

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**Implementación de Guías de Ensayo de Laboratorios de  
Análisis Estructural, Dinámica Estructural y Mecánica de  
Materiales**

**Sistematización de Experiencias prácticas de investigación y/o intervención.**

**Dennisse Solange Mariño Terán**

**Ingeniería Civil**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de Ingeniera Civil

Quito, 13 de mayo de 2019

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**  
**COLEGIO CIENCIAS E INGENIERIA**

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Implementación de Guías de Ensayo de Laboratorios; Análisis Estructural,  
Dinámica Estructural y Mecánica de Materiales**

**Dennisse Solange Mariño Terán**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Juan Carlos Pantoja, MS

Firma del profesor

---

Quito, 13 de mayo de 2019

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

---

Nombres y apellidos:

Dennisse Solange Mariño Terán

Código:

00127745

Cédula de Identidad:

1716960354

Lugar y fecha:

Quito, 13 de mayo de 2019

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación lo dedico a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional. Todos mis logros en sus nombres.

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación se basa en la implementación de tres ensayos de laboratorio que complementan los conceptos teóricos que se obtienen en los cursos de Análisis Estructural, Dinámica Estructural y Resistencia de Materiales. Se espera que los estudiantes tengan la oportunidad de observar y comprobar los fenómenos aprendidos en clase por sí mismos.

Además, se propone realizar un manual para profesores y/o técnicos de laboratorio para efectuar los ensayos eficientemente. Mediante estas secuencias didácticas, se busca fomentar la necesidad de los laboratorios y determinar los objetivos específicos desde el punto de vista del docente. Para esto, se ha tomado la formulación de un sistema educativo visual, auditivo y kinestésico que permite el aprendizaje en varias formas y brinda a los estudiantes la oportunidad de involucrarse en la materia con prácticas de laboratorio.

Para cada ensayo, se realiza un estudio de los materiales y equipos necesarios para llevarlos a cabo. Se provee la cotización de todos los equipos necesarios en el presente manual y se determina el costo unitario por cada ensayo. Mediante este análisis, se realiza una planificación por etapas para la implementación de los equipos en la universidad.

Se determina que los laboratorios realizados son necesarios para estudiar e inculcar las teorías y los fenómenos en las materias objeto de estudio. Para comprender sus conceptos, es necesario mirar más allá de los libros y la enseñanza en el aula convencional. El aprendizaje eficaz en la ciencia implica ver, manipular objetos y materiales reales. El conocimiento que se adquiere en las aulas sería ineficaz a menos que se observa el proceso y entiendan la relación entre lo teórico y lo real.

*Palabras clave:* Análisis Estructural, Dinámica Estructural, Mecánica de Materiales, Ensayos, Laboratorio, Guías de Docencia

## ABSTRACT

The present thesis study is based on the implementation of three laboratory tests that complement the theoretical concepts obtained in the courses of Structural Analysis, Structural Dynamics and Resistance of Materials. It is expected that students will have the opportunity to observe and verify the phenomena learned in class by themselves.

In addition, it is proposed to make a manual for professors and/or laboratory technicians to carry out the tests efficiently. Through these didactic sequences, it seeks to promote the need for laboratories and determine the specific objectives from the point of view of the teacher. For this, the formulation of a visual, auditory and kinesthetic education system that allows learning in various ways and gives students the opportunity to get involved in the subject with laboratory practices has been taken.

For each test, a study is conducted of the materials and equipment necessary to carry them out. The quotation of all the necessary equipment in this manual is provided and the unit cost for each laboratory experiment is determined. Through this analysis, a step-by-step planning is carried out for the implementation of the machines in the university.

It is determined that the laboratories performed are necessary to study and inculcate the theories and phenomena in the subjects under study. To understand their concepts, it is necessary to look beyond books and teaching in the conventional classroom. Effective learning in science involves seeing and manipulating real objects and materials. The knowledge acquired in the classroom would be ineffective unless the process is observed and they understand the relationship between the theoretical and the real.

Keywords: Structural Analysis, Structural Dynamics, Materials Mechanics, Essays, Laboratory, Teaching Guides.

## Tabla de contenido

<b>CAPÍTULO 1: Introducción .....</b>	<b>10</b>
1.1 Descripción y formulación del problema .....	10
1.2 Antecedentes .....	11
1.3 Formulación del problema .....	11
1.4 Justificación .....	12
1.5 Objetivos .....	12
1.5.1 Objetivo General .....	12
1.5.2 Objetivos Específicos.....	12
<b>CAPÍTULO 2: Manual de PROFESORES .....</b>	<b>14</b>
2.1 Generalidades .....	14
2.2 Secuencias Didácticas de Análisis Estructural.....	15
2.2.1 Laboratorio No. 1 Deflexión de una viga elástica .....	15
2.2.2 Laboratorio No. 2 Reacción horizontal de un pórtico .....	23
2.2.3 Laboratorio No. 3 Fuerzas de una armadura indeterminada .....	31
2.3 Secuencias didácticas de Dinámica Estructural .....	39
2.3.1 Laboratorio No. 1 Decremento logarítmico: Péndulo Invertido .....	39
2.3.2. Laboratorio No. 2 Vibraciones Transitorias: Impulso de un sistema de 1 GDL.....	46
2.3.3 Laboratorio No. 3 Aceleración en la base: Amplificación dinámica de un sistema de 1 GDL .....	54
2.4 Secuencias Didácticas de Mecánica de Materiales.....	62
2.4.1 Laboratorio No. 1 Axial: Cargas de compresión.....	62
2.4.2 Laboratorio No. 2 Torsión: Esfuerzos en el rango elástico .....	70
2.4.3 Laboratorio No. 3 Flexión y Corte .....	78
<b>CAPÍTULO 3: Guías de PRÁCTICAS DE LABORATORIO .....</b>	<b>86</b>
3.1 Generalidades .....	86
3.1.1 Seguridad en el laboratorio .....	86
3.1.2 Grupos de laboratorio.....	87
3.1.3 Asistencia .....	87
3.1.4 Limpieza .....	88
3.1.5 Formato General de Presentación .....	88
3.2 Laboratorios de Análisis Estructural .....	91
3.2.1 Deflexión en una viga isostática: Métodos Geométricos .....	91
3.2.2 Reacción horizontal en un pórtico: Método de Energía .....	97
3.2.3 Fuerzas internas en una armadura indeterminada: Método de Fuerza.....	103

3.3 Dinámica Estructural.....	108
3.2.1 Decremento logarítmico: Péndulo Invertido .....	108
3.3.2 Vibraciones Transitorias: Impulso de un sistema de 1 GDL.....	113
3.3.3. Aceleración en la base: Amplificación dinámica de un sistema de 1 GDL .....	119
3.4 Mecánica de Materiales.....	125
3.4.1 Axial: Cargas de compresión .....	125
3.4.2 Torsión: Esfuerzos en el rango elástico.....	129
3.4.3 Flexión y Corte .....	133
<b>Capítulo 4: PRESUPUESTO.....</b>	<b>137</b>
4.1 Planificación inicial.....	137
4.2 Análisis Estructural.....	137
4.3 Dinámica Estructural.....	139
4.4 Mecánica de Materiales.....	141
4.5 Costo Global.....	142
<b>Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>143</b>
<b>Referencias Bibliograficas .....</b>	<b>144</b>
<b>Anexo A: costo global .....</b>	<b>145</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Nomenclatura de la viga .....	95
Ilustración 2 Esquema de aplicación de cargas y distribución de apoyos .....	95
Ilustración 3 Esquema de nomenclatura de las barras .....	100
Ilustración 4 Esquema del pórtico.....	100
Ilustración 5 Diagrama de cuerpo libre del pórtico .....	102
Ilustración 6 Geometría de la armadura.....	106
Ilustración 7 Péndulo invertido .....	111
Ilustración 8 Decremento logarítmico. (García, 1998) .....	115
Ilustración 9 Fuerza de impulso. (García, 1998).....	115
Ilustración 10 Respuesta a un Impulso. (García, 1998) .....	115
Ilustración 11 Configuración de la base (A. Vista Frontal, B. Vista Lateral Derecha, C. Vista superior, D. Modelo 3D).....	116
Ilustración 12 Pórtico. A. Vista Frontal. B. Vista Inferior. C. Vista superior. D. Modelo 3D.....	117
Ilustración 13 Modelo 3D .....	117
Ilustración 14 Decremento logarítmico. ....	120
Ilustración 15 Fuerza armónica del sistema no amortiguado. Fuente: (Chopra, 2014) .....	121
Ilustración 16 Amplificación dinámica del desplazamiento, de la velocidad y aceleración respectivamente. Fuente: (Chopra, 2014) .....	122
Ilustración 17 Vista frontal del espécimen.....	123
Ilustración 18 Vista lateral del espécimen .....	123
Ilustración 19 Maquina de ensayos universal.....	128
Ilustración 20 Eje circular bajo torsión.....	130
Ilustración 21 Equipo de torsión .....	132
Ilustración 22 Diagrama Torque máximo .....	132
Ilustración 23 Sección transversal de análisis.....	134
Ilustración 24 Esquema de la viga .....	134
Ilustración 25 Esquema del ensayo.....	136
Ilustración 26 Costos Análisis Estructural, Laboratorio No. 1 .....	138
Ilustración 27 Costos Análisis Estructural, Laboratorio No. 2 .....	138
Ilustración 28 Costos Análisis Estructural, Laboratorio No. 3 .....	138
Ilustración 29 Costos Dinámica Estructural, Laboratorio No. 1.....	139
Ilustración 30 Costos Dinámica Estructural, Laboratorio No. 2.....	140
Ilustración 31 Costos Dinámica Estructural, Laboratorio No. 3.....	140
Ilustración 32 Costos Mecánica de Materiales, Laboratorio No. 1.....	141
Ilustración 33 Costos Mecánica de Materiales, Laboratorio No. 2.....	141
Ilustración 34 Costos Mecánica de Materiales, Laboratorio No. 3.....	141

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Descripción y formulación del problema

El presente trabajo tiene como objetivo proveer guías para la implementación de una rama experimental en los cursos de Análisis Estructural, Dinámica Estructural y Mecánica de Materiales. Una estructura es una serie de elementos conectados que conforman un solo sistema. El sistema debe resistir una serie de efectos de cargas externas a las que son sometidas. Además, deben proporcionar una rigidez adecuada, tomando en cuenta no solo la resistencia de la estructura sino la seguridad y confort de los usuarios. Los cursos por analizar incluyen Mecánica de Materiales, Análisis Estructural y Dinámica Estructural.

Para comprender la respuesta de una estructura, debemos conocer los materiales que la conforman, esto incluye sus propiedades, características, sus ventajas y desventajas, esto determina como la estructura se comporta bajo cualquier tipo o serie de cargas. En el curso de mecánica de materiales se examina el estado de reposo de los cuerpos sometidos a fuerzas. Un cuerpo deformable es un cuerpo sólido que cambia de tamaño o forma como resultado de las cargas aplicadas o como resultado de cambios de temperatura. El estudio de cuerpos deformables implica el equilibrio de fuerzas, el comportamiento del material, la geometría del espécimen y se determina resistencia, rigidez y estabilidad de un cuerpo.

Mediante el análisis estructural, se utiliza métodos para determinar como una estructura y sus miembros se comportan bajo una carga estática. Esto incluye la determinación de las deflexiones, giros, y fuerzas internas.

La dinámica estructural estudia el comportamiento de los sistemas estructurales que son sometidas a cargas o excitaciones dinámicas. Esto engloba, el análisis de movimiento de las estructuras bajo cargas de origen dinámico

Para cada una de las materias objeto de estudio se realiza tres guías de prácticas de laboratorio para estudiantes y docentes. Se selecciona los fenómenos a estudiar, determinando los temas fundamentales de cada curso y diseñando una práctica orientada hacia la ingeniería civil.

Además, se realiza el presupuesto incluyendo la planificación, la implementación de los equipos y materiales necesarios para llevar a cabo este proyecto.

## 1.2 Antecedentes

Actualmente, existen manuales de ensayo de laboratorios en varias universidades. En el 2010, la universidad de Tennessee realizo un manual de análisis estructural 1, 2 y mecánica de materiales. Además, en el año 2012 hasta el 2015, se implementó por primera vez un laboratorio de estructuras en Dev Bhoomi Institute of Technology (Department of Civil Engineering, s.f.). Estos trabajos sirven como una iniciativa para la realización del primer laboratorio de estructuras en la Universidad San Francisco de Quito. Sirviendo como conocimiento complementario para la elaboración de los ensayos y se reflejará en las practicas diseñadas en la rama de Análisis Estructural. Finalmente, es necesario mencionar que se utiliza el trabajo de titulación “Elaboración de guías de ensayo para laboratorio de materiales y hormigón endurecido” por el autor Diego Benítez, en el cual se realizó guías para laboratorio de hormigón.

## 1.3 Formulación del problema

Durante un análisis del sílabus de contenido de las materias objeto de estudio de la Universidad San Francisco de Quito, se observa la necesidad de un componente de laboratorio. Se propone entonces aprender ciencias experimentales mediante ensayos en

laboratorio, ya que los conceptos teóricos y las relaciones introducidas en la parte de la clase del curso describen la naturaleza general y el comportamiento de los fenómenos reales mientras que en laboratorio se demuestran. Además, es importante que los estudiantes tengan la oportunidad de verificar sus ideas por sí mismos.

#### 1.4 Justificación

Debido a lo anteriormente mencionado, se requiere diseñar ensayos de laboratorio para los estudiantes de ingeniería civil, en los cursos de Análisis estructural, Dinámica Estructural y Mecánica de materiales. Se propone involucrar al estudiante de una manera visual, auditiva y kinestésica, según las teorías de Manzano y Bloom (Marzano, 2015). Se facilita el aprendizaje de los alumnos mediante un manual con guías didácticas acerca del desarrollo de los laboratorios.

#### 1.5 Objetivos

##### *1.5.1 Objetivo General*

Implementar los procedimientos para elaborar 3 ensayos de laboratorio de las materias Análisis Estructural, Dinámica Estructural y Mecánica de Materiales.

##### *1.5.2 Objetivos Específicos*

- Determinar los temas fundamentales en cada asignatura los cuales serán objeto de cada ensayo de laboratorio.

- Dar instrucciones precisas y claras a los estudiantes, asistentes de laboratorio e instructores para realizar y comprender las prácticas de laboratorio de análisis estructural.
- Redactar las guías de laboratorio, incluyendo objetivos, geometría, propiedades del modelo de estudio, datos experimentales obtenidos y resultados esperados.

## **CAPÍTULO 2: MANUAL DE PROFESORES**

### 2.1 Generalidades

En el presente manual de profesores, se busca identificar la necesidad detrás de los laboratorios a diseñar. Mediante las secuencias didácticas, se busca porque es necesario realizar cada laboratorio mediante las competencias a desarrollar y fortalecer. Además, se organiza los laboratorios por etapas y se determina los objetivos específicos de cada una. A través de los objetivos específicos, se determina en qué nivel taxonómico de aprendizaje se está trabajando, de tal manera que se logra obtener al menos un nivel 4.

Luego, se describe a detalle todos los pasos del laboratorio, los materiales didácticos y de laboratorio, las pruebas cortas, la duración, entre otros. Finalmente, se explica los resultados esperados de cada laboratorio, los entregables y las estrategias de evaluación.

## 2.2 Secuencias Didácticas de Análisis Estructural

### 2.2.1 Laboratorio No. 1 Deflexión de una viga elástica

#### SECUENCIA DIDÁCTICA

##### Laboratorio No. 1 Deflexión de una viga elástica

#### I. Competencia a desarrollar o fortalecer:

El estudiante será capaz de obtener las deflexiones y giros de una viga isostática experimentalmente en el laboratorio y además teóricamente mediante el método de doble integración, el método de superposición, el método de viga conjugada y el método de área - momento. También, el estudiante podrá plantear metodologías para la verificación y cálculo de deflexiones en sistemas de vigas estructurales. Además, podrá emplear deformímetros en el laboratorio y analizar los resultados medidos. Finalmente, será capaz de comparar el comportamiento idealizado de una estructura real con la teoría y concluir acerca de los mismos.

II. **Objetivo general de aprendizaje:** Al finalizar la sesión el estudiante podrá entender los métodos geométricos discutidos en clase y verificarlos experimentalmente en el laboratorio de estructuras.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 1:** Al finalizar la primera etapa el estudiante será capaz de:

- Enlistar los diferentes métodos geométricos.
- Distinguir los diferentes métodos geométricos con sus respectivas características, ecuaciones y condiciones.
- Calcular la deflexión y el giro de una viga simplemente apoyada en el laboratorio.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 2:** Al finalizar la segunda etapa, el estudiante será capaz de:

- Calcular las deflexiones y giros de una viga simplemente apoyada experimentalmente.
- Comparar los métodos geométricos
- Analizar los resultados obtenidos experimental y teóricamente.

#### Nivel taxonómico:

**Dominio de Conocimiento:** A.4 *Información - Generalizaciones*; A.5 *Información - Principios*

**Nivel de Pensamiento:** 1.1 *Recuperación – Reconocimiento*; 1.2 *Recuperación – Recuerdo* 2.2 *Comprensión – Simbolización*; 3.1 *Análisis – Asociación*; 3.2 *Análisis – Clasificación*.

**Contenido temático:** Primer Capítulo: Métodos geométricos de análisis estructural.

**Descripción de la actividad:**

Previo a la sesión: El docente pide a los estudiantes que realicen el preparatorio de laboratorio usando como marco teórico lo revisado en la materia de la clase de teoría. Además, el docente pide a los estudiantes que realicen la lectura de las paginas 230-234 (Capítulo 6: Métodos geométricos) del libro “*Structural Analysis 4th Edición*” de Aslam Kassimali. De esta fase, el estudiante individualmente debe entregar al inicio del laboratorio los trabajos de preparación de laboratorio.

- a) El trabajo de preparación es derivar las ecuaciones según lo especificados en su manual de laboratorio, para la viga brindada. El estudiante debe entregar este trabajo al iniciar la sesión caso contrario no podrá realizar la sesión del laboratorio.
- b) Al inicio del laboratorio se genera un quiz. Se realiza la siguiente pregunta, “Cuales son los teoremas que se evaluarán en la práctica y enliste sus características”. El estudiante deberá mencionar cada método geométrico, resumiendo las características para cada uno.

Antes de iniciar la sesión los estudiantes deben entregar sus preparatorios para ser revisados por el instructor. NOTA: este preparatorio tendrá una nota de P o F y recibe un porcentaje a la nota final de la práctica.

La sesión está dividida en dos partes: a) Se realizan grupos de 5 estudiantes en donde cada grupo revisa su trabajo de preparación. Esta primera parte se realiza con ayuda del instructor, asegurándose de que todos tengan bien las ecuaciones y ayudando a los que tengan algún error. Mediante una serie de imágenes, el docente presenta el esquema a utilizar en el laboratorio para que cada grupo prepare sus materiales. b) Los grupos realizarán sus prácticas, obteniendo los resultados y observaciones necesarias con la supervisión del docente.

**Instrucciones de la actividad:****PARTE I: Introducción a la práctica.**

- Se forman grupos aleatorios de 5 integrantes. Cada grupo recibe una hoja guía donde se especifica las instrucciones para realizar el experimento.
- Cada integrante del grupo lee las instrucciones de la hoja guía.
- Cada grupo tiene formuladas las ecuaciones de desplazamiento y giro por cuatro (4) métodos geométricos.
- El docente describe la práctica a realizar, aclarar cualquier duda y proveer los materiales a los grupos. También, pide a los estudiantes que preparen el experimento según el esquema del manual.

**PARTE II: Desarrollo de la practica**

- El docente deja que cada grupo realice la práctica y adquiera los datos establecidos en el manual del laboratorio.
- En los grupos formados para la PARTE I, los estudiantes podrán determinar la deflexión de la viga según los conocimientos adquiridos previos a la sesión y en la PARTE I de la actual.
- Enfocándose en los estudiantes que respondieron incorrectamente, el docente pide a los estudiantes que analicen los resultados obtenidos y que expliquen por qué la respuesta es



similar o diferente a la teoría, de manera que la solución se genere de los estudiantes directamente.

- Una vez que el docente identifique que los estudiantes comprenden el porqué de la respuesta correcta y que haya una comprensión profunda, los estudiantes pueden retirarse del laboratorio.

#### **Estrategias de autodirección que se fomentan:**

- Se busca que el estudiante despierte la curiosidad acerca de los elementos que rodean su entorno. Al permitirle analizar el comportamiento de una viga ante cargas, logran comprender los métodos y teorías aprendidos en clase de una forma física.
- La actividad colaborativa en la que los estudiantes trabajan con los compañeros de su grupo para desarrollar la práctica activa el Sistema Self (Marzano, 2005) para la examinación de la importancia y eficiencia de lo que se va a aprender. Si el estudiante encuentra alguna utilidad en la materia, es probable que sienta mayor motivación para aprenderla.
- Cuando los estudiantes realizan el preparatorio del laboratorio de forma individual y comparten sus resultados con otros estudiantes, identifican posibles errores en sus resultados para luego corregirlas. Esta actividad activa el Sistema Metacognitivo de cada estudiante (Marzano, 2005), y le permite monitorear sus procesos de pensamiento de forma autorregulada.

#### **Materiales didácticos:**

- Marcadores de tiza líquida y pizarra
- Proyector
- Manual de los estudiantes
- Secuencia didáctica
- Rubricas de calificación
- Computador personal por grupo

#### **Materiales de laboratorio:**

- Aparato del teorema de Maxwell y Betti
- Regla
- Masas
- Computadora
- Excel
- Pasco Capstone site license
- Sensor de deformación Pasco
- Equipo Pasco 850 Interfaz Universal

**Modalidad:** Trabajo en casa y Presencial

PREVIO A LA SESIÓN: El estudiante realiza el preparatorio de laboratorio de forma individual  
 PARTE I: Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de cinco (5) con guía del

docente).

PARTE II: Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de cinco (5) con guía del docente).

DESPUES DE LA SESIÓN: Los estudiantes trabajan en grupo para realizar el informe del laboratorio según los lineamientos del manual de la práctica.

**Duración:**

TOTAL: 6 horas.

PREVIO A LA SESIÓN: 2 horas / PARTE I: 30 min / PARTE II: 90 min/

DESPUES DE LA SESIÓN: 2 horas

**Espacio y periodo de realización:**

PREVIO A LA SESIÓN: En casa. / PARTE I: En el laboratorio de estructuras. / PARTE II: En el laboratorio de estructuras. / DESPUES DE LA SESIÓN: En casa

**Mecanismo de evaluación:**

Evaluación diagnóstica sumativa. El docente califica el preparatorio del laboratorio de cada estudiante antes de iniciar la clase obteniendo una evaluación diagnóstica inicial de la comprensión de la temática contenida en la lectura. De esta primera parte se obtiene una calificación sumativa que hace parte del porcentaje de *laboratorios* dentro de la rúbrica de calificaciones de laboratorio del curso.

Evaluación formativa. El docente observa la dinámica de la clase y retroalimenta inmediatamente cuando identifica que algún estudiante o grupo demuestra un entendimiento erróneo de algún concepto y alienta a los estudiantes o grupos que muestran un avance y comprensión significativa.

La actividad de cierre es el informe del laboratorio y es parte fundamental de la evaluación formativa, ya que le permite al grupo de estudiantes trabajar en equipo para así reafirmar sus conceptos. De esta última parte se obtiene una autoevaluación y una coevaluación de los integrantes del grupo de trabajo. Esta calificación hace parte del porcentaje dentro de la rúbrica de calificaciones del curso.

**Medio y fecha de entrega:** Entrega del preparatorio antes de comenzar la clase, Dentro de una semana el informe del laboratorio completo.

2.2.2 Rubrica de calificación de Análisis Estructural, Laboratorio No. 1 Deflexión de una viga elástica

<b>Rubrica</b>					
<b>Titulo</b>	<b>NIVEL 1</b>	<b>NIVEL 2</b>	<b>NIVEL 3</b>	<b>Requisito</b>	<b>Total</b>
Caratula	El trabajo tiene una caratula que contiene: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (1)	El trabajo tiene una caratula, pero le falta menos de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0.8)	El trabajo no tiene una caratula o no contiene más de más de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0)	1 pagina	1
Introducción	Tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. Explica claramente de que se trata este experimento. (3)	Tiene un párrafo introductorio sobre el tema de la práctica. No explica claramente de que se trata este experimento. (1,5)	No tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. (0)	1/2 pagina	3
Objetivos	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (3)	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas, pero no resumen los propósitos o metas a cumplir. (1,5)	No tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (0)	1/2 pagina	3
Materiales	Describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. Si es necesario, provee un esquema de la preparación del laboratorio, con dimensiones, masas, etc. (3)	Describe el 75% de todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (1,5)	Describe menos del 50% o no describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (0)	1/2- 1 pagina	3
Procedimiento	Describe todos los pasos que se grupo siguió para completar la	Describe el 75% todos los pasos que se grupo siguió para completar la	Describe menos del 50% o no describe los pasos que se grupo	1/2 pagina	5

	<p>practica</p> <p>No copia los pasos del manual, explica el procedimiento exacto que siguió. (5)</p>	practica	siguió para completar la practica		
Resultados	<p>Explique brevemente la teoría detrás del experimento, ¿que se asumió? ¿Qué tan valido es esto?</p> <p>Explique las ecuaciones utilizadas de métodos geométricos y detalle los cálculos necesarios, cualquier tabla, figura o cuadro de apoyo puede poner en los anexos y únicamente referirlo en su informe. Se debe tener resultados experimentales y resultados teóricos. Cuide las unidades. (25)</p>	<p>Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son similares a los otros métodos geométricos. (15)</p>	<p>No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son incoherentes con los otros métodos geométricos. (10)</p>	1 pagina	25
Análisis	<p>Analice los resultados obtenidos. Cada ítem (Tabla, grafico o resultados) debe tener una explicación,</p>	<p>Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Muestra las tablas y las gráficas, pero no hay un análisis profundo del tema.</p>	<p>No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No tiene todas as tablas ni las</p>	1 pagina	20

	<p>interpretación o análisis. El gráfico de la deflexión vs carga debe estar dentro del rango lineal, explique.</p> <p>Utilice herramientas estadísticas para encontrar, máximos, mínimos, tendencias, porcentajes de error, desviación estándar entre otros, y de tal manera compare y explique sus resultados. (20)</p>	(12)	gráficas que pide el lab. El análisis es inexistente o muy incompleto. (0)		
Recomendaciones	<p>Analice los errores. Los problemas en el procedimiento, preparación o materiales.</p> <p>¿Qué causó el error? ¿Como se puede mejorar el experimento?</p>	<p>Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Menciona errores, pero no pone recomendaciones. (5)</p>	<p>No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No menciona todos los errores ni pone recomendaciones adecuadas. (0)</p>	1/2 pagina	10
Conclusiones	<p>¿Se logro cumplir los objetivos? Compare sus resultados teóricos con los experimentales.</p> <p>Compare los distintos métodos geométricos pros y contras.</p> <p>Como se comparó con sus expectativas iniciales</p>	<p>Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente o las conclusiones son deficientes. (10)</p>	<p>No realiza o cumpla menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente o no tiene conclusiones. (0)</p>	1 pagina	15

	¿Que aprendió del experimento?				
Referencias	Pone todas las citas según las normas APA (2)	No cita correctamente. (1)	No cita (0)	-	2
Apéndices	Pone fotos del experimento, tablas de ayuda. (3)	No pone todas las fotos del experimento, tablas de ayuda. (1,5)	No pone fotos del experimento ni tablas de ayuda. (0)	-	3
Preguntas Pre-Lab	Realice la preparación del laboratorio. ¡Si no hace el prelab NO podrá entregar el informe! (10)	No realiza la preparación del laboratorio. No podrá hacer informe (0)		1 pagina	10

### 2.2.3 Laboratorio No. 2 Reacción horizontal de un pórtico

#### SECUENCIA DIDÁCTICA Laboratorio No. 2 Reacción horizontal de un pórtico

##### **Competencia a desarrollar o fortalecer:**

El estudiante será capaz de obtener las reacciones horizontales de un pórtico indeterminado experimentalmente en el laboratorio y además teóricamente mediante el método de Castigliano. También, el estudiante podrá plantear metodologías para la verificación y cálculo de deflexiones en sistemas de pórticos estructurales. Además, podrá emplear el software de adquisición de datos en el laboratorio y analizar los resultados medidos. Finalmente, será capaz de comparar el comportamiento idealizado de una estructura real con la teoría y concluir acerca de los mismos.

**Objetivo general de aprendizaje:** Al finalizar la sesión el estudiante podrá entender a profundidad como calcular deflexiones con el método de Castigliano y verificarlo experimentalmente en el laboratorio de estructuras.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 1:** Al finalizar la primera etapa el estudiante será capaz de:

- Enlistar las condiciones y la metodología del teorema de Castigliano.
- Comparar el método de Castigliano con el método de Trabajo Energía.
- Calcular la reacción horizontal de un pórtico indeterminado teóricamente.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 2:** Al finalizar la segunda etapa, el estudiante será capaz de:

- Calcular la reacción horizontal de un pórtico indeterminado experimentalmente.
- Distinguir los errores y las condiciones del experimento en el laboratorio
- Analizar los resultados obtenidos experimental y teóricamente.

##### **Nivel taxonómico:**

**Dominio de Conocimiento:** A.4 Información - Generalizaciones; A.5 Información - Principios

**Nivel de Pensamiento:** 1.1 Recuperación – Reconocimiento; 1.2 Recuperación – Recuerdo 2.2 Comprensión – Simbolización; 3.1 Análisis – Asociación; 3.2 Análisis – Clasificación.

**Contenido temático:** Segundo Capítulo: Métodos de trabajo y energía de análisis estructural.

**Descripción de la actividad:**

Previo a la sesión: El docente pide a los estudiantes que realicen el preparatorio de laboratorio usando como marco teórico lo revisado en la materia de la clase de teoría. Además, el docente pide a los estudiantes que realicen la lectura de las páginas 316-325 (Capítulo 7: Métodos de trabajo y energía; sección 7: Segundo teorema de Castigliano) del libro “*Structural Analysis 4th Edición*” de Aslam Kassimali. De esta fase, el estudiante individualmente debe entregar al inicio del laboratorio los trabajos de preparación de laboratorio.

- a) El trabajo de preparación es derivar las ecuaciones según lo especificados en su manual de laboratorio, para el pórtico brindado. El estudiante debe entregar este trabajo al iniciar la sesión caso contrario no podrá realizar la sesión del laboratorio.
- b) Al inicio del laboratorio se genera un quiz. Se realiza la siguiente pregunta, “Compare las características del método de Castigliano y Trabajo Virtual”. El estudiante deberá enlistar las características para cada uno y analizar.

Antes de iniciar la sesión los estudiantes deben entregar sus preparatorios para ser revisados por el instructor. NOTA: este preparatorio tendrá una nota de P o F, y recibe un porcentaje a la nota final de la práctica.

La sesión está dividida en dos partes: a) Se realizan grupos de 5 estudiantes en donde cada grupo debe revisar su trabajo de preparación. Esta primera parte se realiza con ayuda del instructor, asegurándose de que todos tengan bien las ecuaciones y ayudando a los que tengan algún error. Mediante una serie de imágenes, el docente presenta el esquema a utilizar en el laboratorio para que cada grupo prepare sus materiales. b) Los grupos realizarán sus prácticas, obteniendo los resultados y observaciones necesarias con la supervisión del docente.

**Instrucciones de la actividad:**

PARTE I: Introducción a la práctica.

- Se forman grupos aleatorios de 5 integrantes. Cada grupo recibe una hoja guía donde se especifica las instrucciones para realizar el experimento.
- Cada integrante del grupo lee las instrucciones de la hoja guía.
- Cada grupo tiene formuladas las ecuaciones de la reacción horizontal en los apoyos para el método de energía especificado.
- El docente describe la práctica a realizar, aclara cualquier duda y provee los materiales a los grupos. También, pide a los estudiantes que preparen el experimento según el esquema del manual.

PARTE II: Desarrollo de la práctica

- El docente deja que cada grupo realice la práctica y adquiera los datos establecidos en el manual del laboratorio.
- En los grupos formados para la PARTE I, los estudiantes determinan las reacciones horizontales del pórtico con ayuda del dispositivo, según los conocimientos adquiridos previos a la sesión y en la PARTE I de la actual.



- Enfocándose en los estudiantes que respondieron incorrectamente, el docente pide a los estudiantes que analicen los resultados obtenidos y que expliquen por qué la respuesta es similar o diferente a la teoría, de manera que la solución se genere de los estudiantes directamente.
- Una vez que el docente identifique que los estudiantes comprenden el porqué de la respuesta correcta y que haya una comprensión profunda, los estudiantes pueden retirarse del laboratorio.

#### **Estrategias de autodirección que se fomentan:**

- Se busca que el estudiante despierte la curiosidad acerca de los elementos que rodean su entorno. Al permitirle analizar el comportamiento de un pórtico ante cargas visualmente, logran comprender los métodos y teorías aprendidos en clase de una forma física.
- La actividad colaborativa en la que los estudiantes trabajan con los compañeros de su grupo para desarrollar la práctica activa el Sistema Self (Marzano, 2005) para la examinación de la importancia y eficiencia de lo que se va a aprender. Si el estudiante encuentra alguna utilidad en la materia, es probable que sienta mayor motivación para aprenderla.
- Cuando los estudiantes realizan el preparatorio del laboratorio de forma individual y comparten sus resultados con otros estudiantes, identifican posibles errores en sus clasificaciones para luego corregirlas. Esta actividad activa el Sistema Metacognitivo de cada estudiante (Marzano, 2005), y le permite monitorear sus procesos de pensamiento de forma autorregulada.

#### **Materiales didácticos:**

- Marcadores de tiza líquida y pizarra
- Computadora
- Proyector
- Manual de los estudiantes
- Secuencia didáctica
- Rubricas.
- Computador personal por grupo.

#### **Materiales de laboratorio:**

- Base universal TECQuiment
- Unidad de adquisición de datos TECQuiment
- Pórtico STR18
- Portamasas
- Masas
- Regla
- Computadora
- Software estructural de TecQuiment
- Excel

**Modalidad:** Trabajo en casa y Presencial

PREVIO A LA SESIÓN: El estudiante realiza el preparatorio de laboratorio de forma individual

PARTE I: Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de cinco (5) con guía del docente).

PARTE II: Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de cinco (5) con guía del docente).

DESPUES DE LA SESIÓN: Los estudiantes trabajan en grupo para realizar el informe del laboratorio según los lineamientos del manual de la práctica.

**Duración:**

TOTAL: 6 horas.

PREVIO A LA SESIÓN: 2 horas / PARTE I: 30 min / PARTE II: 90 min/

DESPUES DE LA SESIÓN: 2 horas

**Espacio y periodo de realización:**

PREVIO A LA SESIÓN: En casa. / PARTE I: En el laboratorio de estructuras. / PARTE II: En el laboratorio de estructuras. / DESPUES DE LA SESIÓN: En casa

**Mecanismo de evaluación:**

Evaluación diagnóstica sumativa. El docente califica el preparatorio del laboratorio de cada estudiante antes de iniciar la clase obteniendo una evaluación diagnóstica inicial de la comprensión de la temática contenida en la lectura. De esta primera parte se obtiene una calificación sumativa que hace parte del porcentaje de *laboratorios* dentro de la rúbrica de calificaciones de laboratorio del curso.

Evaluación formativa. El docente observa la dinámica de la clase y retroalimenta inmediatamente cuando identifica que algún estudiante o grupo demuestra un entendimiento erróneo de algún concepto y alienta a los estudiantes o grupos que muestran un avance y comprensión significativa.

La actividad de cierre es el informe del laboratorio y es parte fundamental de la evaluación formativa, ya que le permite al grupo de estudiantes trabajar en equipo para así reafirmar sus conceptos. De esta última parte se obtiene una autoevaluación y una coevaluación de los integrantes del grupo de trabajo. Esta calificación hace parte del porcentaje dentro de la rúbrica de calificaciones del curso.

**Medio y fecha de entrega:** Entrega del preparatorio antes de comenzar la clase, Dentro de una semana el informe del laboratorio completo.

*Rubrica de calificación de Análisis Estructural, Laboratorio No. 2 Reacción horizontal de un pórtico*

<b>Rubrica</b>					
<i>Titulo</i>	<i>NIVEL 1</i>	<i>NIVEL 2</i>	<i>NIVEL 3</i>	<i>Requisito</i>	<i>Total</i>
Caratula	El trabajo tiene una caratula que contiene: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (1)	El trabajo tiene una caratula, pero le falta menos de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0.8)	El trabajo no tiene una caratula o no contiene más de más de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0)	1 pagina	1
Introducción	Tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. Explica claramente de que se trata este experimento. (3)	Tiene un párrafo introductorio sobre el tema de la práctica. No explica claramente de que se trata este experimento. (1,5)	No tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. (0)	1/2 pagina	3
Objetivos	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (3)	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas, pero no resumen los propósitos o metas a cumplir. (1,5)	No tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (0)	1/2 pagina	3
Materiales	Describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. Si es necesario, provee un esquema de la preparación del	Describe el 75% de todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (1,5)	Describe menos del 50% o no describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (0)	1/2- 1 pagina	3

	laboratorio, con dimensiones, masas, etc. (3)				
Procedimiento	Describe todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica No copia los pasos del manual, explica el procedimiento exacto que siguió. (5)	Describe el 75% todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica	Describe menos del 50% o no describe los pasos que se grupo siguió para completar la practica	1/2 pagina	5
Resultados	Explique brevemente la teoría detrás del experimento, ¿que se asumió? ¿Qué tan valido es esto? Explique las ecuaciones utilizadas del teorema de Castigliano y detalle los cálculos necesarios, cualquier tabla, figura o cuadro de apoyo puede poner en los anexos y únicamente referirlo en su informe. Se debe tener resultados experimentales y resultados teóricos. Cuide las unidades. (25)	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son similares a los otros métodos geométricos. (15)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son incoherentes con los otros métodos geométricos. (10)	1 pagina	25

Análisis	Analice los resultados obtenidos. Cada ítem (Tabla, grafico o resultados) debe tener una explicación, interpretación o análisis. El grafico de la reacción vs carga debe estar dentro del rango lineal, explique.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Muestra las tablas y las gráficas, pero no hay un análisis profundo del tema. (12)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No tiene todas as tablas ni las gráficas que pide el lab. El análisis es inexistente o muy incompleto. (0)	1 pagina	20
	Utilice herramientas estadísticas para encontrar, máximos, mínimos, tendencias, porcentajes de error, desviación estándar entre otros, y de tal manera compare y explique sus resultados. (20)				
Recomendaciones	Analice los errores. Los problemas en el procedimiento, preparación o materiales.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Menciona errores, pero no pone recomendaciones. (5)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No menciona todos los errores ni pone recomendaciones adecuadas. (0)	1/2 pagina	10
	¿Qué causo el error? ¿Como se puede mejorar el experimento?				
Conclusiones	¿Se logro cumplir los objetivos?	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas	No realiza o cumple menos del 50% de las	1 pagina	15

	Compare sus resultados teóricos con los experimentales.	anteriormente o las conclusiones son deficientes. (10)	condiciones mencionadas anteriormente o no tiene conclusiones. (0)		
	Compare los distintos métodos geométricos y los de energía, pros y contras.				
	Como se comparó con sus expectativas iniciales				
	¿Que aprendió del experimento?				
Referencias	Pone todas las citas según las normas APA (2)	No cita correctamente. (1)	No cita (0)	-	2
Apéndices	Pone fotos del experimento, tablas de ayuda. (3)	No pone todas las fotos del experimento, tablas de ayuda. (1,5)	No pone fotos del experimento ni tablas de ayuda. (0)	-	3
Preguntas Pre-Lab	Realice la preparación del laboratorio. ¡Si no hace el prelab NO podrá entregar el informe! (10)	No realiza la preparación del laboratorio. No podrá hacer informe (0)		1 pagina	10

### 2.2.3 Laboratorio No. 3 Fuerzas de una armadura indeterminada

## SECUENCIA DIDÁCTICA

### Laboratorio No. 3 Fuerzas de una armadura indeterminada

#### Competencia a desarrollar o fortalecer:

El estudiante será capaz de obtener las fuerzas de una armadura indeterminada experimentalmente en el laboratorio y además teóricamente mediante el método de fuerzas/ deformaciones consistentes. También, el estudiante podrá plantear metodologías para la verificación y cálculo de deflexiones en sistemas de armaduras estructurales. Además, podrá emplear el software de adquisición de datos en el laboratorio y analizar los resultados medidos. Finalmente, será capaz de comparar el comportamiento idealizado de una estructura real con la teoría y concluir acerca de los mismos.

**Objetivo general de aprendizaje:** Al finalizar la sesión el estudiante podrá entender como calcular con el método de deformaciones consistentes según lo discutido en clase y verificarlo experimentalmente en el laboratorio de estructuras.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 1:** Al finalizar la primera etapa el estudiante será capaz de:

- Enlistar las condiciones y asunciones del método de deformaciones consistentes.
- Comparar el método de deformaciones consistentes con los métodos de energía.
- Calcular las fuerzas de cada miembro de una armadura indeterminada teóricamente.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 2:** Al finalizar la segunda etapa, el estudiante será capaz de:

- Calcular las fuerzas de cada miembro de una armadura indeterminada experimentalmente.
- Distinguir los errores y las condiciones del experimento en el laboratorio
- Analizar los resultados obtenidos experimental y teóricamente.
- Observar la distribución de fuerzas internas dentro de una armadura.

#### Nivel taxonómico:

**Dominio de Conocimiento:** A.4 Información - Generalizaciones; A.5 Información - Principios

**Nivel de Pensamiento:** 1.1 Recuperación – Reconocimiento; 1.2 Recuperación – Recuerdo 2.2 Comprensión – Simbolización; 3.1 Análisis – Asociación; 3.2 Análisis – Clasificación.

**Contenido temático:** Cuarto Capítulo: Métodos de fuerza de análisis estructural.

**Descripción de la actividad:**

Previo a la sesión: El docente pide a los estudiantes que realicen el preparatorio de laboratorio usando como marco teórico lo revisado en la materia de la clase de teoría. Además, el docente pide a los estudiantes que realicen la lectura de las paginas 316-325 (Capítulo 13: Métodos de deformación consistentes-Método de Fuerza; sección 1 y 2: Estructuras con 1 GDL) del libro “*Structural Analysis 4th Edición*” de Aslam Kassimali. De esta fase, el estudiante individualmente debe entregar al inicio del laboratorio los trabajos de preparación de laboratorio.

- c) El trabajo de preparación es derivar las ecuaciones según lo especificados en su manual de laboratorio, para la armadura brindada. El estudiante debe entregar este trabajo al iniciar la sesión caso contrario no podrá realizar la sesión del laboratorio.
- d) Al inicio del laboratorio se genera un quiz. Se realiza la siguiente pregunta, “Calcule los GDL de la siguiente armadura y resuelva por el método de fuerza”. El estudiante deberá calcular el grado de indeterminación y resolver la armadura de la práctica.

Antes de iniciar la sesión los estudiantes deben entregar sus preparatorios a ser revisados por el instructor. NOTE: este preparatorio tendrá una nota de P o F, y recibe un porcentaje a la nota final de la práctica.

La sesión está dividida en dos partes: a) Se realizan grupos de máximo 5 estudiantes en donde cada grupo debe revisar su trabajo de preparación. Esta primera parte se realiza con ayuda del instructor, asegurándose de que todos tengan bien las ecuaciones y ayudando a los que tengan algún error. Mediante una serie de imágenes, el docente presenta el esquema a utilizar en el laboratorio para que cada grupo prepare sus materiales. b) Los grupos realizaran sus prácticas, obteniendo los resultados y observaciones necesarias con la supervisión del docente.

**Instrucciones de la actividad:**

PARTE I: Introducción a la práctica.

- Se forman grupos aleatorios de 5 integrantes. Cada grupo recibe una hoja guía donde se especifica las instrucciones para realizar el experimento.
- Cada integrante del grupo lee las instrucciones de la hoja guía.
- Cada grupo tiene formuladas las ecuaciones del valor de las fuerzas de los miembros de la armadura del sistema primario y el valor de la redundante con el método de fuerza.
- El docente describe la práctica a realizar, aclarar cualquier duda y proveer los materiales a los grupos. También, pide a los estudiantes que preparen el experimento según el esquema del manual.

-

PARTE II: Desarrollo de la practica

- El docente deja que cada grupo realice la práctica y adquiera los datos establecidos en el manual del laboratorio.
- En los grupos formados para la PARTE I, los estudiantes determinan las deformaciones en cada miembro con ayuda del dispositivo y así encontrar las fuerzas internas de la armadura, según los conocimientos adquiridos previos a la sesión y en la PARTE I de la actual.



- Enfocándose en los estudiantes que respondieron incorrectamente, el docente pide a los estudiantes que analicen los resultados obtenidos y que expliquen por qué la respuesta es similar o diferente a la teoría, de manera que la solución se genere de los estudiantes directamente.
- Una vez que el docente identifique que los estudiantes comprenden el porqué de la respuesta correcta y que haya una comprensión profunda, los estudiantes pueden retirarse del laboratorio.

#### **Estrategias de autodirección que se fomentan:**

- Se busca que el estudiante despierte la curiosidad acerca de los elementos que rodean su entorno. Al permitirle analizar el comportamiento de una armadura ante cargas visualmente, logran comprender los métodos y teorías aprendidos en clase de una forma física.
- La actividad colaborativa en la que los estudiantes trabajan con los compañeros de su grupo para desarrollar la practica activa el Sistema Self (Marzano, 2005) para la examinación de la importancia y eficiencia de lo que se va a aprender. Si el estudiante encuentra alguna utilidad en la materia, es probable que sienta mayor motivación para aprenderla.
- Cuando los estudiantes realizan el preparatorio del laboratorio de forma individual y comparten sus resultados con otros estudiantes, identifican posibles errores en sus clasificaciones para luego corregirlas. Esta actividad activa el Sistema Metacognitivo de cada estudiante (Marzano, 2005), y le permite monitorear sus procesos de pensamiento de forma autorregulada.

#### **Materiales didácticos:**

- Marcadores de tiza liquida y pizarra
- Computadora
- Proyector
- Manual de los estudiantes
- Secuencia didáctica
- Rubricas.
- Computador personal por grupo.

#### **Materiales de laboratorio:**

- Base universal TECQuiment
- Unidad de adquisición de datos TECQuiment
- Armadura STR17
- Portamasas
- Masas
- Regla
- Computadora
- Software estructural de TecQuiment
- Excel

**Modalidad:** Trabajo en casa y Presencial

**PREVIO A LA SESIÓN:** El estudiante realiza el preparatorio de laboratorio de forma individual

**PARTE I:** Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de cinco (5) con guía del docente).

**PARTE II:** Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de cinco (5) con guía del docente).

**DESPUES DE LA SESIÓN:** Los estudiantes trabajan en grupo para realizar el informe del laboratorio según los lineamientos del manual de la práctica.

**Duración:**

TOTAL: 6 horas.

PREVIO A LA SESIÓN: 2 horas / PARTE I: 30 min / PARTE II: 90 min/

DESPUES DE LA SESIÓN: 2 horas

**Espacio y periodo de realización:**

PREVIO A LA SESIÓN: En casa. / PARTE I: En el laboratorio de estructuras. / PARTE II: En el laboratorio de estructuras. / DESPUES DE LA SESIÓN: En casa

**Mecanismo de evaluación:**

Evaluación diagnóstica sumativa. El docente califica el preparatorio del laboratorio de cada estudiante antes de iniciar la clase obteniendo una evaluación diagnóstica inicial de la comprensión de la temática contenida en la lectura. De esta primera parte se obtiene una calificación sumativa que hace parte del porcentaje de *laboratorios* dentro de la rúbrica de calificaciones de laboratorio del curso.

Evaluación formativa. El docente observa la dinámica de la clase y retroalimenta inmediatamente cuando identifica que algún estudiante o grupo demuestra un entendimiento erróneo de algún concepto y alienta a los estudiantes o grupos que muestran un avance y comprensión significativa.

La actividad de cierre es el informe del laboratorio y es parte fundamental de la evaluación formativa, ya que le permite al grupo de estudiantes trabajar en equipo para así reafirmar sus conceptos. De esta última parte se obtiene una autoevaluación y una coevaluación de los integrantes del grupo de trabajo. Esta calificación hace parte del porcentaje dentro de la rúbrica de calificaciones del curso.

**Medio y fecha de entrega:** Entrega del preparatorio antes de comenzar la clase, Dentro de una semana el informe del laboratorio completo.

2.2.3.1 Rubrica de calificación de Análisis Estructural, Laboratorio No. 3 Fuerzas de una armadura indeterminada

<b>Rubrica</b>					
<b>Titulo</b>	<b>NIVEL 1</b>	<b>NIVEL 2</b>	<b>NIVEL 3</b>	<b>Requisito</b>	<b>Total</b>
Caratula	El trabajo tiene una caratula que contiene: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (1)	El trabajo tiene una caratula pero le falta menos de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0.8)	El trabajo no tiene una caratula o no contiene más de más de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0)	1 pagina	1
Introducción	Tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. Explica claramente de que se trata este experimento. (3)	Tiene un párrafo introductorio sobre el tema de la práctica. No explica claramente de que se trata este experimento. (1,5)	No tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. (0)	1/2 pagina	3
Objetivos	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (3)	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas, pero no resumen los propósitos o metas a cumplir. (1,5)	No tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (0)	1/2 pagina	3
Materiales	Describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. Si es necesario, provee un esquema de la preparación del laboratorio, con dimensiones, masas, etc. (3)	Describe el 75% de todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (1,5)	Describe menos del 50% o no describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (0)	1/2- 1 pagina	3

Procedimiento	Describe todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica No copia los pasos del manual, explica el procedimiento exacto que siguió. (5)	Describe el 75% todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica	Describe menos del 50% o no describe los pasos que se grupo siguió para completar la practica	1/2 pagina	5
Resultados	Explique brevemente la teoría del método de fuerza para el experimento, que se asumió? ¿Qué tan valido es esto? Explique las ecuaciones utilizadas y detalle los cálculos necesarios, cualquier tabla, figura o cuadro de apoyo puede poner en los anexos y únicamente referirlo en su informe. Se debe tener resultados experimentales y resultados teóricos de las fuerzas internas por barra. Cuide las unidades. (25)	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son similares a los otros métodos geométricos. (15)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son incoherentes con los otros métodos geométricos. (10)	1 pagina	25

Análisis	Analice los resultados obtenidos. Cada ítem (Tabla, grafico o resultados) debe tener una explicación, interpretación o análisis. El grafico de la deflexión vs carga debe estar dentro del rango lineal, explique.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Muestra las tablas y las gráficas, pero no hay un análisis profundo del tema. (12)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No tiene todas as tablas ni las gráficas que pide el lab. El análisis es inexistente o muy incompleto. (0)	1 pagina	20
	Utilice herramientas estadísticas para encontrar, máximos, mínimos, tendencias, porcentajes de error, desviación estándar entre otros, y de tal manera compare y explique sus resultados. (20)				
Recomendaciones	Analice los errores. Los problemas en el procedimiento, preparación o materiales.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Menciona errores, pero no pone recomendaciones. (5)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No menciona todos los errores ni pone recomendaciones adecuadas. (0)	1/2 pagina	10
	¿Qué causo el error? ¿Como se puede mejorar el experimento?				
Conclusiones	¿Se logro cumplir los objetivos? Compare sus resultados	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente o la conclusión son	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas	1 pagina	15

	teóricos con los experimentales.	deficientes. (10)	anteriormente o no tiene conclusiones. (0)		
	Compare los distintos métodos con el método de deformaciones consistentes.				
	Como se comparó con sus expectativas iniciales				
	¿Que aprendió del experimento?				
Referencias	Pone todas las citas según las normas APA (2)	No cita correctamente. (1)	No cita (0)	-	2
Apéndices	Pone fotos del experimento, tablas de ayuda. (3)	No pone todas las fotos del experimento, tablas de ayuda. (1,5)	No pone fotos del experimento ni tablas de ayuda. (0)	-	3
Preguntas Pre-Lab	Realice la preparación del laboratorio. ¡Si no hace el prelab NO podrá entregar el informe! (10)	No realiza la preparación del laboratorio. No podrá hacer informe (0)		1 pagina	10

## 2.3 Secuencias didácticas de Dinámica Estructural

### 2.3.1 Laboratorio No. 1 Decremento logarítmico: Péndulo Invertido

#### SECUENCIA DIDÁCTICA

#### Laboratorio No. 1 Dinámica Estructural *Decremento logarítmico: Péndulo Invertido*

#### I. Competencia a desarrollar o fortalecer:

El estudiante será capaz de obtener la respuesta dinámica de un sistema de 1 GDL representado por un péndulo invertido experimentalmente en el laboratorio y además teóricamente mediante las ecuaciones de dinámica estructural. También, el estudiante podrá plantear metodologías para la verificación y cálculo de la respuesta dinámica, incluyendo chequeos de periodo, amortiguamiento, rigidez, entre otros. Además, podrá emplear deformímetros en el laboratorio y analizar los resultados medidos ante cargas laterales y movimientos dinámicos. Finalmente, será capaz de comparar el comportamiento idealizado de una estructura real con la teoría y concluir acerca de los mismos.

- II. **Objetivo general de aprendizaje:** Al finalizar la sesión el estudiante podrá entender el comportamiento de un sistema lineal de 1 GDL amortiguado ante un desplazamiento inicial que genera vibración libre, con la teoría discutida en clase y verificarlos experimentalmente en el laboratorio de estructuras.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 1:** Al finalizar la primera etapa el estudiante será capaz de:

- Enlistar los fenómenos que se generan ante vibración libre amortiguada.
- Distinguir la vibración libre amortiguada y la no amortiguada; con sus respectivas características, ecuaciones y condiciones.
- Calcular el amortiguamiento, rigidez y periodo de una estructura de 1 GDL teóricamente.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 2:** Al finalizar la segunda etapa, el estudiante será capaz de:

- Calcular el amortiguamiento, rigidez y periodo de una estructura de 1 GDL experimentalmente.
- Graficar la respuesta dinámica de un sistema amortiguado ante vibración libre experimentalmente.
- Analizar los resultados obtenidos experimental y teóricamente.

#### Nivel taxonómico:

**Dominio de Conocimiento:** A.4 Información - Generalizaciones; A.5 Información - Principios

**Nivel de Pensamiento:** 1.1 Recuperación – Reconocimiento; 1.2 Recuperación – Recuerdo 2.2 Comprensión – Simbolización; 3.1 Análisis – Asociación; 3.2 Análisis – Clasificación.

**Contenido temático:** Tercer Capítulo: SISTEMAS LINEALES AMORTIGUADOS DE UN GRADO DE LIBERTAD

**Descripción de la actividad:**

Previo a la sesión: El docente pide a los estudiantes que realicen el preparatorio de laboratorio usando como marco teórico lo revisado en la materia de la clase de teoría. De esta fase, el estudiante individualmente debe entregar al inicio del laboratorio los trabajos de preparación de laboratorio.

- e) El trabajo de preparación es traer al laboratorio un programa en Matlab para obtener la respuesta de amortiguamiento subcrítico que sea capaz de graficar desplazamiento, velocidad y aceleración
- f) Al inicio del laboratorio se genera un quiz. Se realiza la siguiente pregunta, “Describa la diferencia entre un sistema lineal de 1 GDL amortiguado y no amortiguado”. El estudiante deberá definir cada sistema, resumiendo las características para cada uno.

Antes de iniciar la sesión los estudiantes deben entregar sus preparatorios para ser revisados por el instructor. NOTA: este preparatorio tendrá una nota de P o F, y recibe un porcentaje a la nota final de la práctica.

La sesión está dividida en dos partes: a) Se realizan grupos de tres a cuatro (3-4) estudiantes en donde cada grupo debe revisar su trabajo de preparación. Esta primera parte se realiza con ayuda del instructor, asegurándose de que todos tengan sus programas en Matlab y ayudando a los que tengan algún error. b) Los grupos realizarán sus prácticas, obteniendo los resultados y observaciones necesarias con la supervisión del docente.

**Instrucciones de la actividad:**

PARTE I: Introducción a la práctica.

- Se forman grupos aleatorios de tres a cuatro (3-4) integrantes. Cada grupo recibe una hoja guía donde se especifica las instrucciones para realizar el experimento.
- Cada integrante del grupo lee las instrucciones de la hoja guía.
- Cada grupo tiene formulados los programas de vibración libre amortiguada para el rango de amortiguamiento subcrítico, de tal forma que obtengan el gráfico de la respuesta de desplazamiento, velocidad y aceleración para un sistema de 1 GDL.
- El docente describe la práctica a realizar, aclara cualquier duda y provee los materiales a los grupos. También, pide a los estudiantes que preparen el experimento según el esquema del manual.

PARTE II: Desarrollo de la práctica

- El docente deja que cada grupo realice la práctica y adquiera los datos establecidos en el manual del laboratorio.
- En los grupos formados para la PARTE I, los estudiantes podrán determinar el



amortiguamiento, inercia, rigidez y todos los datos necesarios para obtener el gráfico de desplazamiento teóricamente y comparar con el gráfico obtenido experimentalmente mediante el programa de Pasco según los conocimientos adquiridos previos a la sesión y en la PARTE I de la actual.

- Enfocándose en los estudiantes que respondieron incorrectamente, el docente pide a los estudiantes que analicen los resultados obtenidos y que expliquen por qué la respuesta es similar o diferente a la teoría, de manera que la solución se genere de los estudiantes directamente.
- Una vez que el docente identifique que los estudiantes comprenden el porqué de la respuesta correcta y que haya una comprensión profunda, los estudiantes pueden retirarse del laboratorio.

#### **Estrategias de autodirección que se fomentan:**

- Se busca que el estudiante despierte la curiosidad acerca de los elementos que rodean su entorno. Al permitirle analizar el comportamiento de una estructura de 1 GDL sometido a vibración libre dado un desplazamiento inicial en un sistema elástico de masa resorte, logran comprender los métodos y teorías aprendidos en clase de una forma física y aplicable al mundo real.
- La actividad colaborativa en la que los estudiantes trabajan con los compañeros de su grupo para desarrollar la práctica activa el Sistema Self (Marzano, 2005) para la examinación de la importancia y eficiencia de lo que se va a aprender. Si el estudiante encuentra alguna utilidad en la materia, es probable que sienta mayor motivación para aprenderla.
- Cuando los estudiantes realizan el preparatorio del laboratorio de forma individual y comparten sus resultados con otros estudiantes, identifican posibles errores en sus resultados para luego corregirlas. Esta actividad activa el Sistema Metacognitivo de cada estudiante (Marzano, 2005), y le permite monitorear sus procesos de pensamiento de forma autorregulada.

#### **Materiales didácticos:**

- Marcadores de tiza líquida y pizarra
- Proyector
- Manual de los estudiantes
- Secuencia didáctica
- Rubricas de calificación
- Computador personal por grupo

#### **Materiales de laboratorio:**

- Sistema de péndulo invertido
- Soporte universal
- Regla
- Masas
- Computadora
- Matlab

- Excel
- Pasco Capstone site license
- Sensor de deformación Pasco
- Equipo Pasco 850 Interfaz Universal

**Modalidad:** Trabajo en casa y Presencial

PREVIO A LA SESIÓN: El estudiante realiza el preparatorio de laboratorio de forma individual

PARTE I: Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de tres a cuatro (3-4) con guía del docente).

PARTE II: Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de tres a cuatro (3-4) con guía del docente).

DESPUES DE LA SESIÓN: Los estudiantes trabajan en grupo para realizar el informe del laboratorio según los lineamientos del manual de la práctica.

**Duración:**

TOTAL: 2 horas 45 min.

PREVIO A LA SESIÓN: 1 hora / PARTE I: 15 min / PARTE II: 30 min/

DESPUES DE LA SESIÓN: 1 hora

**Espacio y periodo de realización:**

PREVIO A LA SESIÓN: En casa. / PARTE I: En el laboratorio de estructuras. / PARTE II: En el laboratorio de estructuras. / DESPUES DE LA SESIÓN: En casa

**Mecanismo de evaluación:**

Evaluación diagnóstica sumativa. El docente califica el preparatorio del laboratorio de cada estudiante antes de iniciar la clase obteniendo una evaluación diagnóstica inicial de la comprensión de la temática contenida en la lectura. De esta primera parte se obtiene una calificación sumativa que hace parte del porcentaje de *laboratorios* dentro de la rúbrica de calificaciones de laboratorio del curso.

Evaluación formativa. El docente observa la dinámica de la clase y retroalimenta inmediatamente cuando identifica que algún estudiante o grupo demuestra un entendimiento erróneo de algún concepto y alienta a los estudiantes o grupos que muestran un avance y comprensión significativa.

La actividad de cierre es el informe del laboratorio y es parte fundamental de la evaluación formativa, ya que le permite al grupo de estudiantes trabajar en equipo para así reafirmar sus conceptos. De esta última parte se obtiene una autoevaluación y una coevaluación de los integrantes del grupo de trabajo. Esta calificación hace parte del porcentaje dentro de la rúbrica de calificaciones del curso.

**Medio y fecha de entrega:** Entrega del preparatorio antes de comenzar la clase, Dentro de una semana el informe del laboratorio completo. Observe rubricas de calificación.

2.3.1.1 Rubrica de calificación de Dinámica Estructural, Laboratorio No. 1 Decremento logarítmico: Péndulo Invertido

<b>Rubrica</b>					
<i>Titulo</i>	<i>NIVEL 1</i>	<i>NIVEL 2</i>	<i>NIVEL 3</i>	<i>Requisito</i>	<i>Total</i>
Caratula	El trabajo tiene una caratula que contiene: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (1)	El trabajo tiene una caratula, pero le falta menos de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0.8)	El trabajo no tiene una caratula o no contiene más de más de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0)	1 pagina	1
Introducción	Tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. Explica claramente de que se trata este experimento. (3)	Tiene un párrafo introductorio sobre el tema de la práctica. No explica claramente de que se trata este experimento. (1,5)	No tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. (0)	1/2 pagina	3
Objetivos	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (3)	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas, pero no resumen los propósitos o metas a cumplir. (1,5)	No tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (0)	1/2 pagina	3
Materiales	Describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. Si es necesario, provee un esquema de la preparación del laboratorio, con dimensiones, masas, etc. (3)	Describe el 75% de todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (1,5)	Describe menos del 50% o no describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (0)	1/2- 1 pagina	3
Procedimiento	Describe todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica	Describe el 75% todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica	Describe menos del 50% o no describe los pasos que se grupo siguió para	1/2 pagina	5

	No copia los pasos del manual, explica el procedimiento exacto que siguió. (5)		completar la practica		
Resultados	Explique brevemente la teoría detrás del experimento, ¿que se asumió? ¿Qué tan valido es esto? Explique las ecuaciones utilizadas y detalle los cálculos necesarios, obtenga el periodo y amortiguamiento para el sistema. Se debe tener resultados experimentales y resultados teóricos. Cuide las unidades. (25)	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son similares a los otros métodos geométricos. (15)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son incoherentes con los otros métodos geométricos. (10)	1 pagina	25
Análisis	Analice los resultados obtenidos. Cada ítem (Tabla, grafico o resultados) debe tener una explicación, interpretación o análisis. El grafico de respuesta de desplazamiento debe llevar a la respuesta en velocidad y aceleración Utilice herramientas estadísticas para encontrar, máximos, mínimos, tendencias, porcentajes de	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Muestra las tablas y las gráficas, pero no hay un análisis profundo del tema. (12)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No tiene todas as tablas ni las gráficas que pide el lab. El análisis es inexistente o muy incompleto. (0)	1 pagina	20

	error, desviación estándar entre otros, y de tal manera compare y explique sus resultados. (20)				
Recomendaciones	Analice los errores. Los problemas en el procedimiento, preparación o materiales.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente.	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No menciona todos los errores ni pone recomendaciones adecuadas. (0)	1/2 pagina	10
	¿Qué causo el error? ¿Como se puede mejorar el experimento?	Menciona errores, pero no pone recomendaciones. (5)			
Conclusiones	¿Se logro cumplir los objetivos? Compare sus resultados teóricos con los experimentales.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente o las conclusiones son deficientes. (10)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente o no tiene conclusiones. (0)	1 pagina	15
	Compare el sistema de péndulo invertido con un sistema de 1GDL				
	Como se comparó con sus expectativas iniciales				
	¿Que aprendió del experimento?				
Referencias	Pone todas las citas según las normas APA (2)	No cita correctamente. (1)	No cita (0)	-	2
Apéndices	Pone fotos del experimento, tablas de ayuda. (3)	No pone todas las fotos del experimento, tablas de ayuda. (1,5)	No pone fotos del experimento ni tablas de ayuda. (0)	-	3
Preguntas Pre-Lab	Realice la preparación del laboratorio. ¡Si no hace el prelab NO podrá entregar el informe! (10)	No realiza la preparación del laboratorio. No podrá hacer informe (0)		1 pagina	10

2.3.2. Laboratorio No. 2 Vibraciones Transitorias: Impulso de un sistema de 1 GDL

**SECUENCIA DIDÁCTICA**

**Laboratorio No. 2 Dinámica Estructural: Impulso de un sistema de 1 GDL**

**I. Competencia a desarrollar o fortalecer:**

El estudiante será capaz de obtener la respuesta dinámica de un pórtico de 1 GDL sometido a un impulso, experimentalmente en el laboratorio y además teóricamente mediante las ecuaciones de dinámica estructural. También, el estudiante podrá plantear metodologías para la verificación y cálculo de la respuesta dinámica, incluyendo chequeos de periodo, amortiguamiento, rigidez, entre otros. Además, podrá emplear deformímetros en el laboratorio y analizar los resultados medidos ante impulsos y movimientos dinámicos. Finalmente, será capaz de comparar el comportamiento idealizado de una estructura real con la teoría y concluir acerca de los mismos.

**II. Objetivo general de aprendizaje:** Al finalizar la sesión el estudiante podrá entender el comportamiento de un sistema de 1 GDL ante una fuerza lateral de impulso, con la teoría discutida en clase y verificarlos experimentalmente en el laboratorio de estructuras.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 1:** Al finalizar la primera etapa el estudiante será capaz de:

- Enlistar los fenómenos que se generan ante cargas de gran magnitud en un tiempo muy corto.
- Distinguir la vibración transitoria y la vibración libre amortiguada; con sus respectivas características, ecuaciones y condiciones.
- Calcular el amortiguamiento, rigidez y periodo de una estructura de 1 GDL con las ecuaciones del libro de García.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 2:** Al finalizar la segunda etapa, el estudiante será capaz de:

- Calcular el amortiguamiento, rigidez y periodo de una estructura de 1 GDL experimentalmente.
- Graficar la repuesta dinámica de un sistema amortiguado ante un impulso experimentalmente.
- Analizar los resultados obtenidos experimental y teóricamente.

**Nivel taxonómico:**

**dominio de Conocimiento:** A.4 Información - Generalizaciones; A.5 Información - Principios

**Nivel de Pensamiento:** 1.1 Recuperación – Reconocimiento; 1.2 Recuperación – Recuerdo 2.2 Comprensión – Simbolización; 3.1 Análisis – Asociación; 3.2 Análisis – Clasificación.

**Contenido temático:** Quinto Capítulo: Vibraciones Transitorias

**Descripción de la actividad:**

Previo a la sesión: El docente pide a los estudiantes que realicen el preparatorio de laboratorio usando como marco teórico lo revisado en la materia de la clase de teoría. De esta fase, el estudiante individualmente debe entregar al inicio del laboratorio los trabajos de preparación de laboratorio.

- g) El trabajo de preparación es escribir un programa en Matlab para calcular la respuesta dinámica de un sistema de 1 GDL ante cargas de impulso que sea capaz de graficar desplazamiento, velocidad y aceleración
- h) Al inicio del laboratorio se genera un quiz. Se realiza la siguiente pregunta, “Defina que es una vibración transitoria, y mencione 3 ejemplos”. El estudiante deberá definir 3 tipos de vibraciones transitorias incluyendo impulso, resumiendo las características para cada uno.

Antes de iniciar la sesión los estudiantes deben entregar sus preparatorios para ser revisados por el instructor. NOTA: este preparatorio tendrá una nota de P o F, y recibe un porcentaje a la nota final de la práctica.

La sesión está dividida en dos partes: a) Se realizan grupos de tres a cuatro (3-4) estudiantes en donde cada grupo debe revisar su trabajo de preparación. Esta primera parte se realiza con ayuda del instructor, asegurándose de que todos tengan sus programas en Matlab y ayudando a los que tengan algún error. b) Los grupos realizaran sus prácticas, obteniendo los resultados y observaciones necesarias con la supervisión del docente.

**Instrucciones de la actividad:**

PARTE I: Introducción a la práctica.

- Se forman grupos aleatorios de tres a cuatro (3-4) integrantes. Cada grupo recibe una hoja guía donde se especifica las instrucciones para realizar el experimento.
- Cada integrante del grupo lee las instrucciones de la hoja guía.
- Cada grupo tiene formuladas los programas de respuesta dinámica ante impulsos, de tal forma que obtenga el gráfico de la respuesta de desplazamiento, velocidad y aceleración.
- El docente describe la práctica a realizar, aclara cualquier duda y proveer los materiales a los grupos. También, pide a los estudiantes que preparen el experimento según el esquema del manual.

PARTE II: Desarrollo de la practica

- El docente deja que cada grupo realice la práctica y adquiera los datos establecidos en el manual del laboratorio.
- En los grupos formados para la PARTE I, los estudiantes podrán determinar el amortiguamiento, inercia, rigidez y todos los datos necesarios para obtener el grafico de desplazamiento con las ecuaciones de dinámica y comparar con el grafico obtenido experimentalmente mediante el programa de Pasco según los conocimientos adquiridos previos a la sesión y en la PARTE I de la actual.
- Enfocándose en los estudiantes que respondieron incorrectamente, el docente pide a los estudiantes que analicen los resultados obtenidos y que expliquen por qué la respuesta es

similar o diferente a la teoría, de manera que la solución se genere de los estudiantes directamente.

- Una vez que el docente identifique que los estudiantes comprenden el porqué de la respuesta correcta y que haya una comprensión profunda, los estudiantes pueden retirarse del laboratorio.

#### **Estrategias de autodirección que se fomentan:**

- Se busca que el estudiante despierte la curiosidad acerca de los elementos que rodean su entorno. Al permitirle analizar el comportamiento de un pórtico sometido a cargas impulsivos en sistema elástico de masa resorte, logran comprender los métodos y teorías aprendidos en clase de una forma física y aplicable al mundo real.
- La actividad colaborativa en la que los estudiantes trabajan con los compañeros de su grupo para desarrollar la práctica activa el Sistema Self (Marzano, 2005) para la examinación de la importancia y eficiencia de lo que se va a aprender. Si el estudiante encuentra alguna utilidad en la materia, es probable que sienta mayor motivación para aprenderla.
- Cuando los estudiantes realizan el preparatorio del laboratorio de forma individual y comparten sus resultados con otros estudiantes, identifican posibles errores en sus resultados para luego corregirlas. Esta actividad activa el Sistema Metacognitivo de cada estudiante (Marzano, 2005), y le permite monitorear sus procesos de pensamiento de forma autorregulada.

#### **Materiales didácticos:**

- Marcadores de tiza líquida y pizarra
- Proyector
- Manual de los estudiantes
- Secuencia didáctica
- Rubricas de calificación
- Computador personal por grupo

#### **Materiales de laboratorio:**

- Base de impulso
- Pórtico de 1 GDL
- Acelerómetro
- 1 soporte universal
- Regla
- Masas
- 1 computadora
- Matlab
- Excel
- Pasco Capstone site license
- Sensor de deformación Pasco
- Equipo Pasco 850 Interfaz Universal



**Modalidad:** Trabajo en casa y Presencial

PREVIO A LA SESIÓN: El estudiante realiza el preparatorio de laboratorio de forma individual

PARTE I: Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de tres a cuatro (3-4) con guía del docente).

PARTE II: Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de tres a cuatro (3-4) con guía del docente).

DESPUES DE LA SESIÓN: Los estudiantes trabajan en grupo para realizar el informe del laboratorio según los lineamientos del manual de la práctica.

**Duración:**

TOTAL: 3 horas.

PREVIO A LA SESIÓN: 1 hora / PARTE I: 15 min / PARTE II: 45 min/

DESPUES DE LA SESIÓN: 1 hora

**Espacio y periodo de realización:**

PREVIO A LA SESIÓN: En casa. / PARTE I: En el laboratorio de estructuras. / PARTE II: En el laboratorio de estructuras. / DESPUES DE LA SESIÓN: En casa

**Mecanismo de evaluación:**

Evaluación diagnóstica sumativa. El docente califica el preparatorio del laboratorio de cada estudiante antes de iniciar la clase obteniendo una evaluación diagnóstica inicial de la comprensión de la temática contenida en la lectura. De esta primera parte se obtiene una calificación sumativa que hace parte del porcentaje de *laboratorios* dentro de la rúbrica de calificaciones de laboratorio del curso.

Evaluación formativa. El docente observa la dinámica de la clase y retroalimenta inmediatamente cuando identifica que algún estudiante o grupo demuestra un entendimiento erróneo de algún concepto y alienta a los estudiantes o grupos que muestran un avance y comprensión significativa.

La actividad de cierre es el informe del laboratorio y es parte fundamental de la evaluación formativa, ya que le permite al grupo de estudiantes trabajar en equipo para así reafirmar sus conceptos. De esta última parte se obtiene una autoevaluación y una coevaluación de los integrantes del grupo de trabajo. Esta calificación hace parte del porcentaje dentro de la rúbrica de calificaciones del curso.

**Medio y fecha de entrega:** Entrega del preparatorio antes de comenzar la clase, Dentro de una semana el informe del laboratorio completo. Observe rubricas de calificación.

2.3.2.1 Rubrica de calificación de Dinámica Estructural, Laboratorio No. 2 Vibraciones Transitorias: Impulso de un sistema de 1 GDL

<b>Rubrica</b>					
<i>Titulo</i>	<i>NIVEL 1</i>	<i>NIVEL 2</i>	<i>NIVEL 3</i>	<i>Requisito</i>	<i>Total</i>
Caratula	El trabajo tiene una caratula que contiene: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (1)	El trabajo tiene una caratula, pero le falta menos de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0.8)	El trabajo no tiene una caratula o no contiene más de más de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0)	1 pagina	1
Introducción	Tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. Explica claramente de que se trata este experimento. (3)	Tiene un párrafo introductorio sobre el tema de la práctica. No explica claramente de que se trata este experimento. (1,5)	No tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. (0)	1/2 pagina	3
Objetivos	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (3)	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas, pero no resumen los propósitos o metas a cumplir. (1,5)	No tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (0)	1/2 pagina	3
Materiales	Describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. Si es necesario, provee un esquema de la preparación del laboratorio, con	Describe el 75% de todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (1,5)	Describe menos del 50% o no describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (0)	1/2- 1 pagina	3

	dimensiones, masas, etc. (3)				
Procedimiento	Describe todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica No copia los pasos del manual, explica el procedimiento exacto que siguió. (5)	Describe el 75% todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica	Describe menos del 50% o no describe los pasos que se grupo siguió para completar la practica	1/2 pagina	5
Resultados	Explique brevemente la teoría detrás del experimento, ¿que se asumió de la fuerza de impulso? ¿Qué tan valido es esto? Explique las ecuaciones utilizadas para vibraciones transitorias y detalle los cálculos necesarios, cualquier tabla, figura o cuadro de apoyo puede poner en los anexos y únicamente referirlo en su informe.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son similares a los otros métodos geométricos. (15)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son incoherentes con los otros métodos geométricos. (10)	1 pagina	25

	Se debe tener resultados experimentales y resultados teóricos. Cuide las unidades. (25)				
Análisis	<p>Analice los resultados obtenidos. Cada ítem (Tabla, grafico o resultados) debe tener una explicación, interpretación o análisis. El grafico de la deflexión vs carga debe estar dentro del rango lineal, explique.</p> <p>Utilice herramientas estadísticas para encontrar, máximos, mínimos, tendencias, porcentajes de error, desviación estándar entre otros, y de tal manera compare y explique sus resultados. (20)</p>	<p>Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Muestra las tablas y las gráficas, pero no hay un análisis profundo del tema. (12)</p>	<p>No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No tiene todas as tablas ni las gráficas que pide el lab. El análisis es inexistente o muy incompleto. (0)</p>	1 pagina	20
Recomendaciones	<p>Analice los errores. Los problemas en el procedimiento, preparación o materiales.</p> <p>¿Qué causo el error? ¿Como se puede mejorar</p>	<p>Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Menciona errores, pero no pone recomendaciones. (5)</p>	<p>No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No menciona todos los errores ni pone</p>	1/2 pagina	10

	el experimento?		recomendaciones adecuadas. (0)		
Conclusiones	¿Se logro cumplir los objetivos? Compare sus resultados teóricos con los experimentales.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente o las conclusiones son deficientes. (10)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente o no tiene conclusiones. (0)	1 pagina	15
	Compare la respuesta dinámica del impulso con la realidad.				
	Como se comparó con sus expectativas iniciales				
	¿Que aprendió del experimento?				
Referencias	Pone todas las citas según las normas APA (2)	No cita correctamente. (1)	No cita (0)	-	2
Apéndices	Pone fotos del experimento, tablas de ayuda. (3)	No pone todas las fotos del experimento, tablas de ayuda. (1,5)	No pone fotos del experimento ni tablas de ayuda. (0)	-	3
Preguntas Pre-Lab	Realice la preparación del laboratorio. ¡Si no hace el prelab NO podrá entregar el informe! (10)	No realiza la preparación del laboratorio. No podrá hacer informe (0)		1 pagina	10

2.3.3 Laboratorio No. 3 Aceleración en la base: Amplificación dinámica de un sistema de 1 GDL

**SECUENCIA DIDÁCTICA**  
**Laboratorio No. 3 Dinámica Estructural**

*Aceleración en la base: Amplificación dinámica de un sistema de 1 GDL*

**I. Competencia a desarrollar o fortalecer:**

El estudiante será capaz de obtener la respuesta dinámica de un pórtico de 1 GDL sometido a aceleraciones en la base mediante una mesa vibratoria. Además, podrá emplear deformímetros en la base y en la altura de los pórticos para analizar los resultados medidos ante amplificación dinámica. También, el estudiante podrá verificar y calcular la respuesta dinámica, incluyendo chequeos de periodo, amortiguamiento, rigidez, entre otros con las ecuaciones de dinámica. Finalmente, será capaz de comparar el comportamiento idealizado de una estructura real con la teoría y concluir acerca de los mismos.

**II. Objetivo general de aprendizaje:** Al finalizar la sesión el estudiante podrá entender el comportamiento de un sistema de 1 GDL ante una aceleración en la base, con la teoría discutida en clase y verificarlos experimentalmente en el laboratorio de estructuras.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 1:** Al finalizar la primera etapa el estudiante será capaz de:

- Utilizar el decremento logarítmico para obtener el periodo natural de la estructura teóricamente.
- Plantear el sistema de vibración libre amortiguada para la obtención y verificación del periodo natural y amortiguamiento experimentalmente.
- Calcular la inercia, rigidez y todas las propiedades dinámicas intrínsecas de una estructura de 1 GDL teóricamente.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 2:** Al finalizar la segunda etapa, el estudiante será capaz de:

- Aplicar los conocimientos de aceleración en la base para obtener la respuesta dinámica de una estructura de 1 GDL teóricamente.
- Comprobar la respuesta dinámica de una estructura de 1 GDL ante cargas de aceleración en la base cuando se genera amplificación dinámica experimentalmente.
- Analizar los resultados obtenidos experimental y teóricamente.

**Nivel taxonómico:**

**Dominio de Conocimiento:** A.4 Información - Generalizaciones; A.5 Información - Principios

**Nivel de Pensamiento:** 1.1 Recuperación – Reconocimiento; 1.2 Recuperación – Evaluación  
2.2 Comprensión – Simbolización; 3.1 Análisis – Asociación; 3.2 Análisis – Clasificación y

*Aplicación.*

**Contenido temático:** Quinto Capítulo: Vibraciones Transitorias

**Descripción de la actividad:**

Previo a la sesión: El docente pide a los estudiantes que realicen el preparatorio de laboratorio usando como marco teórico lo revisado en la materia de la clase de teoría. De esta fase, el estudiante individualmente debe entregar al inicio del laboratorio los trabajos de preparación de laboratorio.

- a) El trabajo de preparación es escribir un programa en Matlab para calcular la respuesta dinámica por Beta de Newmark que sea capaz de graficar desplazamiento, velocidad y aceleración, y sus respectivos espectros.
- b) Al inicio del laboratorio se genera un quiz. Se realiza la siguiente pregunta, “Defina que es el espectro de desplazamiento”. El estudiante deberá brindar la definición completa, resumiendo las suposiciones y las características principales.

Antes de iniciar la sesión los estudiantes deben entregar sus preparatorios para ser revisados por el instructor. NOTA: este preparatorio tendrá una nota de P o F, y recibe un porcentaje a la nota final de la práctica.

La sesión está dividida en dos partes: a) En grupos de tres a cuatro (3-4) estudiantes se realiza los ensayos de vibración libre para la obtención del coeficiente de amortiguamiento y el periodo natural del sistema. b) Para la segunda parte, los grupos realizarán el ensayo de amplificación dinámica obteniendo las aceleraciones en la base y en la altura del pórtico, los resultados y observaciones necesarias con la supervisión del docente, asegurándose de que todos tengan sus programas en Matlab de decremento logarítmico y ayudando a los que tengan algún error.

**Instrucciones de la actividad:**

PARTE I: Introducción a la práctica.

- Se forman grupos aleatorios de tres a cuatro (3-4) integrantes. Cada grupo recibe una hoja guía donde se especifica las instrucciones para realizar el experimento.
- Cada integrante del grupo lee las instrucciones de la hoja guía.
- Cada grupo tiene formuladas los programas de decremento logarítmico de los laboratorios anteriores, de tal forma que fácilmente obtiene el amortiguamiento y el periodo.
- El docente describe la segunda etapa de la práctica a realizar, aclara cualquier duda y pide a los estudiantes que preparen el experimento según el esquema del manual.

PARTE II: Desarrollo de la practica

- El docente deja que cada grupo realice la práctica de amplificación dinámica y que adquiera los datos establecidos en el manual del laboratorio.
- En los grupos formados para la PARTE I, los estudiantes podrán determinar el amortiguamiento, inercia, rigidez, aceleración y todos los datos necesarios para obtener

el gráfico de desplazamiento teóricamente y comparar con el gráfico obtenido experimentalmente mediante el programa de Beta de Newmark según los conocimientos adquiridos previos a la sesión y en la PARTE I de la actual.

- Enfocándose en los estudiantes que respondieron incorrectamente, el docente pide a los estudiantes que analicen los resultados obtenidos y que expliquen por qué la respuesta es similar o diferente a la teoría, de manera que la solución se genere de los estudiantes directamente.
- Una vez que el docente identifique que los estudiantes comprenden el porqué de la respuesta correcta y que haya una comprensión profunda, los estudiantes pueden retirarse del laboratorio.

#### **Estrategias de autodirección que se fomentan:**

- Se busca que el estudiante despierte la curiosidad acerca de los elementos que rodean su entorno. Al permitirle analizar el comportamiento de un pórtico sometido a aceleración en la base, logran comprender los métodos y teorías aprendidos en clase de una forma física y aplicable al mundo real como es el ejemplo de sismos.
- La actividad colaborativa en la que los estudiantes trabajan con los compañeros de su grupo para desarrollar la práctica activa el Sistema Self (Marzano, 2005) para la examinación de la importancia y eficiencia de lo que se va a aprender. Si el estudiante encuentra alguna utilidad en la materia, es probable que sienta mayor motivación para aprenderla.
- Cuando los estudiantes realizan el preparatorio del laboratorio de forma individual y comparten sus resultados con otros estudiantes, identifican posibles errores en sus resultados para luego corregirlas. Esta actividad activa el Sistema Metacognitivo de cada estudiante (Marzano, 2005), y le permite monitorear sus procesos de pensamiento de forma autorregulada.

#### **Materiales didácticos:**

- Marcadores de tiza líquida y pizarra
- Proyector
- Manual de los estudiantes
- Secuencia didáctica
- Rubricas de calificación
- Computador personal por grupo

#### **Materiales de laboratorio:**

- Mesa de aceleración en la base de 1 GDL
- 2 pórticos de diferente altura
- Acelerómetro
- 1 soporte universal
- Regla
- Masas
- 1 computadora



- Matlab
- Excel
- Pasco Capstone site license
- Sensor de deformación Pasco

Equipo Pasco 850 Interfaz Universal

**Modalidad:** Trabajo en casa y Presencial

**PREVIO A LA SESIÓN:** El estudiante realiza el preparatorio de laboratorio de forma individual

**PARTE I:** Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de tres a cuatro (3-4) con guía del docente).

**PARTE II:** Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de tres a cuatro (3-4) con guía del docente).

**DESPUES DE LA SESIÓN:** Los estudiantes trabajan en grupo para realizar el informe del laboratorio según los lineamientos del manual de la práctica.

**Duración:**

TOTAL: 3.5 horas.

PREVIO A LA SESIÓN: 1 hora / PARTE I: 30 min / PARTE II: 1 hora/

DESPUES DE LA SESIÓN: 1 hora

**Espacio y periodo de realización:**

PREVIO A LA SESIÓN: En casa. / PARTE I: En el laboratorio de estructuras. / PARTE II: En el laboratorio de estructuras. / DESPUES DE LA SESIÓN: En casa

**Mecanismo de evaluación:**

Evaluación diagnóstica sumativa. El docente califica el preparatorio del laboratorio de cada estudiante antes de iniciar la clase obteniendo una evaluación diagnóstica inicial de la comprensión de la temática contenida en la lectura. De esta primera parte se obtiene una calificación sumativa que hace parte del porcentaje de *laboratorios* dentro de la rúbrica de calificaciones de laboratorio del curso.

Evaluación formativa. El docente observa la dinámica de la clase y retroalimenta inmediatamente cuando identifica que algún estudiante o grupo demuestra un entendimiento erróneo de algún concepto y alienta a los estudiantes o grupos que muestran un avance y comprensión significativa.

La actividad de cierre es el informe del laboratorio y es parte fundamental de la evaluación formativa, ya que le permite al grupo de estudiantes trabajar en equipo para así reafirmar sus conceptos. De esta última parte se obtiene una autoevaluación y una coevaluación de los integrantes del grupo de trabajo. Esta calificación hace parte del porcentaje dentro de la rúbrica de calificaciones del curso.

**Medio y fecha de entrega:** Entrega del preparatorio antes de comenzar la clase, Dentro de una semana el informe del laboratorio completo. Observe rubricas de calificación.

2.3.3.1 Rubrica de calificación de *Dinámica Estructural*, Laboratorio No. 3 Aceleración en la base: Amplificación dinámica de un sistema de 1 GDL

<b>Rubrica</b>					
<i>Titulo</i>	<i>NIVEL 1</i>	<i>NIVEL 2</i>	<i>NIVEL 3</i>	<i>Requisito</i>	<i>Total</i>
Caratula	El trabajo tiene una caratula que contiene: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (1)	El trabajo tiene una caratula, pero le falta menos de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0.8)	El trabajo no tiene una caratula o no contiene más de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0)	1 pagina	1
Introducción	Tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. Explica claramente de que se trata este experimento. (3)	Tiene un párrafo introductorio sobre el tema de la práctica. No explica claramente de que se trata este experimento. (1,5)	No tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. (0)	1/2 pagina	3
Objetivos	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (3)	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas, pero no resumen los propósitos o metas a cumplir. (1,5)	No tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (0)	1/2 pagina	3
Materiales	Describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. Si es necesario, provee un esquema de la preparación del laboratorio, con dimensiones, masas, etc. (3)	Describe el 75% de todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (1,5)	Describe menos del 50% o no describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (0)	1/2- 1 pagina	3

Procedimiento	Describe todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica No copia los pasos del manual, explica el procedimiento exacto que siguió. (5)	Describe el 75% todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica	Describe menos del 50% o no describe los pasos que se grupo siguió para completar la practica	1/2 pagina	5
Resultados	Explique brevemente la teoría detrás de la amplificación dinámica, ¿que se asumió? ¿Qué tan valido es esto? Explique las ecuaciones utilizadas y detalle los cálculos necesarios. Que es necesario para llevar a cabo la práctica de laboratorio. Se debe tener resultados experimentales y resultados teóricos. Cuide las unidades. (25)	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son similares a los otros métodos geométricos. (15)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son incoherentes con los otros métodos geométricos. (10)	1 pagina	25
Análisis	Analice los resultados obtenidos. Cada ítem (Tabla, grafico o resultados) debe tener una explicación, interpretación o análisis.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Muestra las tablas y las gráficas, pero no hay un análisis profundo del tema. (12)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No tiene todas as tablas ni las gráficas que pide el lab. El análisis	1 pagina	20

	Determine si los espectros de respuesta son coherentes, explique.		es inexistente o muy incompleto. (0)		
	Utilice herramientas estadísticas para encontrar, máximos, mínimos, tendencias, porcentajes de error, desviación estándar entre otros, y de tal manera compare y explique sus resultados. (20)				
Recomendaciones	Analice los errores. Los problemas en el procedimiento, preparación o materiales. ¿Qué causo el error? ¿Como se puede mejorar el experimento?	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Menciona errores, pero no pone recomendaciones. (5)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No menciona todos los errores ni pone recomendaciones adecuadas. (0)	1/2 pagina	10
Conclusiones	¿Se logro cumplir los objetivos? Compare sus resultados teóricos con los experimentales. Compare los distintos fenómenos de la dinámica estructural.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente o las conclusiones son deficientes. (10)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente o no tiene conclusiones. (0)	1 pagina	15

	Como se comparó con sus expectativas iniciales				
	¿Que aprendió del experimento?				
Referencias	Pone todas las citas según las normas APA (2)	No cita correctamente. (1)	No cita (0)	-	2
Apéndices	Pone fotos del experimento, tablas de ayuda. (3)	No pone todas las fotos del experimento, tablas de ayuda. (1,5)	No pone fotos del experimento ni tablas de ayuda. (0)	-	3
Preguntas Pre-Lab	Realice la preparación del laboratorio. ¡Si no hace el prelab NO podrá entregar el informe! (10)	No realiza la preparación del laboratorio. No podrá hacer informe (0)		1 pagina	10

## 2.4 Secuencias Didácticas de Mecánica de Materiales

### 2.4.1 Laboratorio No. 1 Axial: Cargas de compresión

#### **SECUENCIA DIDÁCTICA**

#### **Laboratorio No. 1 Axial: Cargas de compresión**

#### **I. Competencia a desarrollar o fortalecer:**

El estudiante será capaz de realizar un ensayo de laboratorio de cargas axiales a compresión a una barra metálica en el rango elástico en la UTM. Además, mediante la teoría de la ley de Hooke para estimar la curva torque-giro. También, el estudiante podrá analizar los resultados medidos y plantear metodologías para la verificación y cálculo del módulo de elasticidad. Finalmente, será capaz de utilizar la relación de Poisson para encontrar la relación entre la deformación lateral y la deformación axial.

- II. Objetivo general de aprendizaje:** Al finalizar la sesión el estudiante podrá entender la teoría detrás de los ensayos de compresión en mecánica de materiales y verificarlos experimentalmente en el laboratorio de materiales.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 1:** Al finalizar la primera etapa el estudiante será capaz de:

- Entender la teoría detrás de la ley de Hooke.
- Definir y distinguir los materiales dúctiles y los materiales frágiles.
- Utilizar el equipo UTM y conocer todos sus componentes.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 2:** Al finalizar la segunda etapa, el estudiante será capaz de:

- Realizar un ensayo de cargas axiales a compresión de un espécimen de acero dentro del rango lineal.
- Calcular el módulo de elasticidad y la relación de Poisson de dicho material.
- Concluir y analizar los resultados del material obtenidos experimental y teóricamente.

#### **Nivel taxonómico:**

**Dominio de Conocimiento:** A.4 Información - Generalizaciones; A.5 Información - Principios

**Nivel de Pensamiento:** 1.1 Recuperación – Reconocimiento; 1.2 Recuperación – Recuerdo 2.2 Comprensión – Simbolización; 3.1 Análisis – Asociación; 3.2 Análisis – Clasificación.

**Contenido temático:** Segundo Capítulo: Carga axial mecánica de Mecánica de Materiales.

**Descripción de la actividad:**

Previo a la sesión: El docente pide a los estudiantes que realicen el preparatorio de laboratorio usando como marco teórico lo revisado en la materia de la clase de teoría. Además, el docente pide a los estudiantes que realicen la lectura de las páginas 56-95 (Capítulo 2: Stress and Strain – Axial Loading; Sección 2,1-2,5) del libro “*Mechanics of Materials 7th Edición*” de Ferdinand Beer. De esta fase, el estudiante individualmente debe entregar al inicio del laboratorio los trabajos de preparación de laboratorio.

- a) El trabajo de preparación es derivar y demostrar las ecuaciones según lo especificados en su manual de laboratorio, para el rango elástico de una barra de acero. El estudiante debe entregar este trabajo al iniciar la sesión caso contrario no podrá realizar la sesión del laboratorio.
- b) Al inicio del laboratorio se genera un quiz. Se realiza la siguiente pregunta, “Defina y relacione la ley de Hooke y la relación de Poisson”. El estudiante deberá mencionar la definición completa de cada elemento, resumiendo las características para cada uno.

Antes de iniciar la sesión los estudiantes deben entregar sus preparatorios para ser revisados por el instructor. NOTA: este preparatorio tendrá una nota de P o F, y recibe un porcentaje a la nota final de la práctica.

La sesión está dividida en dos partes: a) Se realizan grupos de dos (2) estudiantes en donde cada grupo debe revisar su trabajo de preparación. Esta primera parte se realiza con ayuda del instructor, asegurándose de que todos tengan bien las ecuaciones y ayudando a los que tengan algún error. Mediante una serie de imágenes, el docente presenta el esquema a utilizar en el laboratorio para que cada grupo prepare sus materiales. b) Los grupos realizarán sus prácticas, obteniendo los resultados y observaciones necesarias con la supervisión del docente.

**Instrucciones de la actividad:**

PARTE I: Introducción a la práctica.

- Se forman grupos aleatorios de 2 integrantes. Cada grupo recibe una hoja guía donde se especifica las instrucciones para realizar el experimento.
- Cada integrante del grupo lee las instrucciones de la hoja guía.
- Cada grupo tiene formuladas las ecuaciones de módulo de elasticidad y relación de Poisson.
- El docente describe la práctica a realizar, aclara cualquier duda y provee los materiales a los grupos. También, pide a los estudiantes que preparen el experimento según el esquema del manual.

PARTE II: Desarrollo de la práctica

- El docente deja que cada grupo realice la práctica y adquiera los datos establecidos en el manual del laboratorio.
- En los grupos formados para la PARTE I, los estudiantes podrán descifrar cómo calcular el módulo de elasticidad de una barra cilíndrica en el rango elástico según los conocimientos adquiridos previos a la sesión y en la PARTE I de la actual.
- Enfocándose en los estudiantes que respondieron incorrectamente, el docente pide a los

estudiantes que analicen los resultados obtenidos y que expliquen por qué la respuesta es similar o diferente a la teoría, de manera que la solución se genere de los estudiantes directamente.

- Una vez que el docente identifique que los estudiantes comprenden el porqué de la respuesta correcta y que haya una comprensión profunda, los estudiantes pueden retirarse del laboratorio.

#### **Estrategias de autodirección que se fomentan:**

- Se busca que el estudiante despierte la curiosidad acerca de los elementos que rodean su entorno. Al permitirle analizar el comportamiento de una barra bajo cargas axiales y observar las deformaciones y los esfuerzos que se producen, logran comprender los métodos y teorías aprendidos en clase de una forma física.
- La actividad colaborativa en la que los estudiantes trabajan con los compañeros de su grupo para desarrollar la práctica activa el Sistema Self (Marzano, 2005) para la examinación de la importancia y eficiencia de lo que se va a aprender. Si el estudiante encuentra alguna utilidad en la materia, es probable que sienta mayor motivación para aprenderla.
- Cuando los estudiantes realizan el preparatorio del laboratorio de forma individual y comparten sus resultados con otros estudiantes, identifican posibles errores en sus resultados para luego corregirlas. Esta actividad activa el Sistema Metacognitivo de cada estudiante (Marzano, 2005), y le permite monitorear sus procesos de pensamiento de forma autorregulada.

#### **Materiales didácticos:**

- Marcadores de tiza líquida y pizarra
- Proyector
- Manual de los estudiantes
- Secuencia didáctica
- Rubricas de calificación
- Computadora

#### **Materiales de laboratorio:**

- Universal Testing Machine (UTM)
- Regla
- 1 computadora
- Excel
- Espécimen cilíndrico de acero
- Calibrador Vernier

**Modalidad:** Trabajo en casa y Presencial

**PREVIO A LA SESIÓN:** El estudiante realiza el preparatorio de laboratorio de forma individual  
**PARTE I:** Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de dos (2) con guía del



docente).

PARTE II: Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de dos (2) con guía del docente).

DESPUES DE LA SESIÓN: Los estudiantes trabajan en grupo para realizar el informe del laboratorio según los lineamientos del manual de la práctica.

**Duración:**

TOTAL: 2.5 horas.

PREVIO A LA SESIÓN: 30 min / PARTE I: 30 min / PARTE II: 30 min/

DESPUES DE LA SESIÓN: 1 horas

**Espacio y periodo de realización:**

PREVIO A LA SESIÓN: En casa. / PARTE I: En el laboratorio de materiales. / PARTE II: En el laboratorio de materiales. / DESPUES DE LA SESIÓN: En casa

**Mecanismo de evaluación:**

Evaluación diagnóstica sumativa. El docente califica el preparatorio del laboratorio de cada estudiante antes de iniciar la clase obteniendo una evaluación diagnóstica inicial de la comprensión de la temática contenida en la lectura. De esta primera parte se obtiene una calificación sumativa que hace parte del porcentaje de *laboratorios* dentro de la rúbrica de calificaciones de laboratorio del curso.

Evaluación formativa. El docente observa la dinámica de la clase y retroalimenta inmediatamente cuando identifica que algún estudiante o grupo demuestra un entendimiento erróneo de algún concepto y alienta a los estudiantes o grupos que muestran un avance y comprensión significativa.

La actividad de cierre es el informe del laboratorio y es parte fundamental de la evaluación formativa, ya que le permite al grupo de estudiantes trabajar en equipo para así reafirmar sus conceptos. De esta última parte se obtiene una autoevaluación y una coevaluación de los integrantes del grupo de trabajo. Esta calificación hace parte del porcentaje dentro de la rúbrica de calificaciones del curso.

**Medio y fecha de entrega:** Entrega del preparatorio antes de comenzar la clase, Dentro de una semana el informe del laboratorio completo.

2.4.1.1 Rubrica de calificación de Mecánica de Materiales, Laboratorio No. 1 Axial:  
Cargas de compresión

<b>Rubrica</b>					
<i>Titulo</i>	<i>NIVEL 1</i>	<i>NIVEL 2</i>	<i>NIVEL 3</i>	<i>Requisito</i>	<i>Total</i>
Caratula	El trabajo tiene una caratula que contiene: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (1)	El trabajo tiene una caratula, pero le falta menos de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0.8)	El trabajo no tiene una caratula o no contiene más de más de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0)	1 pagina	1
Introducción	Tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. Explica claramente de que se trata este experimento. (3)	Tiene un párrafo introductorio sobre el tema de la práctica. No explica claramente de que se trata este experimento. (1,5)	No tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. (0)	1/2 pagina	3
Objetivos	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (3)	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas, pero no resumen los propósitos o metas a cumplir. (1,5)	No tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (0)	1/2 pagina	3
Materiales	Describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. Si es necesario, provee un esquema de la preparación del	Describe el 75% de todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (1,5)	Describe menos del 50% o no describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (0)	1/2- 1 pagina	3

	laboratorio, con dimensiones, masas, etc. (3)				
Procedimiento	Describe todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica No copia los pasos del manual, explica el procedimiento exacto que siguió. (5)	Describe el 75% todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica	Describe menos del 50% o no describe los pasos que se grupo siguió para completar la practica	1/2 pagina	5
Resultados	Explique brevemente la teoría detrás del experimento, ¿que se asumió? ¿Qué tan valido es esto? Explique las ecuaciones utilizadas y detalle los cálculos necesarios, cualquier tabla, figura o cuadro de apoyo puede poner en los anexos y únicamente referirlo en su informe. Se debe tener resultados experimentales y resultados teóricos.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son similares a los otros métodos geométricos. (15)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son incoherentes con los otros métodos geométricos. (10)	1 pagina	25

	Cuide las unidades. (25)				
Análisis	<p>Analice los resultados obtenidos. Cada ítem (Tabla, gráfico o resultados) debe tener una explicación, interpretación o análisis. Determine el módulo de cortante. Verifique que se cumpla la ley de Hooke.</p> <p>Utilice herramientas estadísticas para encontrar, máximos, mínimos, tendencias, porcentajes de error, desviación estándar entre otros, y de tal manera compare y explique sus resultados. (20)</p>	<p>Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Muestra las tablas y las gráficas, pero no hay un análisis profundo del tema. (12)</p>	<p>No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No tiene todas las tablas ni las gráficas que pide el lab. El análisis es inexistente o muy incompleto. (0)</p>	1 pagina	20
Recomendaciones	<p>Analice los errores. Los problemas en el procedimiento, preparación o materiales.</p> <p>¿Qué causo el error? ¿Como se puede mejorar el experimento?</p>	<p>Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Menciona errores, pero no pone recomendaciones. (5)</p>	<p>No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No menciona todos los errores ni pone recomendaciones adecuadas. (0)</p>	1/2 pagina	10

Conclusiones	¿Se logro cumplir los objetivos? Compare sus resultados teóricos con los experimentales.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente o las conclusiones son deficientes. (10)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente o no tiene conclusiones. (0)	1 pagina	15
	Compare los ensayos de compresión en acero con hormigón.				
	Como se comparó con sus expectativas iniciales				
	¿Que aprendió del experimento?				
Referencias	Pone todas las citas según las normas APA (2)	No cita correctamente. (1)	No cita (0)	-	2
Apéndices	Pone fotos del experimento, tablas de ayuda. (3)	No pone todas las fotos del experimento, tablas de ayuda. (1,5)	No pone fotos del experimento ni tablas de ayuda. (0)	-	3
Preguntas Pre-Lab	Realice la preparación del laboratorio. ¡Si no hace el prelab NO podrá entregar el informe! (10)	No realiza la preparación del laboratorio. No podrá hacer informe (0)		1 pagina	10

2.4.2 Laboratorio No. 2 Torsión: Esfuerzos en el rango elástico

**SECUENCIA DIDÁCTICA**  
**Laboratorio No. 2 Torsión: Esfuerzos en el rango elástico**

**III. Competencia a desarrollar o fortalecer:**

El estudiante será capaz de realizar un ensayo de laboratorio de cargas torsionales a una barra metálica en el rango elástico en el equipo de ensayo de torsión y además teóricamente mediante la aplicación de la teoría de la ley de Hooke. También, el estudiante podrá analizar los resultados medidos y plantear metodologías para la verificación y cálculo del módulo de rigidez. Finalmente, será capaz de utilizar el límite elástico del material para encontrar el torque máximo permisible para mantenerse en el rango elástico.

**IV. Objetivo general de aprendizaje:** Al finalizar la sesión el estudiante podrá entender la teoría detrás de los ensayos de torsión en mecánica de materiales y verificarlos experimentalmente en el laboratorio de materiales.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 1:** Al finalizar la primera etapa el estudiante será capaz de:

- Entender la teoría detrás de la ley de Hooke y su aplicación en miembros estructurales en torsión.
- Definir y distinguir los materiales dúctiles y los materiales frágiles.
- Utilizar el equipo de ensayo de torsión y conocer todos sus componentes.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 2:** Al finalizar la segunda etapa, el estudiante será capaz de:

- Realizar un ensayo de cargas torsionales a una barra de acero dentro del rango lineal.
- Calcular el módulo de rigidez y calcular la curva de torque vs. giro.
- Concluir y analizar los resultados del material obtenidos experimental y teóricamente.

**Nivel taxonómico:**

**Dominio de Conocimiento:** A.4 Información - Generalizaciones; A.5 Información - Principios

**Nivel de Pensamiento:** 1.1 Recuperación – Reconocimiento; 1.2 Recuperación – Recuerdo 2.2 Comprensión – Simbolización; 3.1 Análisis – Asociación; 3.2 Análisis – Clasificación.

**Contenido temático:** Tercer Capítulo: Torsión mecánica de análisis estructural.

**Descripción de la actividad:**

Previo a la sesión: El docente pide a los estudiantes que realicen el preparatorio de laboratorio usando como marco teórico lo revisado en la materia de la clase de teoría. Además, el docente pide a los estudiantes que realicen la lectura de las paginas 146-156 (Capítulo 2: Torsión; Sección 3,1-3,2) del libro “*Mechanics of Materials 7th Edición*” de Ferdinand Beer. De esta fase, el estudiante individualmente debe entregar al inicio del laboratorio los trabajos de preparación de laboratorio.

- c) El trabajo de preparación es derivar y demostrar las ecuaciones de torsión según lo especificados en su manual de laboratorio, para el rango elástico de una barra de acero. El estudiante debe entregar este trabajo al iniciar la sesión caso contrario no podrá realizar la sesión del laboratorio.
- d) Al inicio del laboratorio se genera un quiz. Se realiza la siguiente pregunta, “Mencione las suposiciones que se hace para torsión en miembros circulares”. El estudiante deberá mencionar el cambio de coordenadas polares a radiales y como esto afecta al elemento, resumiendo las características para cada uno.

Antes de iniciar la sesión los estudiantes deben entregar sus preparatorios para ser revisados por el instructor. NOTA: este preparatorio tendrá una nota de P o F, y recibe un porcentaje a la nota final de la práctica.

La sesión está dividida en dos partes: a) Se realizan grupos de dos (2) estudiantes en donde cada grupo debe revisar su trabajo de preparación. Esta primera parte se realiza con ayuda del instructor, asegurándose de que todos tengan bien las ecuaciones y ayudando a los que tengan algún error. Mediante una serie de imágenes, el docente presenta el esquema a utilizar en el laboratorio para que cada grupo prepare sus materiales. b) Los grupos realizan sus prácticas, obteniendo los resultados y observaciones necesarias con la supervisión del docente.

**Instrucciones de la actividad:**

PARTE I: Introducción a la práctica.

- Se forman grupos aleatorios de dos (2) integrantes. Cada grupo recibe una hoja guía donde se especifica las instrucciones para realizar el experimento.
- Cada integrante del grupo lee las instrucciones de la hoja guía.
- Cada grupo tiene formuladas las ecuaciones de módulo de rigidez dentro del límite proporcional.
- El docente describe la práctica a realizar, aclara cualquier duda y provee los materiales a los grupos. También, pide a los estudiantes que preparen el experimento según el esquema del manual, utilizando la misma muestra que utilizaron para la primera práctica.

PARTE II: Desarrollo de la practica

- El docente deja que cada grupo realice la práctica y adquiera los datos establecidos en el manual del laboratorio.
- En los grupos formados para la PARTE I, los estudiantes podrán descifrar como calcular el módulo de rigidez de una barra cilíndrica en el rango elástico según los conocimientos

adquiridos previos a la sesión y en la PARTE I de la actual.

- Enfocándose en los estudiantes que respondieron incorrectamente, el docente pide a los estudiantes que analicen los resultados obtenidos y que expliquen por qué la respuesta es similar o diferente a la teoría, de manera que la solución se genere de los estudiantes directamente.
- Una vez que el docente identifique que los estudiantes comprenden el porqué de la respuesta correcta y que haya una comprensión profunda, los estudiantes pueden retirarse del laboratorio.

#### **Estrategias de autodirección que se fomentan:**

- Se busca que el estudiante despierte la curiosidad acerca de los elementos que rodean su entorno. Al permitirle analizar el comportamiento de una barra bajo torsión y observar las deformaciones y los esfuerzos que se producen, logran comprender los métodos y teorías aprendidos en clase de una forma física.
- La actividad colaborativa en la que los estudiantes trabajan con los compañeros de su grupo para desarrollar la práctica activa el Sistema Self (Marzano, 2005) para la examinación de la importancia y eficiencia de lo que se va a aprender. Si el estudiante encuentra alguna utilidad en la materia, es probable que sienta mayor motivación para aprenderla.
- Cuando los estudiantes realizan el preparatorio del laboratorio de forma individual y comparten sus resultados con otros estudiantes, identifican posibles errores en sus resultados para luego corregirlas. Esta actividad activa el Sistema Metacognitivo de cada estudiante (Marzano, 2005), y le permite monitorear sus procesos de pensamiento de forma autorregulada.

#### **Materiales didácticos:**

- Marcadores de tiza líquida y pizarra
- Proyector
- Manual de los estudiantes
- Secuencia didáctica
- Rubricas de calificación
- Computador personal por grupo

#### **Materiales de laboratorio:**

- Equipo de ensayo de torsión
- Medidor de ángulos de torsión
- Regla
- 1 computadora
- Excel
- Espécimen cilíndrico de acero
- Calibrador Vernier

**Modalidad:** Trabajo en casa y Presencial



**PREVIO A LA SESIÓN:** El estudiante realiza el preparatorio de laboratorio de forma individual  
**PARTE I:** Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de dos (2) con guía del docente).

**PARTE II:** Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de dos (2) con guía del docente).

**DESPUES DE LA SESIÓN:** Los estudiantes trabajan en grupo para realizar el informe del laboratorio según los lineamientos del manual de la práctica.

**Duración:**

TOTAL: 3.5 horas.

PREVIO A LA SESIÓN: 30 min / PARTE I: 30 min / PARTE II: 30 min/

DESPUES DE LA SESIÓN: 2 horas

**Espacio y periodo de realización:**

PREVIO A LA SESIÓN: En casa. / PARTE I: En el laboratorio de estructuras. / PARTE II: En el laboratorio de estructuras. / DESPUES DE LA SESIÓN: En casa

**Mecanismo de evaluación:**

Evaluación diagnóstica sumativa. El docente califica el preparatorio del laboratorio de cada estudiante antes de iniciar la clase obteniendo una evaluación diagnóstica inicial de la comprensión de la temática contenida en la lectura. De esta primera parte se obtiene una calificación sumativa que hace parte del porcentaje de *laboratorios* dentro de la rúbrica de calificaciones de laboratorio del curso.

Evaluación formativa. El docente observa la dinámica de la clase y retroalimenta inmediatamente cuando identifica que algún estudiante o grupo demuestra un entendimiento erróneo de algún concepto y alienta a los estudiantes o grupos que muestran un avance y comprensión significativa.

La actividad de cierre es el informe del laboratorio y es parte fundamental de la evaluación formativa, ya que le permite al grupo de estudiantes trabajar en equipo para así reafirmar sus conceptos. De esta última parte se obtiene una autoevaluación y una coevaluación de los integrantes del grupo de trabajo. Esta calificación hace parte del porcentaje dentro de la rúbrica de calificaciones del curso.

**Medio y fecha de entrega:** Entrega del preparatorio antes de comenzar la clase, Dentro de una semana el informe del laboratorio completo.

2.4.2.1 Rubrica de calificación de Mecánica de Materiales, Laboratorio No. 2 Torsión:  
Esfuerzos en el rango elástico

<b>Rubrica</b>					
<i>Titulo</i>	<i>NIVEL 1</i>	<i>NIVEL 2</i>	<i>NIVEL 3</i>	<i>Requisito</i>	<i>Total</i>
Caratula	El trabajo tiene una caratula que contiene: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (1)	El trabajo tiene una caratula, pero le falta menos de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0.8)	El trabajo no tiene una caratula o no contiene más de más de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0)	1 pagina	1
Introducción	Tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. Explica claramente de que se trata este experimento. (3)	Tiene un párrafo introductorio sobre el tema de la práctica. No explica claramente de que se trata este experimento. (1,5)	No tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. (0)	1/2 pagina	3
Objetivos	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (3)	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas, pero no resumen los propósitos o metas a cumplir. (1,5)	No tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (0)	1/2 pagina	3
Materiales	Describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. Si es necesario, provee un esquema de la preparación del laboratorio, con dimensiones, masas, etc. (3)	Describe el 75% de todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (1,5)	Describe menos del 50% o no describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (0)	1/2- 1 pagina	3
Procedimiento	Describe todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica	Describe el 75% todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica	Describe menos del 50% o no describe los pasos que se grupo siguió para	1/2 pagina	5

	No copia los pasos del manual, explica el procedimiento exacto que siguió. (5)		completar la practica		
Resultados	<p>Explique brevemente la teoría detrás del experimento, ¿que se asumió? ¿Qué tan valido es esto?</p> <p>Explique las ecuaciones utilizadas y detalle los cálculos necesarios, cualquier tabla, figura o cuadro de apoyo puede poner en los anexos y únicamente referirlo en su informe.</p> <p>Se debe tener resultados experimentales y resultados teóricos.</p> <p>Cuide las unidades. (25)</p>	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son similares a los otros métodos geométricos. (15)	<p>No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente.</p> <p>Los resultados son incoherentes con los otros métodos geométricos. (10)</p>	1 pagina	25
Análisis	<p>Analice los resultados obtenidos. Cada ítem (Tabla, grafico o resultados) debe tener una explicación, interpretación o análisis. El grafico de la deflexión vs carga debe estar dentro</p>	<p>Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente.</p> <p>Muestra las tablas y las gráficas, pero no hay un análisis profundo del tema. (12)</p>	<p>No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No tiene todas as tablas ni las gráficas que pide el lab. El análisis es inexistente o muy incompleto. (0)</p>	1 pagina	20

	del rango lineal, explique.				
	Utilice herramientas estadísticas para encontrar, máximos, mínimos, tendencias, porcentajes de error, desviación estándar entre otros, y de tal manera compare y explique sus resultados. (20)				
Recomendaciones	Analice los errores. Los problemas en el procedimiento, preparación o materiales. ¿Qué causo el error? ¿Como se puede mejorar el experimento?	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Menciona errores, pero no pone recomendaciones. (5)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No menciona todos los errores ni pone recomendaciones adecuadas. (0)	1/2 pagina	10
Conclusiones	¿Se logro cumplir los objetivos? Compare sus resultados teóricos con los experimentales. Compare el módulo de elasticidad obtenido por ensayos de carga axial con los de torsión.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente o las conclusiones son deficientes. (10)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente o no tiene conclusiones. (0)	1 pagina	15

	Como se comparó con sus expectativas iniciales				
	¿Que aprendió del experimento?				
Referencias	Pone todas las citas según las normas APA (2)	No cita correctamente. (1)	No cita (0)	-	2
Apéndices	Pone fotos del experimento, tablas de ayuda. (3)	No pone todas las fotos del experimento, tablas de ayuda. (1,5)	No pone fotos del experimento ni tablas de ayuda. (0)	-	3
Preguntas Pre-Lab	Realice la preparación del laboratorio. ¡Si no hace el prelab NO podrá entregar el informe! (10)	No realiza la preparación del laboratorio. No podrá hacer informe (0)		1 pagina	10

2.4.3 Laboratorio No. 3 Flexión y Corte

**SECUENCIA DIDÁCTICA**  
**Laboratorio No. 3 Mecánica de Materiales**  
*Flexión y Corte*

**V. Competencia a desarrollar o fortalecer:**

El estudiante será capaz de realizar un ensayo de laboratorio de cargas flexionales a una viga de madera en el equipo UTM. También, el estudiante podrá calcular el espaciamiento necesario entre clavos para una viga tipo I de madera compuesta por tres planchas mediante la teoría de flujo de corte. Además, podrá analizar los resultados medidos y plantear metodologías para la verificación de los cálculos. Finalmente será capaz de obtener los esfuerzos de corte y flexión máximos en la viga.

**VI. Objetivo general de aprendizaje:** Al finalizar la sesión el estudiante podrá entender la teoría detrás de los ensayos de flexión y corte en mecánica de materiales y verificarlos experimentalmente en el laboratorio de materiales.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 1:** Al finalizar la primera etapa el estudiante será capaz de:

- Determinar la distancia (s) entre clavos para construir una viga compuesta teóricamente según el cálculo de flujo de corte y la resistencia de corte de los clavos.
- Definir y distinguir la diferencia entre flujo de corte y esfuerzo de corte.
- Utilizar el equipo de ensayo de flexión en 4 puntos de una viga y conocer todos sus componentes.

**Objetivo específico de aprendizaje etapa No. 2:** Al finalizar la segunda etapa, el estudiante será capaz de:

- Construir una viga compuesta y realizar un ensayo de flexión a la misma.
- Determinar la distancia (s) entre clavos para construir una viga compuesta experimentalmente
- Concluir y analizar los resultados del material obtenidos experimental y teóricamente.

**Nivel taxonómico:**

**Dominio de Conocimiento:** A.4 Información - Generalizaciones; A.5 Información - Principios

**Nivel de Pensamiento:** 1.1 Recuperación – Reconocimiento; 1.2 Recuperación – Recuerdo 2.2 Comprensión – Simbolización; 3.1 Análisis – Asociación; 3.2 Análisis – Clasificación.

**Contenido temático:** Cuarto Capítulo: Cargas de Cortante – Mecánica de Materiales

**Descripción de la actividad:**

Previo a la sesión: El docente pide a los estudiantes que realicen el preparatorio de laboratorio usando como marco teórico lo revisado en la materia de la clase de teoría. Además, el docente pide a los estudiantes que realicen la lectura de las paginas 435-442 (Capitulo 6: Shearing Stresses in Beams and Thin-Walled Members; Sección 6,1-6,2) del libro “*Mechanics of Materials 7th Edición*” de Ferdinand Beer. De esta fase, el estudiante individualmente debe entregar al inicio del laboratorio los trabajos de preparación de laboratorio.

- a) El trabajo de preparación es calcular un espaciamiento para construir una viga compuesta de madera. El estudiante debe entregar este trabajo al iniciar la sesión caso contrario no podrá realizar la sesión del laboratorio.
- b) Al inicio del laboratorio se genera un quiz. Se realiza la siguiente pregunta, “Mencione la diferencia entre esfuerzo de corte y flujo de cortante”. El estudiante deberá definir cada elemento, resumiendo las características para cada uno.

Antes de iniciar la sesión los estudiantes deben entregar sus preparatorios para ser revisados por el instructor. NOTA: este preparatorio tendrá una nota de P o F, y recibe un porcentaje a la nota final de la práctica.

La sesión está dividida en dos partes: a) Se realizan grupos de dos (2) estudiantes en donde cada grupo debe revisar su trabajo de preparación. Con esta revisión, los estudiantes comienzan a armar sus vigas de acuerdo con los cálculos realizados b) Los grupos realizaran sus prácticas, obteniendo los resultados y observaciones necesarias con la supervisión del docente.

**Instrucciones de la actividad:**

PARTE I: Introducción a la práctica.

- Se forman grupos aleatorios de dos (2) integrantes. Cada grupo recibe una hoja guía donde se especifica las instrucciones para realizar el experimento.
- Cada integrante del grupo lee las instrucciones de la hoja guía.
- Cada grupo tiene sus cálculos del espaciamiento, deben comparar y determinar la respuesta adecuada.
- El docente describe la práctica a realizar, aclara cualquier duda y provee los materiales a los grupos. También, pide a los estudiantes que preparen el experimento según el esquema del manual.

PARTE II: Desarrollo de la practica

- El docente deja que cada grupo realice la práctica y adquiera los datos establecidos en el manual del laboratorio.
- En los grupos formados para la PARTE I, los estudiantes podrán descifrar como verificar el espaciamiento adecuado entre clavos según los conocimientos adquiridos previos a la sesión y en la PARTE I de la actual.
- Los grupos concluyen respecto a sus resultados.

- Enfocándose en los estudiantes que respondieron incorrectamente, el docente pide a los estudiantes que analicen los resultados obtenidos y que expliquen por qué la respuesta es similar o diferente a la teoría, de manera que la solución se genere de los estudiantes directamente.
- Una vez que el docente identifique que los estudiantes comprenden el porqué de la respuesta correcta y que haya una comprensión profunda, los estudiantes pueden retirarse del laboratorio.

#### **Estrategias de autodirección que se fomentan:**

- Se busca que el estudiante despierte la curiosidad acerca de los elementos que rodean su entorno. Al permitirle analizar el comportamiento de una viga compuesta bajo cargas de flexión, pueden comprobar la importancia del cálculo de espaciamiento entre clavos y su impacto a la viga. Además, logran comprender los métodos y teorías aprendidos en clase de una forma física.
- La actividad colaborativa en la que los estudiantes trabajan con los compañeros de su grupo para desarrollar la práctica activa el Sistema Self (Marzano, 2005) para la examinación de la importancia y eficiencia de lo que se va a aprender. Si el estudiante encuentra alguna utilidad en la materia, es probable que sienta mayor motivación para aprenderla.
- Cuando los estudiantes realizan el preparatorio del laboratorio de forma individual y comparten sus resultados con otros estudiantes, identifican posibles errores en sus resultados para luego corregirlas. Esta actividad activa el Sistema Metacognitivo de cada estudiante (Marzano, 2005), y le permite monitorear sus procesos de pensamiento de forma autorregulada.

#### **Materiales didácticos:**

- Marcadores de tiza líquida y pizarra
- Proyector
- Manual de los estudiantes
- Secuencia didáctica
- Rúbricas de calificación
- Computador personal por grupo

#### **Materiales de laboratorio:**

- Equipo de flexión en 4 puntos
- Planchas de madera de 3 cm de espesor
- Clavos
- Martillo
- Regla
- Flexómetro
- Computadora
- Excel



**Modalidad:** Trabajo en casa y Presencial

**PREVIO A LA SESIÓN:** El estudiante realiza el preparatorio de laboratorio de forma individual

**PARTE I:** Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de dos (2) con guía del docente).

**PARTE II:** Colaborativa (Participan todos los estudiantes en grupos de dos (2) con guía del docente).

**DESPUES DE LA SESIÓN:** Los estudiantes trabajan en grupo para realizar el informe del laboratorio según los lineamientos del manual de la práctica.

**Duración:**

TOTAL: 4 horas.

PREVIO A LA SESIÓN: 30 min / PARTE I: 30 min / PARTE II: 1 hora/

DESPUES DE LA SESIÓN: 2 horas

**Espacio y periodo de realización:**

PREVIO A LA SESIÓN: En casa. / PARTE I: En el laboratorio de estructuras. / PARTE II: En el laboratorio de estructuras. / DESPUES DE LA SESIÓN: En casa

**Mecanismo de evaluación:**

Evaluación diagnóstica sumativa. El docente califica el preparatorio del laboratorio de cada estudiante antes de iniciar la clase obteniendo una evaluación diagnóstica inicial de la comprensión de la temática contenida en la lectura. De esta primera parte se obtiene una calificación sumativa que hace parte del porcentaje de *laboratorios* dentro de la rúbrica de calificaciones de laboratorio del curso.

Evaluación formativa. El docente observa la dinámica de la clase y retroalimenta inmediatamente cuando identifica que algún estudiante o grupo demuestra un entendimiento erróneo de algún concepto y alienta a los estudiantes o grupos que muestran un avance y comprensión significativa.

La actividad de cierre es el informe del laboratorio y es parte fundamental de la evaluación formativa, ya que le permite al grupo de estudiantes trabajar en equipo para así reafirmar sus conceptos. De esta última parte se obtiene una autoevaluación y una coevaluación de los integrantes del grupo de trabajo. Esta calificación hace parte del porcentaje dentro de la rúbrica de calificaciones del curso.

**Medio y fecha de entrega:** Entrega del preparatorio antes de comenzar la clase, Dentro de una semana el informe del laboratorio completo.

2.4.3.1 Rubrica de calificación de Mecánica de Materiales, Laboratorio No. 3 Flexión y Corte

<b>Rubrica</b>					
<i>Titulo</i>	<i>NIVEL 1</i>	<i>NIVEL 2</i>	<i>NIVEL 3</i>	<i>Requisito</i>	<i>Total</i>
Caratula	El trabajo tiene una caratula que contiene: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (1)	El trabajo tiene una caratula, pero le falta menos de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0.8)	El trabajo no tiene una caratula o no contiene más de más de la mitad de: Logo USFQ, nombre Materia, No. y titulo del ensayo, fecha de entrega, nombre estudiante, instructor (0)	1 pagina	1
Introducción	Tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. Explica claramente de que se trata este experimento. (3)	Tiene un párrafo introductorio sobre el tema de la práctica. No explica claramente de que se trata este experimento. (1,5)	No tiene un párrafo introductorio breve sobre el tema de la práctica. (0)	1/2 pagina	3
Objetivos	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (3)	Tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas, pero no resumen los propósitos o metas a cumplir. (1,5)	No tiene 2-3 Declaraciones breves y concisas que resumen los propósitos o metas a cumplir. (0)	1/2 pagina	3
Materiales	Describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. Si es necesario, provee un esquema de la preparación del laboratorio, con dimensiones,	Describe el 75% de todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (1,5)	Describe menos del 50% o no describe todos las herramientas, materiales y equipos que se utilizaron. (0)	1/2- 1 pagina	3

	masas, etc. (3)				
Procedimiento	Describe todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica No copia los pasos del manual, explica el procedimiento exacto que siguió. (5)	Describe el 75% todos los pasos que se grupo siguió para completar la practica	Describe menos del 50% o no describe los pasos que se grupo siguió para completar la practica	1/2 pagina	5
Resultados	Explique brevemente la teoría detrás del experimento, ¿que se asumió? ¿Qué tan valido es esto? Explique las ecuaciones utilizadas y detalle los cálculos necesarios. Comente acerca de la sección transversal, ¿Qué tiene de especial? Se debe tener resultados experimentales y resultados teóricos. Cuide las unidades. (25)	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son similares a los otros métodos geométricos. (15)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. Los resultados son incoherentes con los otros métodos geométricos. (10)	1 pagina	25

Análisis	Analice los resultados obtenidos. Cada ítem (Tabla, grafico o resultados) debe tener una explicación, interpretación o análisis. Obtenga el flujo de cortante, explique.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Muestra las tablas y las gráficas, pero no hay un análisis profundo del tema. (12)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No tiene todas as tablas ni las gráficas que pide el lab. El análisis es inexistente o muy incompleto. (0)	1 pagina	20
	Utilice herramientas estadísticas para encontrar, máximos, mínimos, tendencias, porcentajes de error, desviación estándar entre otros, y de tal manera compare y explique sus resultados. (20)				
Recomendaciones	Analice los errores. Los problemas en el procedimiento, preparación o materiales.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente. Menciona errores, pero no pone recomendaciones. (5)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente. No menciona todos los errores ni pone recomendaciones adecuadas. (0)	1/2 pagina	10
	¿Qué causo el error? ¿Como se puede mejorar el experimento?				
Conclusiones	¿Se logro cumplir los objetivos? Compare sus resultados teóricos con los experimentales.	Cumple el 75% de las condiciones mencionadas anteriormente o las conclusiones son deficientes. (10)	No realiza o cumple menos del 50% de las condiciones mencionadas anteriormente o no tiene	1 pagina	15

	<p>Compare los distintos con el flujo de cortante obtenido. Realice el grafico carga deflexión.</p> <p>Como se comparó con sus expectativas iniciales</p> <p>¿Que aprendió del experimento?</p>		conclusiones. (0)		
Referencias	Pone todas las citas según las normas APA (2)	No cita correctamente. (1)	No cita (0)	-	2
Apéndices	Pone fotos del experimento, tablas de ayuda. (3)	No pone todas las fotos del experimento, tablas de ayuda. (1,5)	No pone fotos del experimento ni tablas de ayuda. (0)	-	3
Preguntas Pre-Lab	Realice la preparación del laboratorio. ¡Si no hace el prelab NO podrá entregar el informe! (10)	No realiza la preparación del laboratorio. No podrá hacer informe (0)		1 pagina	10

## **CAPÍTULO 3: GUIAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

### 3.1 Generalidades

Este manual de instrucciones está destinado a describir los procedimientos para realizar las prácticas de las materias de resistencia de materiales, Análisis Estructural, Dinámica Estructural y Resistencia de Materiales. También, describe los formatos y uso de los mismos para cada práctica, así como también las instrucciones que el profesor o asistente debe impartir para su ejecución. Describe además los datos materiales y resultados esperados para cada laboratorio. Adicionalmente, se describe los procedimientos para la correcta entrega del informe de resultados, incluyendo la rúbrica de calificación. El informe de laboratorio se considera un informe técnico de ingeniería, como tal, se evalúa la capacidad del estudiante para completar correctamente el experimento y realizar el análisis de datos según las indicaciones, su capacidad para comunicar claramente, su metodología, resultados e ideas por escrito.

#### *3.1.1 Seguridad en el laboratorio*

Dentro del laboratorio, rige el manual de seguridad de laboratorios de la Universidad San Francisco de Quito. A continuación, se describen las normas de seguridad más importantes para el correcto desarrollo de los laboratorios de Análisis Estructural, Dinámica Estructural y Resistencia de Materiales.

1. No realice experimentos no autorizados por sí mismo.
2. Nunca deje desatendido un experimento que está en progreso.

3. Se recomienda estrictamente a los estudiantes que usen zapatos cerrados como medida de seguridad y que confinen el pelo largo y ropa suelta.
4. El descuido en la conducta personal o en el manejo del equipo puede provocar lesiones graves a la persona o al equipo.
5. Al manejar masas, cuidar que estén bien asegurado el portamasas o colgador.
6. Tener mucho cuidado de los equipos

NOTA: Para solicitar el uso de los equipos fuera del laboratorio, llenar el formulario de solicitud de equipos. Si los equipos son dañados o perdidos serán responsables de adquirir repuestos nuevos por las personas que los solicitan.

### *3.1.2 Grupos de laboratorio*

La práctica de laboratorio se establece en clase con el profesor donde hacen grupos de máximo cinco (5) estudiantes. El curso se divide en dos para ir alternando las semanas de laboratorio, de tal manera el laboratorio no se sature con estudiantes. La práctica de laboratorio se realiza como un trabajo en equipo. El trabajo en equipo es un aspecto importante de la práctica de laboratorio y mejora su rendimiento en la medición de los datos experimentales. Sin embargo, el objetivo es que todos los integrantes realicen todas las tareas y en conjunto desarrollen el informe.

### *3.1.3 Asistencia*

La asistencia a todas las prácticas de laboratorio es obligatoria. Los estudiantes deben participar en todos los experimentos de laboratorio según lo programado y a tiempo. Los laboratorios comienzan a la hora en punto y se permite el ingreso con máximo 15 minutos

de retraso. La puntualidad se refleja en su nota de rendimiento en el laboratorio. No se da ninguna clase de reposición para las sesiones perdidas.

#### *3.1.4 Limpieza*

1. Asegúrese de medir todos los datos experimentales necesarios para escribir el informe antes de desarmar y guardar los equipos.
2. Enliste todas las mediciones requeridas para el desarrollo del informe; caso contrario, consulte al instructor.
3. Deje los instrumentos y equipos limpios y ordenados al finalizar la práctica.
4. Limpie el área de trabajo y guarde las cosas en su respectivo lugar

#### *3.1.5 Formato General de Presentación*

Los informes deben entregarse digitalmente en la carpeta del curso correspondiente. No se reciben trabajos entregados tarde. La nota mínima es 0 y la máxima es 10. A continuación, se describen las normas generales a seguir:

- Normas APA
- Times New Roman, 12, simple espacio
- Completar todos los criterios en la rúbrica.
- Utilice 2 decimales para sus mediciones aproximadas y 3 para cálculos matemáticos.
- El documento debe ser conciso y muy claro.
- Todas las figuras, cuadros o tablas deben tener título y número de asignación.
- La estética y gramática hace parte de la rúbrica
- El formato entregable se visualiza a continuación,



## Experimento No. #: Título

### *i. Portada*

### *ii. Introducción*

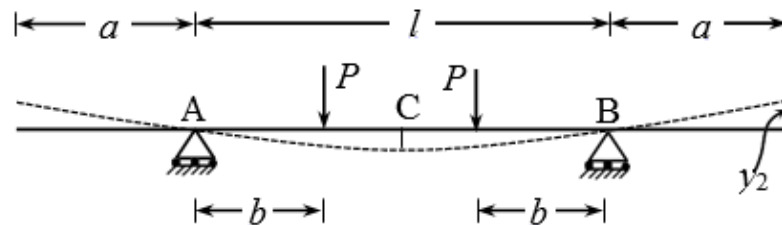
1 ~ 2 párrafos: Una breve introducción al tema de la práctica de laboratorio.

### *iii. Objetivos*

- Indique claramente un objetivo general de la práctica de laboratorio.
- Indique claramente al menos dos objetivos específicos de la práctica de laboratorio

### *iv. Materiales*

- Equipos
- Materiales



**Figura No. ###** Modelo de título de figuras

### *v. Procedimiento*

1. Los pasos que realizó para completar el experimento en orden.
2. En esta parte, nombre sus problemas y lo ocurrido.
3. Debe contener todos los materiales y equipos utilizados.

### *vi. Resultados*

Explique brevemente los principios detrás del experimento, incluidas las suposiciones hechas y su validez. Escriba las ecuaciones para el desarrollo,

Teorema área momento:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI} \quad (1)$$

### *vii. Análisis*

Revise y analice los resultados obtenidos sus cálculos. No se limite a mostrar tablas o cuadros. Cada ítem debe tener explicación, interpretación y análisis.

### *viii. Recomendaciones*

1 párrafo, explique los errores y como se puede mejorar la práctica. También, analice porque se asemejan o diferencian los resultados experimentales con los teóricos.

**ix. Conclusiones**

3-4 párrafos, observe la rúbrica para más detalle.

**x. Referencias**

Referencias bibliográficas en normas APA

**xi. Apéndices**

Fotos del experimento, tablas auxiliares.

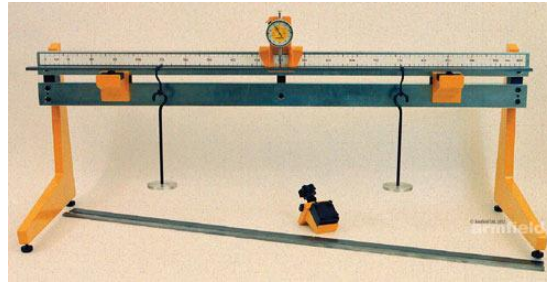


Figura No. 1 modelo: Ensamblaje de una viga simplemente apoyada

## 3.2 Laboratorios de Análisis Estructural

### 3.2.1 *Deflexión en una viga isostática: Métodos Geométricos*

A continuación, encuentra el primer laboratorio perteneciente a la materia de análisis estructural. Para aquello, se enfoca en el primer tema de estudio del semestre, que es “métodos geométricos de análisis estructural”. Para esta práctica, se mida la deflexión y la pendiente en puntos específicos de una viga simplemente apoyada. Luego, el informe consiste en verificar los teoremas aprendidos en clase.

## Laboratorio No. 1

*Deflexión en una viga isostática:*

*Métodos Geométricos*

**AUTOR:** Dennisse Mariño

### 1. Objetivos

- Comprender y aplicar los conceptos de cálculo de deformación en vigas por métodos geométricos
- Verificar las pendientes y la deflexión de una viga simplemente apoyada experimentalmente
- Encontrar las pendientes y la deflexión en dos (2) puntos especificados de una viga simplemente apoyada teóricamente, con cuatro (4) métodos geométricos mencionados en clase.
- Comparar y analizar los resultados experimentales con los resultados teóricos.

### 2. Materiales y Equipos

- Aparato del teorema de Maxwell y Betti
- Regla
- Masas (10 kg)
- Portamasas
- Computadora
- Excel
- Pasco Capstone site license
- Sensor de deformación Pasco

- Equipo Pasco 850 Interfaz Universal

### 3. Marco Teórico

#### 3.1 Método 1: Integración Directa

El método de integración directa es una herramienta para resolver la deflexión y la pendiente de una viga en cualquier punto mediante la ecuación de la curva elástica (Mathalino, 2018).

De cálculo, sabemos que el radio de curvatura de una curva  $y = f(x)$  está dado por

$$\rho = \frac{[1 + \frac{dy^2}{dx^2}]^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}} \quad (1)$$

En la derivación de la fórmula de flexión, el radio de curvatura de una viga se da como

$$\rho = \frac{EI}{M} \quad (2)$$

La deflexión de las vigas para el rango de pequeñas deformaciones hace que la pendiente de la curva elástica  $dy/dx$  sea despreciable, resulta en

$$\rho = \frac{1}{\frac{d^2y}{dx^2}} \quad (3)$$

Igualando la ecuación (2) y (3) obtenemos,

$$\frac{EI}{M} = \frac{1}{\frac{d^2y}{dx^2}} \quad (4)$$

Asumimos que EI es constante y despejando,

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI} \quad (5)$$

### 3.2 Método 2: Superposición

Por el principio de superposición, los desplazamientos finales debidos tanto a cargas reales como a redundantes actuando al mismo tiempo deben ser iguales a la suma de los desplazamientos calculados independientemente.

En el caso de deflexiones en vigas, el principio de superposición es válido en las siguientes condiciones:

- i. El material debe cumplir la ley de Hooke
- ii. Las deflexiones y rotaciones de las vigas están en el rango de pequeñas deformaciones
- iii. Las deflexiones no alteran las cargas

*Nota:* Puede tomar como referencia las ecuaciones de deflexión en vigas obtenidas de tablas.

### 3.3 Método 3: Área-Momento

El teorema del área de momento se denomina principio de Mohr y se basa en los siguientes teoremas de Área-Momento (M/EI)

- i. El área bajo el diagrama de curvatura entre dos puntos A y B es igual al cambio en las pendientes entre esos dos puntos sobre la curva elástica

de deformación vertical

$$\theta_{AB} = \frac{1}{EI} (Area_{AB}) \quad (6)$$

- ii. La desviación vertical de la tangente en un punto A sobre la curva elástica con respecto a la tangente prolongada desde otro punto B, es igual al momento del área bajo la curva entre los puntos A y B con respecto a un eje A.

$$\theta_{B/A} = \frac{1}{EI} (Area_{AB}) * \bar{x}_B \quad (7)$$

$$\theta_{A/B} = \frac{1}{EI} (Area_{AB}) * \bar{x}_A \quad (8)$$

Se cumple siempre y cuando en la curva no haya discontinuidades por articulaciones. Esta desviación siempre es perpendicular a la posición original de la viga y se denomina flecha (Kasimali, 2010).

### 3.4 Método 4: Viga Conjugada

El método de la viga conjugada consiste en hallar el diagrama de curvatura (M/EI) en la viga real y aplicarlo como carga a la viga conjugada. La viga conjugada es una viga ficticia equivalente y se obtiene conociendo las siguientes propiedades.

- i. La longitud de la viga conjugada es siempre igual a la longitud de la viga real.
- ii. La carga en la viga conjugada es igual al diagrama M / EI de las cargas en la viga real.
- iii. Los apoyos se intercambian.
- iv. El punto donde el cortante es igual a cero para la viga

conjugada corresponde al punto donde la pendiente es igual a cero de la viga real.

- v. El punto de momento máximo para la viga conjugada corresponde al punto de deflexión máxima para la viga real.

Luego, se obtiene el cortante en la viga conjugada que será el giro de la viga real y el momento en la viga conjugada será el desplazamiento en cualquier punto.

$$EI * y = \text{Deformacion (elastica)} \quad (9)$$

$$EI * \frac{dy}{dx} = \text{Pendiente} \quad (10)$$

$$EI * \frac{d^2y}{dx^2} = \text{Momento} \quad (11)$$

$$EI * \frac{d^3y}{dx^3} = \text{Cortante} \quad (12)$$

$$EI * \frac{d^4y}{dx^4} = \text{Carga} \quad (13)$$

#### 4. Descripción del Experimento

Para esta práctica, se mide la deflexión en el centro de la luz central (punto C) y en el punto final de una viga simplemente apoyada con voladizo en los extremos (punto D), y el giro en el segundo apoyo (punto B), mediante la aplicación de distintas combinaciones de carga.

#### 5. Seguridad

Siga las regulaciones establecidas en el Manual de Seguridad de Laboratorios de la USFQ. Además, utilice zapatos cerrados y el cabello

recogido, tenga cuidado al colocar las masas y revise que estén bien sujetos los aparatos. No se tolerará indisciplina.

#### 6. Procedimiento

1. Asegúrese de tener todos los materiales listados en la sección 2.
2. Mida el grosor (t), el ancho (w), los voladizos (a), la distancia de carga (b) y el tramo central (l) de la viga (Observe la *Figura No. 1 y 2*).
3. Prepare el experimento según el esquema brindado en la *Figura No. 2*, el aparato de Maxwell y Betti ya tiene la viga y los apoyos colocados.
4. Conecte el interfaz Pasco a su computadora para la toma de datos y coloque el sensor de deformación apuntando hacia la viga.
5. Coloque el colgador a la misma distancia de los soportes A y B y cárguelos con cargas iguales (P).
6. Mida la deflexión al extremo saliente (y2), en el centro C (y1) y la pendiente en el segundo apoyo (B), mediante el deformímetro Pasco.
7. Repita los pasos anteriores para diferentes cargas.

7. Cálculos & Observaciones

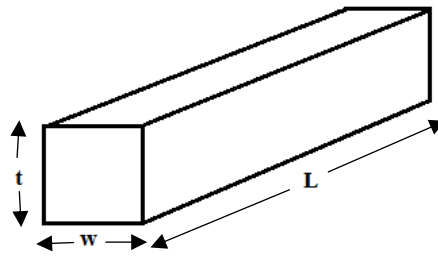


Ilustración 1 Nomenclatura de la viga

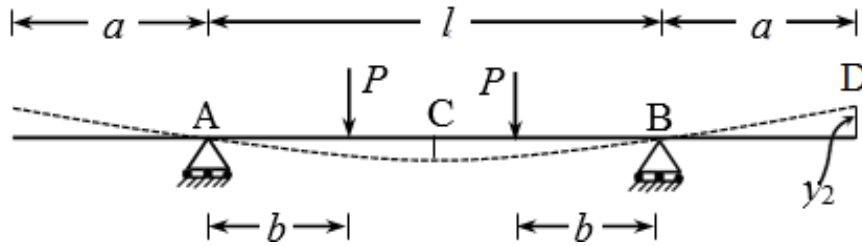


Ilustración 2 Esquema de aplicación de cargas y distribución de apoyos

Espesor de la viga (t)

= \_\_\_\_\_ [mm]

Ancho de la viga (w)

= \_\_\_\_\_ [mm]

Longitud de los voladizos (a)

= \_\_\_\_\_ [mm]

Distancia del punto de carga (b) =

\_\_\_\_\_ [mm]

Centro del haz de la viga (L)

= \_\_\_\_\_ [mm]

Modulo de Young (E) =  $2.1 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>

Inercia (I)

=  $wt^3/12$  = \_\_\_\_\_ [mm]

No	Carga P[kgf]	Pendiente en B		Deflexión en C		Deflexión en D	
		Experimental , $\theta_1$ [rad]	Calculado	Experimental , $y_1$ [mm]	Calculado	Experimental , $y_2$ [mm]	Calculado
1							
2							
3							
4							
5							

Tabla 1 Recopilación de datos

## 8. Resultados y Análisis

Para este experimento se verifica el procedimiento de los métodos geométricos revisados en clase. Se debe comparar los resultados obtenidos para el cálculo de deflexiones experimentalmente, con los obtenidos teóricamente.

- a) Grafique la deflexión en cada punto y la pendiente en función de la carga P.
- b) Calcule el porcentaje de error entre los resultados teóricos y experimentales con la ecuación (14), analice.

$$\%_{error} = \left| \frac{\#_{Exp} - \#_{Teorico}}{\#_{Teorico}} \right| * 100 \quad (14)$$

## 9. Preparación de Laboratorio

- Lea las paginas 230-234 del libro “*Structural Analysis 4th Edición*” de Aslam Kassimali.
- Calcule los valores teóricos, para las deflexiones en los puntos y1 y y2, además de la pendiente en el punto B de

la configuración en la Figura No. 2. Utilice los 4 métodos geométricos mencionados anteriormente.

Note: Deje todas las ecuaciones en función de P, L, a y b, ya que esas dimensiones se determinarán en el laboratorio.

- Traer 1 computadora por grupo con el programa de Pasco Capstone y Excel para tomar los datos que tenga autonomía de 1 hora sin batería.

## 10. Referencias bibliográficas

Department of Civil Engineering. (s.f.). *Manual for Strutral Analysis-II Laboratory*. Bahadurgarh.

Kasimali, A. (2010). *Structural Analysis 4th Edition*. Stamford: CENGAGE Learning.



### *3.2.2 Reacción horizontal en un pórtico: Método de Energía*

A continuación, encuentra el segundo laboratorio perteneciente a la materia de análisis estructural. Para aquello, se enfoca en el primero tema de "Métodos de Energía". Para esta práctica, se mida la reacción horizontal en los apoyos de un pórtico indeterminado y se determina la relación entre la reacción horizontal y la carga con el fin de verificar los teoremas de Castigliano aprendido en clase.

## LABORATORIO DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL

### Laboratorio No. 2

*Reacción horizontal en un pórtico:*

*Método de Energía*

**AUTOR:** Dennisse Mariño

#### 1. Objetivos

- Encontrar la reacción horizontal en el apoyo tipo rodillo de un pórtico hiperestático experimentalmente por el método de Energía.
- Observar la relación entre la carga aplicada y la reacción horizontal en los apoyos.
- Comparar y analizar los resultados experimentales con los resultados teóricos.

#### 2. Materiales

- Base universal TECQuiment
- Unidad de adquisición de datos TECQuiment
- Pórtico STR18
- Portamasas
- Masas
- Regla
- Computadora

- Software estructural de TecQuiment
- Excel

#### 3. Marco Teórico

##### 3.1 Teorema de Castigliano (*Strain Energy Method*)

Para estructuras dentro del rango lineal, la derivada parcial de la energía de deformación, con respecto a una fuerza aplicada es igual al desplazamiento (o rotación) de la fuerza a lo largo de su línea de acción.

$$\delta = \frac{\partial U}{\partial P} \quad (1)$$

$$\theta = \frac{\partial U}{\partial M} \quad (2)$$

Donde,

$\delta$  = la deflexión en el punto de aplicación de la fuerza P en la dirección de P

$\theta$  = la rotación en el punto de aplicación de  $M$ , en la dirección de  $M$

$U$  = la energía de deformación.

De mecánica de materiales se sabe que la energía de deformación de un elemento sometido a flexión es,

$$U = \int_0^L \frac{M^2}{2EI} dx \quad (3)$$

La derivada parcial respecto a la carga ( $P$  o  $\bar{M}$ ) de la expresión (3) nos brinda las ecuaciones de deflexión y rotación en el punto de aplicación. El teorema de Castigliano puede establecerse matemáticamente como,

$$\delta = \int_0^L \left( \frac{\partial M}{\partial P} \right) \frac{M}{EI} dx \quad (4)$$

$$\theta = \int_0^L \left( \frac{\partial M}{\partial \bar{M}} \right) \frac{M}{EI} dx \quad (5)$$

#### 4. Descripción del Experimento

Para esta práctica, se mide la reacción horizontal en los apoyos de un pórtico con apoyos de segundo grado y aplicado una carga puntual en cualquier punto de la viga (que no sea el centro), para un rango de cargas entre 2-10 kg (observe la *Figura No. 2*).

#### 5. Seguridad

Siga las regulaciones establecidas en el Manual de Seguridad de Laboratorios de la USFQ. Además, utilice zapatos cerrados y el cabello

recogido, tenga cuidado al colocar las masas y revise que estén bien sujetos los aparatos. No utilice el equipo sin su instructor presente. No se tolerará indisciplina.

#### 6. Procedimiento

1. Asegúrese de tener todos los materiales listados en la sección No. 2.
2. Mida el grosor ( $t$ ), el ancho ( $w$ ), altura ( $h$ ), las distancias al punto de aplicación de carga desde la derecha y la izquierda ( $a$ ,  $b$ ), y la longitud ( $L$ ) de la viga (Observe la *Figura No. 1* y 2).
3. Calcule la inercia de las barras.
4. Prepare el experimento según el esquema brindado en la *figura No. 2*.
5. Monte la base universal y coloque el pórtico.
6. Prenda el aparato de deflexión y reacciones de pórticos (debe estar encendido 10 minutos antes para estabilizarse).
7. Asegúrese que el indicador este encendido antes de colocar el portamasas.
8. Calcule la carga total puntual  $P$  tomando en cuenta el peso ( $W$ ) del portamasas + la carga ( $P_i$ ) variable.
9. Coloque el colgador a cualquier distancia de los soportes A y D (no central) y cárguelo con una carga puntual ( $P$ ).
10. Utilizando el software de

TECQuiment, calcule las reacciones en los apoyos (punto A y D) y la deflexión en el punto C.

11. Escriba sus resultados en la Tabla No. 1.
12. Mida la reacción horizontal en los apoyos mediante el aparato STR18 TECQuiment.
13. Repita los pasos anteriores para diferentes cargas y tabule las respuestas.

## 7. Cálculos & Observaciones

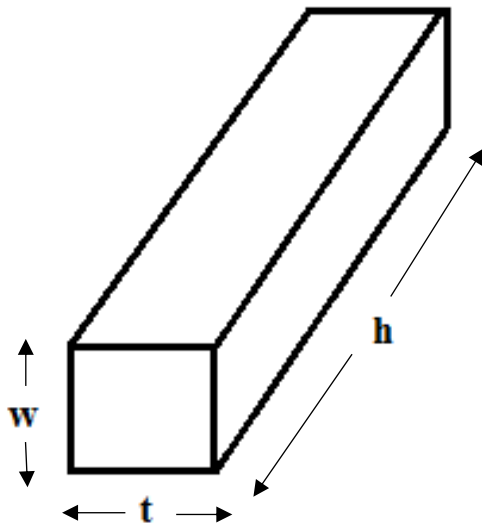


Ilustración 3 Esquema de nomenclatura de las barras

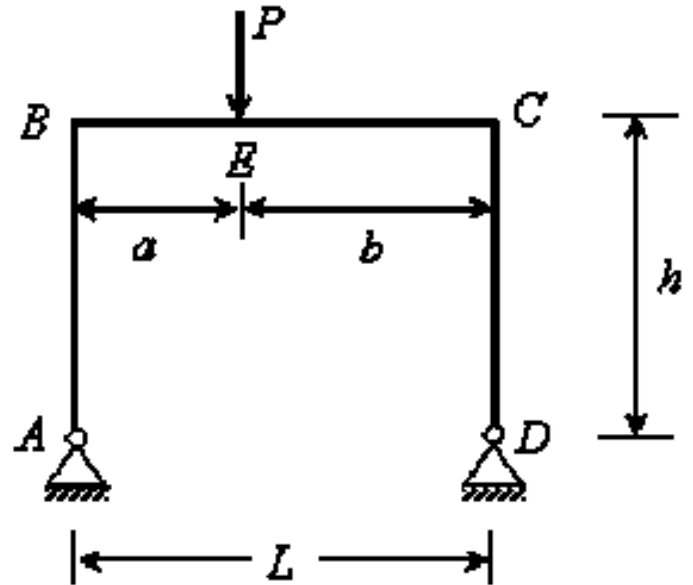


Ilustración 4 Esquema del pórtico

Espesor de las barras,

$$t = [\text{mm}]$$

Ancho de las barras,

$$w = [\text{mm}]$$

Altura del pórtico,

$$h = [\text{mm}]$$

Longitud del pórtico,

$$L = [\text{mm}]$$

Distancia al punto de carga derecha,

$$a = [\text{mm}]$$

Distancia al punto de carga izquierda,

$$b = [\text{mm}]$$

Modulo de Young

$$E = 2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

Inercia

$$I = wt^3/12$$

$$= [\text{mm}^4]$$

No.	Carga, W	Experimental		
		Reacción H Apoyo 1	Reacción H Apoyo 2	Deflexión C [mm]
1				
2				
3				
4				
5				

Tabla 2 Recopilación de datos

### 8. Resultados y Análisis

En este laboratorio el estudiante verifica el método para el cálculo de deformaciones de Castigliano revisado en clase. Se compara los resultados obtenidos experimentalmente con los obtenidos teóricamente.

- Graficar la reacción horizontal para cada apoyo en función de la carga y analizar la tendencia de los resultados.
- Comparar con la pendiente obtenida teóricamente en el preparatorio.
- Calcular el porcentaje de error entre los resultados teóricos y experimentales.
- Analice las fuentes de error y el porqué de los resultados.

$$\%_{error} = \left| \frac{\#_{Exp} - \#_{Teorico}}{\#_{Teorico}} \right| * 100$$

(6)

### 9. Preparación de Laboratorio

- Lea las páginas 316-325 del libro “*Structural Analysis 4th Edición*” de Aslam Kassimali.
- Observe que el pórtico del esquema (Figura No. 2) tiene un grado de indeterminación,  $GI = 1$ . Seleccione la reacción horizontal, H en el punto D como redundante. De tal manera, obtiene el siguiente diagrama:

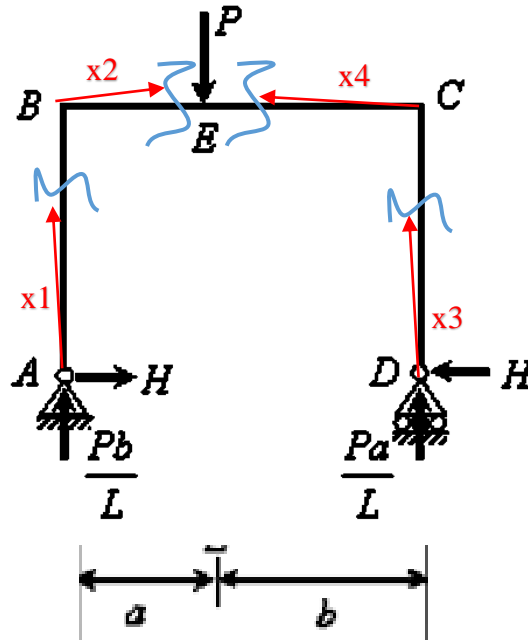


Ilustración 5 Diagrama de cuerpo libre del pórtico

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & H_D = H_A = H \\
 (2) \quad & R_A = \frac{P \cdot b}{L} \\
 (3) \quad & R_D = \frac{P \cdot a}{L}
 \end{aligned}$$

Calcule teóricamente la reacción horizontal del pórtico que se muestra en la Figura No. 2 por el método de energía de Castigliano. Determine las ecuaciones utilizando  $z$  en cada caso como se muestra en la Figura No. 3; para el tramo AB ( $x_1$  medido de A), BE ( $x_2$  medido desde B), CD ( $x_3$  medido desde D) y para CE ( $x_4$  medido desde C). Finalmente, despeje  $H$ .

Nota: Deje todas las ecuaciones en función de  $P$ ,  $L$ ,  $a$  y  $b$ , ya que eso se observará en el laboratorio.

- Debe tener por lo menos una (1) computadora por grupo con el software de TecQuipment y Excel para tomar datos.

## 10. . Referencias bibliográficas

Department of Civil Engineering. (s.f.). *Manual for Strutral Analysis-II Laboratory*. Bahadurgarh.

Kasimali, A. (2010). *Structural Analysis 4th Edition*. Stamford: CENGAGE Learning.

### *3.2.3 Fuerzas internas en una armadura indeterminada: Método de Fuerza*

A continuación, encuentra el último laboratorio perteneciente a la materia de análisis estructural. Para aquello, se enfoca el último tema de estudio del semestre, que es “métodos de fuerza o métodos de deformaciones consistentes”. Para esta práctica, se mida las fuerzas internas de cada barra de una armadura indeterminada. Luego, el informe consiste en verificar el método de fuerza para resolver la armadura teóricamente, y comprar con el valor obtenido experimentalmente.

## LABORATORIO DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL

### Laboratorio No. 3

Fuerzas internas en una armadura indeterminada:

Método de Fuerza

**AUTOR:** Dennisse Mariño

#### 1. Objetivos

- Determinar las fuerzas internas en los miembros de una armadura estáticamente determinada e indeterminada experimentalmente.
- Calcular las fuerzas en la armadura teóricamente, con el método de deformaciones consistentes.
- Comparar los resultados experimentales con los resultados teóricos para verificar el teorema.

#### 2. Materiales y Equipos

- Base universal TECQuiment
- Unidad de adquisición de datos TECQuiment
- Armadura STR17
- Portamasas
- Masas
- Regla
- Computadora

- Software estructural de TecQuiment
- Excel

#### 3. Marco Teórico

##### 3.1 Método de Fuerza

El método de la fuerza (también llamado el método de la flexibilidad o método de deformaciones consistentes) se utiliza para calcular reacciones y fuerzas internas de forma estática de las estructuras indeterminadas bajo cargas y deformaciones impuestas. Los pasos básicos en el método de fuerza son los siguientes:

1. Determine el grado de indeterminación estática,  $GI$  de la estructura.
2. Transforme la estructura en un sistema estáticamente determinado mediante la liberación de una serie de restricciones estáticas igual al grado de indeterminación estática,  $n$ . Esto se logra liberando apoyos, miembros o implementando rotulas. El sistema así formado se llama la



estructura/sistema primario.

3. Para cada restricción liberada, se introduce una fuerza redundante correspondiente al tipo y en dirección de la restricción liberada.
4. Encuentre las ecuaciones de compatibilidad.
5. Aplique la carga real a la armadura determinada (sistema primario) y resuelva con cualquier método aprendido anteriormente para armaduras isostáticas.
6. Resuelva la estructura primaria aplicando las fuerzas redundantes imponiendo las condiciones de compatibilidad de deformación de la estructura original. Estas condiciones transforman la estructura determinada básica de nuevo a la estructura original ya que asume que los desplazamientos en cada una de las restricciones liberadas son igual a cero.
7. Plantee el sistema de ecuaciones de compatibilidad
8. Resuelva el sistema de ecuaciones, hallando la fuerza redundante.
9. Calcule las fuerzas internas

#### **4. Descripción del Experimento**

Para esta práctica, se mide la deflexión de cada miembro de una armadura indeterminada en voladizo dado un rango de cargas puntuales aplicadas el extremo libre del voladizo, para así calcular las fuerzas en cada miembro.

#### **5. Seguridad**

Siga las regulaciones establecidas en el Manual de Seguridad de Laboratorios de la USFQ. Además, utilice zapatos cerrados y el cabello recogido, tenga cuidado al colocar las masas y revise que estén bien sujetos los aparatos. No se tolerará indisciplina.

#### **6. Procedimiento**

1. Asegúrese de tener todos los materiales listados en la sección No. 2.
2. Mida el diámetro de las barras ( $d$ ), las longitudes de barra ( $L_i$ ) y calcule el área. (Observe la *Figura No. 1*).
3. Calcule la inercia de las barras.
4. Prepare el experimento según el esquema brindado en la *figura No. 2*.
5. Monte la base universal y coloque la armadura.
6. Prenda la unidad de adquisición de datos TECQuiment (debe estar encendido 10 minutos antes para estabilizarse).
7. Asegúrese que el indicador este encerado antes de colocar el portamasas.
8. Calcule la carga total puntual  $P$  tomando en cuenta el peso ( $W$ ) del portamasas + la carga ( $P_i$ ) variable.

9. Coloque el colgador en el extremo libre de la armadura en voladizo y cárguelo con una carga puntual (P).
  10. Utilizando el software de TECQuiment, mida las deflexiones para cada miembro mediante el aparato STR17 TECQuiment.
  11. Escriba sus resultados en la Tabla No.1.
  12. Repita los pasos anteriores para diferentes cargas y tabule las respuestas.
- Nota: El rango aplicable de las cargas del aparato es de (1 kg-10 kg)

Usando la relación Módulo de Young, podemos calcular la fuerza de miembro equivalente, utilizando las deflexiones encontradas experimentalmente.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1)$$

E= Modulo de Young =  $2.1 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon$  = Deformación calculada

$\sigma$  = esfuerzo en el miembro = F/A

Remplazando los datos, obtenemos la fuerza experimentalmente

$$F = E * A * \epsilon \quad (2)$$

Área (A) =  $\pi d^2/4 =$

Diámetro de la barra (d) =

**7. Cálculos & Observaciones**

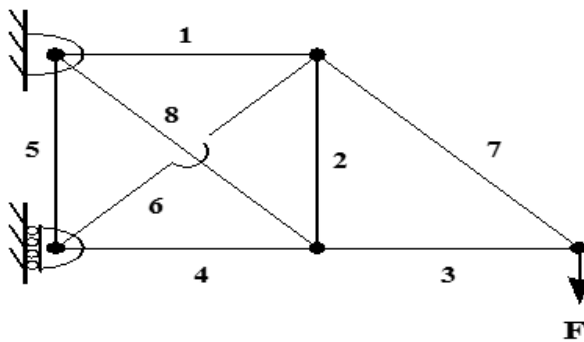


Ilustración 6 Geometría de la armadura

Carga [N]	Deflexión en cada miembro [ $\mu$ m]							
	1	2	3	4	5	6	7	8

Tabla 3 Recopilación de datos

## 8. Resultados y Análisis

Para este experimento se debe verificar las fuerzas en cada miembro de la armadura mediante el método de fuerza aprendido en clase. Se debe comparar los resultados obtenidos experimentalmente con los que se obtuvieron teóricamente con los métodos. Grafique la deflexión en función de la carga P. Calcule el porcentaje de error entre los resultados teóricos y experimentales. Analice las fuentes de error y el porqué de los resultados.

$$\%_{error} = \left| \frac{\#_{Exp} - \#_{Teorico}}{\#_{Teorico}} \right| * 100 \quad (2)$$

## 9. Preparación de Laboratorio

- Lea las paginas 509-530 del libro “*Structural Analysis 4th Edición*” de Aslam Kassimali.
- Calcule el grado de indeterminación, escoja la redundante.
- Calcule el valor de la fuerza para los miembros del sistema primario y para el (los) redundantes.
- Debe tener por lo menos 1 computadora por grupo con el software de TecQuipment y Excel para tomar datos. ´

## 10. Referencias bibliográficas

Department of Civil Engineering. (s.f.). *Manual for Strutural Analysis-II Laboratory*. Bahadurgarh.

Kasimali, A. (2010). *Structural Analysis 4th Edition*. Stamford: CENGAGE Learning.

### 3.3 Dinámica Estructural

#### 3.2.1 Decremento logarítmico: Péndulo Invertido

A continuación, encuentra el primer laboratorio perteneciente a la materia de dinámica estructural. Para aquello, se enfoca en los primeros temas de estudio del semestre, que son "amortiguamiento, periodo y sus propiedades". Para esta práctica, se mida el periodo y la relación de amortiguamiento con decremento logarítmico, de un péndulo invertido que simula un sistema de un grado de libertad. Luego, el informe consiste en verificar el periodo y la relación de amortiguamiento teóricamente, y comprar con la respuesta dinámica obtenida experimentalmente.

## LABORATORIO DE DINÁMICA ESTRUCTURAL

### Laboratorio No. 1

Decremento logarítmico:

Péndulo Invertido

**AUTOR:** Dennisse Mariño

#### 1. Objetivos

- Representar una estructura de 1 (un) GDL por un modelo físico de masa-resorte.
- Determinar el amortiguamiento, la respuesta dinámica y el período natural de un péndulo invertido.
- Comparar y analizar los resultados experimentales con los resultados teóricos.

#### 2. Materiales y Equipos

- Sistema de péndulo invertido
- Soporte universal
- Regla
- Masas
- Computadora
- Matlab
- Excel
- Pasco Capstone site license
- Sensor de deformación Pasco
- Equipo Pasco 850 Interfaz Universal

#### 3. Marco Teórico

##### *3.1 Vibración libre amortiguada*

Los movimientos oscilatorios tienden a disminuir con el tiempo hasta desaparecer. Esto se debe al amortiguamiento que el sistema presenta, el cual hace que la energía se disipe. Las causas de este amortiguamiento están asociadas a diferentes fenómenos, como son, la fricción de la masa sobre la superficie de apoyo, el efecto del aire que rodea la masa, el cual tiende a impedir que ocurra el movimiento, la no linealidad del material del resorte, entre otros.

Existen tres tipos de amortiguamiento, los cuales son amortiguamiento crítico, amortiguamiento supercrítico y por último amortiguamiento subcrítico. Para esta práctica se considera que el sistema está sujeto a un amortiguamiento subcrítico, dentro del rango lineal.

##### *3.2 Amortiguamiento subcrítico*

. La gran mayoría de aplicaciones prácticas en vibraciones de la ingeniería civil están regidas por este caso. Esto es porque la gran mayoría de los sistemas estructurales tienen valores de relaciones de amortiguamiento bajos ( $\xi < 20\%$ ). Considerando este tipo de amortiguamiento la solución de equilibrio

de un sistema lineal dado vibración libre y condiciones iniciales, es el siguiente:

$$x(t) = e^{-\xi\omega t} \left[ x_0 \cos(\omega_a t) + \left( \frac{v_0 + \xi x_0 \omega}{\omega_a} \right) \sin(\omega_a t) \right] \quad (1)$$

$$\omega_a = \sqrt{1 - \xi^2} \omega \quad (2)$$

$$T_a = \frac{2\pi}{\omega_a} = \frac{2\pi}{\sqrt{1 - \xi^2} \omega} \quad (3)$$

Donde la ecuación (1) describe la respuesta del sistema con amortiguamiento subcrítico,  $\omega_a$  es la frecuencia amortiguada y  $T_a$  es el periodo amortiguado.

### 3.3 Decremento logarítmico

Existen diferentes métodos para obtener la relación de amortiguamiento,  $\xi$ . Si se conocen las amplitudes de los picos de oscilaciones sucesivas,  $x_n, x_{(n+1)}, x_{(n+2)}, \dots$ , es posible ver el intervalo de tiempo entre picos sucesivos, el cual es el periodo amortiguado  $T_a$ .

Tomando la relación entre la amplitud de dos picos sucesivos  $x_i/x_{(i+1)}$  y por medio de la ecuación 1 es posible obtener:

$$\frac{x_i}{x_{i+1}} = e^{-\xi\omega(t_i - t_{i+1})} = e^{\xi\omega T_a} \quad (4)$$

El logaritmo natural de este coeficiente se conoce con el nombre de decremento logarítmico

$$\delta = \ln \left( \frac{x_i}{x_{i+1}} \right) = \xi\omega T_a = \frac{2\pi\xi}{\sqrt{1 - \xi^2}} \quad (5)$$

A partir del cual se calcula  $\xi$

$$\xi = \frac{\frac{\delta}{2\pi}}{\sqrt{1 - \left(\frac{\delta}{2\pi}\right)^2}} \quad (6)$$

El valor del decremento logarítmico para valores de  $\xi < 20\%$  es de

$$\xi = \frac{\delta}{2\pi} \quad (7)$$

## 4. Descripción del Experimento

Para esta práctica, se mide el amortiguamiento ( $\xi\%$ ), de un péndulo invertido. Además, se determina el periodo y la respuesta para el mismo dado una masa (m).

## 5. Seguridad

Siga las regulaciones establecidas en el Manual de Seguridad de Laboratorios de la USFQ. Además, utilice zapatos cerrados y el cabello recogido, tenga cuidado al colocar las masas y revise que estén bien sujetos los aparatos. No se tolerará indisciplina.

## 6. Procedimiento

1. Asegúrese de tener todos los materiales listados en la sección 2.
2. Prepare el experimento según el esquema brindado en la Figura No. 1.
3. Coloque la masa especificado por su profesor encima de los pórticos, estas masas son sujetadas por un perno.
4. Obtenga las dimensiones brindadas en la Figura No. 1, esto incluye el espesor (b), el ancho (h) y la altura (L) de la columna.

5. Calcule la inercia y la rigidez del sistema.
6. Realice los cálculos necesarios para obtener el periodo y amortiguamiento con decremento logarítmico
7. Obtenga la respuesta dinámica experimental con el deformímetro.
8. Repita el ensayo hasta obtener resultados precisos.

### 7. Cálculos & Observaciones

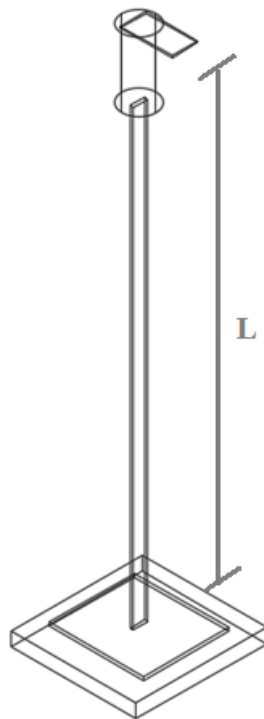


Ilustración 7 Péndulo invertido

<b>Masa suspendida de Acero [kg]</b>	Diámetro [cm]	
	altura [cm]	
	Área [cm <sup>2</sup> ]	
	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	
	Masa del acelerómetro	
Peso kg total		

Material	<b>Aluminio</b>
Módulo de Elasticidad [N/cm <sup>2</sup> ]	6800000
Peso específico [N/cm <sup>3</sup> ]	0.00002646
h [cm]	
b [cm]	
L [cm]	
I [cm <sup>4</sup> ]	
K estimado [N/cm]	
w estimado [rad/s]	
T estimado [s]	
W teórico [rad/s]	
K teórico [rad/s]	
T teórico [s]	

Tabla 4 Recopilación de datos

#### Cálculos necesarios:

$$T = \frac{2\pi}{w} \quad (8)$$

$$W_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (9)$$

$$k = \frac{3EI}{L^3} \quad (10)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (11)$$

$$f = \frac{w}{2\pi} \quad (12)$$

### 8. Resultados y Análisis

Para este experimento se determina el periodo y amortiguamiento de un péndulo invertido dado una masa. Aparte de los cálculos mencionados anteriormente, en los resultados se debe graficar la respuesta dinámica que se obtuvo experimentalmente. Además, realice los gráficos de respuesta dinámica teórica con la ecuación (1). Compare el periodo obtenido con decremento logarítmico con el periodo obtenido teóricamente. Calcule el porcentaje de error entre los resultados

teóricos y experimentales con la ecuación (13). Analice y concluya. Finalmente, describa las posibles fuentes de error.

$$\%_{error} = \left| \frac{\#_{Exp} - \#_{Teorico}}{\#_{Teorico}} \right| * 100 \quad (13)$$

### 9. Preparación de Laboratorio

- Traer al laboratorio el programa en Matlab de amortiguamiento subcrítico, listo para ingresar datos de entrada y calcular, aceleración, velocidad, desplazamiento.
- Traer una (1) computadora por grupo

con el programa de Pasco Capitoné, Matlab y Excel para tomar los datos que tenga autonomía de 1 hora sin cargador.

### 10. Referencias bibliográficas

- Chopra, A. (2014). Dinámica de Estructuras. Cuarta Edición. México: Editorial Pearson
- García, L. (1998). Diseño Estructural Aplicada al diseño sísmico. Colombia: Universidad de los Andes



### *3.3.2 Vibraciones Transitorias: Impulso de un sistema de 1 GDL*

A continuación, encuentra el segundo laboratorio perteneciente a la materia de dinámica estructural. Para aquello, se enfoca en el fenómeno de "Vibraciones transitorias". Específicamente, se estudia el fenómeno de impulso en un pórtico de 1 grado de libertad. Para esta práctica, se mida la cantidad de impulso ejercido sobre un sistema dado un desplazamiento en los apoyos de un pórtico indeterminado y se determina el desplazamiento, velocidad y aceleración de la respuesta dinámica para un pórtico con distintas masas y combinaciones de carga.

## LABORATORIO DE DINÁMICA ESTRUCTURAL

### Laboratorio No. 2

Vibraciones Transitorias:

Impulso de un sistema de 1 GDL

**AUTOR:** Dennisse Mariño

#### 1. Objetivos

- Calcular el impulso, desplazamiento, velocidad y aceleración de un pórtico para distintas masas.
- Determinar la respuesta a un impulso de un pórtico de 1 GDL con distintos periodos estructurales.
- Analizar y comparar los distintos resultados obtenidos para cada caso.

#### 2. Materiales y Equipos

- Base de impulso
- Pórtico de 1 GDL
- Acelerómetro
- 1 soporte
- universal
- Regla
- Masas
- 1 Computadora

- Matlab
- Excel
- Pasco Capstone site license
- Sensor de deformación Pasco
- Equipo Pasco 850 Interfaz Universal
- 

#### 3. Marco teórico

##### 3.1 Decremento logarítmico

Este es un método para obtener el coeficiente de amortiguamiento crítico y el periodo natural conociendo las amplitudes de picos sucesivos de un registro de desplazamiento. El amortiguamiento se obtiene relacionando el logaritmo natural del cociente entre dos amplitudes que son las de dos picos sucesivos, como puede observar en la Figura No. 1 (García, 1998)

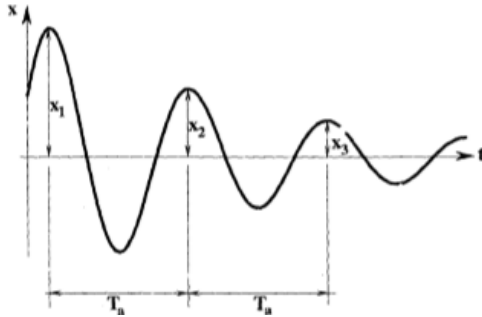


Ilustración 8 Decremento logarítmico.  
(García, 1998)

### 3.2 Respuesta Dinámica

La respuesta de un sistema de un grado de libertad sometido a una excitación que no es ni armónica ni periódica es una vibración transitoria. Específicamente, un impulso es definido como una fuerza de gran magnitud que actúa en un intervalo de tiempo muy corto. El efecto del impulso depende de dos parámetros, la magnitud de la fuerza y su duración.

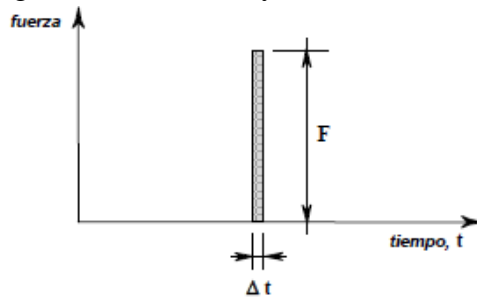


Ilustración 9 Fuerza de impulso. (García, 1998)

A partir de las ecuaciones de Newton, en términos de diferenciales y con ecuación del desplazamiento para un sistema amortiguado, se obtiene la siguiente expresión matemática para calcular la respuesta a un impulso:

$$d\dot{x} = \frac{F(\tau)}{mw\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\xi w(t-\tau)} \left\{ \sin\left[\sqrt{1-\xi^2}w(t-\tau)\right] \right\} d\tau \quad (1)$$

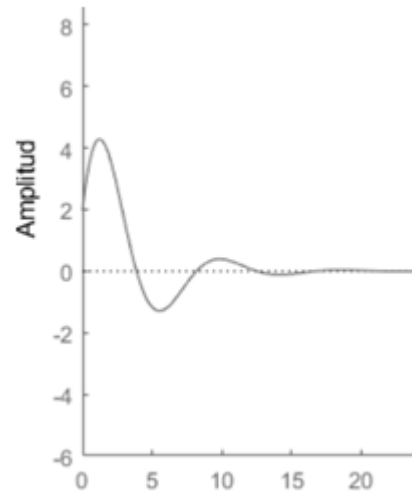


Ilustración 10 Respuesta a un Impulso.  
(García, 1998)

### 4. Descripción del Experimento

Para esta práctica, se mide la respuesta dinámica de un pórtico de 1 GDL con diferentes masas y periodos naturales de la estructura, idealizados como un sistema simplificado uniaxial. Además, se determina sus propiedades intrínsecas y el gráfico de desplazamiento, velocidad, aceleración para cada ensayo del pórtico.

### 5. Seguridad

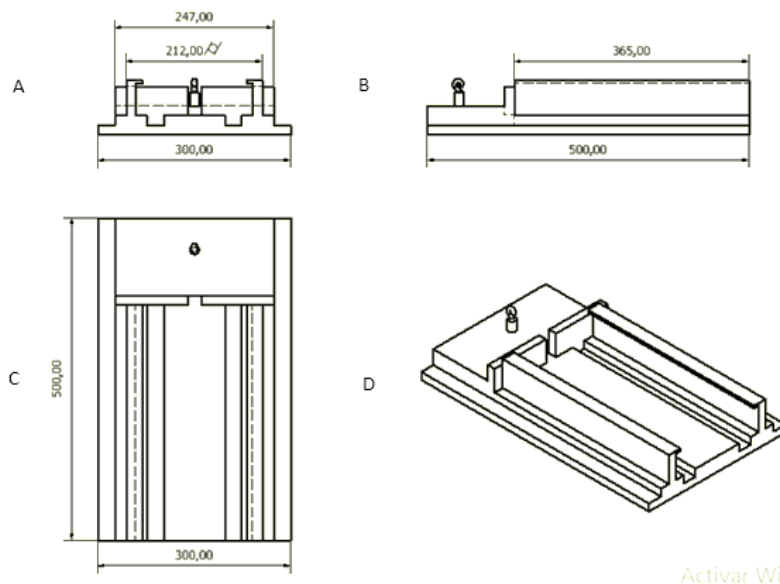
Siga las regulaciones establecidas en el Manual de Seguridad de Laboratorios de la USFQ. Además, utilice zapatos cerrados y el cabello recogido, tenga cuidado al colocar las masas y revise que estén bien sujetos los aparatos. No se tolerará indisciplina.

### 6. Procedimiento

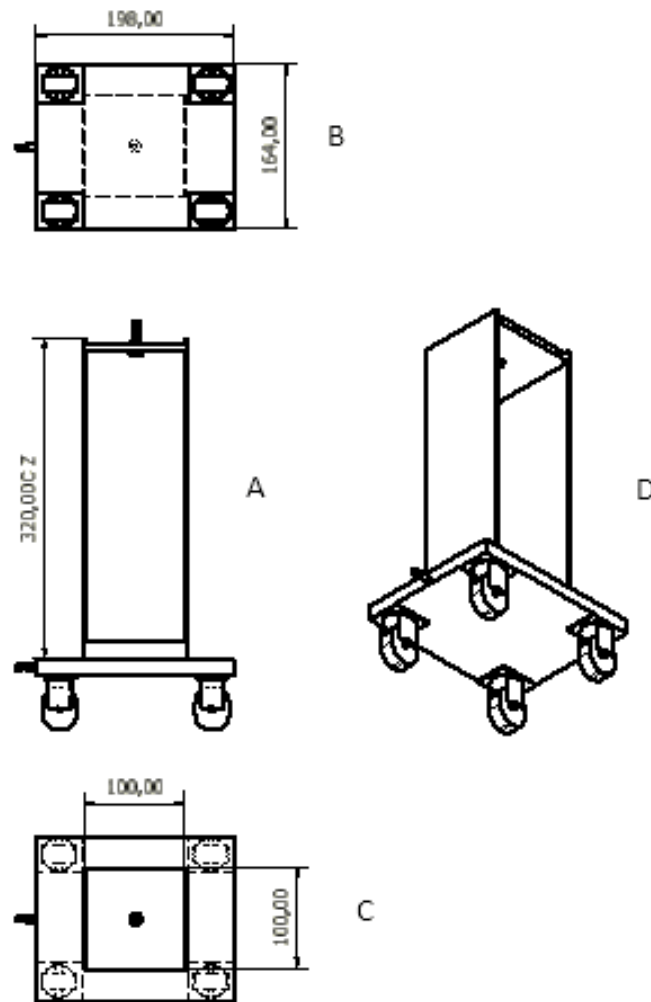
1. Asegúrese de tener todos los materiales listados en la sección 2.
2. Calcule la rigidez del resorte, colocándole en el soporte universal y aplicando incrementos fuerzas.
3. Prepare el experimento según el esquema brindado en la Figura No. 4,

- 5 y 6. El pórtico debe ir montado sobre la base.
4. Coloque las masas encima de los pórticos, estas masas son de plastilina por tanto se sujetarán por adherencia.
  5. Mida el grosor (t), el ancho (w) y la altura (h) de las columnas del pórtico, y calcule la inercia rigidez, etc.
  6. Pese todos los materiales, esto incluye, la losa, el sensor, las columnas y las masas a utilizar para obtener el peso exacto en los cálculos.
  7. Conecte el interfaz Pasco a su computadora para realizar el primer ensayo de vibración libre amortiguada para la obtención del coeficiente de amortiguamiento por decremento logarítmico.
  8. Coloque el sensor de movimiento a la altura del pórtico (se realiza un ensayo para el pórtico pequeño y otro para el grande) y realizar las conexiones necesarias, con la finalidad de medir la respuesta de los pórticos a partir de un desplazamiento inicial.
  9. Para realizar el ensayo de impulso, se desplaza el sistema una distancia “x” y suelta. Es importante no ejercer fuerza, y que obtenga exactamente la distancia que se desplaza el sistema
  10. De tal manera, se determina la respuesta dinámica a partir de una fuerza corta y de gran magnitud en la base
  11. Repita el procedimiento hasta obtener buenos resultados.

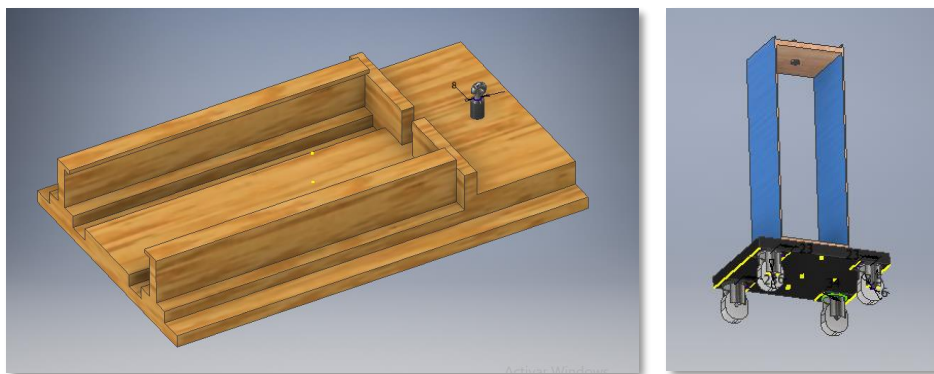
### 10. Cálculos y observaciones



*Ilustración 11 Configuración de la base (A. Vista Frontal, B. Vista Lateral Derecha, C. Vista superior, D. Modelo 3D)*



*Ilustración 12 Pórtico. A. Vista Frontal. B. Vista Inferior. C. Vista superior. D. Modelo 3D*



*Ilustración 13 Modelo 3D*

**Cálculos necesarios:**

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (2)$$

$$K = \frac{12EI}{L^3} \quad (3)$$

$$w = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (4)$$

$$\delta = \ln\left(\frac{x_i}{x_{i+1}}\right) \quad (5)$$

$$\xi = \frac{\frac{\delta}{2\pi}}{\sqrt{1 - \left(\frac{\delta}{2\pi}\right)^2}} \quad (6)$$

$$\delta = \ln\left(\frac{x_i}{x_{i+1}}\right) = \xi w T_a \quad (7)$$

$$T_a = \frac{\delta}{\xi w} \quad (8)$$

$$F_i = -kx_i \quad (9)$$

Excel para tomar los datos que tenga autonomía de 1 hora sin batería.

### 13. Referencias bibliográficas

- Chopra, A. (2014). Dinámica de Estructuras. Cuarta Edición. México: Editorial Pearson
- García, L. (1998). Diseño Estructural Aplicada al diseño sísmico. Colombia: Universidad de los Andes

### 11. Resultados y Análisis

Para este experimento se verifica los fenómenos de impulso en un sistema de 1GDL. Aparte de los cálculos mencionados anteriormente, en los resultados debe graficar la respuesta dinámica que se obtuvo experimentalmente. Con los mismos datos, calcule la respuesta dinámica con la ecuación de vibraciones transitorias. Además, calcule el periodo experimental y el periodo teórico. Compare, analice y calcule el porcentaje de error entre los resultados teóricos y experimentales con la ecuación (1), analice.

$$\%_{error} = \left| \frac{\#_{Exp} - \#_{Teorico}}{\#_{Teorico}} \right| * 100 \quad (11)$$

### 12. Preparación de Laboratorio

- Traer al laboratorio el programa en Matlab de Beta de Newmark, listo para recibir una señal de entrada y calcular, aceleración, velocidad, desplazamiento.
- Traer 1 computadora por grupo con el programa de Pasco Capstone, Matlab y

### *3.3.3. Aceleración en la base: Amplificación dinámica de un sistema de 1 GDL*

A continuación, encuentra el último laboratorio perteneciente a la materia de dinámica estructural. Para aquello, se enfoca en el último tema de estudio del semestre, que es “Aceleración en la base”. Para esta práctica, se mida la respuesta dinámica de desplazamiento, velocidad y aceleración y sus respectivos espectros de aceleración. Además, se busca generar resonancia en la estructura mediante la ayuda de una mesa vibratoria. Luego, el informe consiste en verificar el periodo, amortiguamiento, aceleración, frecuencia y las respuestas dinámicas teóricamente, y comprar con el valor obtenido experimentalmente.

## LABORATORIO DE DINÁMICA ESTRUCTURAL

### Laboratorio No. 3

Aceleración en la base:

Amplificación dinámica de un sistema de 1 GDL

**AUTOR:** Dennisse Mariño

#### 1. Objetivos

- Evaluar los efectos de la amplificación dinámica de un modelo estructural idealizado de 1 GDL mediante la aplicación de una vibración armónica en la base.
- Demostrar física y analíticamente, el comportamiento de dos pórticos estructurales bajo el efecto de un movimiento ejercido en la base.
- Calcular y analizar los espectros de respuesta de las estructuras.

#### 2. Materiales y Equipos

- Mesa de aceleración en la base de 1 GDL
- 2 pórticos de diferente altura
- Acelerómetro
- 1 Soporte universal
- Regla
- Masas
- 1 Computadora
- Matlab
- Excel
- Pasco Capstone site license
- Sensor de deformación Pasco
- Equipo Pasco 850 Interfaz

Universal

#### 3. Marco teórico

##### 3.1 Decremento logarítmico

Este es un método para obtener el coeficiente de amortiguamiento crítico y el periodo natural conociendo las amplitudes de picos sucesivos de un registro de desplazamiento. El amortiguamiento se obtiene relacionando las amplitudes, es decir, con el logaritmo natural del cociente entre dos amplitudes que son las de dos picos sucesivos, como puede observar en la Figura No. 1 (García, 1998)

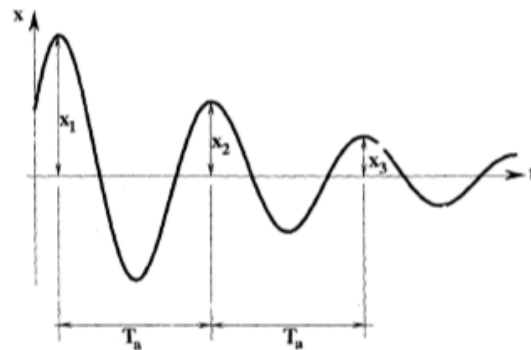


Ilustración 14 Decremento logarítmico.



### 3.2 Respuesta Dinámica

La respuesta de un sistema de un grado de libertad sometido a una excitación armónica que varía en el tiempo con una periodicidad constante se representa a través de la ecuación diferencial:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \text{sen} w_n t \quad (1)$$

La solución a esta ecuación está dividida en dos partes; la solución homogénea que representa la respuesta ante condiciones iniciales del sistema y la particular que depende de la fuerza externa a la que se encuentre sometido (Chopra, 2014: pag.123). Es importante destacar que la solución homogénea es una condición que desaparece después de transcurrir un tiempo ya que la amplitud disminuye debido al amortiguamiento y entonces la solución particular es la que perdura en el tiempo después de haber comenzado el movimiento del sistema.

La respuesta entonces se compone de dos oscilaciones diferentes, que son la oscilación debida a la frecuencia de excitación de la fuerza y la debida a la frecuencia natural del sistema que se representan en la figura 2.

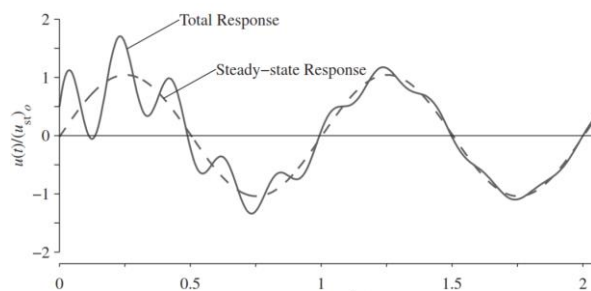
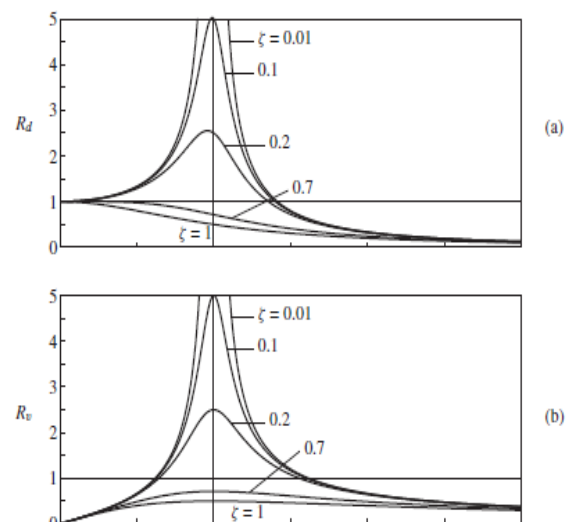
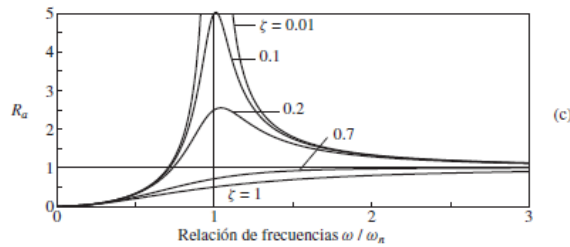


Ilustración 15 Fuerza armónica del sistema no amortiguado. Fuente: (Chopra, 2014)

### 3.3 Amplificación Dinámica

Este fenómeno sucede en el caso de que la frecuencia de las fuerzas oscilantes coincida con las frecuencias de las estructuras elásticas que generan fenómenos de amplificación dinámica ( $w = w_n \sqrt{1 - \xi^2}$ ). La frecuencia de dicha amplificación dinámica se determina como la frecuencia de excitación en la que el factor de amplificación (la relación de la amplitud de la deformación dinámica sobre la deformación estática máxima) alcanza el grado máximo de oscilación. Cuando el sistema entra en amplificación dinámica, se analiza el papel que desempeña el amortiguamiento al alcanzar la respuesta de estado estacionario. La amplitud de deformación en el estado estacionario y la velocidad que se alcanza está influenciado por el amortiguamiento. Los factores de respuesta de deformación, velocidad y aceleración ( $R_d$ ,  $R_v$  y  $R_a$ ) se representan en mediante la figura 3.





*Ilustración 16 Amplificación dinámica del desplazamiento, de la velocidad y aceleración respectivamente. Fuente: (Chopra, 2014)*

#### 4. Descripción del Experimento

Para esta práctica, se mide la respuesta dinámica de dos (2) pórticos de diferentes periodos, idealizados como un sistema simplificado uniaxial. Además, se estudia el fenómeno de amplificación dinámica. Finalmente, para la estructura se determina sus propiedades intrínsecas dinámicas, la respuesta de desplazamiento, velocidad, aceleración y sus respectivos espectros mediante métodos numéricos.

#### 5. Seguridad

Siga las regulaciones establecidas en el Manual de Seguridad de Laboratorios de la USFQ. Además, utilice zapatos cerrados y el cabello recogido, tenga cuidado al colocar las masas y revise que estén bien sujetos los aparatos. No se tolerará indisciplina. No manipule cualquier aparato sin capacitación.

#### 6. Procedimiento

##### *ETAPA I: Vibración Libre*

8. Asegúrese de tener todos los materiales listados en la sección 2.
9. Mida el grosor ( $t$ ), el ancho ( $w$ ) y

la altura ( $h$ ) de las columnas del primero y el segundo pórtico, y calcule la inercia rigidez, etc.

10. Pese todos los materiales, esto incluye, la losa, el sensor, las columnas y las masas a utilizar para obtener el peso exacto en los cálculos.
11. Prepare el experimento según el esquema brindado en la Figura No. 4 y 5, la mesa sísmica debe tener los dos pórticos montados
12. Coloque las masas encima de los pórticos, estas masas son de plastilina por tanto se sujetarán por adherencia.
13. Conecte el interfaz Pasco a su computadora para realizar el primer ensayo de vibración libre amortiguada para la obtención del coeficiente de amortiguamiento y  $T_n$  por decremento logarítmico.
14. Coloque el sensor de movimiento a la altura del pórtico (se realiza un ensayo para el pórtico pequeño y otro para el grande) y realice las conexiones necesarias, con la finalidad de medir la respuesta de desplazamiento de los pórticos a partir de un desplazamiento inicial.

##### *ETAPA II: Vibración forzada armónica*

15. Colocar el acelerómetro en la base de los pórticos y en la parte superior de los mismos.
16. De tal manera, se determina la respuesta dinámica a partir de una

fuerza inducida en la base a diferentes frecuencias y posteriormente, los espectros de respuesta.

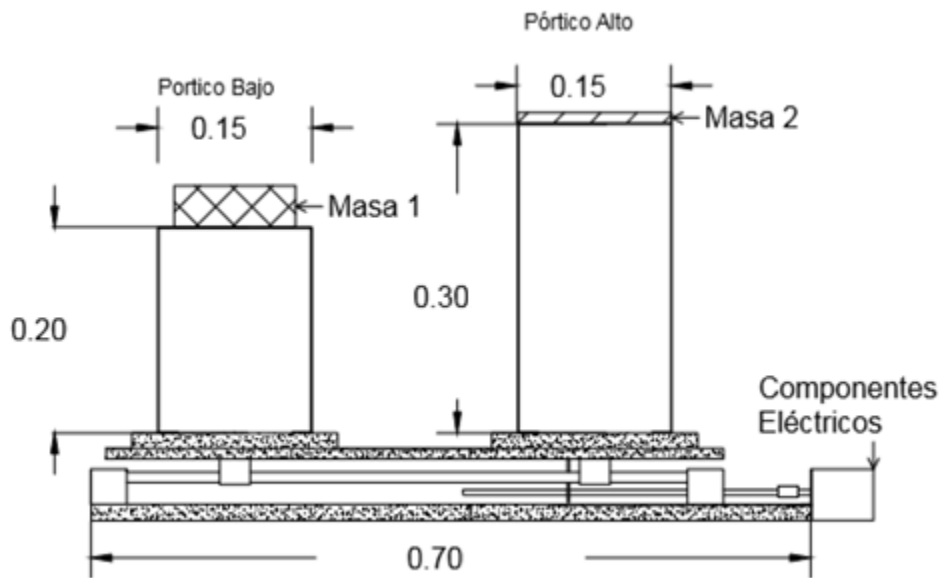
17. Prenda la mesa sísmica y varié la frecuencia hasta obtener resonancia en el pórtico objeto de

estudio.

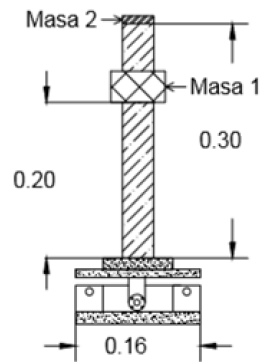
18. Anote la frecuencia, y realice los cálculos necesarios.

19. Repita el procedimiento de la etapa 2 para el 2do pórtico.

## 7. Cálculos y observaciones



*Ilustración 17 Vista frontal de la mesa vibratoria*



*Ilustración 18 Vista lateral de la mesa vibratoria*

**Ecuaciones necesarias:**

$$I = \frac{1}{12} bt^3 \quad (1)$$

$$T = \frac{2\pi}{w} \quad (2)$$

$$w = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3)$$

$$k = \frac{12 EI}{L^3} * 2 \quad (4)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (5)$$

$$f = \frac{w}{2\pi} \quad (6)$$

Donde:

$W_n$  = frecuencia de excitación o de forzamiento [1/s]

$m$  = masa [kg]

$k$  = rigidez [ $\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}$ ]

**Decremento logarítmico:**

$$\delta = \frac{1}{n} \ln \left( \frac{X_i}{X_{i+n}} \right) \quad (7)$$

Donde:

$n$  = número de ciclos

$$\xi = \frac{\left(\frac{\delta}{2\pi}\right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{\delta}{2\pi}\right)^2}} \quad (7)$$

$$\xi \text{ Aprox} = \frac{\delta}{2\pi} \quad (8)$$

**Resonancia Experimental:**

$$Rd = \frac{\max u_{\text{dinámico}}}{\max u_{\text{estático}}} \quad (9)$$

**Resonancia Teórica:**

$$Rd = \frac{1}{\sqrt{[1 - (\omega/\omega_n)^2]^2 + (2\xi\omega/\omega_n)^2}} \quad (10)$$

**8. Resultados y Análisis**

Para este experimento se verifica los procedimientos de aceleración en la base de un sistema de 1GDL. Aparte de los cálculos mencionados anteriormente, en los resultados debe graficar la respuesta dinámica que se obtuvo experimentalmente. Además, realice los gráficos de espectro de desplazamiento, velocidad y aceleración. Calcule el porcentaje de error entre los resultados teóricos y experimentales con la ecuación (1), analice.

$$\%error = \left| \frac{\#Exp - \#Teorico}{\#Teorico} \right| * 100 \quad (11)$$

**9. Preparación de Laboratorio**

- Traer al laboratorio el programa en Matlab de Beta de Newmark, listo para recibir una señal de entrada y calcular, aceleración, velocidad, desplazamiento, y sus respectivos espectros.
- Traer 1 computadora por grupo con el programa de Pasco Capstone, Matlab y Excel para tomar los datos que tenga autonomía de 1 hora sin batería.

**10. Referencias bibliográficas**

- Chopra, A. (2014). Dinámica de Estructuras. Cuarta Edición. México: Editorial Pearson
- García, L. (1998). Diseño Estructural Aplicada al diseño sísmico. Colombia: Universidad de los Andes

### 3.4 Mecánica de Materiales

#### 3.4.1 Axial: Cargas de compresión

A continuación, se encuentra el primer laboratorio perteneciente a la materia de mecánica de materiales. Para aquello, se enfoca en el primer tema de estudio del semestre, que es "Cargas axiales: Tensión y Compresión". Para esta práctica, se enfoca específicamente en las cargas axiales de compresión dentro del rango elástico, para una barra de acero circular. Se mide el módulo de elasticidad y se calcula la relación de Poisson de dicho material. Luego, el informe consiste en obtener la curva esfuerzo deformación experimentalmente y determinar que cumple la ley de Hooke y que los valores obtenidos experimentalmente son concordantes con la teoría.

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES

### Laboratorio No. 1

#### *Axial: Cargas de compresión*

**AUTOR:** Dennisse Mariño

#### 1. Objetivos

- Determinar el módulo de elasticidad de un acero dentro del rango lineal sujeto a cargas axiales.
- Calcule la relación de Poisson del acero.
- Verificar la teoría de la ley de Hooke.
- Estimar G en función del módulo de elasticidad (E) y la relación de Poisson ( $\nu$ ).

#### 2. Materiales y Equipos

- Máquina de Ensayos Universal (UTM)
- Regla
- 1 Computadora
- Excel
- Espécimen cilíndrico de acero
- Calibrador Vernier

#### 3. Marco teórico

##### 3.1 Pruebas de compresión

Un método para determinar el comportamiento de los materiales bajo una carga de compresión uniaxial. Se realiza sometiendo una fuerza axial a un espécimen de dimensiones normadas. Esto genera que las placas se junten y por ende el espécimen sufre esfuerzos y deformaciones. Durante la prueba, la muestra se comprime y se registra la

deformación frente a la carga aplicada. La prueba de compresión se usa para determinar el límite elástico, el límite de proporcionalidad, la resistencia de elasticidad y la resistencia a la compresión (para algunos materiales). Sin embargo, para fines de esta práctica se trabaja solo en el rango elástico-lineal.

##### 3.2 Relación de Poisson

Cuando una barra delgada homogénea es cargada axialmente, el esfuerzo y la deformación unitaria satisfacen la ley de Hooke, siempre que no se exceda el límite elástico del material. Suponiendo que la carga P se dirige a lo largo del eje x (Figura No.1), Se puede calcular el esfuerzo en x de la siguiente manera.

$$\sigma_x = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Donde, A es el área de la sección transversal de la barra y P es la fuerza.

De la ley de Hooke, se obtiene la siguiente fórmula.

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} \quad (2)$$

Además, los esfuerzos normales en las caras perpendiculares a los ejes Y y Z son cero:  $\sigma_y = \sigma_z = 0$ . Sin embargo, no se puede concluir que  $\varepsilon_y$  y  $\varepsilon_z$  también son cero. En todos los materiales de ingeniería,

el alargamiento producido por una fuerza de tracción axial P en la dirección de la fuerza está acompañado por una contracción en cualquier dirección transversal

En todas las secciones, se supone que:

1. Los materiales son homogéneos e isotrópicos, es decir, sus propiedades mecánicas son independientes tanto de la posición como de la dirección.
2. La deformación tiene el mismo valor para cualquier dirección transversal.
3. Por lo tanto, el espécimen tiene  $\varepsilon_y = \varepsilon_z$ . Este valor común es la deformación lateral y es utilizado en el cálculo de la relación de Poisson.

$$\nu = \frac{-\text{deformacion lateral}}{\text{deformacion axial}} \quad (3)$$

$$G = \frac{E}{2*(1+\nu)} \quad (4)$$

#### 4. Descripción del Experimento

Para esta práctica, se realiza un ensayo de compresión a una barra de acero dentro del rango lineal. Además, se simula el fenómeno de la ley de Hooke para materiales. Finalmente, se determina el módulo de elasticidad (E) y la relación de Poisson ( $\nu$ ).

#### 5. Seguridad

Siga las regulaciones establecidas en el Manual de Seguridad de Laboratorios de la USFQ. Además, utilice zapatos cerrados y el cabello recogido, tenga cuidado al utilizar los equipos y revise que estén bien sujetos los especímenes. No utilice los equipos sin el instructor presente. No se tolerará indisciplina.

#### 6. Procedimiento

1. Asegúrese de tener todos los materiales listados en la sección 2.
2. Escoja una muestra y tome las dimensiones especificadas en la sección 7.
3. Fije las placas de presión superior e inferior a la cabeza estacionaria superior y la mesa inferior, respectivamente.
4. Coloque el espécimen en la placa inferior y sujete.
5. Aseguro que el equipo este en cero.
6. Seleccione el tipo de ensayo (compresión) y complete el ajuste de verificación superior e inferior.
7. Escoja la magnitud de la fuerza que se aplica, alrededor de 200 kN.
8. Asegúrese de tener en vista la curva de esfuerzo deformación y que se mantenga en el rango elástico.
9. Cuando el espécimen ya haya sufrido deformación, pero manteniéndose en el rango lineal, tome la medida de la nueva longitud de barra y el diámetro de la barra.
10. Apague el equipo, limpie y ordene los materiales.
11. La muestra que se utilizó en este ensayo se utilizara para el próximo ensayo de torsión, es necesario dejar la muestra de su grupo marcado.

## 7. Cálculos & Observaciones

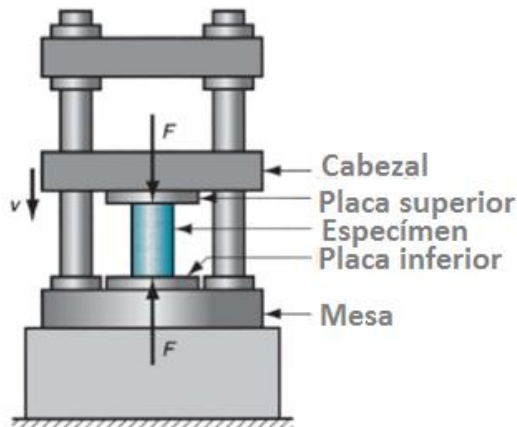


Ilustración 19 Máquina de ensayos universal

### Datos Necesarios:

Longitud de barra inicial ( $L_i$ ) =	mm
Diámetro de barra inicial ( $d_i$ ) =	mm
Carga axial ( $P$ ) =	N
Área ( $A$ ) =	$m^2$
Longitud de barra final ( $L_f$ ) =	mm
Diámetro de barra final ( $d_f$ ) =	mm

### Cálculos Necesarios:

$$\delta_x = L_i - L_f \quad (4)$$

$$\delta_y = d_i - d_f \quad (5)$$

$$\sigma_x = \frac{P}{A} \quad (6)$$

$$\varepsilon_x = \frac{\delta_x}{L_i} \quad (7)$$

$$\varepsilon_y = \frac{\delta_y}{d_i} \quad (8)$$

$$E = \frac{\sigma_x}{\varepsilon_x} \quad (9)$$

$$\nu = \frac{-\varepsilon_y}{\varepsilon_x} \quad (10)$$

## 8. Resultados y Análisis

Para este experimento se verifica el comportamiento de un acero bajo cargas axiales de compresión dentro del rango lineal. Primero, determine el módulo de elasticidad según las ecuaciones y el procedimiento brindado. Es necesario graficar la curva de esfuerzo deformación unitaria para asegurar que el material cumpla con la ley de Hooke. Por último, calcule la relación de Poisson, con el cálculo de la relación de Poisson y módulo de elasticidad se estima  $G$  con la ecuación (4). En el siguiente laboratorio se comprobará los datos obtenidos con los fenómenos de torsión para el mismo espécimen.

### 9. Preparación de Laboratorio

- Lea las páginas 56-95 del libro “*Mechanics of Materials 7th Edición*” de F. Beer.
- Demuestre la relación entre la curva esfuerzo-deformación y la ley de Hooke. Derive las ecuaciones (9) y (10).
- Traer 1 computadora por grupo con el programa de Excel para tomar los datos que tenga autonomía de 1 hora sin batería.

### 11. Referencias bibliográficas

Department of Civil Engineering. (s.f.). *Manual for Structural Analysis-II Laboratory*. Bahadurgarh.

Kasimali, A. (2010). *Structural Analysis 4th Edition*. Stamford: CENGAGE Learning.



### *3.4.2 Torsión: Esfuerzos en el rango elástico*

A continuación, se encuentra el segundo laboratorio perteneciente a la materia de mecánica de materiales. Para aquello, se enfoca en el segundo tema de estudio del semestre, que es "Esfuerzos de Torsión". Para esta práctica, se enfoca específicamente en los fenómenos de torsión dentro del rango elástico, para la misma barra de acero circular utilizada en el primer laboratorio de la materia. Se mide el módulo de elasticidad, el módulo de rigidez y el torque máximo para mantenerse en el rango elástico. Luego, el informe consiste en comparar el módulo de elasticidad obtenido en cargas axiales con el obtenido mediante torsión, dado que se utiliza el mismo espécimen para las dos prácticas de laboratorio. Además, se determina que cumple la ley de Hooke y que los valores obtenidos experimentalmente sean concordantes con la teoría.

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES

### Laboratorio No. 2

#### *Torsión: Esfuerzos en el rango elástico*

**AUTOR:** Dennisse Mariño

#### 1. Objetivos

- Determinar el módulo de rigidez de una barra de acero dentro del rango lineal sujeto a cargas torsionales.
- Calcule el torque  $T$  para llegar al límite elástico de dicho material.
- Verificar la teoría de la ley de Hooke.

#### 2. Materiales y Equipos

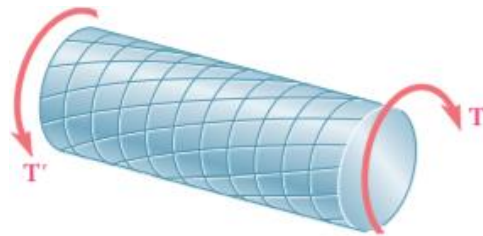
- Equipo de ensayo de torsión
- Medidor de ángulos de torsión
- Regla
- 1 Computadora
- Excel
- Espécimen cilíndrico de acero
- Calibrador Vernier

#### 3. Marco teórico

##### *a. Torsión*

Se define la torsión en miembros estructurales como los esfuerzos y deformaciones que se generan en los miembros de una sección transversal circular que se someten a pares de torque,  $T$  y  $T'$  (Figura No. 1). Estas parejas tienen una magnitud  $T$  común y sentidos opuestos.

Es importante recordar que cuando un eje circular se somete a torsión, cada sección transversal permanece plana y sin distorsiones. Por lo tanto, mientras las diversas secciones transversales a lo largo del eje giran a través de diferentes ángulos, cada sección transversal gira como una losa rígida sólida. Esta propiedad ayuda a determinar la distribución de los esfuerzos de corte en un eje circular y a concluir que la tensión de corte varía linealmente con la distancia desde el eje.



*Ilustración 20 Eje circular bajo torsión*

##### *b. Ley de Hooke*

Las deformaciones en el rango elástico y la ley de Hooke para el esfuerzo y deformación de corte se utilizan para determinar la distribución de esfuerzos de corte en un eje circular y derivar las fórmulas de torsión elástica.

Cuando el torque  $T$  es tal que todos los esfuerzos de corte en el eje permanecen

por debajo del límite elástico  $\tau_y$ , los esfuerzos del eje permanecerán por debajo tanto del límite proporcional como del límite elástico. Por lo tanto, se aplica la ley de Hooke y no hay deformación permanente.

$$\tau = G\gamma \quad (1)$$

Donde, G es el módulo de rigidez de la barra y  $\gamma$  es la deformación a corte. Con lo cual se obtiene la siguiente fórmula.

$$\tau = \frac{\rho}{c} \tau_{max} \quad (2)$$

Donde  $\rho$  es la distancia a la fibra más lejana y c es el radio del eje. Esta ecuación muestra que, siempre que el límite proporcional no se exceda en ninguna parte de un eje circular, la tensión de corte en el eje varía linealmente con la distancia  $\rho$  desde el eje. Finalmente, se obtiene las ecuaciones de torsión elásticas,

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{T\rho}{J} \quad (4)$$

Donde J es el momento de inercia polar.

#### 4. Descripción del Experimento

Para esta práctica, se realiza un ensayo de torsión a una barra de acero dentro del rango lineal. Además, se simula el fenómeno de la ley de Hooke para materiales. Finalmente, se determina el módulo de rigidez (G) y el torque (T) máximo permisible en el rango lineal dado un  $\tau_{max}$ .

#### 5. Seguridad

Siga las regulaciones establecidas en el Manual de Seguridad de Laboratorios de la USFQ. Además, utilice zapatos cerrados y el cabello recogido, tenga cuidado al utilizar los equipos y revise que estén bien sujetos los especímenes. No utilice los equipos sin el instructor presente. No se tolerará indisciplina.

#### 6. Procedimiento

1. Asegúrese de tener todos los materiales listados en la sección 2.
2. Escoja una muestra y tome las dimensiones especificadas en la sección 7.
3. Seleccione la tuerca adecuada para al tamaño de la muestra y fíjelo en la máquina ajustando la longitud de la muestra.
4. Mida el diámetro en tres lugares diferentes y tome el valor promedio.
5. Elija el rango apropiado de capacidad según el  $\tau_{max}$  calculado para que el elemento se mantenga en el rango lineal.
6. Encere la carga máxima.
7. Realice la torsión girando el volante en cualquier dirección.
8. Cargue la máquina en incrementos adecuados y mida el giro con el medidor de ángulos de torsión.
9. Luego, cargue hasta el límite elástico.
10. Dibuje un gráfico de torque-giro (T-  $\theta$ ).

11. Lea las coordenadas de un punto conveniente de la porción de línea recta del gráfico de torsión (T- $\theta$ ) y calcule el módulo de rigidez.
12. Apague el equipo, limpie y ordene los materiales.

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c} \quad (5)$$

$$J = \frac{1}{2} * \pi * (c_2^4 - c_1^4) \quad (6)$$

$$G = \frac{TL}{J\phi} \quad (7)$$

## 7. Cálculos y Observaciones

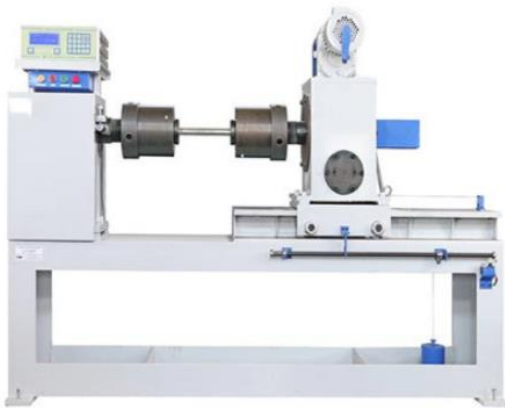


Ilustración 21 Equipo de torsión

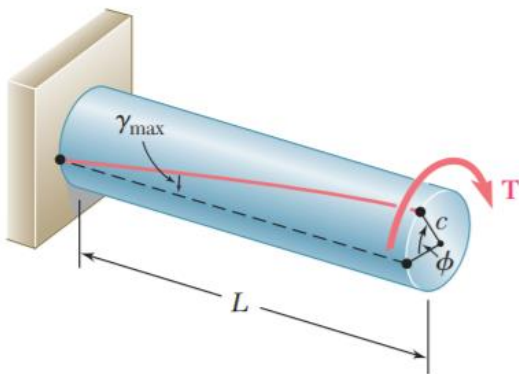


Ilustración 22 Diagrama Torque máximo

Datos

Longitud de barra inicial (L) =	mm
Diámetro de barra inicial (c) =	mm
Limite elástico ( $\tau_{max}$ ) =	MPa
Angulo de giro ( $\phi$ ) =	-

## 8. Resultados y Análisis

Para este experimento se verifica el comportamiento de un acero bajo fuerzas torsionales dentro del rango lineal. Primeramente, determine la magnitud T para un  $\tau_{max}$ . Calcule el módulo de rigidez según las ecuaciones y el procedimiento brindado. Es necesario graficar la curva de Torsión vs Angulo de giro para asegurar que el material se mantuvo en el rango lineal.

## 9. Preparación de Laboratorio

- Lea las paginas 146-156 del libro “*Mechanics of Materials 7th Edición*” de Ferdinand Beer.
- Demuestre la relación entre la curva T- $\phi$  y la ley de Hooke. Derive las ecuaciones (4) y (7).
- Traer 1 computadora por grupo con el programa de Excel para tomar los datos que tenga autonomía de 1 hora sin batería.

## 7. Referencias bibliográficas

Department of Civil Engineering. (s.f). *Manual for Strutral Analysis-II Laboratory*. Bahadurgarh.

Kasimali, A. (2010). *Structural Analysis 4th Edition*. Stamford: CENGAGE Learning.

### 3.4.3 Flexión y Corte

A continuación, se encuentra el último laboratorio perteneciente a la materia de mecánica de materiales. Para aquello, se enfoca en los últimos temas de estudio del semestre, que con "Corte y Flexión". Para esta práctica, se enfoca específicamente en los fenómenos de flujo de corte, para una viga de madera compuesta por planchas. Se mide la distancia s máxima entre pernos para que soporte una carga específica y se calcula el cortante máximo en la viga. Luego, el informe consiste en graficar la curva de Carga vs. Deflexión del espécimen. Además, se determina que el flujo de corte obtenido teóricamente cumple con lo calculado en el laboratorio experimentalmente.

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES

### Laboratorio No. 3

#### *Flexión y Corte*

**AUTOR:** Dennisse Mariño

#### 1. Objetivos

- Determinar la distancia  $s$  entre pernos de una viga de madera con sección transversal tipo I compuesta por tres planchas.
- Calcule el flujo de corte ( $q$ ) en las planchas.
- Calcule el cortante máximo en la viga.

#### 2. Materiales y Equipos

- Equipo de flexión en 4 puntos
- Planchas de madera de 3 cm de espesor
- Clavos
- Martillo
- Regla
- Flexómetro
- Computadora
- Excel

#### 3. Marco teórico

##### 3.1 Flexión

La fórmula de flexión se basa en que el momento resultante en la sección transversal es igual al momento producido por la distribución de esfuerzos normal lineal sobre el eje neutro. Los esfuerzos de flexión en la viga se determinan a partir de la siguiente fórmula,

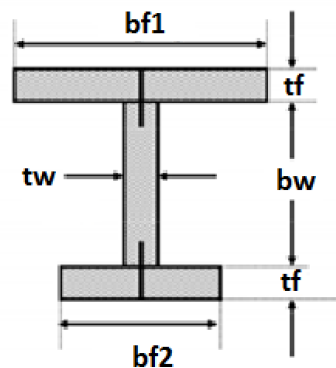
$$\sigma = \frac{My}{I} \quad (1)$$

Donde:

$M$  = momento de flexión

$y$  = distancia del eje neutro al punto de esfuerzo

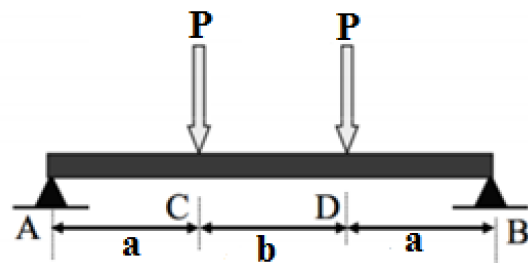
$I$  = momento de inercia de la sección transversal respecto al eje neutro.



*Ilustración 23 Sección transversal de análisis*

$$I = \frac{bh^3}{12} + Ad^2 \quad (2)$$

Considere la viga simplemente apoyada en la Figura No. 2, este es el esquema básico de los ensayos de flexión en vigas.



*Ilustración 24 Esquema de la viga*

Para que esta viga trabaje como un miembro integral, se supone que los

elementos longitudinales están sujetos entre sí por medio de pernos verticales. Los esfuerzos máximos producidos por flexión se generan en la plancha superior, donde el valor de  $y$  es mayor y en el centro de la viga ( $x = L / 2$ ) donde el momento de flexión,  $M$ , es mayor. Sustituyendo estos valores en la ecuación (1) se obtiene

$$\sigma = \frac{\left(\frac{PL}{4}\right)\left(\frac{h}{2}\right)}{\left(\frac{bh^3}{12}\right)} = \frac{3}{2} \frac{PL}{bh^2} \quad (3)$$

### 3.2 Flujo de Corte

Este es una medida de la fuerza por unidad de longitud a lo largo de una viga. Este valor se usa para determinar la fuerza cortante desarrollada en pernos o soldadura que mantienen unidos los varios segmentos de una viga. Se determina mediante la siguiente fórmula,

$$q = \frac{VQ}{I} \quad (4)$$

Donde,

$V$ = cortante máximo

$I$ = Inercia de la sección transversal

$Q$ = Primer momento de área

$$Q = A\bar{y} \quad (5)$$

### 3.3 Esfuerzo de Corte

El esfuerzo máximo de corte se produce en el eje neutro ( $y = 0$ ) donde  $Q$  es máximo.

Para esta ubicación  $Q = bh^2/8$ . El esfuerzo de corte máximo en la viga se puede encontrarse usando,

$$\tau = \frac{VQ}{It} \quad (6)$$

$$\tau = \frac{3}{2} \frac{V}{A} \quad (7)$$

Finalmente, el espaciamiento se obtiene mediante la siguiente fórmula,

$$F = qs \quad (8)$$

Donde,

$F$ = fuerza de corte en los clavos

$s$  = espaciamiento entre pernos

## 4 Descripción del Experimento

Para esta práctica, se calcula la distancia  $s$  entre clavos teóricamente. Luego en el laboratorio, se arma la viga tipo I de la Figura No. 1 con el espaciamiento calculado. Luego, se realiza un ensayo de flexión a una viga de madera con el esquema mostrado en la Figura No. 2. hasta la ruptura del perno donde se puede observar en que partes de la viga hay más esfuerzo por flujo de corte. Además, se calcula el esfuerzo máximo de corte producido en la viga.

## 5 Seguridad

Siga las regulaciones establecidas en el Manual de Seguridad de Laboratorios de la USFQ. Además, utilice zapatos cerrados y el cabello recogido, tenga cuidado al utilizar los equipos y revise que estén bien sujetos los especímenes. No utilice los equipos sin el instructor presente. No se tolerará indisciplina.

## 6 Procedimiento

1. Asegúrese de tener todos los materiales listados en la sección 2.
2. Mida las dimensiones de la sección transversal del espécimen. Inspeccione visualmente y tome nota de cualquier defecto o imperfección.
3. Arme la viga de sección I según el espaciamiento calculado en su prelaboratorio.
4. Realice los respectivos cálculos para el ensayo, determine el área y la inercia.
5. Prenda el equipo y espere al menos 10 minutos.
6. Ajuste la viga para que este centrado sobre la máquina y con la cinta métrica, mida la distancia de

apoyo a apoyo.

7. Inicie el ensayo y tome la primera lectura. Es importante tener en 0 la maquina al comenzar el ensayo.

8. Agregando carga en incrementos de 2 kN, observe los esfuerzos de la viga.

9. Repita este procedimiento hasta llegar a la falla. Note: la falla debe producirse después de la fuerza P.

## 7. Cálculos & Observaciones

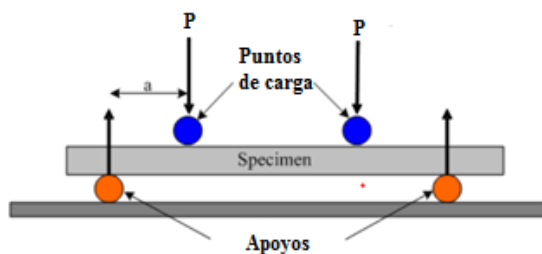


Ilustración 25 Esquema del ensayo

*Datos Necesarios:*

Longitud de viga (L) =	mm
Altura de la viga (h) =	mm
Ancho de la viga (h) =	mm
Inercia (I) =	mm <sup>4</sup>
Área (A) =	mm <sup>2</sup>

## 10. Resultados y Análisis

En este experimento se verifica el comportamiento de una viga de madera bajo flexión. Obtenga el flujo de cortante de la sección transversal. Realice el

cálculo del espaciamiento s. Grafique la curva de Fuerza vs. Deflexión. Finalmente, concluya y analice respecto al laboratorio. Determine si los cálculos fueron correctos. Indique en que parte fue la ruptura y concluya al respecto.

## 8. Preparación de Laboratorio

- Lea las paginas 237-244 del libro “*Mechanics of Materials 7th Edición*” de F. Beer.
- Determine el diagrama de corte, momentos, y la ecuación de la deflexión máxima de la viga en la Figura No. 2.
- Calcule es espaciamiento s entre pernos para una viga compuesta por tres planchas de madera como la Figura No. 1.
- Investigue sobre la resistencia a fuerza de corte de un perno típico en el Ecuador.
- Traer 1 computadora por grupo con el programa de Excel para tomar los datos que tenga autonomía de 1 hora sin batería.

## 7 Referencias bibliográficas

Department of Civil Engineering. (s.f.). *Manual for Strutral Analysis-II Laboratory*. Bahadurgarh.

Kasimali, A. (2010). *Structural Analysis 4th Edition*. Stamford: CENGAGE Learning.



## CAPITULO 4: PRESUPUESTO

### 4.1 Planificación inicial

A continuación, se encuentra el detalle de los costos de cada una de las prácticas de laboratorio descritas anteriormente. Esto incluye el costo de todos los materiales necesarios para poder llevar a cabo las prácticas, asumiendo que la universidad no dispone de ningún equipo o de las herramientas necesarias para realizar las prácticas. Es decir, los costos detallados describen cuánto costaría replicar cualquiera de los ensayos iniciando desde cero. Cabe mencionar que la universidad dispone de algunos de los equipos y materiales necesarios para estas prácticas, por tanto, el costo real de implementación será menor.

Para la adquisición de los materiales y equipos estructurales, se investigó en varias fuentes. Se tomó en cuenta la funcionalidad de la máquina, el costo-beneficio y se dio un juicio de valor acerca de si cumple el objetivo del laboratorio que se diseñó inicialmente a cabalidad o no lo cumple. Considerando las condiciones mencionadas anteriormente, se escogió trabajar con un distribuidor de equipos científicos de docencia de la marca TECQuiment, originado en Inglaterra. Se trabajó con el Sr. Harald Renken de la compañía Distribuidora Científica (Celular: 0995616401). Todos los datos utilizados respecto a los equipos o materiales de TECQuiment a continuación fueron cotizados a nombre de la Universidad San Francisco de Quito y tienen una vigencia de hasta el 22 de junio del 2019.

### 4.2 Análisis Estructural

En la rama de análisis estructural, se tiene tres ensayos; cálculo de deflexiones y pendiente de una viga isostática, determinación de la reacción horizontal de un pórtico indeterminado y obtención de fuerzas de una armadura indeterminada. Para cada uno se escogió la opción más rentable y se obtuvo el costo por cada ensayo. Es necesario mencionar que el costo por ensayo es la suma de todos los materiales que se adquirirían para poner en

función el ensayo en este momento, sin tomar en cuenta los materiales que ya posee la universidad. Observe las siguientes tablas de cálculo.

LABORATORIO NO. 1							
No.	Nombre	Detalle	Origen	Marca	P.U.	Cantidad	P.T.
1	Aparato del teorema de Maxwell y Betti	Una viga solida de metal.	Ambala, Haryana	Sigma Scientific Glass Company	\$ 840.00	1	\$ 840.00
2	Regla	Instrumento para medir y trazar líneas rectas que consiste en una barra rectangular y plana graduada en centímetros y milímetros.	-	-	\$ 1.50	2	\$ 3.00
3	Masas	Sistemas de cuatro (4) pesas de 0.5 kg para un total de 2 kg por set. Su función es variar la ubicación de las cargas dentro de estructuras y observar la variación de esfuerzos en los elementos.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 186.00	1	\$ 186.00
4	Pasco Capstone site license	Software de computador. Su función es interpretar, analizar y graficar los datos obtenidos de la interface.	Wiltronics	Pasco Capstone	\$ 838.80	1	\$ 838.80
5	Sensor de deformación Pasco	Sensor de desplazamiento digital, con sistema de adquisición de datos por computador. Su función será medir la deformación del sistema estructural al estar sometido a carga.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 105.60	1	\$ 105.60
6	Equipo Pasco 850 Interface Universal	Interface de adquisición de datos. Su función es obtener los datos de los diferentes sensores para transmitirlos al ordenador.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 651.60	1	\$ 651.60
SUBTOTAL							\$ 2,625.00
IVA 12%							\$ 315.00
TOTAL							\$ 2,940.00

*Ilustración 26 Costos Análisis Estructural, Laboratorio No. 1*

ANÁLISIS ESTRUCTURAL: LABORATORIO NO. 2							
No.	Nombre	Detalle	Origen	Marca	P.U.	Cantidad	P.T.
1	Base universal TECQuiment	Un sólido marco de montaje de aluminio ligero para proporcionar soporte rígido para los módulos experimentales intercambiables en la gama de estructuras de TecQuiment (STR2-STR20)	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	#####	1	\$ 1,164.11
2	Unidad de adquisición de datos TECQuiment	Un sistema de adquisición de datos versátil (VDAS) de montaje en marco para permitir la captura de datos basada en computadora para una amplia gama de productos TecQuiment.	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	#####	1	\$ 1,604.47
3	Pórtico STR18	Un aparato experimental que permite a los estudiantes investigar las reacciones y deflexiones de un portal rectangular cargado. Incluye masas y portamasas.	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	#####	1	\$ 3,296.60
6	Regla	Instrumento para medir y trazar líneas rectas que consiste en una barra rectangular y plana graduada en centímetros y milímetros.	-	-	\$ 1.50	2	\$ 3.00
7	Software estructural de TecQuiment	Un paquete de experimentación virtual de un solo asentamiento, para permitir simulaciones basadas en computadora de todos los experimentos en la Gama de Estructuras de TecQuiment. Para su uso con una Computadora Personal e independiente (PC no incluida).	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	\$ 892.96	1	\$ 892.96
SUBTOTAL							\$ 6,961.14
IVA 12%							\$ 835.34
TOTAL							\$ 7,796.48

*Ilustración 27 Costos Análisis Estructural, Laboratorio No. 2*

LABORATORIO NO. 3							
No.	Nombre	Detalle	Origen	Marca	P.U.	Cantidad	P.T.
1	Base universal TECQuiment	Un sólido marco de montaje de aluminio ligero para proporcionar soporte rígido para los módulos experimentales intercambiables en la gama de estructuras de TecQuiment (STR2-STR20)	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	\$ 1,164.11	1	\$ 1,164.11
2	Unidad de adquisición de datos TECQuiment	Un sistema de adquisición de datos versátil (VDAS) de montaje en marco para permitir la captura de datos basada en computadora para una amplia gama de productos TecQuiment.	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	\$ 1,604.47	1	\$ 1,604.47
	Software estructural de TecQuiment	Un paquete de experimentación virtual de un solo asentamiento, para permitir simulaciones basadas en computadora de todos los experimentos en la Gama de Estructuras de TecQuiment. Para su uso con una Computadora Personal e independiente (PC no incluida).	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	\$ 892.96	1	\$ 892.96
	Regla	Instrumento para medir y trazar líneas rectas que consiste en una barra rectangular y plana graduada en centímetros y milímetros.	-	-	\$ 1.50	2	\$ 3.00
3	Armadura STR17	Un aparato experimental que permite a los estudiantes investigar los principios de redundancia y aspectos de seguridad en estructuras críticas, usando estructuras enmarcadas determinadas e indeterminadas.	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	\$ 7,325.11	1	\$ 7,325.11
SUBTOTAL							\$ 10,989.65
IVA 12%							\$ 1,318.76
TOTAL							\$ 12,308.41

*Ilustración 28 Costos Análisis Estructural, Laboratorio No. 3*

### 4.3 Dinámica Estructural

En la rama de dinámica estructural, se tiene tres ensayos; determinar la relación de amortiguamiento, periodo y respuesta de deflexiones de un péndulo invertido, determinar la respuesta dinámica bajo una carga de impulso de un pórtico de 1 GDL y determinar la respuesta dinámica y la frecuencia de amplificación dinámica dada una aceleración en la base de un pórtico de 1 GDL. Para estas prácticas, se utilizó modelos dinámicos de estructuras elaborados en la universidad. Igual que antes, es necesario mencionar que el costo por ensayo es la suma de todos los materiales que se adquirirían para poner en función el ensayo en este momento, sin tomar en cuenta los materiales que ya posee la universidad.

LABORATORIO NO. 1							
No.	Nombre	Detalle	Origen	Marca	P.U.	Cantidad	P.T.
1	Sistema de péndulo invertido	Es un sistema simplificado uniaxial, utilizado para simular ensayos de vibración libre en sistemas estructurales de 1 GDL.	USFQ	-	\$ -	1	\$ -
2	SopORTE universal	SopORTE universal para ubicar los sensores.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 52.80	1	\$ 52.80
3	Regla	Instrumento para medir y trazar líneas rectas que consiste en una barra rectangular y plana graduada en centímetros y milímetros.	-	-	\$ 1.50	5	\$ 7.50
4	Masas	Sistemas de cuatro (4) pesas de 0.5 kg para un total de 2 kg por set. Su función es variar la ubicación de las cargas dentro de estructuras y observar la variación de esfuerzos en los elementos.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 186.00	1	\$ 186.00
8	Pasco Capstone site license	Software de computador. Su función es interpretar, analizar y graficar los datos obtenidos de la interface.	Wiltronics	Pasco Capstone	\$ 838.80	1	\$ 838.80
9	Sensor de deformación Pasco	Sensor de desplazamiento digital, con sistema de adquisición de datos por computador. Su función será medir la deformación del sistema estructural al estar sometido a carga.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 105.60	1	\$ 105.60
10	Equipo Pasco 850 Interface Universal	Interface de adquisición de datos. Su función es obtener los datos de los diferentes sensores para transmitirlos al ordenador.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 651.60	1	\$ 651.60
						SUBTOTAL	\$ 1,842.30
						IVA 12%	\$ -
						TOTAL	\$ 1,842.30

*Ilustración 29 Costos Dinámica Estructural, Laboratorio No. 1*

LABORATORIO NO. 2							
No.	Nombre	Detalle	Origen	Marca	P.U.	Cantidad	P.T.
1	Base de impulso	Una base solida de madera para proporcionar soporte rígido al sistema de impulso con pórticos intercambiables.	USFQ	-	\$ -	1	\$ -
2	Pórtico de 1 GDL	Un marco portico de 2 columnas de acrilico y una losa de madera de 10 cm x 10 cm	USFQ	-	\$ -	1	\$ -
3	Acelerómetro	Sensor de aceleración y altura. Su función es medir la aceleración que ocurre en cada nivel del sistema estructural al transmitirle una onda sísmica	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 120.00	1	\$ 120.00
4	Soporte universal	Soporte universal para ubicar los sensores.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 52.80	1	\$ 52.80
5	Regla	Instrumento para medir y trazar líneas rectas que consiste en una barra rectangular y plana graduada en centímetros y milímetros.	-	-	\$ 1.50	2	\$ 3.00
6	Masas	Sistemas de cuatro (4) pesas de 0.5 kg para un total de 2 kg por set. Su función es variar la ubicación de las cargas dentro de estructuras y observar la variación de esfuerzos en los elementos.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 186.00	1	\$ 186.00
10	Pasco Capstone site license	Software de computador. Su función es interpretar, analizar y graficar los datos obtenidos de la interface.	Wiltronics	Pasco Capstone	\$ 838.80	1	\$ 838.80
11	Sensor de deformación Pasco	Sensor de desplazamiento digital, con sistema de adquisición de datos por computador. Su función será medir la deformación del sistema estructural al estar sometido a carga.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 105.60	1	\$ 105.60
12	Equipo Pasco 850 Interface Universal	Interface de adquisición de datos. Su función es obtener los datos de los diferentes sensores para transmitirlos al ordenador.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 651.60	1	\$ 651.60
SUBTOTAL							\$ 1,957.80
IVA 12%							\$ -
TOTAL							\$ 1,957.80

*Ilustración 30 Costos Dinámica Estructural, Laboratorio No. 2*

LABORATORIO NO. 3							
No.	Nombre	Detalle	Origen	Marca	P.U.	Cantidad	P.T.
1	Mesa de aceleración en la base de 1 GDL	Mesa sísmica o vibratoria, su función es probar muchos conceptos diferentes de la actividad de movimiento del suelo y la reacción de la estructura.	USFQ	-	\$ 350.00	1	\$ 350.00
2	Pórtico de 1 GDL	Un marco portico de 2 columnas de acrilico y una losa de madera de 10 cm x 10 cm	USFQ	-	\$ 25.00	2	\$ 50.00
3	Acelerómetro	Sensor de aceleración y altura. Su función es medir la aceleración que ocurre en cada nivel del sistema estructural al transmitirle una onda sísmica	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 120.00	2	\$ 240.00
4	1 Soporte universal	Soporte universal para ubicar los sensores.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 52.80	1	\$ 52.80
5	Regla	Instrumento para medir y trazar líneas rectas que consiste en una barra rectangular y plana graduada en centímetros y milímetros.	-	-	\$ 1.50	2	\$ 3.00
6	Masas	Sistemas de cuatro (4) pesas de 0.5 kg para un total de 2 kg por set. Su función es variar la ubicación de las cargas dentro de estructuras y observar la variación de esfuerzos en los elementos.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 186.00	1	\$ 186.00
10	Pasco Capstone site license	Software de computador. Su función es interpretar, analizar y graficar los datos obtenidos de la interface.	Wiltronics	Pasco Capstone	\$ 838.80	1	\$ 838.80
11	Sensor de deformación Pasco	Sensor de desplazamiento digital, con sistema de adquisición de datos por computador. Su función será medir la deformación del sistema estructural al estar sometido a carga.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 105.60	1	\$ 105.60
12	Equipo Pasco 850 Interface Universal	Interface de adquisición de datos. Su función es obtener los datos de los diferentes sensores para transmitirlos al ordenador.	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 651.60	1	\$ 651.60
SUBTOTAL							\$ 2,477.80
IVA 12%							\$ -
TOTAL							\$ 2,477.80

*Ilustración 31 Costos Dinámica Estructural, Laboratorio No. 3*

#### 4.4 Mecánica de Materiales

En la rama de mecánica de materiales, se tiene tres ensayos; un ensayo de cargas axiales a compresión en un cilindro de acero en el rango elástico, un ensayo de torsión en la misma barra de acero en el rango elástico y por último un ensayo de flujo de corte. Para los cuales se obtuvo los costos de la misma manera que para las materias anteriores.

LABORATORIO NO. 1							
No.	Nombre	Detalle	Origen	Marca	P.U.	Cantidad	P.T.
1	Universal Testing Machine (UTM)	Equipo que permite la realización de ensayos convencionales de compresión y que también permite calcular el modulo de rigidez en probetas cilíndricas y en testimonios de construcción	USFQ	-	\$ 9,500.00	1	\$ 9,500.00
2	Regla	Instrumento para medir y trazar líneas rectas que consiste en una barra rectangular y plana graduada en centímetros y milímetros.	-	-	\$ 1.50	2	\$ 3.00
5	Espécimen cilíndrico de acero	Especímenes de ensayo de diferentes metales para utilizar en los equipos.	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	\$ 5.00	5	\$ 25.00
						SUBTOTAL	\$ 9,528.00
						IVA 12%	\$ -
						TOTAL	\$ 9,528.00

*Ilustración 32 Costos Mecánica de Materiales, Laboratorio No. 1*

LABORATORIO NO. 2							
No.	Nombre	Detalle	Origen	Marca	P.U.	Cantidad	P.T.
1	Equipo de ensayo de torsión	Una máquina montada en un banco, para permitir a los estudiantes hacer pruebas de torsión en diferentes materiales. Especímenes incluidos	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	\$ 8,401.55	1	\$ 8,401.55
3	VDAS mkII (BENCH MOUNTED VERSION)	Un sistema de adquisición de datos versátil (VDAS) de montaje en marco para permitir la captura de datos basada en computadora para una amplia gama de productos TecEquipment.	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	1251.77	1	\$ 1,251.77
4	Regla	Instrumento para medir y trazar líneas rectas que consiste en una barra rectangular y plana graduada en centímetros y milímetros.	-	-	\$ 1.50	2	\$ 3.00
5	Calibrador Vernier	El calibrador es un instrumento de medición, principalmente de diámetros exteriores, interiores y profundidades, utilizado en el ámbito industrial	-	-	\$ 10.00	5	\$ 50.00
						SUBTOTAL	\$ 9,706.32
						IVA 12%	\$ -
						TOTAL	\$ 9,706.32

*Ilustración 33 Costos Mecánica de Materiales, Laboratorio No. 2*

LABORATORIO NO. 3							
No.	Nombre	Detalle	Origen	Marca	P.U.	Cantidad	P.T.
1	Equipo de flexión en 4 puntos	Equipo que permite la realización de ensayos convencionales de flexión	USFQ	-	\$ 9,500.00	1	\$ 9,500.00
2	Planchas de madera	Planchas de madera de 3cm de espesor por 20 cm de ancho y 100 cm de largo	Kywi	-	\$ 3.00	10	\$ 30.00
3	Clavos	Clavos de resistencia 200 kg	Kywi	-	\$ 3.00	2	\$ 6.00
4	Martillo	Herramienta para golpear directamente sobre una pieza causando desplazamiento	Kywi	Stanley	\$ 4.25	1	\$ 4.25
5	Regla	Instrumento para medir y trazar líneas rectas que consiste en una barra rectangular y plana graduada en centímetros y milímetros.	-	-	\$ 1.50	5	\$ 7.50
6	Flexómetro	Herramienta para medir dimensiones grandes	Kywi	Stanley	\$ 13.80	3	\$ 41.40
						SUBTOTAL	\$ 9,589.15
						IVA 12%	\$ -
						TOTAL	\$ 9,589.15

*Ilustración 34 Costos Mecánica de Materiales, Laboratorio No. 3*

#### 4.5 Costo Global

Finalmente, en los costos por ensayo, no se toma en cuenta que algunos materiales que se adquiere para ciertas prácticas o ensayos se pueden reutilizar para otros ensayos, ya que la gran mayoría de los equipos se adquirió del mismo origen TecQuipment. Por tanto, a continuación, se puede observar el costo total global que se gasta para implementar todos estos ensayos en la Universidad San Francisco de Quito es de 29.826,69 incluyendo IVA. Para más detalle revisar el Anexo 1.

## **CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La implementación de guías de ensayo de laboratorio es necesario para obtener un nivel cognitivo avanzado. El presente trabajo de titulación proporciona varias guías de ensayos de laboratorio en las materias de análisis estructural, dinámica estructural y mecánica de materiales. Se determinaron los temas fundamentales en cada materia objeto de estudio y se diseñaron tres prácticas de laboratorio, enfocados hacia fenómenos aplicables en la ingeniería civil. Las guías fueron realizadas de la manera más simple, de tal manera que pueden ser comprendidos por todos.

Además, se provee un manual para los profesores o técnicos de laboratorio con un detallamiento de todos los pasos a seguir para poder realizar y guiar a los estudiantes durante la práctica. Por último, puede encontrar la planificación del presupuesto para poder llevar a cabo este proyecto. Esto incluye los precios de los materiales necesarios y donde los puede adquirir.

Después de haber realizado la investigación acerca de equipos científicos orientados a la docencia, es importante mencionar que, aunque este es un proyecto muy importante para el aprendizaje de estudiantes, también requiere de bastante inversión. Por lo tanto, se propone implementar este laboratorio por etapas, a lo largo de tres años.

Este es un proyecto muy importante, ya que es el inicio de una nueva forma de aprendizaje para todos los futuros estudiantes. Se recomienda seguir investigando y diseñando laboratorios orientados hacia la ingeniería civil con los recursos disponibles, ya que los equipos tienen múltiples funciones. Las guías están a disposición de los profesores, para poder ir modificando, mejorando e incluso cambiando cualquier aspecto de las practicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Department of Civil Engineering. (s.f.). *Manual for Strutural Analysis-II Laboratory*.

Bahadurgarh.

Department of Civil Engineering. (s.f.). *Manual for Strutural Analysis-I Laboratory*.

Bahadurgarh.

Department of Civil Engineering. (2016). *Manual for Mechanics of Materials*. Bahadurgarh.

TSU (2015). *Mechanics of Materials*. Tennessee State University

Kasimali, A. (2010). *Structural Analysis 4th Edition*. Stamford: CENGAGE Learning.

Beer, F. (2012). *Strength of Materials 7th Edition*. Stamford: CENGAGE Learning.

Chopra, A. (2014). *Dinámica de Estructuras*. Cuarta Edición. México: Editorial Pearson

García, L. (1998). *Diseño Estructural Aplicada al diseño sísmico*. Colombia: Universidad de

los Andes



## ANEXO A: COSTO GLOBAL

INVENTARIO DE MATERIALES GLOBAL							
No.	Nombre	Origen	Marca	P.U.	Cantidad	P.T.	P.T.+IVA
1	Aparato del teorema de Maxwell y Betti	Ambala, Haryana	Sigma Scientific Glass Company	\$ 840.00	1	\$ 840.00	\$ 940.80
2	Regla	-	-	\$ 1.50	5	\$ 7.50	\$ 8.40
3	Masas	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 186.00	1	\$ 186.00	\$ 208.32
4	Pasco Capstone site license	Wiltronics	Pasco Capstone	\$ 838.80	1	\$ 838.80	\$ -
5	Sensor de deformación Pasco	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 105.60	1	\$ 105.60	\$ 118.27
6	Equipo Pasco 850 Interface Universal	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 651.60	1	\$ 651.60	\$ 729.79
7	Base universal TECQuiment	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	\$ 1,164.11	1	\$ 1,164.11	\$ 1,303.80
8	Unidad de adquisición de datos TECQuiment	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	\$ 1,604.47	1	\$ 1,604.47	\$ 1,797.01

9	Pórtico STR18	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	\$ 3,296.60	1	\$ 3,296.60	\$ 3,692.19
10	Software estructural de TecQuiment	Distribuidora Científica.	Tecquipment-Inglaterra.	\$ 892.96	1	\$ 892.96	\$ 1,000.12
11	Armadura STR17			\$ 7,325.11	1	\$ 7,325.11	\$ 8,204.12
12	Sistema de péndulo invertido	USFQ	-	\$ -	1	\$ -	\$ -
13	Soporte universal	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 52.80	1	\$ 52.80	\$ 59.14
14	Base de impulso	USFQ	-	\$ -	1	\$ -	\$ -
15	Pórtico de 1 GDL	USFQ	-	\$ -	1	\$ -	\$ -
16	Acelerómetro	SENECYT	Pasco Capstone	\$ 120.00	1	\$ 120.00	\$ 134.40
17	Mesa de aceleración en la base de 1 GDL	USFQ	-	\$ 350.00	1	\$ 350.00	\$ -
18	Pórtico de 1 GDL	USFQ	-	\$ 25.00	2	\$ 50.00	\$ -
19	Equipo de ensayo de	Distribuidora Científica.	TECQuiment-Inglaterra.	\$ 8,401.55	1	\$ 8,401.55	\$ 9,409.74

	torsión						
20	Medidor de ángulos de torsión	Distribuidora Científica.	TECQuiment-Inglaterra.	1698.25	1	\$ 1,698.25	\$ 1,902.04
21	VDAS mkII (BENCH MOUNTED VERSION)	Distribuidora Científica.	TECQuiment-Inglaterra.	1251.77	1	\$ 1,251.77	\$ 1,401.98
22	Calibrador Vernier	-	-	\$ 10.00	5	\$ 50.00	\$ 56.00
24	Planchas de madera	Kywi	-	\$ 3.00	10	\$ 30.00	\$ 33.60
25	Clavos	Kywi	-	\$ 3.00	2	\$ 6.00	\$ 6.72
26	Martillo	Kywi	Stanley	\$ 4.25	5	\$ 21.25	\$ 23.80
27	Flexómetro	Kywi	Stanley	\$ 13.80	3	\$ 41.40	\$ 46.37