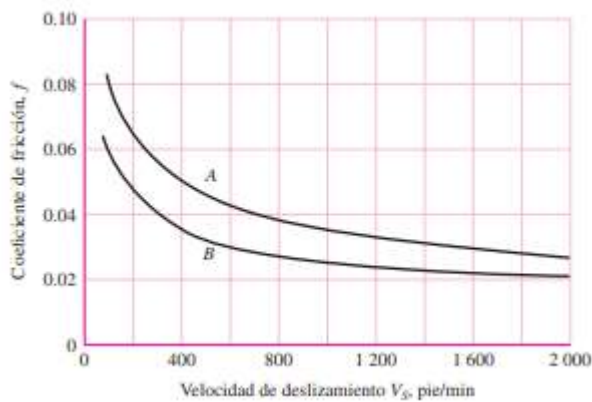
a) Determine el paso axial, la distancia entre centros, el avance y el ángulo de avance.

b) La figura es un esquema del tornillo sin fin orientado con respecto al sistema coordinado descrito con anterioridad en esta sección; la corona está soportada por cojinetes en A y B. Encuentre las fuerzas que ejercen los cojinetes contra el eje de la corona y el par de torsión de salida.

Continuación de la Figura 16.



Nota. Gráfico ejemplo del problema. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 698) McGraw-Hill.



Nota. Gráfico de curvas del problema. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 697) McGraw-Hill.

Respuesta:

- a) El paso axial es el mismo que el paso circular transversal del engrane,

$$p_x = p_t = \frac{\pi}{P} = \frac{\pi}{6} = 0.5236 \text{ pulg}$$

dado por:

Continuación de la Figura 16.

El diámetro de paso de la rueda es $d_G = N_G/P = 30/6 = 5$ pulg. Por

consiguiente, La distancia entre centros es:

$$C = \frac{d_W + d_G}{2} = \frac{2 + 5}{2} = 3.5 \text{ pulg}$$

El avance es:

$$L = p_x N_W = (0.5236)(2) = 1.0472 \text{ pulg}$$

El ángulo de avance se obtiene:

$$\lambda = \tan^{-1} \frac{L}{\pi d_W} = \tan^{-1} \frac{1.0472}{\pi(2)} = 9.46^\circ$$

b) Empleando la regla de la mano derecha para la rotación del sin fin, se observa que el dedo pulgar apunta en la dirección z positiva. Ahora se utiliza la analogía del perno y la tuerca (el sin fin tiene rosca derecha, como la rosca de un perno) y se hace girar el perno en el sentido de las manecillas del reloj con la mano derecha, mientras que se evita la rotación de la tuerca con la izquierda, que se moverá axialmente a lo largo del perno hacia su mano derecha. Por lo tanto, la superficie de la corona en contacto con el sin fin se moverá en la dirección z negativa. De este modo, la corona gira en el sentido de las manecillas del reloj con respecto a x, con el dedo pulgar apuntando en dirección de x negativa.

La velocidad en la línea de paso del sin fin se calcula mediante:

$$V_W = \frac{\pi d_W n_W}{12} = \frac{\pi(2)(1\ 200)}{12} = 628 \text{ pies/min}$$

La velocidad de la corona es $n_G = (2/30)(1\ 200) = 80$ rpm. Por lo tanto, la velocidad en la línea de paso de la corona equivale a:

$$V_G = \frac{\pi d_G n_G}{12} = \frac{\pi(5)(80)}{12} = 105 \text{ pies/min}$$

Continuación de la Figura 16.

La velocidad de deslizamiento VS se determina por medio de:

$$V_s = \frac{V_w}{\cos \lambda} = \frac{628}{\cos 9.46^\circ} = 637 \text{ pies/min}$$

Ahora, para obtener las fuerzas, se comienza con la fórmula de la potencia

$$W_{wt} = \frac{33\,000H}{V_w} = \frac{(33\,000)(1)}{628} = 52.5 \text{ lbf}$$

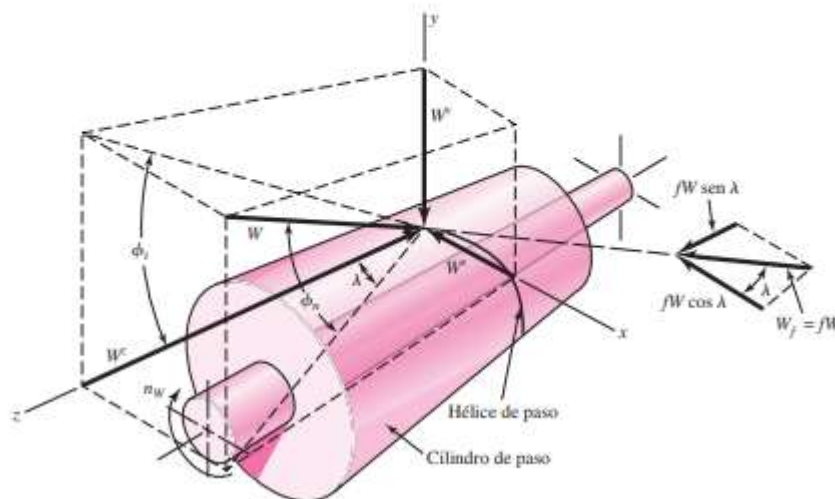
en caballos de fuerza:

Esta fuerza actúa en la dirección negativa x, del mismo modo que en la figura siguiente. Mediante el empleo de la figura del elemento de transmisión, se encuentra que $f = 0.03$. Entonces:

$$W^x = W(\cos \phi_n \sin \lambda + f \cos \lambda)$$

$$W^y = W \sin \phi_n$$

$$W^z = W(\cos \phi_n \cos \lambda - f \sin \lambda)$$



Continuación de la Figura 16.

$$W = \frac{W^x}{\cos \phi_n \sin \lambda + f \cos \lambda}$$

$$= \frac{52.5}{\cos 14.5^\circ \sin 9.46^\circ + 0.03 \cos 9.46^\circ} = 278 \text{ lbf}$$

$$W^y = W \sin \phi_n = 278 \sin 14.5^\circ = 69.6 \text{ lbf}$$

$$W^z = W (\cos \phi_n \cos \lambda - f \sin \lambda)$$

$$= 278 (\cos 14.5^\circ \cos 9.46^\circ - 0.03 \sin 9.46^\circ) = 264 \text{ lbf}$$

Ahora, se identifican las componentes que actúan en la corona como:

$$W_{Ga} = -W^x = 52.5 \text{ lbf}$$

$$W_{Gr} = -W^y = -69.6 \text{ lbf}$$

$$W_{Gt} = -W^z = -264 \text{ lbf}$$

En este punto se debe trazar un bosquejo tridimensional con objeto de simplificar el trabajo que sigue. Un esquema isométrico, resulta fácil de trazar y ayudará a evitar errores. Se considerará que B es un cojinete de empuje a fin de colocar el eje de la corona en compresión. De este modo, sumando las fuerzas en la dirección x se obtiene:

$$F_B^x = -52.5 \text{ lbf}$$

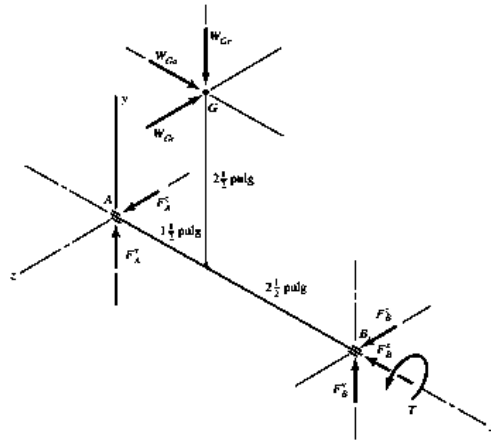
Tomando los momentos con respecto al eje z, se obtiene:

$$-(52.5)(2.5) - (69.6)(1.5) + 4F_B^y = 0 \quad F_B^y = 58.9 \text{ lbf}$$

Tomando los momentos con respecto al eje y:

$$(264)(1.5) - 4F_B^z = 0 \quad F_B^z = 99 \text{ lbf}$$

Continuación de la Figura 16.



Estas tres componentes se insertan ahora en el esquema, como se ilustra en el punto B de la figura 13-44. Al sumar las fuerzas en la dirección y:

$$-69.6 + 58.9 + F_A^y = 0 \quad F_A^y = 10.7 \text{ lbf}$$

De manera semejante, al sumar las fuerzas en la dirección z:

$$-264 + 99 + F_A^z = 0 \quad F_A^z = 165 \text{ lbf}$$

Estos dos componentes pueden ahora colocarse en A, del esquema. Todavía se tiene que escribir una ecuación más. Al sumar los momentos respecto de x:

$$-(264)(2.5) + T = 0 \quad T = 660 \text{ lbf} \cdot \text{pulg}$$

Debido a la pérdida friccional, este par de torsión de salida es menor que el producto de la relación de engranes y del par de torsión de entrada.

Nota. Problema resuelto. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 694-700) McGraw-Hill.

Figura 17.

Hoja de trabajo no. 5

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3 CATEDRATICO: AUXILIAR: Nombre: _____ Carné: _____ Realice las siguientes operaciones Se necesita que una caja de cambios proporcione un incremento exacto de velocidad de 30:1, al tiempo que se minimice el tamaño total de la caja. Los ejes de entrada y salida deben estar en línea. Especifique los números de dientes apropiados. Respuesta: El ejercicio propuesto demuestra la dificultad de encontrar números enteros de dientes que proporcionen una relación exacta. Con la finalidad de obtener los números enteros, se factoriza la relación total en dos partes enteras. $e = 30 = (6)(5)$ $N_2/N_3 = 6$ y $N_4/N_5 = 5$	
--	---

Continuación de la Figura 17.

Con dos ecuaciones y cuatro números de dientes desconocidos, se tienen dos selecciones libres. Se eligen N_3 y N_5 lo más pequeños que sea posible sin interferencia. Bajo el supuesto de un ángulo de presión de 20° , la ecuación

$$N_P = \frac{2k}{(1 + 2m) \sin^2 \phi} \left(m + \sqrt{m^2 + (1 + 2m) \sin^2 \phi} \right)$$

da el mínimo de 16.

$$N_2 = 6 N_3 = 6(16) = 96$$

$$N_4 = 5 N_5 = 5(16) = 80$$

El valor del tren total es entonces exacto: $e = (96/16)(80/16) = (6)(5) = 30$

Nota. Problema resuelto. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 681) McGraw-Hill.

Nota. Hoja de trabajo sobre engranajes para el curso de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, elaborado en Word.

Figura 18.

Hoja de trabajo no. 6

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3

CATEDRATICO:

AUXILIAR:



Nombre: _____ Carné: _____

Realice las siguientes operaciones

Un juego de engranes helicoidales paralelos utiliza un piñón de 17 dientes que impulsa una rueda de 34 dientes. El piñón tiene un ángulo de hélice a la derecha de 30° , un ángulo normal de presión de 20° y un paso diametral normal de 5 dientes/pulg. Calcule:

a) Los pasos circulares normal, transversal y axial

a. Respuesta:

$$P_n = \frac{\pi}{5} = 0.6283 \text{ pulgadas}$$

$$P_t = \frac{P_n}{\cos \lambda} = \frac{0.6283}{\cos 30^\circ} = 0.7255 \text{ pulgadas}$$

$$P_x = \frac{P_t}{\tan \lambda} = \frac{0.7255}{\tan 30^\circ} = 1.25 \text{ pulgadas}$$

b) El paso circular base normal

a. Respuesta:

$$P_{nb} = P_n \cos \theta_n = 0.6283 \cos 20^\circ = 0.590 \text{ pulgadas}$$

Continuación de la figura 18.

c) El paso diametral transversal y el ángulo de presión transversal

a. Respuesta:

$$Pt = Pn \cos \lambda = 0.6283 \cos 30^\circ = 4.33 \text{ Dientes / pulgadas}$$

$$\theta_t = \tan^{-1}(\tan \theta_n / \cos \lambda) = \tan^{-1}(\tan 20^\circ / \cos 30^\circ) = 22.8^\circ$$

d) La cabeza, raíz y diámetro de paso de cada engrane

a. Respuesta:

$$a = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ pulgadas}$$

$$b = \frac{1.25}{5} = 0.250 \text{ pulgadas}$$

$$dp = \frac{17}{5 \cos 30^\circ} = 3.926 \text{ pulgadas}$$

$$dG = \frac{34}{5 \cos 30^\circ} = 7.852 \text{ pulgadas}$$

Nota. Problema. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 701) McGraw-Hill.

Nota. Hoja de trabajo sobre engranajes para el curso de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, elaborado en Word.

Figura 19.

Hoja de trabajo no. 7

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3

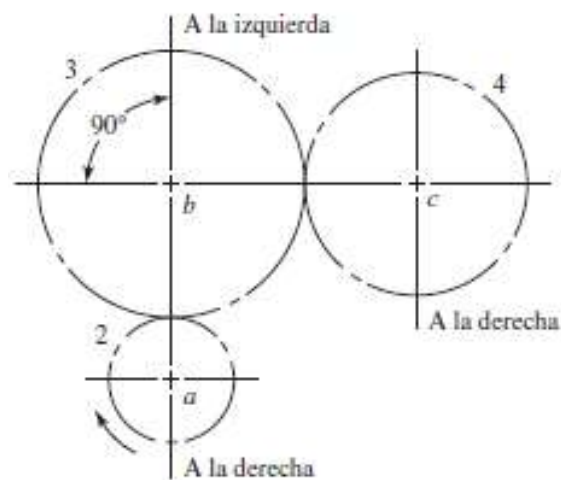
CATEDRATICO:

AUXILIAR:

Nombre: _____ Carné: _____

Realice las siguientes operaciones

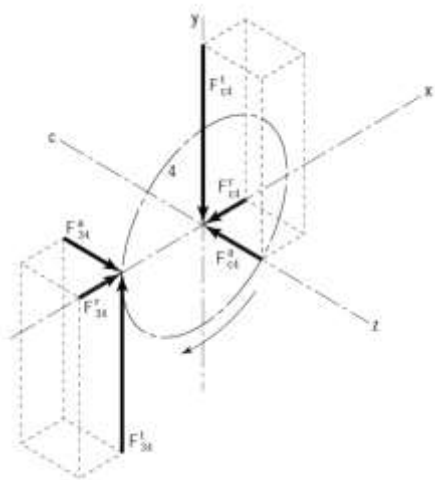
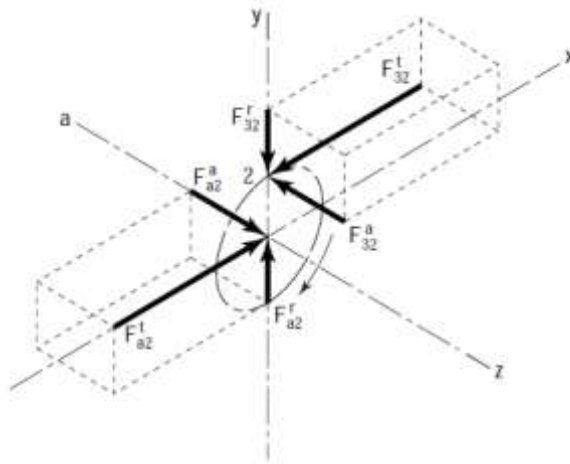
El engrane 2 de la figura tiene 16 dientes, un ángulo transversal de 20° , un ángulo de la hélice de 15° y un paso diametral normal de 8 dientes/pulg. El engrane 2 impulsa al engrane libre del eje b, el cual tiene 36 dientes. El engrane impulsado del eje c cuenta con 28 dientes. Si el impulsor gira a 1 720 rpm y transmite 7 1/2 hp, calcule las cargas radiales y de empuje sobre cada eje.



Continuación de la Figura 19.

Respuesta:

$$p_t = 8 \cos 15^\circ = 7.727 \text{ dientes/pulgadas}$$



$$d_2 = 16/7.727 = 2.07 \text{ pulgadas}$$

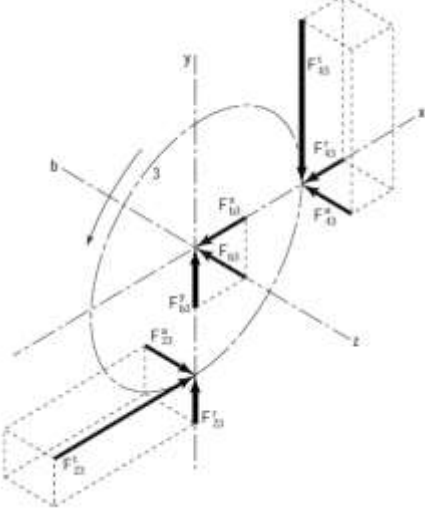
$$d_3 = 36/7.727 = 4.66 \text{ pulgadas}$$

$$d_4 = 28/7.727 = 3.62 \text{ pulgadas}$$

$$T_2 = \frac{63025(7.5)}{1720} = 274.8 \text{ lbf} \cdot \text{pulg}$$

$$w^t = \frac{274.8}{2.07 / 2} = 266 \text{ lbf}$$

Continuación de la Figura 19.



$$W^r = 266 \tan 20^\circ = 96.8 \text{ lbf}$$

$$W^a = 266 \tan 15^\circ = 71.3 \text{ lbf}$$

$$F_{2a} = -266i - 96.8j - 71.3k \text{ lbf}$$

$$F_{3b} = (266 - 96.8)i - (266 - 96.8)j$$

$$= 169i - 169j \text{ lbf}$$

$$F_{4c} = 96.8i + 266j + 71.3k \text{ lbf}$$

Nota. Problema. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 709) McGraw-Hill.

Nota. Hoja de trabajo sobre engranajes para el curso de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, elaborado en Word.

Figura 20.

Hoja de trabajo no. 8

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA CURSO DISEÑO DE MAQUINAS 3 CATEDRATICO: AUXILIAR: Nombre: _____ Carné: _____ Un engrane recto comercial tiene un paso diametral de 8 dientes/pulg, un ancho de cara de 1 1/2 pulg, 16 dientes y un ángulo de presión de 20° con dientes de altura completa. El material es de acero AISI 1020 en la condición como sale del laminado. Utilice un factor de seguridad de $n_d = 3$ para calcular la potencia de salida del engrane correspondiente a una velocidad de 1 200 rpm y considere aplicaciones moderadas. Respuesta: El término aplicaciones moderadas parece implicar que el engrane se evalúa con la resistencia la fluencia como el criterio de falla. De la tabla A-20, se encuentra que $s_{ut} = 55$ kpsi y que $s_y = 30$ kpsi. Un factor de diseño igual a 3 quiere decir que el esfuerzo de flexión permisible es $30/3 = 10$ kpsi. El diámetro de paso es $N/P = 16/8 = 2$ pulg, por lo cual la velocidad en la línea de paso corresponde a $V = \frac{\pi d n}{12} = \frac{\pi * 2 * 1200}{12} = 628 \text{ pies/min}$	
---	---

Continuación de la Figura 20.

El factor de velocidad se determina:

$$k_v = \frac{1200 + V}{1200} = \frac{1200 + 628}{1200} = 1.52$$

En la tabla 14-2 se proporciona el factor de forma como $Y = 0.296$ para 16 dientes. Ahora se reacomodan términos y se hacen sustituciones en la ecuación:

Número de dientes	Y	Número de dientes	Y
12	0.245	28	0.353
13	0.261	30	0.359
14	0.277	34	0.371
15	0.290	38	0.384
16	0.296	43	0.397
17	0.303	50	0.409
18	0.309	60	0.422
19	0.314	75	0.435
20	0.322	100	0.447
21	0.328	150	0.460
22	0.331	300	0.472
24	0.337	400	0.480
26	0.346	Cremallera	0.485

$$w^t = \frac{FY\sigma_{perm}}{k_v P} = \frac{15(0.296)(10\,000)}{1.52(8)} = 365\text{ lbf}$$

Continuación de la Figura 20.

La potencia que se puede transmitir se obtiene como:

$$hp = \frac{w^t V}{33000} = \frac{365(628)}{33000} = 6.95hp$$

Nota. Problema resuelto. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 720) McGraw-Hill.

Nota. Hoja de trabajo sobre engranajes para el curso de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, elaborado en Word.

3.4. Cuestionario

El cuestionario, permite al estudiante tener una guía de estudio, para cada uno de los exámenes parciales, así como para el examen final, este será propuesto por el catedrático. A continuación, se presenta un ejemplo de un cuestionario genérico sobre los temas vistos en el curso:

Viscosidad (Unidad I - Lubricación):

¿Qué es la viscosidad y cómo afecta a la lubricación? Respuesta: La viscosidad es la propiedad de un fluido que determina su resistencia al flujo. En lubricación, afecta la capacidad de un lubricante para formar una película adecuada entre las superficies en movimiento.

Menciona métodos para medir la viscosidad de un lubricante. Respuesta: Algunos métodos para medir la viscosidad incluyen el viscosímetro Saybolt, el viscosímetro Engler y el viscosímetro Brookfield.

Tipos de Cojinetes (Unidad II):

¿Cuál es la importancia del equilibrio térmico en los cojinetes? Respuesta: El equilibrio térmico es crucial para evitar deformaciones y fallos en los cojinetes debido a variaciones de temperatura.

Explique las cargas que pueden actuar sobre los cojinetes. Respuesta: Las cargas en los cojinetes pueden ser radiales, axiales y momentáneas.

Rodamientos de Bolas y Rodillos (Unidad III):

Enumera algunos tipos de rodamientos de bolas y rodillos. Respuesta: Algunos tipos son rodamientos de bolas rígidos, rodamientos de rodillos cilíndricos y rodamientos de agujas.

¿Qué consideraciones son importantes al seleccionar un rodamiento? Respuesta: Consideraciones incluyen la carga, velocidad, temperatura y entorno de operación.

Engranajes Rectos (Unidad IV):

Explica la ley fundamental de los engranajes rectos. Respuesta: La ley fundamental establece que los engranajes rectos deben tener la misma velocidad tangencial en los puntos de contacto.

¿Cómo se calcula la carga en los dientes de los engranajes? Respuesta: La carga en los dientes se calcula considerando la resistencia a flexión y la carga dinámica.

Engranajes Cónicos (Unidad V):

¿Cuál es la diferencia entre tornillos sin fin y engranajes helicoidales? Respuesta: Los tornillos sin fin tienen un paso continuo, mientras que los engranajes helicoidales tienen dientes inclinados.

Menciona la resistencia a flexión en los engranajes cónicos de dientes rectos. Respuesta: La resistencia a flexión en engranajes cónicos de dientes rectos se calcula considerando la geometría y las cargas.

Tornillos sin fin (Unidad VI):

¿Cómo se calcula la resistencia a flexión en un tornillo sin fin? Respuesta: La resistencia a flexión se calcula considerando la geometría del tornillo y las propiedades del material.

¿Qué factores afectan la carga en los dientes del tornillo sin fin? Respuesta: La carga en los dientes del tornillo sin fin se ve afectada por la carga axial y la eficiencia del tornillo.

Engranajes Helicoidales (Unidad VII):

¿Qué es el número de dientes formativo en engranes helicoidales? Respuesta: El número de dientes formativo es un parámetro que describe la inclinación de los dientes en los engranes helicoidales.

¿Cómo se calcula la carga en los dientes de los engranes helicoidales?

Respuesta: La carga en los dientes se calcula considerando la geometría, las cargas axiales y la velocidad tangencial.

Elementos de Máquina Diversos (Unidad VIII):

¿Cuál es la función de los volantes en las máquinas? Respuesta: Los volantes se utilizan para suavizar la variación de velocidad en máquinas rotativas.

¿En qué situaciones se utilizan vigas curvas como elementos de máquina?

Respuesta: Las vigas curvas se utilizan en aplicaciones donde se requiere una forma específica para distribuir cargas.

3.5. Proyectos

La importancia del diseño de un proyecto de máquina en el curso de Diseño de Máquinas 3 radica en su capacidad para aplicar y consolidar conocimientos previos, integrando conceptos aprendidos en cursos anteriores, como la mecánica, termodinámica y resistencia de materiales. Este enfoque avanzado busca desarrollar habilidades de ingeniería, promoviendo la capacidad de resolver problemas complejos, tomar decisiones informadas y optimizar el rendimiento de las máquinas. Además, fomenta la innovación y la creatividad al desafiar a los estudiantes a proponer soluciones novedosas, considerando factores económicos y de seguridad para garantizar que estén preparados para enfrentar desafíos del mundo real en la práctica profesional. El diseño de proyectos de máquinas es esencial para aplicar conocimientos previos, desarrollar habilidades de ingeniería y fomentar la creatividad. Este enfoque

avanzado no solo integra conceptos teóricos, sino que también destaca la importancia de consideraciones prácticas, económicas y de seguridad para la formación de ingenieros mecánicos competentes en la resolución de problemas y la innovación.

3.5.1. Datos básicos del proyecto

Se debe de generar por parte del estudiante un estudio y un análisis de una problemática basada en hechos reales de la necesidad de una máquina que facilite la productividad y cumpla con los estándares a los cuales se requiere, puede tomar de ejemplo maquinaria para agronomía, industria alimenticia o cualquier industria o basada en las necesidades de una comunidad que tenga requerimiento de mejora o diseño y debe ser expuesto como una necesidad real.

3.5.2. Antecedentes

Cuando se mencionan antecedentes en un proyecto de ingeniería de diseño, se refiere a la identificación de una necesidad en la industria. Sea cual sea el enfoque, ya se ha reconocido una oportunidad de mejora o diseño. Un ejemplo práctico sería una máquina que optimice la velocidad de producción en una línea de fabricación o una máquina que facilite la producción artesanal de un producto específico. Es fundamental elaborar una documentación precisa de la necesidad para justificar un proyecto, ya sea destinado a un emprendimiento propio o para mejorar nuestro entorno laboral. La adecuada justificación y evidencia tangible respaldan la viabilidad del proyecto, conduciendo a una ejecución exitosa y a un diseño claro del mismo.

3.5.3. Objetivos

Los objetivos deben de ser medibles, los cuales describan que se gana al realizar dicho el proyecto, que beneficio aporta a nuestra empresa o emprendimiento, de igual forma deben de redactarse en verbos en infinitivo, en tercera persona, así como deben de tener secuencia, ya que el objetivo debe ser medible y claramente justificado para hacer valida la inversión de capital en realizar la máquina.

3.5.4. Roles y responsabilidades

Dentro del proyecto, cada estudiante, debe tener responsabilidades asignadas por el coordinador de grupo, el cual es elegido por votación, para dirigir el proyecto, estas responsabilidades son intransferibles en caso de fuerza mayor. Cada estudiante es responsable de desarrollar su parte, debido que se trabaja bajo un cronograma, la demora de alguna persona representa, atraso en el desarrollo de la ingeniería del proyecto y discusión de resultados. Por tanto, es importante recalcar que el trabajo en equipo del grupo puede definir el factor de éxito en un proyecto y esto se verá reflejado tanto como en este proyecto y en cualquier otro que desempeñemos en nuestra carrera profesional.

3.5.5. Detalles técnicos del proyecto

Se describen los datos técnicos del proyecto, se debe realizar un análisis del antes y después de la capacidad de producción de acuerdo con los objetivos antes planteados y llevar a cabo lo necesario y conveniente para cumplirlos con seguridad y bajos costos.

3.5.5.1. Especificaciones de diseño del proyecto

Las especificaciones del diseño del proyecto se basan en la propuesta de mecanismos y elementos mecánicos que llevaran a cabo la tarea definida. Por ejemplo, si se quiere realizar una empaadora de botellas, la cual realiza la función de depositar las botellas en su caja o empaque, esta debe funcionar a una velocidad de 30 botellas por minuto, para lo cual se debe definir el mecanismo que se utilizara para dicha función y los materiales que soporten la carga de trabajo industrial y el desgaste de la misma, el estudiante debe tener en cuenta la facilidad con la que se le pueda dar mantenimiento al equipo como cambios de rodamientos, lubricación, limpieza y recambios de piezas.

3.5.5.1.1. Cálculos

La memoria de cálculos se desarrolla en base a los datos obtenidos de las especificaciones y análisis previos de máquinas similares o mecanismo con funciones industriales transportables a nuestra necesidad, por lo que es importante que el estudiante elija correctamente los materiales a utilizar y de ser posible apoyarse con un software de computo que le ayude a analizar los movimientos y sus cargas, de no ser posible está justificado realizar prueba y error.

3.5.5.1.2. Diseño

El diseño de una máquina, de un prototipo, debe ser realizado en planos, en esta parte se apoyan con conocimientos anteriores de cursos anteriores de diseño. Los planos se deben imprimir y entregar en una fase temprana del proyecto asignada por su catedrático. Deben realizar en base a la memoria de cálculos, y los requerimientos técnicos.

3.5.5.2. Descripción del proyecto

El alcance de un proyecto tiene como finalidad la determinación clara, sencilla y concreta de los objetivos que se intentarán alcanzar, a lo largo del desarrollo del proyecto en cuestión, cuyo cumplimiento generará la culminación exitosa de dicho proyecto.

La importancia de realizar varios alcances en el transcurso del semestre es para que el estudiante pueda modificar los mecanismos, la operación o cualquier adversidad que surja en el prototipo, suele suceder que se tiene que realizar una máquina compleja para realizar una actividad y existe un mecanismo que simplifique y sea mejor en muchos aspectos que nuestro primer diseño o alcance, así se puede ver la evolución de la solución de los problemas que surgen al momento de diseñar una máquina, lo importante es no perder el foco del objetivo principal del proyecto ya que se tiene contemplada una inversión y el motivo de ella es llegar a su objetivo.

3.5.5.2.1. Alcance 1

El alcance se refiere a la descripción detallada y delimitación de todas las actividades, tareas, entregables y objetivos que estarán involucrados en la ejecución del proyecto, establece los límites y las fronteras dentro de las cuales se llevarán a cabo las acciones y se obtendrán los resultados deseados. Debe incluir elementos clave, como la justificación del proyecto, los objetivos específicos, los criterios de éxito, los entregables esperados, los recursos necesarios, los plazos de ejecución y cualquier restricción o condición relevante.

Definir claramente el alcance es esencial para evitar desviaciones no deseadas, garantizar una comprensión común entre todos y facilitar una gestión

efectiva del proyecto, asegurando que se alcancen los resultados esperados de manera eficiente y dentro de los límites establecidos.

3.5.5.2.2. Alcance 2

Se valida si el alcance inicial es factible como se planteó en su primer momento. En primer lugar, durante las etapas iniciales, los requerimientos pueden no estar completamente definidos, y realizar revisiones permite un refinamiento gradual a medida que se adquiere una comprensión más profunda de las necesidades del proyecto. Este enfoque iterativo facilita la adaptación a los cambios y la mejora continua de los requisitos.

La adaptación a cambios es otra razón crucial para realizar revisiones periódicas del alcance. Los proyectos están expuestos a influencias externas e internas, y ajustar el alcance permite una respuesta planificada y controlada a estos cambios, asegurando que el proyecto siga siendo relevante y efectivo. Además, a medida que el equipo de proyecto adquiere experiencia y conocimiento durante la ejecución del proyecto, las revisiones permiten la incorporación de aprendizajes continuos en la planificación y ejecución del proyecto.

La alineación de expectativas es un aspecto crucial en cualquier proyecto. Realizar revisiones regulares del alcance proporciona oportunidades para alinear y ajustar las expectativas entre los diversos inversores del proyecto. Esto ayuda a evitar malentendidos y asegura que todas las partes interesadas tengan una comprensión común y actualizada de los objetivos y resultados esperados. La gestión proactiva de riesgos es también un beneficio asociado con las revisiones regulares del alcance, ya que permite identificar y abordar posibles riesgos o desviaciones tempranas, minimizando así el impacto potencial en el proyecto.

En conclusión, la práctica de realizar al menos tres revisiones del alcance a lo largo de un proyecto se apoya en la necesidad de adaptarse a cambios, mejorar la comprensión de los requerimientos, garantizar una alineación continua con las expectativas, y gestionar proactivamente los riesgos. Este enfoque iterativo y flexible contribuye a una gestión de proyectos más robusta y a la consecución exitosa de los objetivos del proyecto.

3.5.5.2.3. Alcance 3

Este último alcance se elabora ya con el proyecto desarrollado y con la materia prima completa o por completar en el cual ya se definió el alcance total del proyecto y comprueba que el objetivo planteado en el alcance 2 es o no alcanzable dándole la última modificación al mismo.

3.5.6. Detalles financieros del proyecto

Se describen los detalles financieros del proyecto. El llevar el detalle de gasto permite hacer un mejor análisis del retorno de la inversión sobre el equipo construido esto es necesario para el proyecto del diseño de la máquina, es importante ya que en el mundo laboral esta sería la parte primordial del proyecto.

3.5.6.1. Presupuesto

El presupuesto de un proyecto es la suma total de dinero asignado con el propósito de cubrir todos los gastos del proyecto durante un periodo de tiempo específico. Esto sirve principalmente para saber que el proyecto es alcanzable para todos los miembros del grupo, recuerden que es la realización de un prototipo, no necesitan usar materiales de alto costo, solo realizar el prototipo funcional, aunque no tenga la capacidad del objetivo planteado.

3.5.6.2. Beneficios del proyecto

La gestión de beneficios de un proyecto es el proceso a través del cual se asegura que el proyecto cumple con su propósito. Cuando se lleva a cabo de forma correcta, puede asegurar que: Los entregables del proyecto aportan valor a la entidad se recoge el retorno de la inversión esperado según la maquina planteada.

3.5.6.3. Alcances adicionales deseables

Puede contribuir al beneficio social se refiere al valor que representa para la población usuaria el acceso del equipo y proporcionar una mejora sustancial para los operarios y los propietarios de la maquina, seguridad operacional, ergonomía, o algún factor diferente al beneficio económico.

3.5.7. Detalles de gestión

El detalle de gestión establece las responsabilidades de los integrantes del equipo del proyecto.

3.5.7.1. Plan de gestión

El plan de gestión es la identificación, evaluación y control de las incertidumbres que pueden dar lugar a retrasos en las actividades. Definiendo las acciones de cada responsable

3.5.7.2. Análisis de resultados de alcances

Para la presentación y discusión de resultados, se presenta como se logró cumplir cada uno de los objetivos, que recursos, metodología se empleó, así como que conclusión se tiene del estudio en base al objetivo general.

3.5.7.3. Capacitaciones

El programa de capacitación tiene como finalidad, desplegar un plan de capacitación basado en competencias, para lo cual se debe identificar y desarrollar cada competencia que debe tener cada participante. Estas capacitaciones deben evaluarse al finalizar dicho programa para establecer el grado de resultado, si se cumple con los objetivos descritos en el cual el equipo del proyecto debe dar sus capacitaciones de su máquina a sus demás compañeros.

3.5.7.4. Comunicación, liderazgo y medición

El liderazgo se mide en base al compromiso del jefe de proyecto, dado que no es un dirigente, es un guía que trabaja en conjunto con todo el equipo de trabajo, no es una persona que solamente se dedica dar órdenes. Sino que se involucran en la dirección, operación y supervisión, en base a las decisiones tomadas en consenso con el grupo se puede determinar si son efectivas para avanzar y concluir de forma satisfactoria el proyecto.

3.5.8. Detalles de ejecución del proyecto

Para la ejecución del proyecto se deben tener un cronograma de actividades, con fechas de ejecución, seguimiento de tareas, para establecer el

comportamiento de avance, si se ha estado progresando y los tiempos de entregan sufren algún retraso.

3.5.8.1. Cronograma

El cronograma es la representación gráfica de la secuencia de actividades, registro de insumos, materiales, personal, evaluaciones, demoras, ejecución de presupuesto.

Figura 21.

Ejemplo de cronograma.

Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4							Semana 5						
D	L	Ma	Mi	J	V	S	D	L	Ma	Mi	J	V	S	D	L	Ma	Mi	J	V	S	D	L	Ma	Mi	J	V	S	D	L	Ma	Mi	J	V	S
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Datos básicos del proyecto							Objetivos							Alcance 1							Diseño 1							Diseño 2						
Antecedentes							Roles y responsabilidades							Presupuesto 1							Alcance 2							Alcance 3						
							Beneficios del proyecto							Cronograma 1							Calculos 1							Calculos 2						
														Análisis de riesgos 1							Análisis de riesgos 2							Análisis de riesgos 3						
																					Plan de gestión							Cronograma final						
																												Alcances adicionales dese						
																												Presupuesto final						

Nota. Cronograma ejemplo para ejecutar el proyecto del curso de diseño de máquinas 3.

Elaboración propia, realizado con Excel.

3.5.8.2. Análisis de riesgos

El análisis de riesgo se basa en el Acuerdo gubernativo 229-2014 en el cual se determina las medidas de previsión y seguridad para la realización de trabajo de manufactura, para lo cual cada integrante del grupo debe tener su equipo de protección personal para la operación de maquinaria, herramientas,

materiales peligrosos e inflamables, tomar en cuenta la seguridad industrial en el proyecto.

3.5.9. Anexos

Los anexos son todo el material utilizado para la elaboración, consulta bibliográfica, fotografía de la ejecución, así como la memoria de cálculos matemáticos, en base al tipo de proyecto realizado, así como todos los datos que se hayan considerado para consulta.

3.6. Proyecto prototipo

A continuación, se presenta la descripción del proyecto prototipo

Tabla 8.

Proyecto prototipo curso Diseño de máquinas tres

El diseño de una máquina parte de una necesidad específica. Mediante una serie de conocimientos multidisciplinarios (dibujo industrial, resistencia de materiales, mecánica y teoría de mecanismos...), se proyectará la máquina que debe satisfacer dicha necesidad del usuario. Las etapas del diseño son las siguientes:	Elaborar los 3 alcances. Elaborar un cronograma. Elaborar organigrama de equipo. Elaborar análisis de riesgos. Elaborar presupuesto. Elaborar memoria de cálculos y diseño del prototipo Elaborar el prototipo Capacitar a la clase en su equipo, mecánica y operativamente.
---	---

Continuación de la Tabla 8.

Proyecto de diseño	Especificaciones de diseño: Selección y cuantificación de las especificaciones de diseño, basándonos en la necesidad que debemos cubrir. Síntesis estructural: Definición del tipo de mecanismos y subsistemas que se deben componer Síntesis cinemática: Definición de las dimensiones de los miembros de la cadena cinemática, de manera que se cumplan los requisitos de movilidad necesarios (velocidad, trayectoria...) Diseño y cálculo de componentes: Diseño y cálculo de cada componente por separado, teniendo en cuenta los principios y métodos de la resistencia de materiales (estudiados en ciencia de materiales) Sistema de lubricación: Definición del sistema de lubricación, calculado desde el punto de vista mecánico, hidráulico y termodinámico Sistema de regulación, control y mantenimiento: Definición del sistema de regulación, control y mantenimiento de la máquina, permitiendo conocer su estado en cada momento (condiciones de seguridad). Síntesis final de la máquina.
---------------------------	---

Continuación de la Tabla 8.

Como se ha visto, una máquina consta de diversos elementos de máquina, por lo que el diseño correcto de cada elemento es vital para el buen funcionamiento de la máquina. Con diseño correcto nos referimos a aquel que consigue unas dimensiones adecuadas, de manera que no falle durante la vida útil prevista:	• El diseño y cálculo requiere el conocimiento previo de las acciones que actúan sobre él. • Debemos idealizar el elemento a calcular y sustituirlo por un modelo matemático para poder calcular las características resistentes del material y las dimensiones mínimas del elemento para que no falle. • Definir el concepto de fallo y asumir los valores máximos que no se pueden sobrepasar. • Tener en cuenta restricciones de mínimo peso, mínimo coste para lo que necesitamos emplear técnicas de optimización.
El diseño de máquinas exige del estudiante:	• Conocer las características del material empleado. • Conocer los criterios de fallo. • Formular las ecuaciones de diseño correctas sobre el modelo. • Determinar el coeficiente de seguridad, de forma que no se produzca el fallo por sobrepasar los valores límites.
El proyecto de una máquina consta de:	• Antecedentes. Justificación de la necesidad de diseñar una máquina.

Continuación de la Tabla 8.

Memoria descriptiva	• Especificaciones para el diseño. • Descripción de la máquina previa en caso de rediseño. • Descripción de los componentes de la máquina. • Descripción de los métodos de cálculo utilizados. • Etapas del diseño y cálculo. • Niveles de esfuerzos. • Criterios de fallo (coeficientes de seguridad, vida útil). • Soluciones adoptadas (material y dimensiones).
Memoria de calculo	• Análisis estático, cinemático y dinámico. • Diseño y cálculo de componentes. • Diseño y cálculo del sistema de lubricación. • Diseño y cálculo del sistema de accionamiento y regulación. • Síntesis de resultados.
Planos	• Planos de cada mecanismo o elemento. • Planos de ensamblaje de mecanismos y elementos. • Planos de fabricación. • Planos de funcionamiento.
Pliego de condiciones	• Normativa técnica de aplicación. • Condiciones de materiales y equipos. • Condiciones de montaje y fabricación. • Condiciones de mantenimiento. • Condiciones de seguridad. • Condiciones económicas.

Continuación de la Tabla 8.

Presupuesto	• Costes de material. • Costes de montaje. • Costes de fabricación, ensayo, equilibrado. • Costes de mantenimiento. • Otros costes. • Mediciones. • Presupuesto general.
Bibliografía Apéndice Anexo	Documentación.

Nota. Tabla con puntos clave para ejecutar y documentar el proyecto del curso de diseño de máquinas 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

4. MEJORA CONTINUA DEL TEXTO PARALELO

la mejora continua en el diseño de máquinas es esencial para mantenerse a la vanguardia de la ingeniería mecánica. Al impulsar la innovación, optimizar procesos y elevar los estándares de seguridad, la mejora continua no solo beneficia a la eficiencia y competitividad de los proyectos, sino que también contribuye a la evolución constante de la ingeniería en este campo especializado.

4.1. Seguimiento

El seguimiento permite evaluar los resultados obtenidos a través de las iniciativas de mejora continua. Esto implica comparar los objetivos establecidos con los logros reales, identificando áreas de éxito y aquellas que requieren ajustes adicionales. Esta evaluación informada orienta las decisiones futuras y asegura que la mejora continua esté alineada con los objetivos estratégicos del curso.

4.1.1. Auditoría del texto paralelo

La auditoría del texto paralelo es esencial para garantizar que la comunicación técnica en el curso cumpla con estándares elevados de calidad, precisión y claridad. Este proceso no solo mejora la presentación del texto, sino que también asegura que la información técnica sea comprensible y efectiva para los estudiantes.

4.1.2. Cumplimiento del contenido del curso

El cumplimiento del contenido del curso es esencial para el éxito académico de los estudiantes, ya que garantiza la adquisición de conocimientos fundamentales y habilidades específicas diseñadas por los instructores para la formación efectiva en el área de estudio. Cumplir con el contenido también prepara a los estudiantes para cursos posteriores, estableciendo una base sólida que les permitirá enfrentar desafíos académicos y profesionales. Además, asegura una evaluación justa y equitativa, ya que la evaluación del rendimiento se basa en los objetivos del curso. Proporciona a los estudiantes una base integral que les será valiosa en su trayectoria educativa y en futuras aplicaciones profesionales.

Tabla 9.

Modelo de pauta de observación

Universidad de San Carlos Facultad de Ingeniería Escuela de Mecánica	Curso. Diseño de máquinas tres
Nombre del docente:	
La pauta de observación en clase comprende dos momentos: la planeación del trabajo en el aula y la observación de clase. En cada uno, el docente debe describir y definir las condiciones que se indican. Posteriormente, evaluador y evaluado se reúnen para realizar una valoración global del trabajo en clase.	
1. PLANEACIÓN DEL TRABAJO EN EL AULA	
Rendimiento académico actual de los estudiantes y su perfil	
Metas de aprendizaje programadas para la clase	
Estrategias pedagógicas que ha seleccionado para la clase	

Continuación de Tabla 9.

Contenidos (temas y subsistemas) que se van a desarrollar en clase
Procedimientos para evaluar el aprendizaje en clase
Otros aspectos necesarios para comprender las actividades que desarrollará en clase
2. OBSERVACIÓN DE CLASE
Claridad en los objetivos de la clase y forma en que los aborda
Desarrollo de las temáticas: coherencia, solvencia, actualización, etc.
Estrategias pedagógicas utilizadas de acuerdo con las características del grupo estudiantil
Materiales y recursos durante el desarrollo de las temáticas
Procedimientos de evaluación y de retroalimentación al estudiante
Ambiente durante la clase y comportamiento estudiantil
Aplicación de proyectos de diseño de maquinas
Otras observaciones

Continuación de la Tabla 9.

3. VALORACIÓN DE LA OBSERVACIÓN DE CLASE	
Fortalezas observadas en el proceso de enseñanza – aprendizaje	
Aspectos a mejorar en el proceso de enseñanza – aprendizaje	
Nombre y Firmas	
Observador:	Docente observado:

Nota. Tabla para mejora continua del curso diseño de máquinas 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.2. Evaluación de resultados

La evaluación de resultados en una auditoría del curso es esencial para medir la eficacia docente, garantizar el cumplimiento de objetivos educativos, identificar áreas de mejora curricular, adaptarse a cambios en la educación y tecnologías, facilitar retroalimentación constructiva a los estudiantes y demostrar la calidad educativa. Esta evaluación proporciona información clave sobre el rendimiento de los estudiantes, la alineación con los objetivos del curso y la capacidad de la institución para adaptarse a las tendencias educativas emergentes. Además, permite a los instructores ajustar sus métodos de enseñanza, brindar retroalimentación personalizada y respaldar la reputación de la institución, contribuyendo así a la mejora continua y al mantenimiento de altos estándares educativos.

4.2.1. Encuesta a catedrático del curso

Se prestan una ejemplificación de cómo debería de llevarse la encuesta a momento de aplicar el contenido para verificar los datos obtenidos en base la encuesta al catedrático del área de diseño de máquinas.

Tabla 10.

Encuesta al catedrático

La siguiente encuesta es sobre los cambios a realizar con el texto paralelo en función del programa de estudio						
Genero	Masculino	Femenino				
Docente	Estudiante	Personal administrativo	Otro			
Por favor lea la pregunta y seleccione la opción que considere correcta						
Plan de estudio y su estructura						
Distribución de contenidos / competencias entre asignaturas	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede
Correspondencia entre los conocimientos y competencias adquiridas y los créditos asignados	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede
Oferta de asignaturas optativas	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede
Plan de estudios en general	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede

Continuación de la Tabla 10.

Metodología docente y su adecuación a los objetivos del curso	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede

Nota. Encuesta para mejora continua para el catedrático del curso diseño de máquinas 3.

Elaboración propia, realizado con Excel.

4.2.2. Encuesta a Coordinador del área de Diseño de Máquinas

Se prestan una ejemplificación de cómo debería de llevarse la encuesta a momento de aplicar el contenido para verificar los datos obtenidos en base la encuesta al coordinador del área de diseño de máquinas.

Tabla 11.

Encuesta al coordinador

La siguiente encuesta es sobre los cambios a realizar con el texto paralelo en función del programa de estudio						
Genero	Masculino	Femenino				
Docente	Estudiante	Personal administrativo	Otro			
Por favor lea la pregunta y seleccione la opción que considere correcta						
Plan de estudio y su estructura						
Distribución de contenidos / competencias entre asignaturas	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede
Correspondencia entre los conocimientos y competencias adquiridas y los créditos asignados	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede

Continuación de la Tabla 11.

Oferta de asignaturas optativas	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede
Plan de estudios en general	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede
Metodología docente y su adecuación a los objetivos del curso	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede

Nota. Encuesta ejemplo para mejora continua para el coordinador del curso diseño de máquinas
3. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.2.3. Encuesta a director de la escuela de ingeniería mecánica

Se prestan los resultados obtenidos en base la encuesta al director de escuela.

Tabla 12.

Encuesta al director de escuela

La siguiente encuesta es sobre los cambios a realizar con el texto paralelo en función del programa de estudio						
Genero	Masculino	Femenino	Docente	Estudiante	Personal administrativo	Otro

Continuación de la Tabla 12.

Por favor lea la pregunta y seleccione la opción que considere correcta						
Plan de estudio y su estructura						
Distribución de contenidos / competencias entre asignaturas	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede
Correspondencia entre los conocimientos y competencias adquiridas y los créditos asignados	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede
Oferta de asignaturas optativas	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede
Plan de estudios en general	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede
Metodología docente y su adecuación a los objetivos del curso	Muy insatisfactorio	Insatisfactorio	Ni satisfactorio, ni insatisfactorio	Satisfactorio	Muy satisfactorio	No procede

Nota. Encuesta ejemplo para mejora continua para el director de la escuela de ingeniería mecánica. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.3. Mejora continua

La Universidad de San Carlos de Guatemala tiene como principal objetivo la proyección al estudiante y por ello de cada una de las unidades académicas que servirán al estudiante a ser un buen profesional, por lo que se establece una retroalimentación continua hacia la comunidad a través de la vinculación de los programas de docencia e investigación al conocimiento de las necesidades del país.

4.3.1. Procedimiento de mejora

En base al argumento anterior se deberá de crear un programa de políticas y estrategias de la escuela de mecánica, diseño de la red curricular de, el cual deberá estructurarse a través de la articulación de los programas de docencia, investigación y extensión, con lo cual su gestión será unificada para un desarrollo y diseño de futuros proyectos que formen competencias para el futuro profesional.

Tabla 13.

Programa de políticas y estrategias de Ingeniería mecánica

Área	Desempeño	Acciones de mejora
A Docencia	Formar profesionales de la ingeniería mecánica de excelencia que el país demanda para el desarrollo	Realizar clase magistrales, mayor resolución de problemas e iniciativas que promuevan el trabajo en equipo.
		Tener al alcance la información vigente y actualizada acerca de las necesidades de la sociedad.
		Análisis del plan de estudios.
		Actualizar constantemente los objetivos de aprendizaje.
		Capacitar constantemente a los docentes que forman al futuro profesional.
		Implementar un programa de orientación estudiantil que facilite la inducción en la carrera de ingeniería mecánica industrial.
		Establecer un sistema de incentivos para motivar al estudiante a realizar el mejor esfuerzo académico.
Investigación	Generar nuevos conocimientos, avances tecnológicos y propuestas de planes basados en las necesidades y características de la sociedad	Mejorar la investigación en la práctica docente.
	Mantener una retroalimentación de la docencia a través de la investigación	Realizar investigaciones por medio del intercambio colectivo entre la Escuela y la comunidad.
		Formar una comisión encargada de establecer los canales de comunicación necesarios para una retroalimentación continua.
Extensión	Trabajar coordinadamente con la docencia e investigación universitaria	Formar una comisión encargada de recopilar las iniciativas y necesidades por parte de la comunidad universitaria orientados a satisfacer las necesidades académicas, culturales, económicas y sociales de los beneficiarios de las funciones de docencia e investigación.

Nota. Políticas ejemplo para mejora continua del curso diseño de máquinas 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.3.2. Actualización de los contenidos del curso

La mejora es un proceso imprescindible para cualquier tipo de currículo estudiantil y en cualquier nivel, desde la educación primaria hasta los posgrados, pero principalmente en los programas curriculares de la educación superior. Estos deben irse adaptando en períodos de tiempo prudenciales para ir de la mano con los cambios que se van presentando en el campo de trabajo debido a las mejoras tecnológicas, actualizaciones y a los cambios en las necesidades que presentan las organizaciones públicas y privadas del país.

4.3.3. Identificación de deficiencias

Entre estos puede ser que al realizar la adecuación algunos contenidos se encuentren en una fase decadente y podrían empezar a quedar fuera del currículo. Por el contrario, habrá otros contenidos que, por encontrarse en una etapa emergente, podrán ser añadidos al currículo y el resto de contenidos serán conocimientos con plena vigencia.

La clasificación de los contenidos en cada una de estas tres categorías debe ser un consenso entre los diferentes sujetos curriculares. Los talleres y reuniones son vitales para llegar a dichos consensos y evitar posibles dificultades que pudieran darse luego de implementados los cambios.

4.3.4. Identificación de mejoras

Al programar actividades semestrales que estas involucren a docentes y auxiliares con el fin de acoplarse a las condiciones del entorno para diseñar nuevas metodologías de enseñanza en función de las exigencias de las empresas.

Establecer comisiones de trabajo incluyendo a todos los docentes para realizar tareas destinadas al mejoramiento del servicio académico que brinda la escuela de mecánica y así poder implementar el programa de actividades anuales involucrando a docentes y egresados con el fin de proponer mejoras que se adecúen al logro del perfil de egreso del estudiante.

CONCLUSIONES

1. Se realizó una investigación bibliográfica en base a los cursos predecesores y el curso actual para actualizar la base de bibliografía empleada en relación de la acreditación de la Escuela de Mecánica.
2. Los contenidos programáticos del curso de Diseño de Máquinas 3 en el catálogo de cursos vigente, fueron comparados con la propuesta de mejora, para realizar una guía didáctica para el docente.
3. El texto de apoyo útil para la docencia del curso; con contenido teórico-práctico beneficia tanto la docencia; como a la comprensión de los temas expuestos.
4. Las encuesta de opinión sobre el texto paralelo a catedráticos, Coordinador del área de Diseño de Máquinas y Director de Escuela de Ingeniería Mecánica; para poder generar un método de mejora continua. Determinaron la aceptación de mejora de los programas de estudio y actualización de la bibliografía a utilizar.

RECOMENDACIONES

1. El cambio depende del profesorado. Saber a dónde se va: es importante que existan metas compartidas por todo el cuerpo docente y para lograrlo es necesario el diálogo. Los profesores que debaten sobre problemas de enseñanza y sus soluciones están más preparados para afrontar procesos de mejora.
2. La mejora es un proceso imprescindible para cualquier tipo de currículo estudiantil, deben irse adaptando en períodos de tiempo prudenciales para ir de la mano con los cambios que se van presentando en el campo de trabajo debido a las mejoras tecnológicas, actualizaciones y a los cambios en las necesidades que presentan las organizaciones públicas y privadas del país.
3. La Readecuación Curricular busca la actualización del pensum de la carrera de Ingeniería Industrial, así como el contenido de los diferentes cursos que lo conforman, con el objetivo de mejorar los conocimientos que el estudiante adquiera, y de esta manera poder cumplir con los aspectos necesarios para que el futuro profesional se pueda desarrollar de manera eficiente en su campo laboral.
5. Las nuevas tendencias del mercado y las necesidades del entorno hacen que la Ingeniería Mecánica se encamine hacia el desarrollo tecnológico, la cadena de valor, la innovación, el emprendimiento de negocios, la gestión ambiental, la búsqueda de certificaciones internacionales en la gestión de calidad, por mencionar algunas áreas.

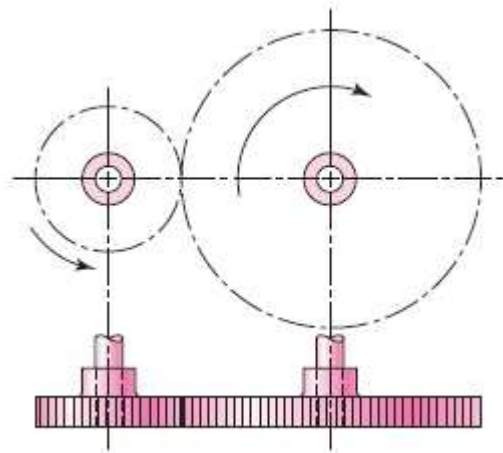
BIBLIOGRAFÍA

- Budynas, R. & Nisbett, J. K. (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. McGraw-Hill.
- Calero P. & Carta González, J. A. (1999). *Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros*. McGraw Hill.
- Erdeman, A. & Sandor, G. N. (1998). *Diseño de mecanismos*. Prentice Hall.
- Hamrock, B. (2000). *Elementos de Máquinas*. McGraw Hill.
- Mabie, H. & Reinholtz, C. F. (1998). *Mecanismos y dinámica de maquinaria*. Limusa.
- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas 4ta ed*. Pearson Educación de México.
- Norton, R. (2000). *Diseño de maquinaria*. McGraw Hill.
- Omar L. (28 de octubre de 2023). *Tribología y Mantenimiento Proactivo*. <https://www.widman.biz/boletines/20.php>
- Shigley, J. & Uiker, J. (1990). *Teoría de máquinas y mecanismos*. McGraw-Hill.

ANEXOS

Anexo 1.

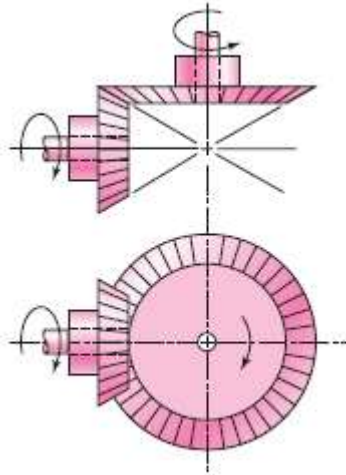
Engranaje recto



Nota. Los engranes rectos se emplean para transmitir movimiento de rotación entre ejes paralelos. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 654) McGraw-Hill.

Anexo 2.

Engranaje cónico



Nota. Los engranes cónicos se utilizan para transmitir movimiento de rotación entre ejes que se intersecan. Obtenido de R. Budynas & J. K. Nisbett (1990) *Diseño de ingeniería mecánica de Shigley*. (p. 655) McGraw-Hill.

Anexo 3.

Programa del curso: Diseño de máquinas 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
INGENIERÍA MECÁNICA.
PRIMER SEMESTRE DE 2020



PROGRAMA DEL CURSO

NOMBRE DEL CURSO: DISEÑO DE MÁQUINAS 3

CODIGO:	528	CREDITOS:	6
ESCUELA:	Ingeniería Mecánica	AREA A LA QUE PERTENECE:	Diseño
PRE REQUISITO:	Diseño de Máquinas 2	POST REQUISITO:	Ninguno
CATEGORIA:	Obligatorio		
CATEDRATICO:	Ing. Esdras Miranda	AUXILIAR:	
EDIFICIO:	T-7	SECCION:	N
SALON DEL CURSO:	102	SALON DEL LABORATORIO:	
HORAS POR SEMANA DEL CURSO:	03	HORAS POR SEMANA DEL LABORATORIO:	
DIAS QUE SE IMPARTE EL CURSO:	Lu-Mi-Vi	DIAS QUE SE IMPARTE EL LABORATORIO:	
HORARIO DEL CURSO:	18:10 a 19:00 Hora	HORARIO DEL LABORATORIO:	

DESCRIPCIÓN DEL CURSO

Curso en el cual se estudian los conceptos básicos de lubricación y su aplicación en diferentes elementos de máquinas, el diseño y selección de engranes, rodamientos, cojinetes, según las cargas aplicadas en ellos.

OBJETIVO GENERAL

Proporcionar la preparación adecuada para que el estudiante tenga los criterios suficientes para la selección adecuada de los elementos de máquinas de acuerdo a sus aplicaciones.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- El estudiante obtendrá conocimientos de lubricación y sus aplicaciones.
- Obtendrá conocimientos sobre cojinetes de fricción y rodamientos.
- Aprenderá a seleccionar engranes rectos, cónicos, helicoidales y tornillos sin fin.
- Conocerá las aplicaciones de diversos elementos de máquinas tales como: vigas curvas, volantes y cadenas de transmisión.

METODOLOGIA

Clases dirigidas por el catedrático los días lunes y miércoles donde se incluirá el contenido con énfasis en la aplicación tanto de la lubricación como de los elementos de máquinas propuestos. Los días viernes se realizarán hojas de trabajo y exámenes cortos. Se realizarán dos exámenes parciales, **un proyecto especial con énfasis en medio ambiente y ahorro energético**, tareas, exámenes cortos y un examen final. Para dar seguimiento al proyecto se realizarán revisiones programadas con cada uno de los grupos, estas revisiones se realizarán los días jueves en el horario en el horario de 18:00 a 19:00 horas.

Continuación del Anexo 3.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
INGENIERÍA MECÁNICA.
PRIMER SEMESTRE DE 2020



EVALUACION DEL RENDIMIENTO ACADEMICO

De acuerdo con el Normativo de Evaluación y Promoción del estudiante de pregrado de la Facultad de Ingeniería, se procederá de la siguiente manera:

PROCEDIMIENTO	PONDERACION
2 exámenes parciales	45 %
Proyecto especial	15 %
Tareas, exámenes cortos, etc	15 %
Total de la zona	75 %
Evaluación Final	25 %
Nota de promoción	100 %

Las evaluaciones serán pruebas escritas, realizadas en el salón de clase y a la hora del curso. La zona mínima es de 36 puntos, la nota de promoción es de 61 puntos. La asistencia no se tomará en cuenta como requisito del curso.

CONTENIDO

Lubricación:

- Viscosidad
- Medida de la viscosidad

Tipos de cojinetes

- Cojinetes con carga
- Equilibrio térmico de los cojinetes
- Cargas en los cojinetes

Rodamientos de Bolas y Rodillos

- Tipos
- Selección
- Cargas variables
- Rodamiento de rodillos

Engranajes rectos

- Ley fundamental
- Pasos de los engranes Potencia transmitida
- Resistencia a flexión, carga dinámica y límite de desgaste
- Carga en los dientes de los engranes

Continuación del Anexo 3.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
INGENIERÍA MECÁNICA.
PRIMER SEMESTRE DE 2020



Engranajes cónicos

- Tornillos sin fin y engranes helicoidales
- Engranajes cónicos de dientes rectos
- Resistencia a flexión
- Carga dinámica y límite de desgaste en los engranes
- Cónicos de dientes rectos
- Carga en los dientes de los engranes cónicos de dientes rectos

Tornillos sin fin

- Resistencia a flexión
- La carga dinámica y límite de desgaste de los tornillos sin fin
- Carga en los dientes del tornillo sin fin y rendimiento

Engranajes helicoidales

- Número de dientes formativo
- Carga en los dientes de los engranes helicoidales

Elementos de máquina diversos

- Volantes
- Vigas curvas

CALENDARIZACION

INICIO DE CLASES	13 DE FEBRERO
LECCIÓN INAUGURAL	13 DE FEBRERO
PRIMER EXAMEN PARCIAL	17 DE MARZO
SEGUNDO EXAMEN PARCIAL	21 DE ABRIL
ÚLTIMO DÍA DE CLASE	3 DE MAYO

Nota. Programa del curso de diseño de máquinas 3. Escuela de ingeniería mecánica. Coordinación de área de diseño. (<https://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/0528-DISEÑO-DE-MÁQUINAS-3.pdf>) Consultado 28 de octubre de 2023. De dominio público.