



## SILABO

### 1. INFORMACION GENERAL

Nombre del curso	:	TERMODINAMICA II
Código del curso	:	MN-116
Especialidad	:	M3
Condición	:	OBLIGATORIO
Ciclo de estudios	:	6º
Pre-requisitos	:	MN114
Número de créditos	:	03
Total de horas semestrales:		56 horas
Total de horas por semana		04 horas
Teoría	:	02 horas
Practica	:	02 horas
Laboratorio	:	-
Duración	:	17 SEMANAS
Sistema de evaluación	:	F
Subsistema de evaluación:		-
Profesor de teoría	:	Ing. Galarza Soto Walter
Profesor de práctica	:	Ing. Godofredo Valdivia

### 2. SUMILLA

Combustión, procesos de compresión de gases y vapores, termodinámica, termodinámica de la compresión mecánica de vapores, introducción al estudio de los ciclos termodinámicos ciclo Clausius – Rankine, ciclo Joule – Bryton, ciclos teóricos de los motores de combustión interna, cogeneración, celdas de combustible.

### 3. OBJETIVO

Aplicar los principios de la Termodinámica al análisis de ciclos propios de los sistemas energéticos.

### 4. PROGRAMA

#### 1º SEMANA

Introducción. Combustión. Mecanismo de Combustión: Combustible y Comburente. Combustibles: Carbón Mineral, Petróleo, Gas Natural, Alcoholes, Bagazo, Leña, Carbón de Leña. Análisis de Combustibles.

Procesos de Combustión. Ecuación de Reacción: Reactivos y Productos. Combustión Ideal. Combustión Completa y Combustión Incompleta. Aire Estequiométrico. Mezcla Estequiométrica. Relación Aire-Combustible.

Combustión Ideal con Oxígeno. Combustión con Aire. Aire Atmosférico: Composición. Combustión Ideal con Aire. Combustión Ideal con Exceso de Aire. Combustión Real. Combustión con Deficiencia de Aire. Combustión Real con Exceso de Aire.

## **2º SEMANA**

Análisis de los productos de la Combustión. Analizador ORSAT. Procedimiento para el Ensayo. Análisis de Productos Secos. Cálculos basados en el Análisis de los productos. Otros Analizadores.

Análisis de los procesos de Combustión. Energía Química. Calor de Reacción. Calor de Reacción Estándar. Calor de Combustión. Poder Calorífico. Entalpía de Reacción. Entalpía de Combustión. Energía Interna de Combustión. Entalpía de Formación. Calculo de Entalpías. Calculo de la Energía Interna.

Cálculo del Calor Transferido. Diagrama Q-T. Temperatura de Llama Adiabática. La segunda Ley y los procesos de Combustión.

## **3º SEMANA**

### **PROCESOS DE COMPRESION DE GASES Y VAPORES**

Introducción. Procesos Politrópicos: Análisis de la Politropía. Procesos de Compresión. Politrópica. Procesos de Compresión Isoentrópicos. Eficiencia Adiabática. Procesos de Compresión Isotérmicos. Eficiencia Isotérmica Compresión en Múltiples Etapas. Refrigeración Intermedia. Condición de Trabajo Mínimo: Presión Óptima de compresión. Eficiencia Energética del Proceso.

## **4º SEMANA**

### **TERMODINAMICA**

Introducción. Compresores: Nociones Básicas. Compresores de Desplazamiento Positivo: Tipo de Compresores. Análisis Isoentrópico y Politrópico en Compresores. La Estación de Compresores. Funcionamiento Económico de la estación.

Compresores Reciprocantes. Principio de Funcionamiento. Compresor ideal sin volumen muerto. Compresor Ideal con volumen Muerto. Eficiencia Volumétrica Convencional. Eficiencia Volumétrica Real. Trabajo y Potencia en un compresor con volumen muerto. Potencia indicada. Potencia al eje. Eficiencia mecánica. Definiciones: Diagrama de un compresor. Índice de Compresión. Presión Media Indicada. Compresores Monofásicos. Compresores Bifásicos: de simple efecto y de doble efecto. Indicadores de desempeño.

## **5º SEMANA**

Compresores Centrífugos y Axiales. Principio de Funcionamiento. Etapas del compresor. Potencia y eficiencia del compresor. Compresores Monofásicos y Compresores Bifásicos. Indicadores de Desempeño.

Compresores Rotativos. Principio de funcionamiento. Tipos de compresores. Potencia y eficiencia del compresor. Economizadores. Indicadores de desempeño.

## **6º SEMANA**

### **TERMODINAMICA DE LA COMPRESION MECANICA DE VAPORES**

Introducción. Principios Básicos de Turbocompresión y Motocompresión. Evaporación Simple y Evaporación en múltiple efecto: características generales.

Descripción de los equipos. Compresores e Intercambiadores de calor Convencionales. Intercambiadores de calor especiales: de tubos térmicos, de lamina, de placas térmicas, sistemas Bi-Transfer.

Eficiencia Energética y coeficiente de sustitución. Aplicaciones básicas: Destilación, evaporación, secado, uso racional de la energía. Indicadores de desempeño.

## **7º SEMANA**

### **INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LOS CICLOS TERMODINAMICOS**

Introducción. El ciclo Termodinámico. Elementos del ciclo. La Máquina Térmica. Foco Térmico: Fuente, sumidero. La máquina térmica propiamente dicha. Eficiencia. La Máquina Refrigeradora. Coeficiente de Performance. La Primera Ley y Análisis de ciclos: Planos P-v y T-s. Temperaturas. Medias Termodinámicas. Relación de trabajos. Presión Media. Formulas Fundamentales. Tablas de Gases.

Ciclo de Carnot con Vapor Húmedo y con Vapor Sobrecalentado

## **8º SEMANA**

### **EXAMEN PARCIAL**

## **9º SEMANA**

### **CICLO CLAUSIUS – RANKINE**

Introducción. El ciclo Clausius – Rankine. Parámetros característicos. Procesos. Eficiencia Térmica. Mejoramiento de la Eficiencia: Influencia del sobre calentamiento, Influencia de la presión de vapor, Influencia de la presión de descarga, Influencia de recalentamiento. Análisis Energético.

Modelado de Plantas de Potencia a vapor. El ciclo de las plantas con Turbinas a vapor. Componentes Principales: Generador de vapor, Turbina, Condensador, Bomba.

El ciclo real: Perdidas Internas y Perdidas Externas al ciclo. Eficiencia del caldero. Eficiencia de Turbina. El ciclo Regenerativo ideal. El ciclo Regenerativo con extracciones de vapor. Calentadores de agua de alimentación. Temperatura máxima del agua de alimentación. Optimización del número de extracciones.

## **10º SEMANA**

La planta de calderos. Principio de Funcionamiento. Descripción de los sistemas. Balance Térmico. Indicadores de desempeño.

La planta térmica a vapor. Principio de funcionamiento. Descripción de los sistemas. El caldero como proceso controlado. La turbina de vapor. Factor de recalentamiento y curva de condición de la turbina. El condensador control de la planta. Balance Térmico. Indicadores de desempeño.

El ciclo binario. Principio de Funcionamiento. Descripción de los sistemas. Eficiencia Térmica. Balance térmico.

## **11º SEMANA**

### **CICLO JOULE - BRYTON**

Introducción. El ciclo Joule-Bryton. Parámetros característicos. Procesos. Eficiencia Térmica. Mejoramiento de la Eficiencia: Comprensión por etapas, regeneración, recalentamiento intermedio. Relación de trabajos: Trabajo específico Neto.

Modelado de plantas de potencia a gas. El ciclo de las plantas con turbinas a gas. Componentes principales: compresor, calentador, turbina, enfriador. Análisis Energético. Relación de presiones para el trabajo neto máximo.

El ciclo abierto en Turbinas a gas. Ciclo regenerativo ideal. Ciclo con recalentamiento intermedio. Ciclo con recalentamiento y regeneración.

## **12º SEMANA**

El ciclo real: Perdidas internas y perdidas externas al ciclo. Eficiencia del compresor. Eficiencia de la turbina. Ciclo simple real: efectividad del regenerador. El ciclo con compresión y expansión en múltiples etapas . Turbina a gas de dos ejes.

Turbina a gas de uso aeronáutico: Procesos en el difusor y la tobera. Turbohélice. Turbojet. Balance térmico. Indicadores de desempeño.

El ciclo combinado. Principio de funcionamiento. Descripción de los sistemas. Eficiencia Térmica. Balance Térmico.

### **13º SEMANA**

#### **CICLOS TEORICOS DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA**

Ciclo Otto. Procesos. El ciclo Otto y la maquina reciprocante. Parámetros característicos. Análisis Energético. Eficiencia. Perdidas externas. Balance térmico. Indicadores de desempeño. El motor de cuatro tiempos. Componentes.

Ciclo Diesel. Procesos. El ciclo Diesel y la Maquina Reciprocante. Parámetros característicos. Análisis Energético. Eficiencia. Pérdidas Externas. Balance

Comparación entre el Ciclo Otto y el Ciclo Diesel. El ciclo Dual. Otras definiciones para el análisis de los ciclos Otto y Diesel. Combustibles para MCI.

### **14º SEMANA**

#### **COGENERACION**

Sistema convencional y sistema de Cogeneración. Cogeneración con: Turbina a vapor con contrapresión pura, turbina a vapor a contrapresión con extracción, turbina de vapor de condensación con extracción.

Ciclo combinado: turbina de gas y turbina a vapor. Cogeneración con grupo electrógeno. Cogeneración y refrigeración por compresión mecánica de vapor y por absorción.

### **15º SEMANA**

#### **CELDAS DE COMBUSTIBLE**

Conversión directa de la energía. Celdas de combustible. Descripción de la operación de la celda de combustible.

Análisis de la operación de una celda de combustible. Eficiencia de la celda de combustible real.

### **16º SEMANA**

#### **EXAMEN FINAL**

### **17º SEMANA**

#### **EXAMEN SUSTITUTORIO**

## **5. ESTRATEGIAS DIDACTICAS**

5.1 Método. Inductivo, deductivo y experimental

5.2 Procedimiento. Análisis y síntesis.

5.3 Formas. Exposición, diálogo, motivación, trabajo grupal.

## **6. MATERIALES EDUCATIVOS Y OTROS RECURSOS DIDACTICOS**

6.1 Para el desarrollo de las clases teóricas se utilizara pizarra y proyector multimedia

## 7. EVALUACIÓN

### a. Sistema de Evaluación

Sistema de Evaluación: F

El sistema de calificación será con el Sistema de Evaluación F. Examen Parcial peso 01: Examen Final peso 02 y Promedio de Prácticas peso 01.

El curso tendrá 04 prácticas calificadas y 02 exámenes.

Todas las pruebas serán desarrolladas y se calificarán de 0 a 20.

$$NF = \frac{EP + 2EF + PP}{4}$$

1.	EXAMEN PARCIAL	: EP
2.	EXAMEN FINAL	: EF
3.	PROMEDIO DE PRACTICAS	: PP.
4.	NOTA FINAL	: NF

### b. Sub sistema de Evaluación (parte practica del curso)

El curso tendrá 04 prácticas calificadas de las cuales se elimina una práctica que corresponde a la nota más baja.

$$PP = \frac{P1 + P2 + P3 + P4 - Pb}{3}$$

PRACTICA 1	: P1
PRACTICA 2	: P2
PRACTICA 3	: P3
PRACTICA 4	: P4
PRÁCTICA (MENOR NOTA)	: Pb
PROMEDIO DE PRACTICAS	: PP.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- [1] GORDON VAN WYLEN / RICHARD SONNTAG / CLAUD BORGNAKKE, "FUNDAMENTALS OF CLASSICAL THERMODYNAMICS". 4th Edition – Jhon Wiley and Sons Inc. 1994
- [2] Virgil Moring Faires / Clifford Max Simmang "TERMODINAMICA". 6th Edición – McMillan Publishing Co., Inc. 1990
- [3] J.B. Jones / R.E. Dugan, "INGENIERIA MECANICA". 1th Edición, Prentice- Hall, Inc. 1990
- [4] M. David Burghardt, "INGENIERIA TERMODINAMICA", 2 Edición, Harla SA, Inc., 1984.
- [5] M.J. Moran / H.N. Shapiro, "FUNDAMENTOS DE TERMODINAMICA TECNICA". 2th Edición, John Wiley and Sons Inc. 1993.
- [6] Russel y Adebiyi, "TERMODINAMICA CLASICA"., 1th Edición – Addison Wesley Iberoamericana S.A.. 1993.
- [7] Octave Levenspiel, "FUNDAMENTOS DE TERMODINAMICA". 1th Edición Prentice – Hall. , Inc. 1997.

Lima, octubre 2011