

CINEMÁTICA Y DINÁMICA DE MÁQUINAS (Mecánica)

TEMA I. INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE MECANISMOS Y MAQUINAS.

LECCIÓN.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE MECANISMOS: Contenido: Sistema mecánico. Barra. Eslabón. Pares cinemáticos. Cadenas cinemáticas y mecanismos. Clasificación de barras o eslabones. Configuración estructural de una cadena cinemática. Clasificación de pares. Cadenas cinemáticas planas. Definición. Propiedades. Pares que configuran las cadenas cinemáticas planas. **LECCIÓN.2. LEYES DE FORMACIÓN DE CADENAS CINEMÁTICAS PLANAS.** Contenido: Movilidad de la cadena cinemática. Grados de libertad de cadenas cinemáticas y mecanismos. Leyes de Grüber aplicables a cadenas cinemáticas y mecanismos. Mecanismos con estructuras que violan la ley de Grüber. Leyes de formación de cadenas planas. Cadenas isomorfas. **LECCIÓN.3. SÍNTESIS ESTRUCTURAL DE MECANISMOS.** Contenido: Normas generales. Obtención de mecanismos por adición de diadas de rotación. Grupos Assur. Obtención de mecanismos por adición de diadas de prismáticos. Obtención de mecanismos por adición de resortes. Obtención de mecanismos con pares cilíndricos. Obtención de mecanismos por adición de elementos unirrigidos. Obtención de mecanismos por adición de pares de leva. Obtención de mecanismos por equivalencia cinemática. Obtención de mecanismos por degeneración cinemática. Obtención de mecanismos por inversión de cadenas cinemáticas. **LECCIÓN.4. MECANISMOS DE CUATRO BARRAS ARTICULADAS.** Contenido: Definición. Leyes de Grasof de condiciones de rotabilidad de manivelas o balancines alrededor de sus ejes de giro fijos. Mecanismo biela-manivela. Mecanismos obtenidos de las tres inversiones posibles del sistema biela-manivela. Cilindrooscilante. Mecanismo de retroceso rápido. Bomba de péndulo. Mecanismos obtenidos por degeneración del cuadrilátero articulado de cuatro barras. Inversiones. Mecanismo de Yugo Escocés. Mecanismo de Junta Oldham.

TEMA II: EXAMEN CINEMÁTICO DE MECANISMOS PLANOS SEGÚN MÉTODO ANALÍTICO.

LECCIÓN 5: DESPLAZAMIENTO, VELOCIDAD Y ACELERACIÓN DE MECANISMO DE COLISA EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO GIRADO POR LA MANIVELA Y DE LA GEOMETRÍA DEL SISTEMA. Contenido: Mecanismo con colisa rectilínea. Desplazamiento rectilíneo de la colisa. Velocidad de la colisa. Aceleración de la colisa. Mecanismo de colisa oscilante. Velocidades de la colisa. Coeficientes de irregularidad del mecanismo de colisa giratoria. **LECCIÓN 6: CALCULO DE LA CARRERA DE AVANCE Y RETROCESO DE LA VELOCIDAD Y DE LA ACELERACIÓN DE LA CORREDERA RECTILÍNEA DEL MECANISMO DE BIELA, CORREDERA Y MANIVELA.** Contenido: Estudio del sistema. Mecanismo céntrico. Expresión analítica del desplazamiento de corredera. Determinación analítica de la velocidad de desplazamiento de la corredera. Determinación analítica de la aceleración de la corredera. Representación gráfica.

TEMA III: ANÁLISIS CINEMÁTICO DE MECANISMOS PLANOS. MÉTODOS GRÁFICOS.

LECCIÓN 7: ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES DE LOS PUNTOS DE LOS MIEMBROS DE MECANISMOS PLANOS. Contenido: Propiedades cinemáticas de los mecanismos planos. Ecuaciones de velocidad relativa de un punto de un miembro. Velocidad de un punto de un miembro referido a su centro instantáneo de rotación. Método de las velocidades ortogonales. Definición de Cinema de velocidades. Propiedades del Cinema de velocidades. Cálculo de velocidades de puntos de los miembros de una cadena cinemática mediante la aplicación del Cinema de velocidades. Velocidad de un punto en un sistema de referencia móvil. Aplicación a mecanismos de cuatro eslabones. Aplicación de sistemas con correderas. **LECCIÓN 8: CALCULO DE LOS MOVIMIENTOS RELATIVOS ENTRE LOS MIEMBROS DE UNA CADENA CINEMÁTICA POR EL MÉTODO DE LOS CENTROS INSTANTÁNEOS DE ROTACIÓN.** Contenido: Centros instantáneos de rotación en el movimiento relativo entre miembros de mecanismos con movimiento pleno. Teorema de los tres centros instantáneos de rotación. Búsqueda sistemática de todos los centros instantáneos de rotación de un mecanismo correspondiente a los movimientos relativos entre sus miembros. Determinación vectorial de dichos movimientos. Casos particulares de convertirse algunas rotaciones en traslaciones. Determinación de los centros instantáneos de rotación entre miembros del mecanismo con movimiento relativo, cuando forman un par de leva. Aplicación a cadenas con barras articuladas, sistemas con corredera y sistemas con pares de leva. **LECCIÓN 9: ESTUDIO DEL MOVIMIENTO PLANO RELATIVO ENTRE DOS MIEMBROS DE UN MECANISMO, A TRAVÉS DEL MOVIMIENTO DE RODADURA ENTRE SUS POLARES** Contenido: Lugar geométrico de los centros instantáneos de rotación en el movimiento plano entre dos miembros de un mecanismo. Polar fijo o base. Polar móvil o ruleta. Propiedades de los polares. Velocidad de sucesión del C.I.R. su determinación gráfica. Determinación del centro de curvatura de la trayectoria de un punto. Circunferencia de inflexiones. Fórmula de Euler-Savary. Diámetro del círculo de inflexiones. **LECCIÓN 10: MÉTODO DE LAS ACELERACIONES RELATIVAS.** Contenido: Introducción. Aceleración del punto. Componentes normal y tangencial de la aceleración de un punto. Determinación de aceleraciones de puntos de un miembro de un mecanismo, mediante las ecuaciones de la aceleración relativa. Determinación de las aceleraciones de los puntos de un miembro por el método gráfico llamado del «Cinema». Definición. Propiedades.

Aplicación. Aceleración de puntos de un sistema móvil. Término complementario de las aceleraciones. Aplicación del método a sistemas con barras articuladas. Sistemas de corredera y sistemas con pares de leva.

TEMA IV: ANÁLISIS DINÁMICO DE MECANISMOS PLANOS. MÉTODOS GRÁFICOS.

LECCIÓN 11: DETERMINACIÓN DE FUERZAS, ACCIÓN Y REACCIÓN, ENTRE LOS MIEMBROS DE UN MECANISMO QUE FORMAN PARES ENTRE SI. REACCIONES DE BANCADA. Contenido: Problemas de análisis dinámico de mecanismos. Solicitaciones que actúan en cada miembro de un mecanismo. Fuerzas compensadoras o equilibradoras compatibles con las leyes de movimiento del mecanismo. Teorema de Zhukovski. Métodos gráficos para la obtención de esfuerzos en barras. Aplicación de las leyes de equilibrio dinámico a uno o varios miembros de un mecanismo, para calcular las solicitaciones desconocidas que actúan sobre el mismo. Planteamiento y solución. Aplicación a sistemas de barras **LECCIÓN 12: RESULTANTE DE LOS ESFUERZOS DE INERCIA DE CADA MIEMBRO DE UN MECANISMO CON MASAS CONTINUAS. ENERGÍA CINÉTICA DEL MECANISMO DE MASA CONTINUA.** Contenido: Fuerzas y momentos de inercia del sólido rígido en movimiento. Principio de D'Alambert. Reducción del sistema de fuerzas de inercia de una biela respecto a su centro de gravedad y respecto a otro punto cualquiera. Reducción del sistema de fuerzas de inercia de una manivela o balancín respecto a su centro de gravedad o a su eje de giro fijo. Reducción del sistema de fuerzas de inercia de una corredera. Energía cinética de una corredera. Energía cinética de una manivela o balancín. Energía cinética de una biela. Energía cinética de un mecanismo. **LECCIÓN 13: SISTEMAS DE MASAS PUNTUALES ESTÁTICA Y DINÁMICAMENTE EQUIVALENTES A UN SISTEMA DE MASA CONTINUA DE UN MECANISMO. APLICACIONES.** Contenido: Definición de sistemas estáticos y dinámicamente equivalentes entre sí. Propiedades de los sistemas estáticos y dinámicamente entre sí. Análisis de determinación de masas puntuales situadas en puntos fijos de un miembro del mecanismo, formando sistemas estáticos y dinámicamente equivalentes entre sí, en sistemas planos. Solución de sistemas planos cuando una masa se concentra en el C.G. del miembro. Sistema lineal. Resolución de sistemas lineales cuando una masa se encuentra en su C.G. Sustitución del sistema lineal por dos masas solamente, alineados con el C.G. Aplicación de los sistemas puntuales de masas estáticas y dinámicamente equivalentes, al cálculo de esfuerzos de inercia de los miembros de un mecanismo. Aplicación de los sistemas puntuales de masas estáticas y dinámicamente equivalentes al cálculo de la energía cinética de un mecanismo. **LECCIÓN 14: REDUCCIÓN DINÁMICA DE UN MECANISMO. REDUCCIÓN DE FUERZAS Y MOMENTOS QUE ACTÚAN SOBRE EL MECANISMO. REDUCCIÓN DE MASAS Y MOMENTOS DE INERCIA POLAR DEL MECANISMO** Contenido: Fuerza reducida a un punto. Su cálculo. Momento reducido a un eje. Su cálculo. Fuerzas y momentos reducidos motrices de un mecanismo. Fuerzas y momentos reducidos resistentes de un mecanismo. Su cálculo. Relación entre momentos y fuerzas reducidas. Masa reducida a un punto. Su cálculo. Momento de inercia reducido a un eje del sistema. Su cálculo. Relación entre masas y momentos de inercia reducidos. Aplicación del cálculo de parámetros reducidos a mecanismos articulados y sistemas de corredera. Ecuación del movimiento de un mecanismo. Análisis de la ecuación de movimiento. Momento dinámico. Aplicación de la ecuación del movimiento de un mecanismo al cálculo de cargas motrices y resistentes de máquinas. **LECCIÓN 15: VOLANTE.** Contenido: Introducción. Reducción dinámica del mecanismo al eje en que se cala el volante. Variaciones cíclicas de velocidades. Aplicación del teorema de las fuerzas vivas. Ecuación de permanencia en el ciclo. Objeto del volante. Velocidad media. Grado de irregularidad de la máquina. Cálculo aproximado del volante. Intervención del volante en la marcha de la máquina.

TEMA V: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS MECANISMOS DE LEVA CON MOVIMIENTO PLANO.

LECCIÓN 16: DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS MECANISMOS PLANOS CON PARES DE LEVA. DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE LA LEVA. Contenido: Mecanismos planos de leva. Leva. Seguidor. Grado de Libertad del mecanismo. Cierres cinemáticos. Clasificación de levas y seguidor según el tipo de movimiento al que responden. Determinación de perfil de leva. Leva de traslación con guía rectilínea. Leva de rotación con guía rectilínea. Leva de traslación con guía circular. Leva de rotación con guía circular. Contacto directo sin ruleta. Contacto a través de ruleta. **LECCIÓN 17: ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y ACELERACIONES EN MECANISMOS DE LEVAS CON MOVIMIENTO PLANO. MÉTODO GRÁFICO.** Contenido: Cálculo de velocidades y aceleraciones del seguidor cuando se conoce el perfil geométrico de la leva. Cálculo de la velocidad del seguidor aplicando la teoría de los tres centros instantáneos de rotación. Cálculo de la velocidad y aceleración, sustituyendo el par de leva por el mecanismo articulado equivalente. Reacciones en el contacto, contacto directo, contacto a través de ruleta.

TEMA VI: MECANISMOS Y PARES ESPACIALES ARTICULADOS. JUNTA UNIVERSAL O JUNTA CARDAN. PAR HELICOIDAL.

LECCIÓN 18: CADENAS ESPACIALES. CADENAS ESFÉRICAS. JUNTA UNIVERSAL. DOBLE JUNTA UNIVERSAL. Contenido: Cadenas cinemáticas espaciales. Grados de libertad de una cadena cinemática espacial. Enlaces pasivos. Cadenas cinemáticas esféricas. Cadenas cinemáticas esféricas articuladas con cuatro miembros. Mecanismo de junta universal. Relación de velocidad transmitida por la junta universal entre ejes que se cortan. Coeficiente de irregularidad en el movimiento transmitido por la junta universal. Transmisión de movimiento entre dos ejes que se cortan, mediante doble junta universal, con relación de transmisión constante. Límites de empleo de este

mecanismo. LECCIÓN 19: ESTUDIO CINEMÁTICO DEL PAR HELICOIDAL. Contenido: Movimiento helicoidal. Definición de par helicoidal. Grados de libertad de este par. Mecanismos helicoidales. Diferencias con pares helicoidales. Los grados de libertad. Trayectoria descrita por un punto de un miembro del par. Velocidad de un punto del par. Parámetros geométricos del par: hélice, inclinación de la hélice, paso Relaciones entre ellos. Generación de pares helicoidales. Filete de rosca cuadrada y de rosca triangular. El par Helicoidal como transmisión de potencia. Aplicaciones industriales. LECCIÓN 20: ESTUDIO DINÁMICO DEL PAR HELICOIDAL Contenido: Introducción. Momento axial de giro necesario a aplicar a uno de los miembros del par, para vencer un esfuerzo axial en la dirección del eje del movimiento, al desplazarse paralelamente a la largo de dicho eje, considerando rozamiento pasivo al deslizamiento entre los filetes de las roscas de tuercas y tornillo, en caso de rosca cuadrada. Condición de autorretención para filetes de rosca cuadrada. Momento axial de giro a aplicar a uno de los miembros del par para vencer un esfuerzo en la dirección del eje del movimiento en su desplazamiento axial, teniendo en cuanto al rozamiento pasivo al deslizamiento entre los filetes de las roscas, para rosca de filete triangular. Condición de autorretención del par, para filete de rosca triangular. Rendimiento del par en la transmisión de potencia para ambos tipos de rosca, cuadrada y triangular. Estudios comparativos entre ambos tipos de rosca, cuadrada o triangular para destinar el par a elemento de transmisión de potencia o como elementos de unión permanente.

TEMA VII: TRANSMISIÓN DE POTENCIA ENTRE EJES MEDIANTE ENGRANAJES DE RUEDAS DENTADAS CON RELACIÓN DE TRANSMISIÓN CONSTANTE.

LECCIÓN 21: ENGRANES CILINDRICO-RECTOS CON RUEDAS DE DIENTES DE PERFIL CUALESQUIERA Contenido: Relación de transmisión de velocidades entre ejes paralelos. Movimiento relativo de dos ejes paralelos. Ejes paralelos que giren en sentidos contrarios. Ejes paralelos que giren en el mismo sentido. Perfiles conjugados, condición de engrane. Generación de perfiles conjugados. Línea de engrane. Construcción gráfica de perfiles conjugados por puntos. Ángulo de empuje o ángulo de engrane. Dentaduras completas. Perfiles directos e inversos. Ángulos y áreas de conducción. Designación de diente, paso módulo. Relación de transmisión en función del número de dientes. Grado de recubrimiento o coeficiente de engrane. Deslizamiento en los engranes. Influencia en la forma de dientes. LECCIÓN 22: ENGRANES CILÍNDRICOS RECTOS CON DIENTES RECTOS DE PERFIL EVOLVENTE. Contenido: Definición y propiedades de perfil de evolvente de círculo directo dado. Generación de perfiles conjugados de dientes mediante la rodadura de un plano ruleta sobre los cilindros axiales. Coincidencia entre el perfil generado por el procedimiento anterior con el perfil de evolvente Círculos directores. Círculos primitivos. Relación entre radios de círculos directores y primitivos. Plano de engrane. Ángulo de engrane. Relación de transmisión. Propiedades de este tipo de ruedas. Desplazamiento de los ejes de giro. Designación de ruedas de evolvente normalizadas. Segmento de engrane. Límite de engrane. Caso particular de cremallera. Flanco de diente de cremallera. Talla de estas ruedas. LECCIÓN 23: TIPOS DE RUEDAS DE DIENTES RECTOS CON PERFIL DE EVOLVENTE. PROCESO DE INTERFERENCIAS DE LAS CABEZAS DEL DIENTE DE LA RUEDA EN LA BASE DEL DIENTE DEL PIÑÓN. INTERFERENCIAS. Contenido: Ruedas a cero. Medidas de ruedas a cero normalizadas. Ruedas en V. Medidas de ruedas en V normalizadas. Ruedas de dentadura rebajadas. Proceso de interferencias en el engrane entre dos ruedas. Número mínimo de dientes de ruedas normalizadas a cero para que no se produzca interferencia entre ellos. Número mínimo de dientes en ruedas normalizadas en V para evitar las interferencias. Condiciones de no interferencia en dentaduras rebajadas. Interferencias entre ruedas normalizadas y su cremallera normalizada. LECCIÓN 24: ENGRANES A CERO ENTRE RUEDAS NORMALIZADAS DE DIENTE DE EVOLVENTE. RECUBRIMIENTO. Objetivos: Desarrollo de los distintos engranes a cero que pueden formarse en las ruedas definidas en la lección anterior, es decir, engranes con distancia entre ejes de ruedas igual a la distancia que tienen durante su talla. El desarrollo se refiere tanto al engrane entre ruedas como al engrane entre rueda y su respectiva cremallera. Estudio de las condiciones cinemáticas que deben cumplirse para que el engrane se verifique de forma continuada, antes de que el contacto entre dos dientes desaparezca debe mirarse el contacto entre los dos inmediatos siguientes en cada rueda. Contenido: Engranes a cero. Distancia entre ejes. Engranes a cero con ruedas a cero normalizadas. Segmento de engrane. Grado de recubrimiento en el engrane a cero entre ruedas a cero. Segmento de engrane y grado de recubrimiento en el engrane a cero de ruedas a cero con su cremallera. Engrane a cero entre ruedas en V normalizadas. Segmento de engrane. Grado de rendimiento en engranes a cero con ruedas en V. Engrane a cero entre ruedas en V y su cremallera. Segmento y grado de recubrimiento en engrane a cero entre ruedas en V y sus cremalleras. LECCIÓN 25: RUEDAS DENTADAS DE DIENTES INCLINADOS HELICOIDALES. Contenido: Introducción. Definición y propiedades del helicoides desarrollable. Generación de flancos de diente conjugados mediante la rodadura del plano ruleta sobre los cilindros axiales, acompañándola en el movimiento el plano generador del flanco, que forma un determinado ángulo con la dirección de los ejes. Coincidencia del flanco de diente así generado con el helicoides desarrollable. Plano de engrane. Ángulo aparente de engrane. Cilindros primitivos. Cilindros directores. Relaciones entre los radios de cilindros primitivos y cilindros directores. Hélices real y aparente. Ángulos de inclinación real y aparente. Relaciones entre ángulos de engrase y de inclinación. Módulos y pasos aparente y real. Saltos. Secciones obtenidas por un plano frontal. Cremalleras que engranan con estas ruedas. Tallas de dientes de ruedas cilíndrico helicoidales. LECCIÓN 26: ENGRANAJES CILÍNDRICO HELICOIDALES. Contenido: Introducción. Contacto en estos engranajes. Plano normal. Secciones obtenidas de estos engranes por el plano normal. Estudio de estas ruedas

mediante sus ruedas cilíndrico rectas equivalentes. Número mínimo de dientes de las ruedas que forman los engranajes cilíndrico helicoidales para que no haya interferencias. Salto y arco de conducción. Ancho máximo eficaz de las ruedas que forman estos engranajes. Grado de recubrimiento. Engrane rueda cremallera. Deslizamiento, pivotamiento y rodadura entre los dientes en contacto en estos engranes. LECCIÓN 27: ENGRANAJES ENTRE EJES CONCURRENTES CON RUEDAS DE DIENTE CÓNICO. Contenido: Introducción. Relación de velocidades entre dos ejes que se cortan formando un determinado ángulo. Ángulos primitivos. Conos axiales del movimiento. Caso de engrane entre ejes con ángulo de 90°. Engrane entre ejes con ángulo mayor de 90°. Rueda plana. Rueda cónica. Generación de flancos de dientes de ruedas cónicas conjugadas mediante rodadura del plano ruleta sobre los axiales cónicos. Contacto entre los dientes de ruedas cónicas que forman engrane. Plano de engrane. Dirección de los esfuerzos entre dientes. Plano normal. Ángulo de engrane. Limitación de los flancos de dientes. Conos complementarios. Dimensiones de estas ruedas. Paso y módulo. Ruedas normalizadas. Talla. LECCIÓN 28: ENGRANES CÓNICOS. Contenido: Estudio del engrane entre ruedas cónicas, a través de sus ruedas cilíndrico rectas equivalentes. Número de dientes equivalentes. Número mínimo de dientes para que no exista interferencia de una en otra cuando se trata de ruedas a cero. Ruedas cónicas en desplazamiento. Número mínimo de dientes para que no haya interferencia entre ruedas con desplazamiento. Condiciones de engrane. Engrane de ruedas cónicas con cremallera o rueda plana. Flanco de la cremallera. Deslizamiento, pivotamiento y rodadura en estos engranajes. LECCIÓN 29: DINÁMICA DE DIENTES DE RUEDAS DE ENGRANAJES. Contenido: Introducción. Engranajes de ruedas cilíndrico rectas: Esfuerzo normal. Esfuerzo tangencial. Reacciones en cojinetes. Esfuerzo radial. Engranajes con ruedas cilíndrico helicoidales: Esfuerzo normal. Esfuerzo normal. Esfuerzo radial. Esfuerzo tangencial. Esfuerzo axial. Reacciones en cojinetes. Engrane entre ejes concurrentes con ruedas cónicas: Esfuerzo normal. Componente tangencial. Componente radial. Componente axial. LECCIÓN 30: TRANSMISIÓN POR TRENES DE ENGRANAJES. ANÁLISIS CINEMÁTICO. Contenido: Trenes de engranajes ordinarios. Trenes ordinarios con ruedas cilíndricas y ruedas cónicas. Relación de transmisión. Signo de la relación de transmisión y sentido de giro de los ejes. Engranajes ordinarios con ruedas intermedias. Trenes planetarios. Trenes diferenciales con dos grados de libertad. Relación aparente de transmisión. Signo de la relación aparente. Fórmula de Willis. Trenes epicicloidales con un grado de libertad. Relación aparente de transmisión en trenes epicicloidales. LECCIÓN 31: TRENES DE ENGRANAJES. ANÁLISIS DINÁMICO. Contenido: Principio del equilibrio dinámico. Análisis de los pares activos en un tren epicicloidal. Análisis de los pares activos en un tren diferencial. Convenios de signos de momentos y rotaciones. Análisis de fuerzas tangenciales, radiales y momentos en un tren ordinario. Análisis de fuerzas tangenciales, radiales y momentos en un tren planetario.

TEMA VIII: EQUILIBRADO DE MAQUINAS.

LECCIÓN 32: EQUILIBRADO DE MIEMBROS GIRATORIOS. Contenido: Nociones generales sobre el equilibrado de las fuerzas de inercia. Cuerpo giratorio, desequilibrio estático, desequilibrio dinámico, desequilibrado total. Equilibrado estático de un miembro giratorio mediante una o dos masas de corrección, iguales. Equilibrado estático de un miembro giratorio mediante dos masas de corrección situadas en planos arbitrarios. Equilibrado total de un cuerpo giratorio mediante masas de corrección situadas en planos arbitrarios. Cálculo de magnitudes y posiciones de contrapesos. LECCIÓN 33: EQUILIBRADO DE FUERZAS DE INERCIA ALTERNATIVAS. EQUILIBRADO DE MECANISMOS

PLANOS. Contenido: Equilibrado de fuerzas de inercia debidas a las masas alternativas de un mecanismo biela-manivela céntrico. Fuerzas de inercia de primer orden. Fuerzas de inercia de segundo orden. Equilibrado. Equilibrado total de un mecanismo plano. Equilibrado del sistema biela-manivela, corredera, añadiendo contrapesos en biela y manivela. Equilibrado de mecanismos de cuatro eslabones articulados.

Prácticas

1. Análisis y síntesis de desplazamientos del cuadrilátero articulado.
2. Análisis y síntesis de desplazamientos en el mecanismo biela-manivela.
3. Determinación experimental de centros de gravedad y de momentos de inercia en elementos de máquinas.
4. Equilibrado estático y dinámico de masas rotativas.

Bibliografía

- ALVAREZ, L. & CAPDEVILLA, R. & KHAMASHATA, M.: *Problemas de cinemática y dinámica de máquinas*. Tarrasa, U.P.C. E.T.S.I.I. 1986.
- ALVAREZ, Lorenzo & CAPDEVILLA, Ramón: *Cinemática y dinámica de máquinas*. Tarrasa, U.P.C. E.T.S.I.I. 1986.
- BARANOV, G.G: *Curso de la teoría de mecanismos y máquinas*. Moscú, Ed Mir. 1979.
- BASTERO, J.M. & CASELLAS, J: *Curso de mecánica*. EUNSA.
- BURTON, Paul: *Kinematics and Dynamics of Planar Machinery*. Prentice-Hall.,Inc.1979.
- CORRAL SAIZ, Antonio: *Problemas de mecanismos*. Madrid, E.T.S.I.I., Sección de Publicaciones.1968.
- Ham-Crane, rogers: *Mecánica de máquinas*. Mc Graw Hill.
- HENRIOT, G.: *Tratado teórico y práctico de engranajes*. Dunod.
- LAFONT, P.: *Cálculo de engranajes paralelos*. Madrid, E.T.S.I.I. Sección de Publicaciones.
- LAMADRID, Adelardo de: *Cinemática y dinámica de las máquinas*. Madrid, ETSII. 1969
- MABIE, Hamilton H. & OCVIRK, Fred W.: *Mecanismos y dinámica de máquinas*. Limusa. 1978.
- MOLINER, P.R.: *Cinemática de máquinas*. Barcelona, C.P. E.T.S.I.I.1980
- MOLINER, P.R.: *Dinámica de las máquinas y mecanismos*. Barcelona, C.P. E.T.S.I.I.1978.
- MOLINER, P.R.: *Engranajes*. Barcelona, E.T.S.I.I.B.
- MOLINER, P.R.: *Problemas de teoría de máquinas y mecanismos*. Barcelona,.P. E.T.S.I.I..1981.
- NIETO, Justo: *Síntesis de Mecanismos*. Ed A.C. 1978.
- ORTIZ BERROCAL, Luis: *Curso de mecánica teórica*. Madrid, Lito print. 1972.
- SHIGLEY, Joseph E. & VICKERS, John J.: *Teoría de máquinas y mecanismos*. Mc Graw Hill. 1983.
- SHIGLEY, Joseph E.: *Análisis cinemático de mecanismos*. Ed Castillo, S.A. 1970.