

Asignatura: **Cálculo Estructural 1**

Código: 10-04083

RTF

6,5 (IAER),
7 (IEM,IM)

Semestre: Séptimo

Carga Horaria

72

Bloque: TB (IA) - TA(IM-IME)

Horas de Práctica

15

Departamento: Estructuras

Correlativa:

- Mecánica de las Estructuras

Contenido Sintético:

1. Análisis Estructural
2. Teoremas energéticos.
3. Métodos de las Fuerzas.
4. Método de Rigidez.
5. Inestabilidad estructural.
6. Dinámica de las estructuras.

Competencias Genéricas:

- CG1: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- CG4: Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.
- CG7: Comunicarse con efectividad.

Aprobado por HCD: 738-HCD-2024

RES: Fecha: 04/10/2024

Competencias Específicas para la carrera de Ing. Aeroespacial:

- **CE 1B:** Calcular, diseñar, proyectar y construir estructuras y componentes estructurales alas, fuselajes, costillas, cuadernas, largueros, tanque, estructuras auxiliares, plataformas para la operación excepto sus fundaciones, de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.
- **CE 1F:** Calcular y diseñar los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.
- **CE 2A:** Proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.
- **CE 3A:** Competencia para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado y aptitud para el vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

Competencias Específicas para la carrera de Ing. Mecánica:

- **CE 1.3:** Comprender e interpretar los métodos de análisis de estructuras de barras en régimen elástico bajo cargas estáticas y dinámicas, para aplicarlos en la solución de problemas de ingeniería.
- **CE 1.4:** Aplicar el método de rigidez de estructuras en el cálculo por computadoras, para aplicarlos en la ingeniería.

Competencias Específicas para la carrera de Ing. Electromecánica:

- **CE 1.1.12:** Comprender e interpretar los métodos de análisis de estructuras de barras en régimen elástico bajo cargas estáticas y dinámicas, para aplicarlos en la solución de problemas de Ingeniería Electromecánica.
- **CE 1.1.13:** Aplicar el método de rigidez de estructuras en el cálculo por computadores, para aplicarlos en la Ingeniería Electromecánica.

Presentación

Cálculo Estructural I es la continuación de la formación de los estudiantes en el cálculo y diseño de estructuras y se dicta a las carreras de Ingeniería Aeroespacial, Ing. Mecánica e Ing. Mecánica Electricista. Como formación previa el estudiante ha cursado las asignaturas: Estructuras Isostáticas y Mecánica de las Estructuras, que conjuntamente con Cálculo Estructural I constituyen materias comunes para las tres carreras antes citadas (Res. N° 325-HCD-2005).

El desarrollo de la asignatura comprende dos grandes bloques temáticos relacionados principalmente con estructuras de barras bajo cargas estáticas (comprende dos partes: el método de las fuerzas y el método de rigidez) y bajo cargas variables en el tiempo (que se desarrolla en la tercera parte: dinámica estructural). El estudiante se enfrenta desde el primer momento a un cambio en su concepción de las estructuras, debiendo admitir definitivamente la deformabilidad de los cuerpos a fin de poder resolver estructuras hiperestáticas. Aparece así un primer contacto con las ecuaciones cinemáticas y constitutivas necesarias para el planteo de las ecuaciones de compatibilidad. Las mismas conducen inmediatamente al concepto de flexibilidad estableciendo la relación entre las cargas y los desplazamientos de puntos arbitrarios de una estructura. Estos conceptos son

fundamentales, a posteriori, para el modelado de problemas dinámicos. La contraparte del concepto de flexibilidad es el de rigidez, que se profundiza y sistematiza en el análisis de estructuras de barras en la segunda parte del curso. El planteo de las matrices que establecen las relaciones entre las cargas y los desplazamientos son obtenidas utilizando los conceptos desarrollados anteriormente, lo que logra establecer un nuevo vínculo entre los dos enfoques.

El método de rigidez permite introducir el concepto de discretización matricial de las estructuras, como preludeo al estudio posterior del Método de Elementos Finitos, cuya introducción se realiza en la asignatura subsiguiente (Cálculo Estructural 2), método este que constituye la herramienta fundamental para el análisis de estructuras de miles de grados de libertad. Sentados los conceptos de flexibilidad, y de rigidez, el estudiante está en condiciones de poder tomar conocimiento de los conceptos de inestabilidad estructural, relacionados con la pérdida de rigidez, conceptos fundamentales en la concepción y diseño de estructuras esbeltas. Posteriormente, los conocimientos alcanzados en el análisis de estructuras, según el enfoque de flexibilidad y rigidez permiten al estudiante enfrentar el próximo paso cual es formular y resolver estructuras de barras bajo cargas variables en el tiempo. Aparecen así los conceptos de grado de libertad dinámicos, que deben ser vinculados a los grados de libertad geométricos, desarrollados anteriormente, mediante la condensación estática. Se pone especial énfasis en destacar la naturaleza dinámica o estática (pseudo estática) de la respuesta de las estructuras sometidas a cargas variables en el tiempo. La solución de las ecuaciones de movimiento se enfoca según distintos métodos, tanto analíticos como numéricos.

A través del cursado de la asignatura el estudiante desarrollará las competencias propuestas y además de haber incorporado los aspectos que son intrínsecos a la propia asignatura, habrá integrado y enriquecido saberes que forman parte de asignaturas previas.

Contenidos

Primera Parte: Método de las Fuerzas

Unidad 1: Análisis Estructural

Objeto de análisis estructural. Tipos de estructuras de barras y modelos de análisis. Los dos grandes métodos de cálculo. Ecuaciones para el análisis de sólidos deformables. Ecuaciones para vigas rectas prismáticas. Generalidades de la estática de sistemas deformables.

Unidad 2: Teoremas Energéticos

Energía interna de deformación en sólidos elásticos. Aplicaciones de la identidad entre trabajo externo y energía interna de deformación al cálculo de las propiedades de una viga equivalente. Principio de Mínima Energía Potencial Complementaria. Principio de Mínima Energía Potencial Total. Principio de Trabajos Virtuales en estructuras de barras. Teoremas de reciprocidad. Cálculo de desplazamientos en estructuras de barras por aplicación del Principio de Trabajos Virtuales.

Unidad 3: Método de las Fuerzas

Cálculo de estructuras hiperestáticas reticuladas y de alma llena aplicando el Método de las Fuerzas. Consideración de los efectos térmicos, defectos de montajes y desplazamientos prefijados en las ecuaciones de compatibilidad. Cálculo de desplazamientos en sistemas hiperestáticos. El método de las fuerzas como aplicación del Principio de Mínima Energía Potencial Total.

Segunda Parte: Método de Rigidez

Unidad 4: Método de Rigidez en Reticulados

Cinemática de la barra de reticulado plano. Cálculo del alargamiento en función de los desplazamientos. Obtención de la matriz de rigidez del reticulado plano utilizando el Método de las Fuerzas. Obtención de la matriz de rigidez del reticulado plano utilizando la relación alargamiento - desplazamientos. Propiedades de la matriz de rigidez. Sentido físico de la singularidad de la matriz de rigidez. Obtención de la matriz de rigidez de la estructura. Justificación del ensamble. Imposición de las condiciones de apoyo. Determinación de desplazamientos, esfuerzos en barras y reacciones de apoyo. Equilibrio del nudo.

Unidad 5: Pórticos Planos

Obtención de la matriz de rigidez del pórtico plano en coordenadas locales mediante el Método de las Fuerzas. Obtención de la matriz de rigidez del pórtico plano en coordenadas locales como aplicación del Principio de Mínima Energía Potencial Total. Propiedades de la matriz de rigidez. Obtención de la matriz de rigidez del pórtico plano en coordenadas globales. Matriz de rigidez del conjunto. Determinación de esfuerzos y reacciones de apoyo. Equilibrio del nudo. Carga en el interior de un tramo, efectos térmicos. Desplazamientos prefijados. Defectos de montaje.

Unidad 6: Estabilidad Estructural

Descripción del problema de estabilidad en barras de pórtico plano. Trayectoria fundamental y secundaria. Sistema perfecto e imperfecto. Teoría de segundo orden para elementos prismáticos: obtención de la matriz de rigidez del pórtico plano. Determinación de cargas críticas, desplazamientos y esfuerzos en barras de pórtico plano.

Unidad 7: Temas Complementarios

Extensión de los conceptos de rigidez a barras de emparrillado plano. Condensación estática y subestructuración. Condiciones de apoyo para estructuras simétricas.

Tercera Parte: Dinámica Estructural

Unidad 8: Respuesta del Oscilador Simple

Grados de libertad dinámicos. Determinación de la matriz de rigidez dinámica. Importancia de la masa en problemas dinámicos. Fuerzas disipativas. Vibraciones libres. Excitación periódica. Respuesta a cargas variables en el tiempo: problemas dinámicos y pseudo dinámicos. Respuesta bajo cargas impulsivas. Integración numérica.

Unidad 9: Vibraciones Libres en Sistemas de Múltiples Grados de Libertad.

Matriz de rigidez dinámica en problemas de múltiples grados de libertad dinámica: por ensamble de las matrices de rigidez, por condensación estática, por definición de rigidez; por definición de flexibilidad. Determinación de los estados unitarios. Vibraciones libres. Vibraciones libres-libres. Modos de vibrar y sus propiedades. Determinación práctica de modos y frecuencias.

Unidad 10: Respuesta de Sistemas no homogéneos de Múltiples Grados de Libertad.

Método de descomposición modal: coordenadas generalizadas. Estados modales. Cálculo de desplazamientos y esfuerzos. Cargas armónicas. Cargas impulsivas. Excitación dinámica por movimiento de apoyos: planteo en desplazamientos totales y en desplazamientos relativos.

Metodología de enseñanza

El desarrollo de los contenidos se realiza principalmente mediante el dictado de clases que incluyen partes teóricas y prácticas y consisten en exposiciones dialogadas entre los docentes y los alumnos, orientadas a desarrollar en los alumnos la capacidad de analizar y calcular estructuras y componentes mecánicos, a fin de establecer desplazamientos y tensiones en estructuras de barras. Los desarrollos teóricos combinan el uso de recursos visuales y pizarra. Durante las clases prácticas se realizan actividades que ayudan al estudiante a desarrollar habilidades y criterios de cálculo en estructuras de barras. En la medida de lo posible se trata de partir de ejemplos de la vida real y pasar a modelos de cálculo a partir de los cuales, y de acuerdo a la parte (método de las fuerzas, método de rigidez o dinámica) que se esté abordando, se utilizan los métodos de cálculo correspondientes. En la clase práctica, el docente propone el enunciado de un problema que debe ser entregado en la próxima clase práctica. Durante la clase, el profesor aborda ejercicios similares al que deberán resolver individualmente los estudiantes. Esta modalidad obliga al estudiante a un estudio continuo de la asignatura y le permite poder comprender los contenidos que se presentan en el avance de la materia. Por otro lado, estos prácticos (unos 10 TP) deben ser presentados según un formato preestablecido y expresar los resultados, el desarrollo y conclusiones utilizando el lenguaje técnico correspondiente. Algunas de las actividades prácticas se complementan con el uso de programas de cálculo para pórticos y emparrillados planos. Durante el período de tiempo (1 semana) que transcurre entre el enunciado y la entrega del problema, el estudiante podrá asistir a los horarios de clase de consulta que ofrece la cátedra para evacuar dudas teóricas o prácticas. Un rol fundamental, en el desarrollo de las actividades de la asignatura, cumple el aula virtual. Se utiliza no solamente como soporte de bibliografía de estudio y como medio de

comunicación de novedades, sino también como alternativa para proponer actividades teórico prácticas a través de planteo de situaciones problema mediante el recurso de cuestionarios. La principal ventaja del cuestionario es que permite establecer fechas de alta y baja de la actividad y personalizar la actividad. El primer día de clases, el estudiante cuenta con un cronograma de actividades en las que se describen las actividades áulicas y las instancias de evaluación.

Evaluación

La evaluación está relacionada con las siguientes actividades:

- Los estudiantes deben acreditar un porcentaje de asistencia a las clases teóricas y prácticas.
- Los trabajos prácticos asignados en cada clase deben entregarse en la clase práctica siguiente. Cada hoja respetará márgenes y llevará el nombre de la asignatura, el número del trabajo práctico, el nombre del estudiante y la fecha de entrega. Una vez controlado, el trabajo será devuelto al estudiante. Si el práctico no satisface las condiciones mínimas de presentación o se incurren en errores conceptuales groseros, el práctico podrá ser rechazado y no ser tenido en cuenta a los fines de los porcentajes necesarios para regularizar o promocionar la asignatura. Los trabajos son personales. Cada práctico recibe una calificación que depende de la presentación, enfoque y calidad de las respuestas y tiempo de entrega. Los estudiantes deben acreditar un porcentaje de prácticos entregados.
- Completa la evaluación de los conocimientos adquiridos dos (2) parciales prácticos (que pueden incluir preguntas teóricas conceptuales) y un (1) parcial teórico (Coloquio integrador):
 - Primer parcial práctico: incluye los temas relacionados con el Método de las Fuerzas y el Método de Rigidez.
 - Segundo parcial práctico: incluye los temas relacionados con Dinámica Estructural.

Los parciales prácticos, están fundamentalmente orientados a la resolución de problemas. Para aprobar los exámenes parciales el alumno deberá mostrar conocimientos relativos a los contenidos que se evalúan y en este sentido el profesor podrá desestimar el examen si corrobora la existencia de fallas conceptuales fundamentales. Los exámenes parciales recibirán una calificación de 1 a 10 puntos. Se aprueba con una calificación mínima de 4 puntos que se alcanzan cuando el estudiante acredita un 60 % de los puntos asignados a cada problema de la evaluación.

- Parcial teórico – Coloquio Integrador:

Es una evaluación orientada a la parte teórica de la asignatura e incluye los temas teóricos desarrollados en clase y/o que hubieren sido indicados a los estudiantes para su estudio por el profesor. Se proveerá a los estudiantes de un listado con los temas que serán incluidos en el teórico. Los temas se agrupan según tres títulos: Método de las Fuerzas, Método de Rigidez y Dinámica Estructural. Se asignará al estudiante tres (3) temas generados en forma aleatoria, uno correspondiente a cada título del listado de temas, que serán desarrollados (a pedido del profesor) en forma escrita por los estudiantes, asignando un tiempo de unos 30 minutos para cada uno

de los temas. Posteriormente, el profesor podrá hacer preguntas al estudiante para evaluar la profundidad del conocimiento adquirido. El examen parcial será invalidado, tanto si el estudiante no desarrolla en forma pertinente alguno de los temas, o no demuestra poseer los conocimientos correspondientes al ser evaluado en forma oral.

Condiciones de aprobación

El estudiante aprueba la asignatura por promoción si satisface los siguientes requisitos:

- Asistencia a las clases teóricas y prácticas: 80%.
- Entrega de trabajos prácticos en tiempo y forma: 60%.
- Aprueba los dos (2) parciales prácticos. De los dos (2) parciales prácticos, se podrá recuperar uno (1); la nota del recuperatorio reemplazará la nota anterior obtenida.
- Aprueba el parcial teórico – Coloquio integrador: se podrá rendir este parcial la última semana de clases o en los turnos de examen correspondientes al semestre de cursado. Si el estudiante fracasa en aprobar el parcial teórico, perderá la condición de alumno promocionado, pasando a la categoría de alumno regular.
- Alcanzar un nivel de desarrollo aceptable en los indicadores establecidos en la rúbrica.

La calificación de la promoción se obtiene a través del siguiente polinomio:

$$\text{Calificación} = 0,6 \times P1 + 0,2 \times P2 + 0,2 \times P3$$

Donde:

P1: es el promedio de las calificaciones de los parciales teórico-prácticos

P2: es el promedio de la calificación de las actividades prácticas.

P3: es la valoración numérica obtenida de la rúbrica.

El estudiante alcanza la condición de alumno regular si satisface los siguientes requisitos:

- Asistencia a las clases teóricas y prácticas: 70%.
- Entrega de trabajos prácticos en tiempo y forma: 40%.
- Aprueba los dos (2) parciales prácticos. De los dos (2) parciales prácticos, se podrá recuperar uno (1); la nota del recuperatorio reemplazará la nota anterior obtenida.
- Alcanzar un nivel de desarrollo aceptable en los indicadores establecidos en la rúbrica.
- Condiciones para aprobar la materia como alumno regular: el estudiante deberá inscribirse en los turnos de exámenes establecidos en el Calendario Académico -Administrativo. El examen consta de una parte práctica y una parte teórica. La parte práctica consistirá en la solución de ejercicios similares a los que se evalúan en los exámenes parciales. La parte teórica tendrá las características del parcial-coloquio integrador, descritas en el apartado de evaluación. De aprobarse las instancias práctica y teórica, se asigna la calificación que resulta del promedio de la nota obtenida en la parte práctica y teórica.

Actividades prácticas

El alcance y características de las actividades prácticas se han descrito en la sección de Metodología de enseñanza.

Competencias y resultados de aprendizaje

Competencias tecnológicas:

CG1: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

Esta competencia está relacionada con los Resultados de Aprendizaje RA1, RA2, RA3, RA4 Y RA5.

CG4: Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería.

Esta competencia está relacionada con los Resultados de Aprendizaje RA1, RA2, RA3 y RA4.

Competencias sociales, políticas y actitudinales:

CG7: Comunicarse con efectividad.

Esta competencia está relacionada con los Resultados de Aprendizaje RA5.

Competencias Específicas para la carrera de Ing. Aeroespacial:

CE 1B: Calcular, diseñar, proyectar y construir estructuras y componentes estructurales alas, fuselajes, costillas, cuadernas, largueros, tanque, estructuras auxiliares, plataformas para la operación excepto sus fundaciones, de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE 1F: Calcular y diseñar los diferentes sistemas mecánicos y elementos de máquinas aplicados a las aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE 2A: Proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

CE 3A: Competencia para certificar el funcionamiento, condición de uso o estado y aptitud para el vuelo de aeronaves, vehículos espaciales y toda máquina de vuelo.

Todas estas competencias específicas para la carrera Ing. Aeronáutica están relacionadas con los resultados de aprendizaje RA1, RA2, RA3, RA4 y RA5 en la medida que dichas competencias específicas se restrinjan a estructuras de barras en régimen elástico lineal bajo cargas estáticas o dinámicas.

Competencias Específicas para la carrera de Ing. Mecánica:

CE1.3: Comprender e interpretar los métodos de análisis de estructuras de barras en régimen elástico bajo cargas estáticas y dinámicas, para aplicarlos en la solución de problemas de ingeniería. Esta competencia está relacionada con los Resultados de Aprendizaje RA1, RA2, RA3, RA4 Y RA5.

CE1.4: Aplicar el método de rigidez de estructuras en el cálculo por computadoras, para aplicarlos en la ingeniería. Esta competencia está relacionada con los Resultados de Aprendizaje RA3.

Competencias Específicas para la carrera de Ing. Electromecánica:

CE1.1.12: Comprender e interpretar los métodos de análisis de estructuras de barras en régimen elástico bajo cargas estáticas y dinámicas, para aplicarlos en la solución de problemas de Ingeniería Electromecánica. Esta competencia está relacionada con los Resultados de Aprendizaje RA1, RA2, RA3, RA4 Y RA5.

CE1.1.13: Aplicar el método de rigidez de estructuras en el cálculo por computadores, para aplicarlos en la Ingeniería Electromecánica. Esta competencia está relacionada con los Resultados de Aprendizaje RA3.

Resultados de Aprendizaje

Los indicadores de desempeño de los estudiantes, que permiten evaluar el alcance de las competencias generales y específicas son:

RA1: Reconoce las distintas estructuras de barras: reticulados planos, pórticos planos, emparrillados planos y reticulados y pórticos espaciales:

- Identifica los grados de libertad que los gobiernan y los esfuerzos que les son propios.
- Reconoce la simetría, anti simetría y asimetría que está presente en estructuras de barras para construir modelos con menor número de grados de libertad, agregando las condiciones de apoyo correspondientes.
- Identifica los puntos de las estructuras en los que se conocen las cargas y en cuales se conocen los desplazamientos, según se trate de reticulados, pórticos y emparrillados planos o estructuras en 3D.
- Reconoce y aplica correctamente las ecuaciones de equilibrio para determinar reacciones de apoyo en estructuras isostáticas, según se trate de reticulados, pórticos y emparrillados planos o estructuras en 3D.
- Recupera y aplica correctamente las ecuaciones que determinan el estado tensional de elementos sometidos a esfuerzos normales, de corte, torsión y flexión.

RA2: Resuelve estructuras de barras con cargas estáticas en el marco del Método de las Fuerzas (MdF):

- Aplica adecuadamente el Principio de Trabajos Virtuales (PTV) para determinar desplazamientos en estructuras isostáticas sometidas a cargas mecánicas, térmicas y errores de montaje.
- Determina el orden de hiperestaticidad de la estructura de barras, y define adecuadamente la estructura isostática fundamental.
- Plantea las ecuaciones de compatibilidad e identifica la participación de las cargas, errores de montaje, saltos de temperatura y desplazamientos prefijados en la definición de las mismas.
- Comprende el alcance del principio de superposición y lo aplica adecuadamente en el MdF.
- Utiliza adecuadamente las tablas que se ponen a disposición para abordar la solución de problemas en el marco del MdF.

RA3: Resuelve estructuras de barras con cargas estáticas en el marco del Método de Rigidez (MdR):

- Comprende los sistemas locales y globales de referencia y su participación en la definición de las matrices locales y globales de las barras y la estructura ensamblada, su relación con los desplazamientos y el cálculo de esfuerzos.
- Plantea el sistema de ecuaciones que describen la estructura en el marco del método de rigidez (MdR), e impone las condiciones de apoyo y carga en forma pertinente.

- Modela y resuelve estructuras de barras (reticulados planos, pórticos planos y emparrillados planos) utilizando programas de computadora.
- Aplica adecuadamente los conceptos de condensación estática (CE) y subestructuración.
- Comprende el alcance del principio de superposición y lo aplica adecuadamente en el método de rigidez.
- Utiliza adecuadamente las tablas que se ponen a disposición para abordar la solución de problemas en el marco del MdR.

RA4: Resuelve estructuras de barras con cargas dinámicas en el dominio del tiempo:

- Comprende la diferencia entre grado de libertad geométrico y grado de libertad dinámico (GLD).
- Aplica los conocimientos previos relacionados con el PTV, la solución de problemas hiperestáticos mediante el MdF, la solución de estructuras mediante el MdR y los alcances de la CE para obtener la matriz de rigidez condensada en los problemas dinámicos y los esfuerzos asociados con la misma.
- Modela y determina la matriz de rigidez condensada de estructuras sometidas a cargas dinámicas, ya sea utilizando el enfoque en rigidez o el enfoque en flexibilidad, mediante programas de computadora.
- Determina la respuesta (desplazamientos y esfuerzos) en sistemas de 1 GLD homogéneos, con carga armónica, con carga impulsiva, en forma analítica y por integración numérica.
- Sabe caracterizar la estructura determinando modos y frecuencias naturales y los esfuerzos relacionados con los mismos.
- Aplica el método de descomposición modal a la solución de problemas de múltiples grados de libertad dinámicos (MGLD) en sistemas homogéneos, con cargas armónicas y cargas impulsivas.
- Comprende el alcance del principio de superposición y lo aplica adecuadamente en estructuras que experimentan desplazamientos de apoyo.
- Utiliza adecuadamente las tablas que se ponen a disposición para abordar la solución de problemas dinámicos.

RA5: Se comunica con efectividad:

- Presenta los resultados escritos en forma clara, siguiendo un orden pertinente, utilizando lenguaje técnico, gráficos y/o tablas en forma apropiada.
- Logra expresar y defender los conceptos teóricos de la asignatura utilizando lenguaje técnico apropiado mostrando convicción en su argumentación.

Rúbricas

Los RA anteriormente detallados están relacionados con las competencias genéricas y específicas (en mayor o menor medida) en tanto y en cuanto los descriptores de las competencias concuerden con los alcances que se puedan lograr al desarrollar la asignatura.

La valoración de las competencias se realizará mediante la ponderación de las RA según las actividades propuestas en la siguiente tabla:

Competencia	Actividad	RA	Valoración
CG1, CG4, CG7, CEIA, CE1.3, CE1.1.12	TP: 1	RA1, RA5	VTP1
CG1, CG4, CG7, CEIA, CE1.3, CE1.1.12	TPs: 2 y 3	RA2, RA5	VTPs: 2 y 3
CG1, CG4, CG7, CEIA, CE1.3, CE1.1.12, CE1.4, CE1.1.13	TPs: 4, 5, 6 y 7	RA3, RA5	VTPs: 4, 5,6 y 7
CG1, CG4, CG7, CEIA, CE1.3, CE1.1.12	TPs: 8, 9, 10 y 11	RA4, RA5	VTPs: 8, 9, 10 y 11
CG1, CG4, CG7, CEIA, CE1.3, CE1.1.12, CE 1.4, CE 1.1.13	Parcial N° 1	RA1, RA2, RA3, RA5	VP1
CG1, CG4, CG7, CEIA, CE1.3, CE1.1.12	Parcial N° 2	RA4, RA5	VP2
CG1, CG4, CG7, CEIA, CE1.3, CE1.1.12, CE 1.4, CE 1.1.13	Parcial N° 3	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	VP3

La tabla anterior muestra la forma que adopta la rúbrica. En ella se distingue:

Columna 1: se identifican las competencias a la que contribuye la actividad. CEIA refiere a las competencias Específicas de Ing. Aeroespacial.

Columna 2: indica la actividad que incluye los Trabajos Prácticos, los 2 parciales prácticos y el parcial teórico.

Columna 3: se identifican los indicadores de resultados de aprendizaje que se valoran en la actividad.

Columna 4: se asigna una valoración que va de 1 a 10. El resultado mínimo esperado es 4.

Con las valoraciones se determina el valor de P3, valor al que se refiere la sección Condiciones de Aprobación, utilizando la siguiente fórmula:

$$P3 = (VTPs + VP1 + VP2 + VP3) / 4$$

donde VTPs es el promedio de las valoraciones de los trabajos prácticos propuestos.

Bibliografía

- Massa, J.C. y Prato, C.A., *Método de las Fuerzas*, aula Moodle de la asignatura, 2019.
- Massa, J.C. y Prato, C.A., *Método de la Rigidez*, aula Moodle de la asignatura, 2019.
- Massa, J.C. y Prato, C.A., *Dinámica estructural*, Disponible en aula Moodle de la asignatura, 2019.
- Hibbeler, Russell. *Structural Analysis*. Prentice-Hall, 1995.
- Livesley, R.K., *Métodos matriciales para el cálculo de estructuras*, Madrid, ES: Blume, 1970.
- Przemieniecki, J.S., *Theory of matrix structural analysis*, New York, McGraw-Hill, 1968.
- Maher N., Bismarck-Nasr, *Structural dynamics in aeronautical engineering*, Reston VA: AIAA education series, 1999.
- Lomax, T. L., *Structural loads analysis for commercial transport aircraft; theory and practice*, AIAA education series, 1996.