

Asignatura:	MOTORES DE COMBUSTION INTERNA			Código:	IM-075
Prelaciones:	TERMODINAMICA II			Período:	7° SEM
Tipo:	OBLIGATORIA				
Carrera:	INGENIERIA MECANICA				
Departamento de adscripción de asignatura:	CIENCIAS TERMICAS				
	Teoría	Práctica	Laboratorio	Total	Unidades Crédito
Horas / semana	3	1	1	5	Crédito
Horas / semestre	54	18	18	90	4

OBJETIVOS GENERALES

- Dominar los términos y definiciones empleados en MCIA.
- Conocer la estructura de los MCIA.
- Efectuar análisis termodinámicos de los ciclos de los MCIA.
- Conocer los fundamentos termodinámicos del proceso de generación de potencia.
- Conocer el ciclo real de los MCIA y el origen de sus pérdidas.
- Conocer y aplicar las expresiones de los principales parámetros de los MCIA.
- Aprender a realizar ensayos de MCIA y aplicarlos en pruebas reales.
- Conocer los fundamentos termo-fluido-dinámicos del proceso de intercambio de gases.
- Entender la cinemática de las reacciones químicas de combustión.
- Conocer y aplicar la teoría sobre el modelado de los procesos de los MCIA.

CONTENIDOS

CONTENIDO PROGRAMATICO TEORICO PRACTICO

Tema 1. Generalidades sobre los MCIA.

Clasificación de las maquinas. Motores térmicos de combustión externa e interna. Características de trabajo de los MCIA. Clasificación de los MCIA según: ciclo termodinámico, ciclo de trabajo, campo de aplicación, tipo de combustible, tipo de formación de mezcla, proceso de combustión, presión de alimentación, regulación al variar la carga, su estructura. Parámetros fundamentales de los MCIA: geométricos, cinemáticos y motorísticos. Conceptos básicos: presión media, potencia, rendimiento y consumo específico. Problemas. Características típicas de MECH y MEC. Sistemas del motor: alimentación y escape, lubricación, enfriamiento y encendido. Estructura del motor: mecanismo alternativo, mecanismo de distribución, árbol de levas, árbol de balancines, válvulas y resortes, cilindros, pistones, biela, cigüeñal. Orden de encendido. 8 horas (6 teóricas y 2 prácticas).

Tema 2. Ciclos Ideales de los MCIA.

Introducción. Ciclo mixto o dual. Temperaturas del ciclo. Ciclo diesel rápido: cálculos de rendimiento térmico y presión media. Ciclo diesel: cálculos de rendimiento térmico y presión media. Ciclo Otto: cálculos de rendimiento térmico y presión media. Problemas. Análisis del rendimiento térmico y presión media del ciclo. Efectos de la variación de suministro de calor a presión y volumen constante sobre el rendimiento térmico y presión media del ciclo. Comparación entre los ciclos de admisión normal. Diseño de la cantidad de calor suministrada al ciclo. Problemas. Sistemas de sobrealimentación en MCIA. Ciclos de los motores sobrealimentados: turboalimentación por impulsos y turboalimentación a presión constante. Propiedades del motor y operador diferencial. Parámetros del motor: independientes e indicados. Problemas. 8 horas (4 teóricas y 4 prácticas).

Tema 3. Termodinámica de la Combustión en MCIA.

Introducción. Definición del proceso de combustión. Requerimientos exigidos a los combustibles usados en MCIA. Propiedades de los combustibles. Combustión en MECH: concepto, características, dependencia, frente de llama. Combustión en MEC: atomización, evaporación, mezclado, autoencendido. Composición de la mezcla de trabajo. Estequiometría de la combustión. Relación combustible aire relativa. Cálculo de la composición de los gases en función de la riqueza. Problemas. Primera ley de la Termodinámica y combustión. Entalpía de formación. Poder calorífico del combustible. Temperatura de llama adiabática. Eficiencia de la combustión. Problemas. Equilibrio químico. Constante de equilibrio químico. Sistema Carbono-Hidrógeno-Oxígeno-Nitrógeno (CHON) de 12 especies. Problemas.
14 horas (8 teóricas y 6 prácticas).

Tema 4. Ciclos Combustible Aire.

Variación del fluido a través del ciclo de trabajo. Propiedades termodinámicas de las mezclas: mezcla no quemada y quemada. Mezcla atrapada en el cilindro. Relaciones termodinámicas para mezclas de gases. Variación del calor específico de los gases. Mezcla de trabajo en el ciclo. Consideraciones para el estudio de los ciclos de MCIA. Aspectos importantes para el desarrollo del modelo del ciclo de trabajo de MCIA. Modelos para el estudio del fluido de trabajo: subrutinas para el cálculo de la mezcla fresca, (FARG) y productos de combustión, (ECP). Evaluación de las condiciones de desarrollo del ciclo de trabajo. Problemas. Leyes de quemado de Wiebe y Watson empleadas en el modelo teórico de combustión de MECH y MEC respectivamente. Problemas.
10 horas (6 teóricas y 4 prácticas).

Tema 5. Ciclo Real de MCIA.

Introducción. Fases del ciclo termodinámico: admisión, compresión, expansión y escape. Formación de mezcla externa e interna. Diagramas de indicador: equipos usados para su obtención, diagramas p-V y p-φ, análisis del funcionamiento de MECH y MEC a partir de sus diagramas característicos. Diagramas de distribución: 4T y 2T. Problemas. Transferencia de calor: conducción, convección y radiación. Transferencia de calor en MCIA: análisis dimensional, coeficiente instantáneo de transferencia de calor, correlaciones para el estudio de la transferencia de calor. Problemas. Pérdidas mecánicas: conceptos básicos sobre fricción. Lubricación límite e hidrodinámica. Potencia por fricción teórica y medición experimental. Aceites lubricantes. Problemas. Balance térmico. Pérdidas de calor: a los gases de escape, al refrigerante, por convección, por radiación, por combustión incompleta, al lubricante, Otros. Problemas.
10 horas (6 teóricas y 4 prácticas).

Tema 6. Ensayo de MCIA.

Objetivos. Características. Relación entre potencias: en el combustible, efectiva e indicada. Mediciones básicas en bancos de MCIA: potencia, par, consumos de aire y combustible, rpm, temperatura, presión en el cilindro, flujo de líquido y pérdidas de calor, emisiones de escape. Tipos de ensayos que se realizan en MCIA: a velocidad variable en MECH con carga parcial, a velocidad variable en MEC con carga total, a velocidad constante en MECH y MEC. Recolección de datos: formulas para el cálculo de datos. Curvas características: análisis, factores de corrección. Curvas de potencia, par y consumo específico de combustible en función de las rpm. Curvas de eficiencias efectiva e indicada en función de las rpm. Curvas de consumos de aire y combustible en función de las rpm. Curvas multiparamétricas. Problemas.
4 horas (2 teóricas y 2 prácticas).

Tema 7. El Proceso de Intercambio de Gases.

Influencia del proceso de intercambio de gases (PIG) en las prestaciones del motor. Parámetros que caracterizan el PIG. El PIG ideal. El PIG según Jovaj: caída de presión y calentamiento durante la admisión, efecto de los gases residuales. La eficiencia volumétrica y factores que la afectan. Problemas. El PIG real. El PIG en un motor mono-cilíndrico sin colectores. Cálculo de las pérdidas hidráulicas en bancos de flujo. Determinación de coeficientes de descarga. Compresibilidad del flujo: número de Mach. Trabajo de bombeo. El PIG en un motor monocilíndrico con colectores. Problemas. Parámetro de frecuencia. Proceso de escape: onda de presión, efectos sobre el rendimiento volumétrico, trabajos de bombeo y neto. El PIG en un

motor poli-cilíndrico con colectores. Interferencia en colectores 6-2-1 y 4-2-1. El proceso de escape en motores poli-cilíndricos. Optimización del PIG: duración, número de válvulas. Influencia del área de paso de la válvula de admisión sobre el rendimiento volumétrico y la presión media efectiva. Influencia del área de paso de las válvulas de admisión y escape sobre el trabajo neto. 8 horas (6 teóricas y 2 prácticas).

Tema 8. Cinética Química de la Combustión en MCIA.

Sistemas de reacciones complejas. Mezclas combustible aire. Razón de formación de especies químicas: ley de acción de masa, ecuación de Arrhenius, razón de reacción, reacciones multietápicas. Relación entre constantes de reacción y equilibrio químico. Problemas. Mecanismos importantes de formación química. Sistemas H₂-O₂. Oxidación del CO. Oxidación de combustibles parafínicos. Reacción global de combustión: constantes de reacción global. Reacciones cuasi-globales multietápicas. Problemas. Combustión del CH₄. Cinética de formación del NO: mecanismo de formación, aspectos físicos, tiempo de formación. Problemas. 6 horas (4 teóricas y 2 prácticas).

Tema 9. Modelado en MCIA.

Teoría sobre el modelado en MCIA: objetivo, interés, limitaciones, clasificación, fases, y método. Procesos en MCIA: modelos de combustión e intercambio de gases. Ecuaciones que gobiernan un sistema termodinámico. Relación entre los fenómenos y el proceso de combustión. Modelado en MCIA: características y suposiciones de los modelos de combustión, consideraciones sobre las suposiciones del modelo, modelo matemático y relación entre fenómenos. Desarrollo de las ecuaciones usadas para el modelado en MCIA: particularización del algoritmo general, simulación de pérdidas de calor en el motor, mecánica de fluidos en MCIA, mediciones de velocidad del flujo en función del ángulo de giro, análisis termodinámico del proceso de combustión, características del proceso de combustión y formación de productos en equilibrio químico. 4 horas (2 teóricas y 2 prácticas).

BIBLIOGRAFIA

- Araque, J. O. y Fygueroa S., *Motores de Combustión Interna Alternativos*. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. M-42.
- Arias -Paz., *Manual de Automóviles*. Editorial Dossat. 1981.
- Borman G. L. and Ragland K. W., *Combustion Engineering*. Mc. GrawHill 1998.
- Desantes, J. M. y Lapuerta, M., *Fundamentos de Combustión*. Universidad Politécnica de Valencia., 1991.
- Ferguson C. R. and Kirkpatrick A. T., *Internal Combustion Engines, Applied Thermosciences*. Second Edition. John Wiley & Sons. 2001.
- Fygueroa S. y Araque, J. O., *Problemas de Motores de Combustión Interna*. Universidad de Los Andes. Talleres Gráficos Universitarios. Mérida, 2003.
- Heywood, J. B., *Internal Combustion Engines Fundamentals*. Mc. GrawHill 1988.
- Jovaj, M. S., *Motores de Automóvil*. Editorial MIR. 1982.
- Lukanin, V. N., *Motores de Combustión Interna*. Editorial MIR 1982.
- Obert, E. F., *Internal Combustion Engines*. 1980.
- Salvi, G., *La Combustión Teoría y Aplicaciones*. Editorial Dossat. 1984.
- Stephen R. T., *An Introduction to Combustion, Concepts and Applications*. Mc. GrawHill 1996.
- Taylor, C. F., *The internal Combustion Engine in Theory and Practice*. The MIT Press. 1985.

Fecha de elaboración del programa: 14 de Junio de 2004.

Programa Elaborado por: Jesús O. Araque y Simón Fygueroa.

Firma y Sello del Departamento.

Firma y sello de Escuela.