

**MONTAJE DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
PRIMERA FASE**

CRISTHIAN FERNANDO CASTELLANOS SUESCUN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2009**

**MONTAJE DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS
PRIMERA FASE.**

CRISTHIAN FERNANDO CASTELLANOS SUESCUN

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Directora
ESPERANZA MALDONADO RONDÓN
Ingeniera Civil, Msc, Phd**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2009**

TABLA DE CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL TRABAJO DE GRADO 1

1.1. TÍTULO	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.2.1. Objetivo General	1
1.2.2. Objetivos Específicos	1
1.3. METODOLOGIA EMPLEADA	1
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	2

2. IMPORTANCIA DE LOS LABORATORIOS EN LA ENSEÑANZA.

4

3. ESTRUCTURAS DE LAS PRUEBAS

3.1. DURACION DE LA PRACTICA	6
3.1.1. Evaluación inicial:	6
3.1.2. Introducción:	7
3.1.3. Desarrollo de la practica:	7
3.1.4. Conclusiones:	7

4. EQUIPOS DE LABORATORIO

8

4.1. MARCOS	8
4.2. GATOS HIDRAULICOS	9
4.3. APOYOS	10
4.4. HERRAMIENTA MENOR	11
<u>5. TEMAS A DESAROLLAR</u>	<u>12</u>
<u>6. PRUEBAS FINALES</u>	<u>16</u>
6.1. PRUEBA 1: DEFINICION DE TIPOS DE ELEMENTOS	16
6.2. PRUEBA 2: DEFINICION DE APOYOS	17
6.3. PRUEBA 3: ESTABILIDAD EN CERCHAS PLANAS	17
6.4. PRUEBA 4: ESTABILIDAD EN LOS APOYOS	18
6.5. PRUEBA 5: PANDEO DE COLUMNAS	18
6.6. PRUEBA 6: FLEXION EN VIGAS	19
6.7. PRUEBA 7: MUROS EN MAMPOSTERIA	19
6.8. PRUEBA 8: CONCURSO	19
<u>7. PROCESO DE AUTOEVALUACION</u>	<u>21</u>
7.1. COMPLEJIDAD DE LAS PRUEBAS	21

7.2. TIEMPO DE DESARROLLO DE LAS PRUEBA	21
7.3. CONTENIDO DEL LA GUIA DE LABORATORIO	22
7.4. MATERIALES UTILIZADOS	22
7.5. EQUIPO DEL LABORATORIO	22
7.6. CAPACIDAD EL LABORATORIO	23
<u>8. PLAN DE MEJORAMIENTO</u>	<u>24</u>
<u>9. RECOMENDACIONES</u>	<u>25</u>
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>26</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>27</u>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Duración de la práctica	6
Tabla 2: Prácticas iniciales propuestas	13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Marco.....	8
Figura 2: Gato hidráulico.....	9
Figura 3: Apoyos.....	10
Figura 4: Apoyos.....	10

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: PROGRAMA DE ANALISIS ESTRUCTURAL.....	28
ANEXO B: MANUAL DE LABORATORIO DE ESTRUCTURAS.....	31
ANEXO C: SOLUCIONARIO DE LABORATORIO DE ESTRUCTURAS.....	72

RESUMEN

TITULO:

MONTAJE DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS – PRIMERA FASE.*

AUTORES:

CRISTHIAN FERNANDO CASTELLANOS SUECUN**

PALABRAS CLAVE: LABORATORIO, ESTRUCTURAS, MANUAL, ANALISIS, ESTRUCTURAL, INGENIERIA, CIVIL.

DESCRIPCIÓN:

Este trabajo de grado, se hace por la necesidad que presenta la escuela de Ingeniería Civil, de un laboratorio de estructuras, ya que con la reforma académica, se fusionaron las materias Análisis de Estructuras 1 y 2, dando paso a la nueva materia teórico-práctica Análisis Estructural.

Los laboratorios son importantes en la enseñanza, ya que afianzan más los conocimientos de los estudiantes, generando nuevas inquietudes, los estudiantes se sienten más activos en clase, comparan lo teórico con lo práctico, resuelve inquietudes y trabajan en grupo.

Con base en el programa de Análisis Estructural, se proponen siete pruebas, teniendo en cuenta, los equipos necesarios, complejidad de la prueba, costos de materiales para la realización y tiempo de duración.

La primera prueba es de conceptos generales en la cual el estudiante aprende a clasificar los elementos. En la segunda prueba se aprende a modelar los diferentes tipos de apoyos. La prueba tres y cuatro tratan de estabilidad, en la primera se trabajan con diferentes tipos de cerchas y se comprueba si son estables o inestables, en la segunda se estudia como influye los apoyos en la estabilidad de los pórticos. La quinta prueba trata sobre el pandeo de columnas, se analizan los diferentes factores que influyen en el pandeo. En la sexta prueba se resuelven vigas estáticamente indeterminadas usando métodos prácticos y teóricos. La séptima y última prueba, se prueban muros de mampostería a escala, con configuraciones diferentes viendo como fallan y las diferencias entre estos, además se propone un concurso final, en el cual el estudiante pone en práctica todos los conceptos adquiridos a lo largo del laboratorio.

Esta tesis, sirve como base para futuros proyectos, en los cuales se trabajen otro tipo de pruebas, se utilicen nuevos materiales, y se apliquen a las demás materias del área de estructuras.

* Trabajo de Grado, Modalidad Trabajo de Investigación.

** UIS, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Directora: Esperanza Maldonado Rondón

SUMMARY

TITLE:

MONTAGE OF THE LABORATORY OF STRUCTURES - THE FIRST PHASE.*

AUTHORS:

CRISTHIAN FERNANDO CASTELLANOS SUESCUN**

KEY WORDS: **LABORATORY, STRUCTURES, MANUAL, ANALYSIS, STRUCTURAL, ENGINEERING, CIVIL.**

DESCRIPTION

This work of degree, it is done by the need that presents the school of Civil Engineering, of a laboratory of structures, since with the academic reform, the matters fused Analysis of Structures 1 and 2, giving I go on to the new matter Structural Analysis.

The laboratories are important in the education, since they guarantee the knowledge of the students, generating new worries, the students feel more active compare the theoretical with the practical, it solves worries and they are employed at group.

With base in the program of Structural Analysis, they propose seven tests, bearing in mind, the necessary equipments, complexity of the test, and costs of materials for the accomplishment and time of duration.

The first test is of general concepts under which the student learns to classify the elements. In the second test it is learned to it shapes the different types of supports. The test three and four treat of stability, at the first one they are employed with different types of cerchas and it is verified if they are stable or unstable, in the second one it is studied since it influences the supports in the stability. The fifth test treats on the column bulge, there are analyzed the different factors that influence the bulge. In the sixth test statically indeterminate girders are solved using practical and theoretical methods. Seventh and finalizes test, are proved walls of masonry, with different configurations seeing since they fail and the differences between these, in addition one proposes a final contest, in which the student puts in practice all the concepts acquired along the laboratory.

This thesis, serves as base for future projects, in which they work another type of tests, new materials are in use, and be applied to other matters of the area of structures.

* Thesis. Modality Work of Investigation

** UIS, Faculty of Physical-mechanical Engineering, Civil Engineering School, Directora: Esperanza Maldonado Rondón

1. DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL TRABAJO DE GRADO

A continuación se muestra una descripción general de lo desarrollado en el transcurso del montaje del laboratorio de estructuras, en donde se pueden observar los objetivos, la justificación y el alcance del trabajo de grado.

Se explican de una manera clara, cuales fueron los alcances finales del trabajo en el laboratorio, mediante el planteamiento del objetivo general y los objetivos específicos que sirvieron como guía para realizar cada una de las practicas.

En el alcance inicial del montaje del laboratorio se presupuesto presentar diez pruebas, las cuales se disminuyeron a siete, debido a que muchas de ellas no se pudieron ejecutar debido a que se necesitaba una instrumentación con la que no se contó.

1.1. TÍTULO

MONTAJE DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS -PRIMERA FASE.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Iniciar el montaje del Laboratorio de Estructuras en la asignatura de Análisis Estructural.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Realizar el montaje y ejecución de siete prácticas de laboratorio para el curso de Análisis Estructural.
2. Incorpora la elaboración de modelos en la enseñanza del análisis de estructuras.
3. Desarrollar las pruebas con los estudiantes del curso de Análisis Estructural.
4. Desarrollar el material docente necesario para su aplicación, en el laboratorio, así como un las soluciones del mismo.

1.3. METODOLOGIA EMPLEADA

Dentro del montaje de las prácticas, es necesario desarrollar varias tareas;

1. Definición de las pruebas. Con base en las temáticas desarrolladas en el curso de Análisis Estructural se definieron las pruebas a realizar.
2. Montaje de las pruebas. Una vez definida cada prueba se realizo su montaje en el laboratorio.
3. Elaboración del material de apoyo. Se preparo el material docente que se debe entregar previamente a el estudiante, en el cual se le explica los pasos a seguir en las practicas.
4. Realización de las prácticas con los estudiantes en el laboratorio. Las prácticas se realizaron con el curso de Análisis Estructural del primer semestre

de 2008, el cual fue el primer curso que se dictó en la Universidad, consecuencia de la fusión de dos materias anteriores, Análisis de Estructuras I y Análisis de Estructuras II.

5. Evaluación del proceso realizado en cada práctica. Realizada cada práctica, se evaluó por parte de los estudiantes y el profesor, el desarrollo de la prueba.
6. Realización del proceso de retroalimentación. Con la evaluación realizada por los estudiantes y el profesor, se procedió a desarrollar al mejoramiento y calidad de la misma.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Dentro de la reforma al proceso académico del programa de Ingeniería Civil en la Universidad Industrial de Santander, se propuso la asignatura de Análisis Estructural como la unificación de las anteriores asignaturas Análisis de Estructuras I y Análisis de Estructuras II. El cambio a la nueva asignatura conllevó la unificación de temáticas y el cambio en el modelo pedagógico, el cual se propuso pensando para que el estudiante incorpore las nuevas herramientas que existen y contextualice mejor la problemática.

De esta manera, a su vez, se propuso la incorporación de las prácticas en Laboratorio con la finalidad de permitirle al estudiante aplicar los conceptos vistos en clase en la práctica.

Por otro lado los estudiantes experimentan con modelos estructurales existentes en el laboratorio y contruidos por ellos mismos. Como resultado de estas actividades se incrementaría la motivación y el entusiasmo de los estudiantes y la asistencia a estos cursos. Así mismo, durante la ejecución de las actividades se tendría un interés constante por parte de los estudiantes, lo cual se manifestaría

en una mayor participación a través de la formulación de inquietudes relacionadas con el comportamiento de las estructuras.

2. IMPORTANCIA DE LOS LABORATORIOS EN LA ENSEÑANZA.

Un laboratorio busca asociar los objetivos plasmados en la asignatura teórica con lo práctico, esto conlleva a confrontar las dos metodologías, lo cual ayuda a estudiante a comprender mejor los temas que se tocan en las asignaturas, ya que una complementa la otra, y las falencias y dudas generadas por el estudiante, ya sea en el aula de clase o en el laboratorio, pueden ser resueltas cuando entre a ver la otra parte ya sea la teórica o la practica según el caso.

Lo que debería ser común es que las practicas debe ser integradas y sincronizadas en forma coherente con el programa de la asignatura, es decir, que lo visto teóricamente valla paralelo a la practica que lo complementa, se ha comprobado que seria mejor, abordar primero la practica, de algún tema especifico, y después que el estudiante entre a ver la teoría, seria una mejor manera de comprender los temas a analizar.

Las practicas tiene grandes beneficios, por ejemplo casi siempre son de manera grupal, y esto maximiza el aprendizaje, ya que los estudiantes se complementan entre si, y pueden llegar a generar discusiones y debates, que terminan afianzando los conocimientos, por otra parte el estudiante se encuentra activo en la clase, es decir el participa y observa, y construye sus propios modelos, y esto ayuda a que alcance niveles de comprensión mas profundo y duraderos, que un estudiante que mantiene una actitud pasiva en la clase.

Un laboratorio es un lugar para propiciar el desarrollo de la iniciativa, la creatividad, el sentido de observación, el sentido común, donde el estudiante

relacione lo práctico, y lo confronte con lo conocimientos que ellos tienen, no solo es verificar la teoría, sino que el estudiante aprenda viendo y afiance así los conceptos adquiridos, sería bueno que el laboratorio fuera una materia a parte, que no dependiera mucho materia teórica, y que el alumno en estas practicas aprendiera haciendo ,esto generaría, una iniciativa al estudiante y desarrollo de la creatividad, generando un dialogo mas interesante con el profesor con preguntas originadas a partir de problemas reales.

Muchas veces se tiene en cuenta en un práctica, como influye los equipos, espació, pero poco se tienen en cuenta la metodología, el esquema a seguir y lo que se quiere lograr por parte del estudiante, se puede logra que un laboratorio funcione, utilizando cosas del común, materiales fáciles de conseguir y económicos, además se pueden hacer practicas sin contar con una instrumentación muy sofisticada o costosa, lo importante es que se abarque una problema y de manera sencilla demostrarlo.

Además, un laboratorio no solo debe ser enfocado a la realización de una practica, también se deben deberían generarse espacios para analizar problemas reales, por medio de fotos, videos, o noticias en las cuales se pueda alcanzar una discusión, para que el estudiante comprenda mas la realidad de los problemas.

Es claro que los laboratorios son de gran utilidad en el aprendizaje, se podría decir que necesarios, pero siempre y cuando sean complementados por una parte teórica, esto puede traer grandes beneficios, los estudiantes pueden sentir mas entusiasmo al a hora de enfrentar una clase, genera el trabajo en grupo, afianza los conocimientos y la creatividad de los estudiantes y también ayuda el la formación docente del profesor.

3. ESTRUCTURAS DE LAS PRUEBAS

En el siguiente capítulo se mostrara como estarán estructuradas cada una de las pruebas.

3.1. DURACION DE LA PRACTICA

La asignatura de Análisis Estructural, cuenta con 6 horas semanales, las cuales se dividen en 4 horas teóricas y 2 horas prácticas, En estas 2 horas practicas las actividades a realizar serán las siguientes:

Tabla 1: Duración de la práctica

NUMERO	DURACION	DESCRIPCION
1	5 minutos	Evaluación inicial
2	10 minutos	Introducción
3	1 hora 30 minutos	Desarrollo de la practica
4	15 minutos	Conclusiones

3.1.1. Evaluación inicial:

La evaluación inicial es necesaria para medir como están los estudiantes antes de realizar la practica, así de que genera que el estudiante lea el material de apoyo antes de la practica y no en el transcurso de esta, también sirve de mecanismo para controlar la puntualidad de llegada a la prueba y no generar retrasos en la realización de la misma

3.1.2. Introducción:

Aquí se hace una breve introducción por parte del docente, en el cual se explica como se realizara la prueba, como se utilizaran los materiales y si se utilizan equipos en el laboratorio, se explicara como funciona cada uno de ellos.

3.1.3. Desarrollo de la practica:

En esta parte los estudiantes seguirán paso a paso, la realización de la practica, con ayuda del material de apoyo, así como de la supervisión permanente del docente que aclarara dudas que se presenten en le desarrollo de la prueba.

3.1.4. Conclusiones:

En esta parte se pretende que cada grupo exponga los resultados obtenidos, para realizar una comparación con los demás grupos de trabajo.

4. EQUIPOS DE LABORATORIO

En este capítulo se explicara los equipos con los que se contó para la realización de las prácticas.

Estos son los equipo necesarios con los que debe contar para la realización de las prácticas:

4.1. MARCOS

Figura 1: Marco



Los marcos fueron adquiridos previamente por la escuela de Ingeniería civil, en estos marcos se apoyan las estructuras a ensayar, permiten nueve posiciones de altura, por lo cual pueden servir para varios tipos de estructuras. Tiene adecuados unos gatos hidráulicos fijos.

El laboratorio cuenta con ocho marcos para el funcionamiento.

4.2. GATOS HIDRAULICOS

Figura 2: Gato hidráulico



Los gatos fueron adquiridos al igual que los marcos, previamente por la escuela de Ingeniería Civil, tienen una capacidad aproximada de 5 toneladas, el embolo permite un desplazamiento máximo de 10 a 12 cm. Esto gatos viene fijos al marco.

El laboratorio cuenta con ocho gatos hidráulicos para su funcionamiento.

4.3. APOYOS

Figura 3: Apoyos

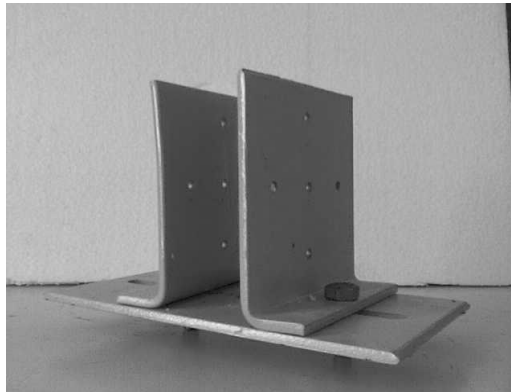
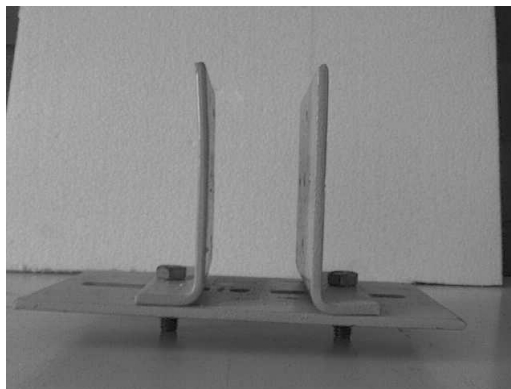


Figura 4: Apoyos



Los apoyos fueron diseñados para permitir el montaje de estructuras al marco, generando condiciones reales en los apoyos, (empotrados y articulados), estos apoyos se adquirieron durante la el trabajo de grado para poder realizar la mayoría de las pruebas.

El laboratorio cuenta con 16 apoyos para su funcionamiento.

4.4. HERRAMIENTA MENOR

La herramienta menor fue utilizada para el montaje de las pruebas, se recomienda que esta herramienta se cuente con una por marco.

- Llaves fijas, utilizadas principalmente para los apoyos, los cuales cuenta con tornillos de $\frac{1}{2}$ ".
- Destornillador de estrella, utilizado para ajustar los pasadores de los apoyos.
- Alicates, utilizados principalmente para ajustar los pasadores de los apoyos.
- Taladro pequeño, se utilizo para realizar los orificios a las estructuras par su montaje en los apoyos, se contó con brocas de $\frac{1}{8}$ " hasta $\frac{1}{2}$ ".

El laboratorio no cuenta con ningún tipo de herramienta menor, la utilizada para la realización de las pruebas fue de uso propio.

5. TEMAS A DESAROLLAR

La base para la creación de las prácticas a desarrollar, fue el programa de la Asignatura Análisis Estructural (Anexo A).

Con base en esto, se observo detenidamente el tema y la posibilidad de realizar una prueba de esta, se tuvieron criterios como, equipos necesarios, complejidad de la prueba, costos de materiales para la realización y tiempo de duración.

Con base en esto se propusieron diez pruebas piloto las cuales se realizan para mirar su factibilidad para la realización de la prueba con los estudiantes.

En la siguiente tabla se observa como esta dividida la materia de análisis estructural durante las 16 semanas de clase y las primeras pruebas propuestas por tema desarrollado.

Tabla 2: Prácticas iniciales propuestas

Semana	Tema teórico		Practica de laboratorio
1	1. Conceptos fundamentales.	1.1 Concepto de estructuras. 1.2 Tipos de elementos estructurales 1.3 Tipos de apoyos estructurales. 1.4 Tipos de sistemas estructurales.	Prueba #1: Definición de tipos de elementos.
2		1.5 Acciones reales. 1.6 Acciones consideradas en el análisis y en el diseño. 1.7 Transmisión de cargas. 1.8 Métodos de análisis. 1.9 Métodos de diseño.	Prueba #2: Definición de apoyos.
3	2. Idealización estructural.	2.1 Conceptos de estabilidad. 2.2 Formas de idealización. 2.3 Aplicaciones.	Prueba #3: Tipos de estructuras.
4	3. Estabilidad estructural.	3.1 Conceptos de estabilidad. 3.2 Equilibrio estático. 3.3 Inestabilidad	Prueba #4: Mecanismos de transmisión de cargas.

		geométrica.	
5	4. Determinación.	4.1 Grado de determinación. 4.2 Indeterminación geométrica. 4.3 Indeterminación cinemática.	Prueba #5: Estabilidad en los apoyos.
6	5. Pandeo.	5. Pandeo de columnas.	Prueba #6: Estabilidad en los elementos.
7	6. Métodos de energía.	6.1 Fundamentos del método. 6.2 Métodos de carga unitaria.	Prueba #7: Columnas.
8		6.3 Teorema de Castigliano. 6.4 Aplicaciones en estructura estáticamente determinadas. 6.5 Aplicaciones en estructuras estáticamente indeterminadas.	Prueba #8: Flexión en vigas.
9	7. Análisis matricial.	7.1 Fundamentos del método. 7.2 Matriz de rigidez en coordenadas locales.	Prueba #9: Desplazamiento de pórticos.
10		7.3 Matriz de rigidez en coordenadas globales. 7.4 Matriz de rigidez en	Prueba #10: Concurso de estructuras

		cerchas.	
11		7.5 Matriz de rigidez en pórticos. 7.6 Matriz de rigidez en placas.	
12		7.7 Aplicaciones en estructuras planas. 7.8 Aplicaciones en estructuras espaciales.	
13	8. Otros métodos de análisis.	8.1 Fundamentos del método de rotación de tangentes.	
14		8.2 Fundamentos del método de Cross. 8.3 Fundamentos del método de viga conjugada.	
15		8.4 Fundamentos del método de los elementos finitos.	
16	Evaluación Final		

6. PRUEBAS FINALES

Con base en lo visto en el capítulo anterior, se llevo a cabo la realización de cada una de ellas, de las cuales se escogieron seis pruebas de las diez propuestas, y además se incluyo una prueba con muros de mampostería, quedando definitivamente siete practicas de laboratorio mas el concurso final de estructuras.

A cada prueba se le hizo su respectiva guía de laboratorio, en la cual se explica al estudiante el contenido de la misma, estas guías se utilizaron para la creación del manual de laboratorio el a cual se puede consultar en el anexo B.

Aquí haremos una explicación de que se trata cada una de las pruebas escogidas.

6.1. PRUEBA 1: DEFINICION DE TIPOS DE ELEMENTOS

En esta primera prueba, se tiene seis elementos, los cuales serán sometidos a las fuerzas de flexión, compresión, tensión, torsión y cortante, el estudiante observara como actúa cada elemento a cada una de estas fuerzas.

Luego el estudiante tiene que clasificar cada uno de estos elementos como viga, columna o cable, dando una explicación de la clasificación.

Después de clasificar los elementos, se observara como influye la sección de una viga, en la capacidad de soportar carga y en la deflexión de la viga, esto se hace con dos vigas iguales, pero que serán ensayadas de forma diferente.

Por último, se hará una pequeña prueba para observar como influye el reforzamiento de un material débil con otro más fuerte, los estudiantes deben analizar como puede ser la mejor forma de reforzar un material y probarlo prácticamente.

6.2. PRUEBA 2: DEFINICION DE APOYOS

Esta prueba pretende que el estudiante pueda modelar los diferentes tipos de apoyos, (rodillo, articulación y empotramiento), primero se trabaja el concepto de grados de libertad para luego poder modelar los apoyos.

Luego, de la primera parte, se pasa a observar como los apoyos influyen en una viga, mirando su deformación de acuerdo al tipo de apoyos utilizados, y los ángulos de rotación en cada apoyo mirando las diferencias entre cada uno de ellos.

Esta prueba se considera fundamental para entrar a realizar las pruebas siguientes, ya que en la mayoría se necesitara apoyar diferentes tipos de estructuras.

6.3. PRUEBA 3: ESTABILIDAD EN CERCHAS PLANAS

En esta prueba el estudiante juega con diferentes tipos de cerchas, las cuales estarán hechas de elemento de balsa, observando realmente el concepto de estabilidad, y comparando con las ecuaciones vistas teóricamente de estabilidad interna y estabilidad estática.

Los estudiantes podrán jugar con las cerchas de manera que pueden llevarlas a condiciones de estabilidad o inestabilidad, retirando uno o varios elementos viendo en condiciones reales porque se considera estable o inestable a una cercha.

Así mismo también se calcula los grados de indeterminación de las cerchas anteriores, también comparando con las ecuaciones teóricas.

6.4. PRUEBA 4: ESTABILIDAD EN LOS APOYOS

El estudiante tiene que poner en práctica lo visto en la prueba 2, en la cual aprendió a modelar los diferentes tipos de apoyos.

Ahora tiene que observar prácticamente, como influyen estos en la estabilidad de un pórtico, mirando todas las combinaciones de apoyos posibles.

Al igual que en la prueba 3, también se mira los grados de indeterminación de los pórticos anteriores, comparando con las ecuaciones vistas teóricamente.

6.5. PRUEBA 5: PANDEO DE COLUMNAS

En esta prueba, se prueban primero tres columnas, sección transversal y longitudes iguales, apoyándolas de forma diferente para observa las diferencias de deformaciones de las columnas.

En la segunda parte, se prueban tres columnas de sección transversal igual pero con longitudes diferentes, observando las diferencias en el pandeo de las columnas.

Por ultimo, se vera como influye ahora la sección transversal, esto probando dos columnas de sección diferentes, haciendo lo mismo que en la segunda parte, en todas las partes de la prueba, se calcula la carga critica de pandeo.

6.6. PRUEBA 6: FLEXION EN VIGAS

En esta prueba calculamos prácticamente vigas estáticamente determinadas y estáticamente indeterminadas, comparando los resultados con los obtenidos por los métodos de carga unitaria y Castigliano.

También se vera una forma aproximada de calcular el modulo de elasticidad utilizando los métodos de carga unitaria y Castigliano.

6.7. PRUEBA 7: MUROS EN MAMPOSTERIA

En esta prueba el estudiante tendrá que construir el mismo cuatro tipos de muros en mampostería a escala.

Tendrá que observar las diferencias de uno a otro, al momento de fallar, mirando por donde falla primero y como influye la forma como conformo el muro geométricamente.

6.8. PRUEBA 8: CONCURSO

En la parte final del laboratorio, el estudiante tiene que colocar en practica los visto en las anteriores pruebas para genera un modelo a escala de un puente.

La finalidad del concurso es observar la creatividad de los estudiantes para que su estructura soporte la mayor carga posible en relación al peso real del puente. El ganador será el que tenga esta relación mayor.

7. PROCESO DE AUTOEVALUACION

Para realizar la autoevaluación de las pruebas, se realizaron encuestas y preguntas escritas, las cuales eran respondidas por los estudiantes y por lo observado en las clases de laboratorio.

A continuación se enumeran los parámetros evaluados de las pruebas.

7.1. COMPLEJIDAD DE LAS PRUEBAS

La mayoría de las pruebas fueron consideradas de complejidad media, a excepción de la prueba 1 que fue calificada con una complejidad baja debido a que es una prueba muy básica, las pruebas no tuvieron ninguna modificación por este parámetro.

7.2. TIEMPO DE DESARROLLO DE LAS PRUEBA

Las pruebas fueron diseñadas para durar una hora y 30 minutos, a pesar que la prueba 1 fue considerada de complejidad baja, fue también la prueba con mayor duración junto con la pruebas 3 y 4, se considera que por ser la primera prueba los estudiantes tienden a demorarse mas, las pruebas 3 y 4, tuvieron un gran duración debido a que se esperaba que los estudiantes trajeran el material preparado al laboratorio, pero no fue así, por lo tanto la mayoría de los grupos gastaron mas tiempo de lo presupuestado, el tiempo para las demás pruebas fue calificado como el necesario para la realización de estas.

7.3. CONTENIDO DEL LA GUIA DE LABORATORIO

El contenido de la guía tuvo una calificación alta para la mayoría de las pruebas, pero aun así se les hicieron modificaciones en la redacción y en algunas pruebas se hicieron aclaraciones sobre como debían traer los materiales, ya que como se menciona en el punto anterior, los grupos deben llegar con el material preparado para la clase para no tener contratiempos en la duración de las pruebas. También se cambiaron los materiales de algunas pruebas, de manera que se utilizaran materiales ya de pruebas anteriores, para disminuir los costos por parte del estudiante.

7.4. MATERIALES UTILIZADOS

Todos los materiales para la realización de las pruebas, son fáciles de conseguir, por lo cual los grupos no tuvieron ningún inconveniente en la adquisición de este, se hicieron sugerencias para que el material utilizado en algunas pruebas se pueda reutilizar en pruebas siguientes, por eso se cambiaron los materiales en algunas pruebas, lo anterior también se debió a que para algunos estudiantes, los costos de los materiales eran elevados comparados con otros laboratorios, en los cuales los materiales son suministrados por la universidad.

7.5. EQUIPO DEL LABORATORIO

Los equipos utilizados fueron calificados como los necesarios para la calificación de las pruebas, aunque se hicieron sugerencias por parte de los estudiantes para la instrumentación de los gatos hidráulicos, ya que no se puede saber la carga aplicada por estos. Otro problema que se presentó, es la falta de herramienta menor, esta era de uso propio, pero no se contaban con la cantidad necesaria para todos los grupos de trabajo.

7.6. CAPACIDAD EL LABORATORIO

A pesar que el laboratorio tiene espacio para albergar 8 grupos de trabajo, uno por marco, nunca se tubo la totalidad de marcos ocupados, gracias a esto nunca se tuvieron problemas de sobre cupo, además se noto que el laboratorio tiene una capacidad máxima de 25 estudiantes, una cantidad superior no permitiría el desarrollo normal de cada prueba, las mayores sugerencias fueron en la falta de sillas para los estudiantes. Se propone que los grupos sean de máximo 4 estudiantes y mínimo 3.

8. PLAN DE MEJORAMIENTO

En este capítulo, se harán unas recomendaciones para el mejoramiento futuro del laboratorio de estructuras para un mejor desempeño del mismo.

Una de las mayores falencias que presento el laboratorio, fueron los gatos hidráulicos, ya que estos no permiten la lectura de la carga aplicada, por lo cual es necesario crear un mecanismo el cual nos permita leer la carga, una opción es la compra de celdas de cargas las cuales nos permitirían leer la fuerza que estamos aplicando a las estructuras, otra opción sería cambiar los gatos hidráulicos por otros que tengan un manómetro o lectura de carga, en el cual se pueda leer la presión o carga a la que está actuando el gato, de esta forma, se pueden realizar más pruebas y mejorar las ya vistas.

Por otra parte, sería bueno la adecuación de los marcos, para que estos puedan tener un sistema que permita la aplicación de cargas horizontales a estructuras, de esta manera podemos tener más pruebas, en las cuales se utilice esta carga horizontal.

Es necesaria la adquisición de herramienta menor para que los grupos no tengan inconvenientes ni retrasos en la realización de las pruebas.

Es importante la continuación de este trabajo de grado, ya sea mejorando las pruebas propuestas o la implementación de nuevas pruebas, como el alcance de este trabajo de grado se basó en la materia Análisis Estructural, es necesario en futuras tesis se enfoque en todas las materias del área de estructuras como, diseño de hormigón armado 1 y 2, dinámica estructural y diseño de puentes.

9. RECOMENDACIONES

- Una de las mayores dificultades que se tubo a la hora de la elaboración y ejecución de las pruebas, fue la lectura de carga aplicada, por lo cual es urgente la implementación de un sistema de lectura de carga en los gastos, o el cambio de estos, a unos que tengan adaptado un manómetro que permita la lectura de la presión.
- Los marcos deberían ser adecuados, para que estos permitieran mas libertad a la hora de aplicar la carga, ya que como están, solo permite que el gato hidráulico este en una única posición, por lo cual no tenemos muchas opciones al momento de las pruebas, se debería permitir el desplazamiento de este gato hidráulico sobre el marco, tanto vertical y horizontalmente,
- Se recomienda que en futuros proyectos de grado o adecuaciones a este, el acompañamiento de un estudiante de la escuela de Diseño Industrial, ya que estas personas están más familiarizadas con el modelamiento de materiales y creación de equipos, los cuales serian de gran ayuda para un mejor funcionamiento del laboratorio de estructuras.
- En la parte de trabajo con los estudiantes, se recomienda que el laboratorio funciones con máximo 25 estudiantes, y a su vez que los grupos de trabajo no sean mayores de 4 estudiantes.

BIBLIOGRAFIA

- CARO SPINEL Silvia Y REYES ORTIZ Juan Carlos, Prácticas docente que promueven el aprendizaje activo en Ingeniería Civil. Universidad de los Andes.
- DUQUE Mauricio, GAUTHIER Alain Y MARTINEZ Alba Cristina, Una alternativa para la realización de laboratorios docentes en la Ingeniería. Universidad de los Andes.
- ESCAMILLA, Jairo (2000), Análisis de estructuras. Segunda edición. Ecoe Ediciones.
- HARRIS, H Y SABANIS, (1999), Structural modeling and experimental techniques, Segunda edición. CSC.
- KASSIMALI, ASLAM (2001) Análisis Estructural. Segunda Edición. Thomson Editores.
- MALDONADO RONDON Esperanza Y CHIO CHO Gustavo (1995), Análisis de estructuras 1. Publicaciones UIS.

ANEXOS

ANEXO A: PROGRAMA DE ANALISIS ESTRUCTURAL

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
Escuela de Ingeniería Civil
Programa de Ingeniería Civil

NOMBRE DE LA ASIGNATURA: ANALISIS ESTRUCTURAL	CÓDIGO:	SEMESTRE: VI
--	----------------	---------------------

REQUISITOS: Resistencia de Materiales, Métodos Numéricos	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL: 18		
	TAD: 6	TI: 12	C: 6

- PROPÓSITOS DEL CURSO:**
- Identificar los aspectos que definen a la estructura y a las acciones.
 - Identificar las metodologías de análisis y relacionarles con el tipo de problema por solucionar.
 - Seleccionar y aplicar las metodologías apropiadas para estudiar el comportamiento de los sistemas estructurales.
 - Proponer y Diseñar modelos y experimentos que identifiquen los fenómenos que rigen el comportamiento estructural.

<p>CONTENIDO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conceptos fundamentales. <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Concepto de estructura 1.2. Tipo de elementos estructurales 1.3. Tipo de apoyos estructurales 1.4. Tipo de sistemas estructurales 1.5. Acciones reales 1.6. Acciones consideradas en el análisis y en el diseño 1.7. Transmisión de cargas 1.8. Métodos de análisis 1.9. Métodos de diseño 2. Idealización Estructural <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Concepto de idealización 2.2. Forma de idealización 2.3. Aplicaciones 3. Estabilidad Estructural <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Concepto de estabilidad 3.2. Equilibrio estático 3.3. Inestabilidad geométrica 4. Determinación. <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Grado de determinación 4.2. Indeterminación geométrica. 4.3. Indeterminación cinemática. 5. Métodos de energía <ol style="list-style-type: none"> 5.1. Fundamentos del método 5.2. Método de la carga unitaria. 5.3. Teorema de Castigliano. 5.4. Aplicaciones en estructura estáticamente determinadas. 5.5. Aplicaciones en estructura estáticamente 	<ol style="list-style-type: none"> 6. Análisis matricial. <ol style="list-style-type: none"> 6.1. Fundamentos del método 6.2. Matriz de rigidez en coordenadas locales. 6.3. Matriz de rigidez en coordenadas globales. 6.4. Matriz de rigidez en cerchas 6.5. Matriz de rigidez en pórticos 6.6. Matriz de rigidez en placas 6.7. Aplicaciones en estructuras planas 6.8. Aplicaciones en estructuras espaciales 7. Otros métodos de análisis <ol style="list-style-type: none"> 7.1. Fundamentos del método de rotación de tangentes. 7.2. Fundamentos del método de Cross. 7.3. Fundamentos del método de Viga conjugada. 7.4. Fundamentos del método de los elementos finitos. 8. Aplicaciones <ol style="list-style-type: none"> 8.1. Herramientas computacionales. 8.2. Aplicación de herramientas en estructuras planas. 8.3. Aplicación de herramientas en estructuras espaciales.
---	--

indeterminadas.	
<p>ESTRATEGIAS PEDAGOGICAS Y CONTEXTOS POSIBLES DE APRENDIZAJE PARA HORAS TIPO TAD Y TI</p> <p>Por ser un curso esencialmente analítico, la mayor parte de la metodología se desarrolla por el sistema de conferencias. Se procura que el estudiante amplíe la concepción de la asignatura, indicándole bibliografía donde puede complementar los conceptos vistos en clase, así como asignándoles trabajos para realizar en casa.</p> <p>En la introducción de conceptos fundamentales como rigidez, factor de transmisión y otros se aprovechan para discutir y aclarar en grupo las ideas, procurando que participe el mayor número de ellos, buscando destacar en el grupo la "tormenta de ideas".</p> <p>Que el estudiante asocie lo visto en clase con la realidad, para ello se utilizarán medios como los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tareas sobre estructuras reales. • Utilización de material gráfico de estructuras reales. • Solución de problemáticas reales. • Proyecto sobre modelos. 	
<p>EVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA</p> <p>Los conceptos se valorarán mediante evaluaciones de realización individual de los estudiantes. Así mismo, se evaluará la capacidad del estudiante a interpretar y representar el comportamiento estructural.</p>	
<p>BIBLIOGRAFÍA BÁSICA Y COMPLEMENTARIA:</p> <p>📖 AIS. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-98. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica</p> <p>📖 CHU KIA WANG. Statically Indeterminate Structures. McGraw Hill</p> <p>📖 HIBBELER, R. C. Análisis Estructural. Prentice Hall</p> <p>📖 WHITE, Georgely y SMITH, J. Wiley. Structural Engineering</p> <p>📖 NEVILLE. Análisis Estructural</p> <p>📖 MALDONADO R. Esperanza y CHIO CHO, Gustavo. Análisis de Estructuras I. Ed. UIS.</p> <p>📖 ESCAMILLA, Jairo. Análisis de Estructuras. Ed Escuela Colombiana de Ingeniería.</p>	
<p>PLAN DE TRANSICIÓN:</p> <p>Si el estudiante que se encuentra cursando Resistencia de Materiales o ha reprobado Teoría de Estructuras I deberá cursar la nueva asignatura ANALISIS ESTRUCTURAL I. Si ha cursado y aprobado Teoría de Estructuras I o ha reprobado Teoría de Estructuras II deberá cursar Teoría de Estructuras II.</p>	

ANEXO B: MANUAL DE LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

**MANUAL DE LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS**

ELABORADO POR:

**CRISTHIAN FERNANDO
CASTELLANOS SUESCUN**

Y

ESPERANZA MALDONADO ROLDON

**Dibujos: Carlos Eduardo Gómez
Camargo y Cristhian Fernando
Castellanos Suescun**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
2009**

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

PRUEBA # 1

TEMA GENERAL: Conceptos generales.

TEMA ESPECIFICO: Definición de tipos de elementos.

OBJETIVOS:

- Identificar los principales efectos, flexión, cortante, torsión, compresión y tensión, en los elementos estructurales dependiendo de las acciones impuestas.
- Clasificar los elementos como viga, columna o cable, de acuerdo a como esta aplicada la carga y los efectos que producen sobre ellos.
- Evidenciar las diferencias entre los diferentes tipos de estructuras y sus usos más frecuentes.

EQUIPO:

- Marco
- Gato hidráulico

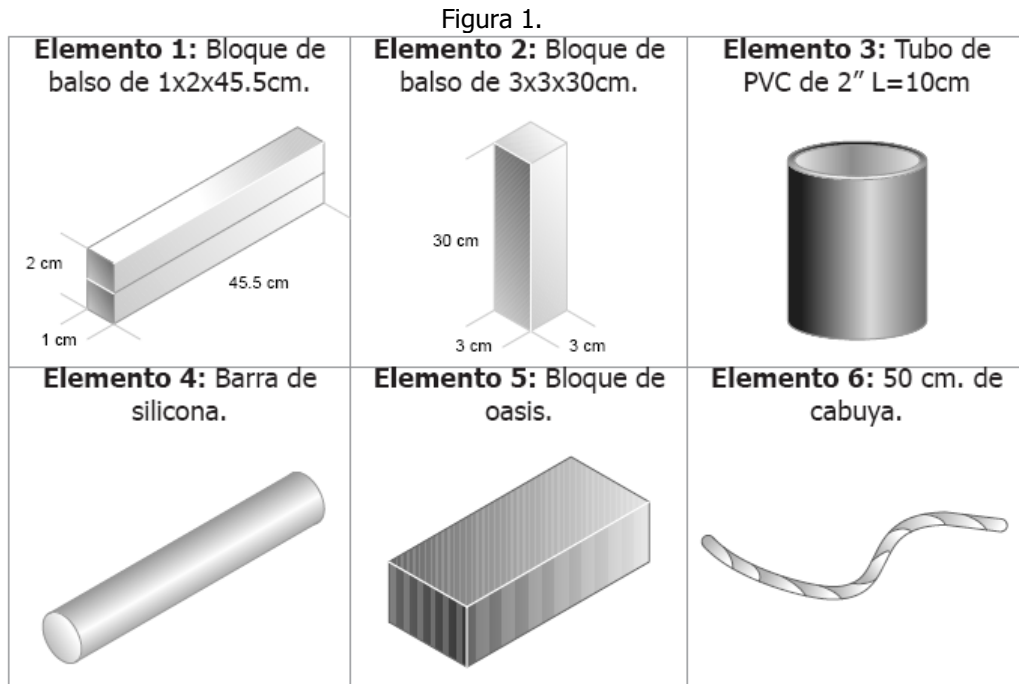
MATERIALES:

Cada grupo de estudiantes deberá traer los siguientes materiales:

- Dos bloques de balsa de 1x2x45.5cm (Pueden ser dos bloques de 1cm unidos previamente con algún pegante y luego cortado en la mitad)
- Un bloque de balsa de 3x3x30cm.
- Un tubo de PVC de 2" L=10cm.
- Una barra de silicona.
- Un bloque de oasis.
- Tres palillos grandes largos (de chuzo).
- 50 cm. de cabuya.

DESARROLLO DE LA PRUEBA:

1. Para dar inicio a la prueba numerar los materiales en seis elementos, de la forma indicada en la siguiente tabla:

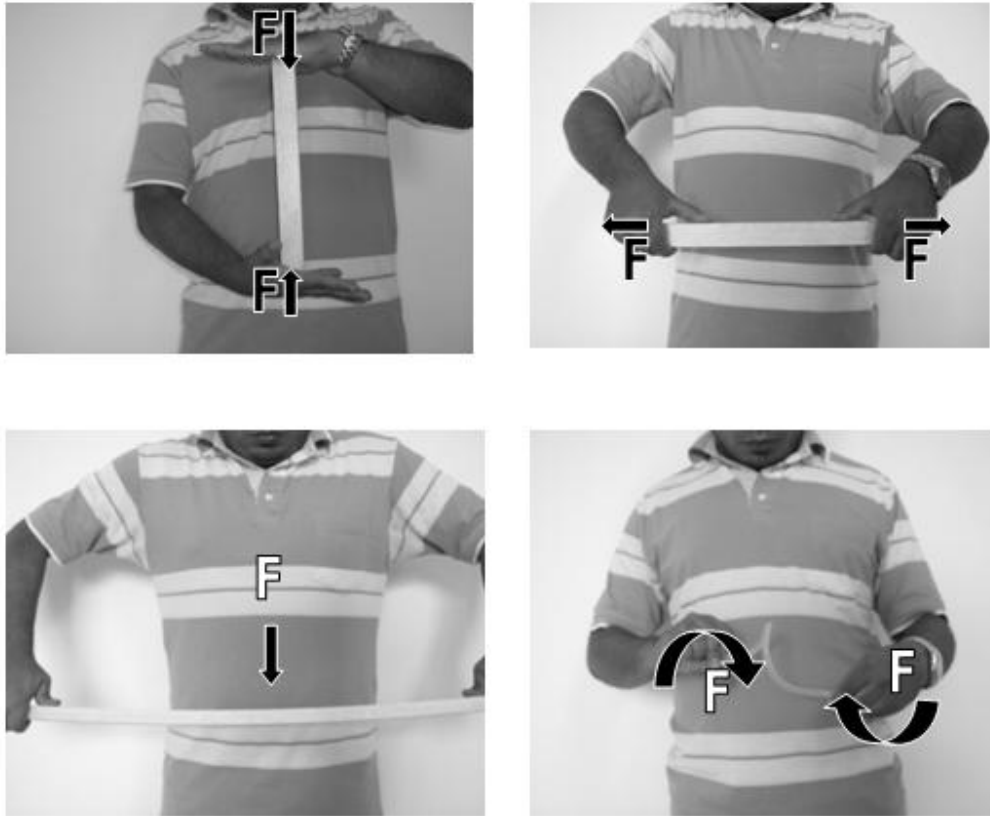


2. Los elementos anteriores pueden ser sometidos a fuerzas axiales (tensión y compresión), fuerza cortante (flexión), o a una fuerza a torsión, pero no todo elemento actúa de manera adecuada bajo las mismas. A cada uno los elementos del numeral 1, someterlos a las fuerzas mencionadas.

Dar una breve explicación de cómo actúa cada uno de los elementos a cada una de estas fuerzas.

Nota: Los elementos serán sometidos a las fuerzas como se explica brevemente en la figura 2, las fuerzas no deben ser tan fuertes para evitar dañar los elementos que se utilizaran más adelante.

Figura 2.



En la siguiente tabla, se puede identificar las fuerzas que se puede aplicar y soportar adecuadamente cada uno de los elementos.

Adicionalmente hacer una sencilla explicación de porque el elemento soporta o no cada una de las seis fuerzas descritas en la tabla 1.

Tabla 1.

ELEMENTO	FUERZA				
	Tensión	Compresión	Flexión	Cortante	Torsión
1					
2					
3					
4					
5					
6					

3. Identificadas las fuerzas que pueden actuar sobre cada elemento, asociarle a cada elemento un tipo estructural entre: cable, barra, columna, viga.

Una orientación sencilla del significado de cada elemento es:

- Cable es un elemento sometido a tensión.
- Barra es un elemento sometido principalmente a tensión o compresión, por ejemplo los elementos de una cercha.
- Viga es un elemento sometido a esfuerzos de flexión.
- Columna es un elemento sometido a un esfuerzo de compresión.
- Muro de esfuerzos cortantes es un miembro sometido principalmente a esfuerzo cortante.

A su vez, existen elementos sometidos a compresión y a flexión los cuales se llaman viga-columna.

Con las descripciones anteriores, clasificar cada elemento explicando porque se le dio esta clasificación.

Nota: Un mismo elemento puede tener varias clasificaciones.

Tabla 2.

ELEMENTO	NOMBRE
1	
2	
3	
4	
5	
6	

4. Las vigas son elementos que soportan principalmente flexión, uno de los factores que pueden influir en su desempeño es la sección de la misma. El elemento 1, será sometido a una fuerza de flexión, de dos maneras

diferentes, primero apoyando la sobre su base menor y segundo apoyándola sobre su base mayor.

En este paso utilizar los gatos hidráulicos ubicados en los marcos para la aplicación de la carga.

Los elementos serán fallados, de manera que el estudiante pueda observar las diferencias entre la carga soportada por cada una de las vigas, así como cual se deflecta mas.

De una explicación de porque siendo el mismo elemento, uno puede soportar más carga, y porque uno se deflecta mas que otro.

Figura 3.

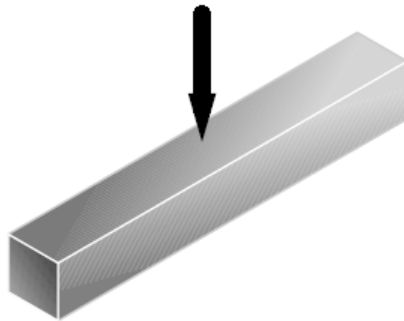


Figura 4.



5. Los elementos 2 y 3 se trabajaran como columnas, entonces se someterán a una fuerza de compresión con la ayuda de los gatos hidráulicos, y se observara la diferencia en la forma que responden a esta fuerza.

Figura 5.



Figura 6.

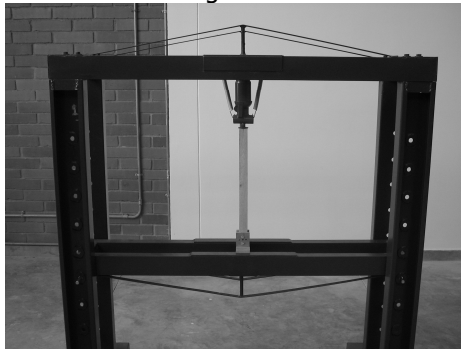
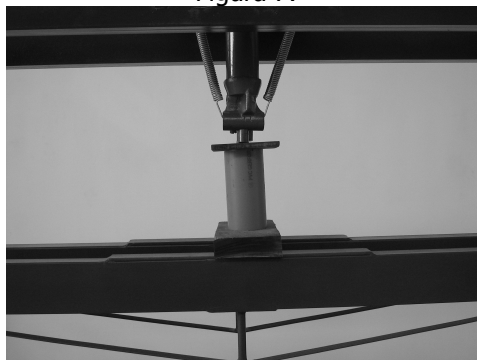


Figura 7.



6. Dividir el bloque de oasis en dos bloques iguales como lo indica la figura 8, el primero lo someterlo a una fuerza que le genere flexión hasta que falle.

Figura 8.

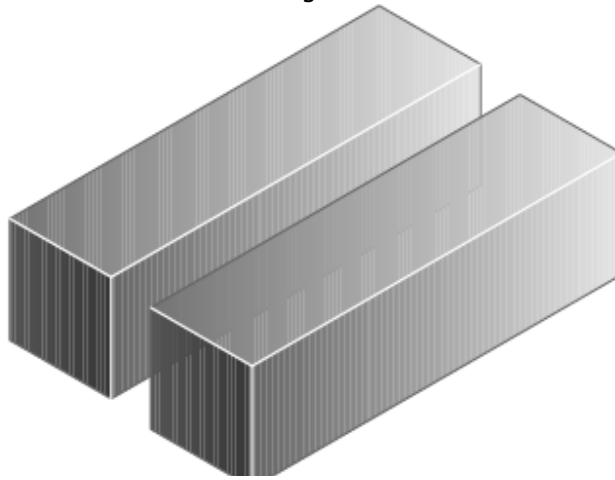


Figura 9.



El segundo bloque reforzarlo con los palillos de madera, tal como se ve en la figura 10 y 11, y ensayarlo de igual manera que el primer bloque.

Figura 10.

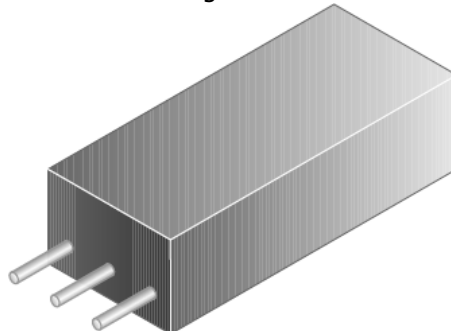
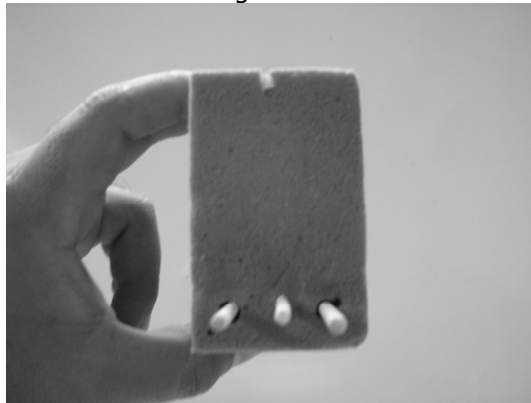


Figura 11.



7. Realizado los pasos anteriores, responder las siguientes preguntas:

- Hay elementos que debido a su geometría o material, pueden actuar como vigas y como columnas. ¿Qué parámetro le da la condición de viga o de columna a un elemento? ¿Explique su respuesta?
- Como influye la sección transversal de una viga, de acuerdo a los observado en el ensayo con los elementos 1.

- Los elementos 2 y 3 se ensayaron como columnas, a pesar de tomarse como un mismo elementos, ¿Qué diferencias observa entre los dos elementos? ¿Al fallar, de qué manera lo hacen?
- Defina que es una columna esbelta y una columna corta.
- ¿Qué diferencias se observan, al fallar los elementos de oasis? ¿Cuál soporta más carga?
- ¿Qué cree usted que sucede si el bloque de oasis los palillos se ubican en la parte medio o en la parte superior del bloque? Es interesante hacer la comparación entre los tres estados: sin palillos, con palillos en la parte inferior o palillos en la parte superior.

8. Conclusiones.

9. Observaciones.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

PRUEBA # 2

TEMA GENERAL: Conceptos generales.

TEMA ESPECIFICO: Definición de apoyos.

OBJETIVOS

- Reconocer el comportamiento de los diferentes tipos de apoyos y cómo influyen en el comportamiento de la estructura.
- Evidenciar las diferencias entre los diferentes tipos de apoyos.

EQUIPO:

- Marco
- Gato hidráulico
- Dos apoyos.
- Un rodillo. (En PVC o metálico)

MATERIALES:

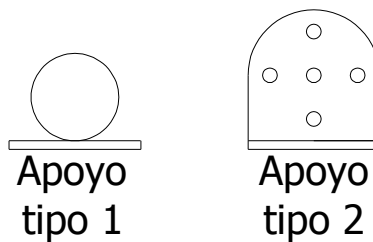
Cada grupo deberá traer los siguientes materiales.

- Una viga de 2x2cm tal y como se explica en el numeral 3.
- Nylon o hilo.
- Una regla larga.
- Seis tornillos de $L_{\text{aprox}}=5$ cm. y $\Phi=1/8''$.
- Una unión de PVC de 1''.

DESARROLLO DE LA PRUEBA:

1. En esta prueba podemos modelar dos tipos de apoyo:

Figura 12.



La unión de PVC servirá para modelar el apoyo tipo 1, y los apoyos dados en el laboratorio serán los tipo 2.

2. Cada apoyo me permite restringir los grados de libertad que se necesiten, para esta prueba solo trabajaremos grados de libertad en una dimensión, movimiento en X, movimiento en Y, y rotación. De acuerdo a lo anterior solo habrán tres tipos de apoyos.
 - Primer grado: Solo restringen un grado de libertad.
 - Segundo grado: Restringen dos grados de libertad.
 - Tercer grado: Restringen los tres grados de libertad.

Con los apoyos realizar los siguientes pasos:

- Que tipos de apoyos se pueden modelar en el apoyo 1.
- Que tipos de apoyos se pueden modelar en el apoyo 2.
- Modelar cada uno de los apoyos dependiendo del grado de libertad. Solo se pueden utilizar un o dos pasadores, dependiendo del caso.
- Con lo anterior podemos completar la siguiente tabla:

Tabla 3.

Apoyo	Apoyo tipo		Grado de libertad	Restringido		Representación	
	1	2		Si	No	Modelo*	Grafico**
1 Grado			Movimiento en X				
			Movimiento en Y				
			Rotación				
2 Grado			Movimiento en X				
			Movimiento en Y				
			Rotación				
3 Grado			Movimiento en X				
			Movimiento en Y				
			Rotación				

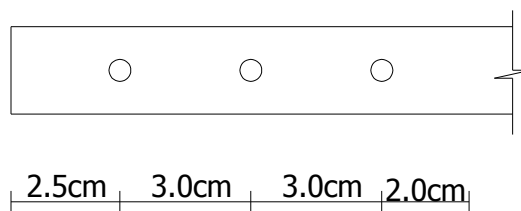
* Indicar la forma en que se modela el apoyo utilizando el material del laboratorio.

** Haga una interpretación usando el modelo estructural utilizado para el análisis numérico.

3. En el paso anterior se aprendió a modelar los apoyos dependiendo de los grados del libertad que queramos restringir, ahora se verá cómo influye estos en la deformación de una viga.

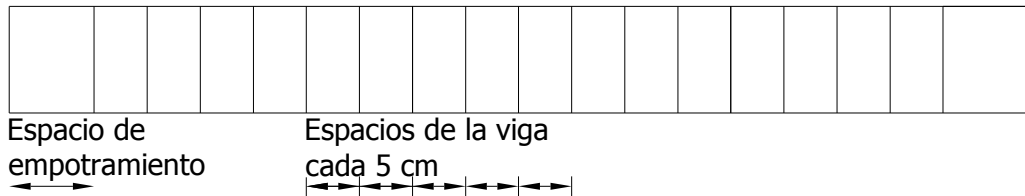
Previamente a la prueba, se deberá perforar el bloque de balsa, en los extremos de la siguiente manera. (Los orificios son del diámetro de una broca de 3/8").

Figura 13



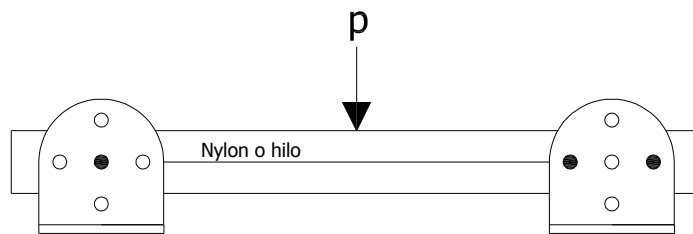
- Al bloque de balsa, será marcado cada 5 cm. para poder tomar las lecturas de la deflexión.

Figura 13.



- Montar la viga en el marco con un apoyo de segundo grado y un apoyo de tercer grado.
- Dibujar con la ayuda de un marcador, el eje longitudinal de la viga, colocar un hilo o nylon que coincida con el eje longitudinal de la viga antes dibujado.
- Aplicamos una carga en el centro de la viga para generar una deflexión pero sin llegar a la rotura.

Figura 14.



Modelo del ensayo

- Ahora medir las deflexiones, tomando como punto de referencia el nylon, y con estos valores representamos gráficamente la deformada de la viga.

5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm	45cm	50cm	55cm	60cm	65cm

4. Con los datos tomados en el numeral 3 desarrollar los siguientes puntos.

- Dibujar la deformada de la viga con los datos tomados.

- Cuál es la longitud efectiva de la viga entre apoyo y apoyo. Explique su respuesta.
- Como calcularía el ángulo de rotación aproximado en cada uno de los apoyos. Explique su respuesta.
- Con lo dicho anteriormente, calcule los ángulos de rotación en cada uno de los apoyos. Y explique porque uno es mayor que el otro.

5. Conclusiones.

6. Observaciones.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

PRUEBA # 3

TEMA GENERAL: Estabilidad estructural.

TEMA ESPECIFICO: Estabilidad en cerchas planas.

OBJETIVOS

- Estudiar la influencia de cada elemento en la estabilidad de una estructura.
- Reconocer que elementos actúan a compresión o tensión en la cercha.
- Comprobar experimentalmente, las ecuaciones de estabilidad en cerchas.

EQUIPO:

- Marco
- Gato hidráulico
- Dos apoyos.

MATERIALES:

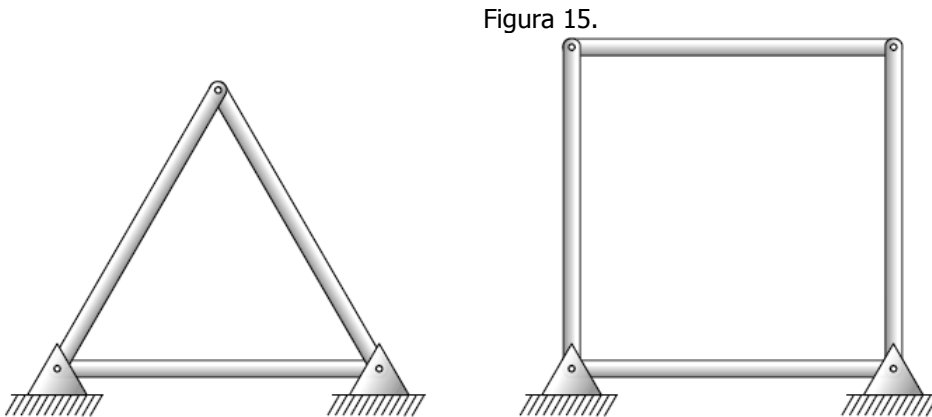
Cada grupo deberá traer los siguientes materiales:

- Ocho elementos de balsa de 1 cm. de longitud $L=21\text{cm}$
- Seis elementos de balsa de 1 cm. de longitud $L=29.3\text{cm}$
- 10 Pasadores $L=5\text{cm}$ (se pueden hacer con los palillos de chuzo, de $\Phi=1/8''$ (3 mm aprox.)

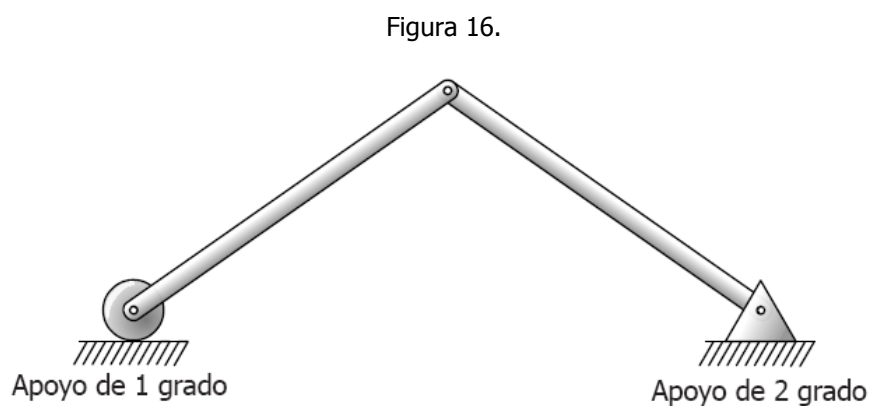
Nota: todos los elementos deben ser perforados en sus extremos de tal manera que los pasadores puedan pasar libremente.

DESARROLLO DE LA PRUEBA:

1. Con los elementos armar las siguientes dos estructuras. (podemos hacerlo con cualquiera de los elementos).

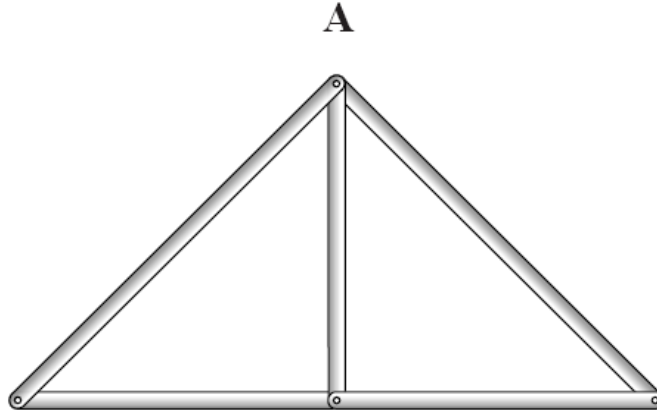


- ¿Qué condiciones de cargas podría aplicar a cada una de las estructuras?
 - Las estructuras pueden soportar una fuerza cualquiera?
 - Las estructuras son estables o inestables? Explíquelo desde el punto de vista teórico y práctico.
2. Con dos elementos cualesquiera armar la siguiente cercha la cual se montara el marco con los apoyos indicados.



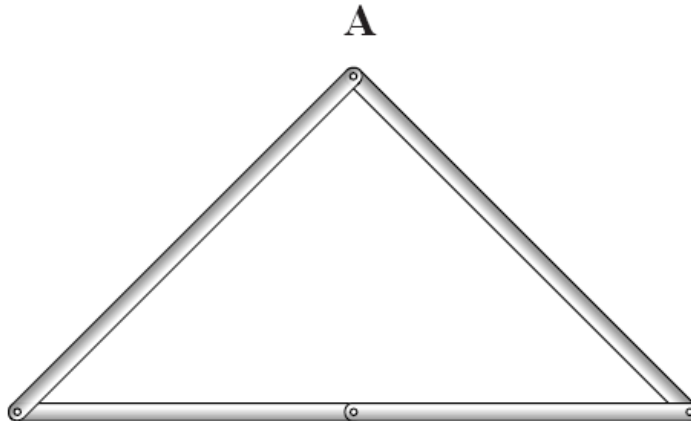
4. Ahora armemos la siguiente cercha.

Figura 18.



- Diga si la cercha es estable o inestable internamente. Compruébelo teóricamente.
- Idealice una condición de apoyos y aplique una fuerza en el punto A vertical. Calcule la fuerza a la que está sometido cada elemento (tensión o compresión).
- Retire el elemento del centro de la cercha y realice los mismos pasos que con la cercha anterior.

Figura 19.



- ¿Qué diferencias se presentan con la cercha anterior?

5. Conclusiones.

6. Observaciones.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

PRUEBA # 4

TEMA GENERAL: Estabilidad estructural.

TEMA ESPECIFICO: Estabilidad en los apoyos.

OBJETIVOS

- Reconocer de acuerdo a lo visto en la prueba de tipos de apoyos, la forma en que influyen estos en la estabilidad de una estructura.
- Comprobar experimentalmente, el concepto de estabilidad estructural.

EQUIPO:

- Marco
- Gato hidráulico
- Dos apoyos

MATERIALES:

Cada grupo deberá traer los siguientes materiales:

Un marco (tubo de pvc de $\frac{1}{2}$ ") que consta de:

- Dos tubos de PVC de $\frac{1}{2}$ " L=40cm.
- Dos tubos de PVC de $\frac{1}{2}$ " L=30cm

Nota: Previamente a la prueba, debemos hacer unos agujeros en los extremos de los tubos más largos de la siguiente manera. Las perforaciones permiten empotrar el pórtico.

Figura 20.

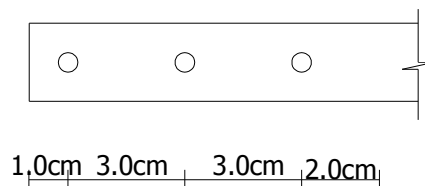
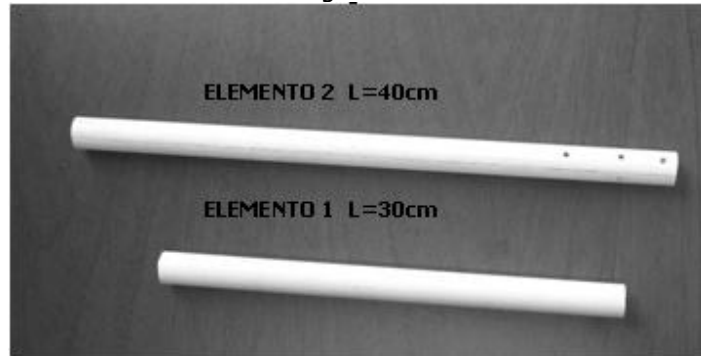
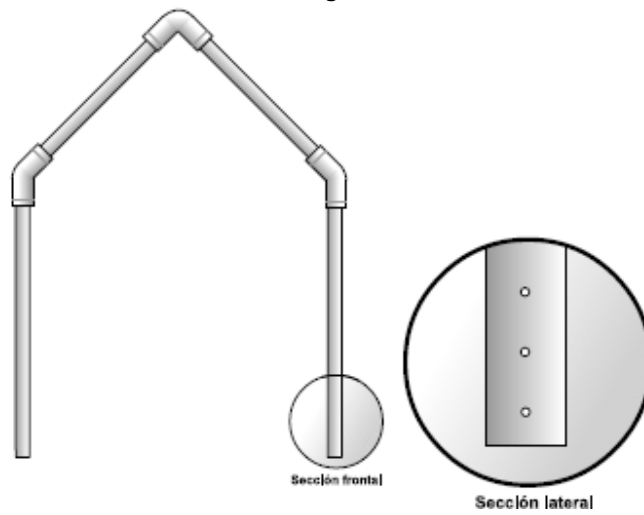


Figura 21.



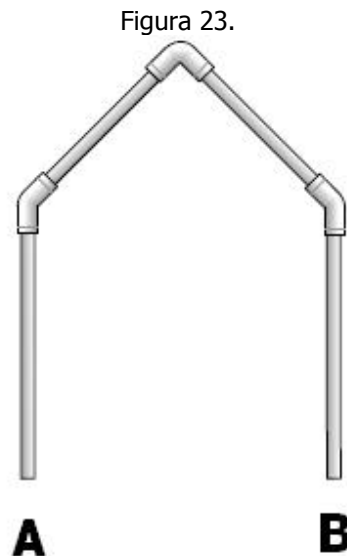
- Dos codos de 45° y uno de 90°.

Figura 22.



DESARROLLO DE LA PRUEBA:

1. El pórtico a utilizar, tiene dos puntos en los cuales se puede apoyar, los cuales se nombraran A y B, respectivamente como lo indica la figura 23.



2. Primero se apoyara el pórtico en el marco con un solo apoyo, el cual será de segundo, el cual puede ser puesto en cualquier punto. Luego aplicamos una fuerza vertical.
 - ¿Qué pasa cuando se le aplica la fuerza?
 - ¿La estructura es estable o inestable?
 - Pruebe desde el punto de vista teórico lo dicho anteriormente.
3. Analizados el caso anterior, proponga un estado de la estructura estable, utilizando las siguiendo dos alternativas.
 - Apoyando el pórtico con un único apoyo. Mencione todas las alternativas posibles.
 - Apoyando el pórtico en los dos puntos de apoyo. Mencione todas las alternativas posibles.

En cada uno de los casos, explique teóricamente porque la estructura se vuelve estable.

- 4.** De acuerdo a las idealizaciones que se hicieron en los apoyos del pórtico en el numeral 3, estas estructuras son estáticamente determinadas o estáticamente indeterminadas.
- 5.** Conclusiones.
- 6.** Observaciones.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

PRUEBA 5

TEMA GENERAL: Pandeo.

TEMA ESPECIFICO: Pandeo de columnas.

OBJETIVOS

- Diferenciar la forma de pandeo de una columna dependiendo del sistema de apoyos en sus extremos.
- Observar la influencia de la longitud de una columna en su pandeo.
- Analizar la influencia de la forma de la sección transversal de las columnas en el pandeo.

EQUIPO

- Marco
- Gato hidráulico
- Dos apoyo.
- Una regla larga, o en su defecto un pedazo de madera largo y recto.
- Una regla para poder medir.

MATERIALES

Para cada grupo será suficiente con una lámina de icopor (50cm x 50cm) de 1cm de espesor.

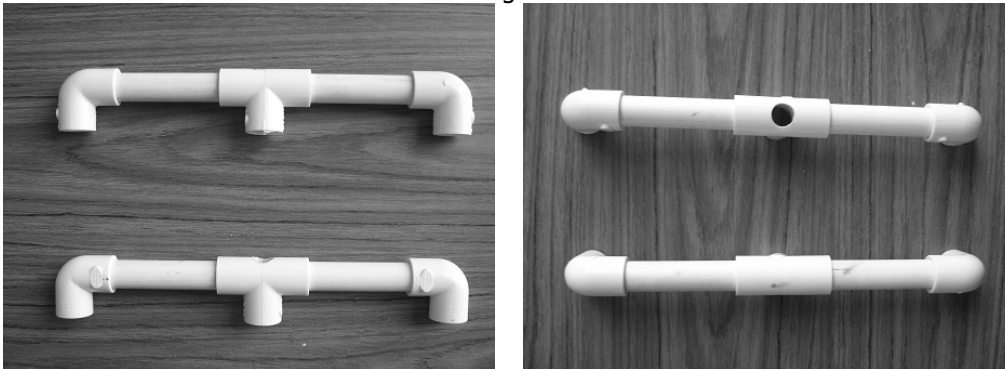
- Cuatro laminas de icopor de 1 cm. de espesor, de 50 cm. de largo x 2.5cm de ancho.
- Una lamina de icopor de 1 cm. de espesor, de 40 cm. de largo x 2.5cm de ancho.

- Una lamina de icopor de 1 cm. de espesor, de 30 cm. de largo x 2.5cm de ancho.
- Cuatro laminas de icopor de 1 cm. de espesor, de 50 cm. de largo x 2 cm. de ancho.
- Siete tubos de PVC ($\Phi=1/2''$) de 12 cm. de longitud.
- Dos tés de PVC ($\Phi=1/2''$).
- Cuatro codos de 90 de PVC ($\Phi=1/2''$).
- Tres uniones de PVC ($\Phi=1/2''$).
- Una cinta adhesiva pequeña.

DESCRIPCION DE LA PRUEBA:

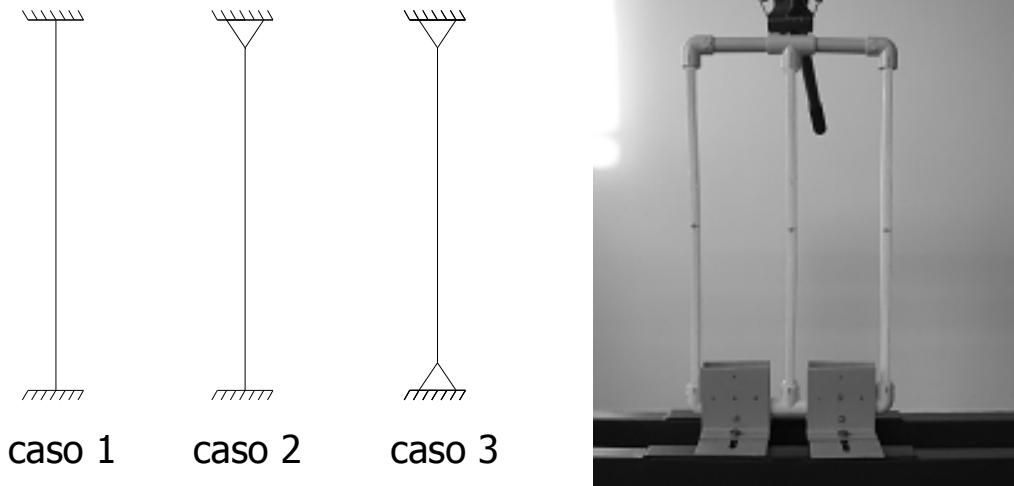
Previamente a la prueba, debemos hacer un agujero de $3/8''$ en la parte superior de una de las Tes. a utilizar. Luego armamos los tubos de PVC de la siguiente manera como lo indica la figura 24.

Figura 24.



- 1.** Primero se analizara las diferencias que existen en el pandeo de una columna de acuerdo a la forma de apoyarla, para esto haremos tres casos, como se explica en la figura 24 y la forma en que se montaran en el marco con la ayuda de los apoyos.

Figura 24.



En esta primera parte, todas las columnas serán tres elementos de 1 cm. de espesor de 50 de largo x 2.5 de ancho.

Ahora aplicaremos cuatro cargas con el gato, y mediremos donde se produce la deflexión mayor como se observa en la figura 25.

Figura 25.



Después de aplicar cuatro cargas, medir las deflexiones máximas. Luego incrementamos la carga de dos en dos y tomamos para cada uno de los incrementos la medida de deflexión máxima como lo indica la tabla 5.

Tabla 5.

Cargas	Deflexión (mm)		
	Columna 1	Columna 2	Columna 3
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			

- Calcular la longitud efectiva de cada columna, y el punto donde se espera teóricamente que se presente la mayor deflexión. Comparar este punto con los tomados prácticamente.
 - Ahora en una sola grafica, graficaremos cargas contra deflexión de cada una de las columnas.
 - Calcular la carga crítica por pandeo de cada una de las columnas.
 - Dibujamos las deformadas de cada columna.
- 2.** Hacer los mismos pasos anteriores, pero ahora utilizaremos tres columnas de longitudes diferentes. ($L_1 = 50\text{cm}$, $L_2 = 40\text{cm}$, y $L_3 = 30\text{cm}$). Como lo indica la figura 26. En este caso todas las columnas las apoyaremos sobre una articulación (apoyo de 2 grado). Llenar la tabla 6.

Tabla 6.

Cargas	Deflexión (mm)		
	Columna 1	Columna 2	Columna 3
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			

Figura 26.



- En una misma grafica dibujar las curvas de carga contra deflexión de las tres columnas.
 - Calcular la carga crítica por pandeo de cada una de las columnas.
- 3.** En este paso solo se usara dos columnas, la cuales tendrán la misma longitud pero sección diferentes.

Usaremos las láminas de 50cm x 2cm, una columna será una lámina sola, y la otra serán dos láminas pegadas que me formaran una columna cuadrada de sección 2cm x 2cm, como lo indica la figura 27.

Llenar la tabla 7.

Tabla 7.

Cargas	Deflexión (mm)		
	Columna 1	Columna 2	Columna 3
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			

Figura 27.



- En una misma grafica dibujar las curvas de carga contra deflexión de las tres columnas.
- Calcular la carga crítica por pandeo de cada una de las columnas

4. Responder.

¿En que influye la forma en que apoyos las columnas?

¿Cuál condición de apoyos requiere una mayor carga crítica por pandeo?

¿Cómo influye la longitud de la columna al pandeo de ella?

¿Cuál longitud requiere la mayor carga crítica por pandeo?

¿Cómo afecta la sección de la columna al pandeo?

¿Cuál sección de columna requiere la mayor carga crítica por pandeo?

5. Conclusiones.

6. Observaciones.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

PRUEBA # 6

TEMA GENERAL: Flexión de vigas.

OBJETIVOS

- Calcular experimentalmente el modulo de elasticidad del icopor.
- Utilizar los métodos de trabajo virtual y segundo teorema de Castigliano para comparar los resultados analíticos con los datos obtenidos en la práctica.
- Calcular vigas estáticamente indeterminadas, por métodos prácticos y compararlos con los métodos teóricos.

EQUIPO:

- Marco
- Dos apoyo.
- Dos tornillos para el apoyo.
- Una regla.

MATERIALES:

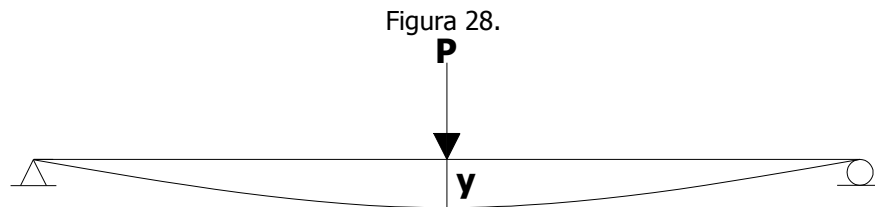
- Dos lamina de icopor de 80 cm. de largo por 2.5 cm. de ancho, con un espesor de 2 cm.
- 14 Arandelas para tornillo de 3/8".
- Una cinta adhesiva pequeña.

DESARROLLO DE LA PRUEBA:

1. Primero se calculara el modulo de elasticidad del icopor de una forma aproximada, con este valor se trabajara los pasos siguientes de la prueba.

Previamente a la prueba, pesar las arandelas, todas deben tener el mismo peso.

Por medio del teorema de Castiliano o carga unitaria, calculara la deflexión que produce una carga P a la viga de icopor de la figura 28.



Proceder a cargar la viga en el centro con las arandelas de acuerdo a la tabla 8. Midiendo la deflexión que se produce en el punto medio de la viga.

Y se calcula para cada caso un modulo de elasticidad.

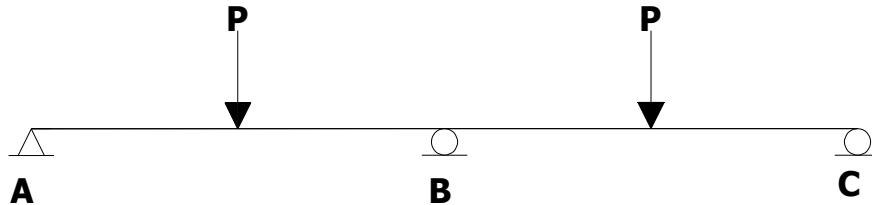
Tabla 8.

#arandelas	Carga P (KN)	Deflexión y (m)	E (MPa)
3			
5			
8			
10			
14			

El modulo de elasticidad será el promedio de los módulos hallados para cada caso de carga.

2. Ahora se calculara las reacciones de una estructura estáticamente indeterminada como se muestra en la figura 29.

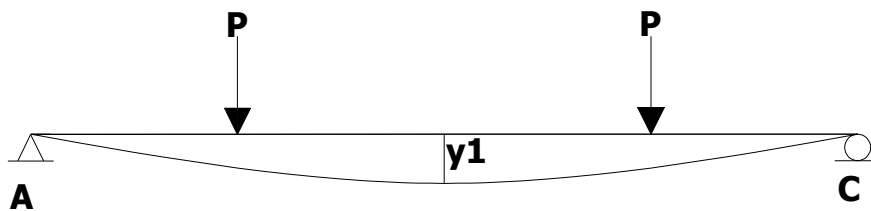
Figura 29.



La carga P será equivalente a la fuerza que me proporcionan 7 arandelas.

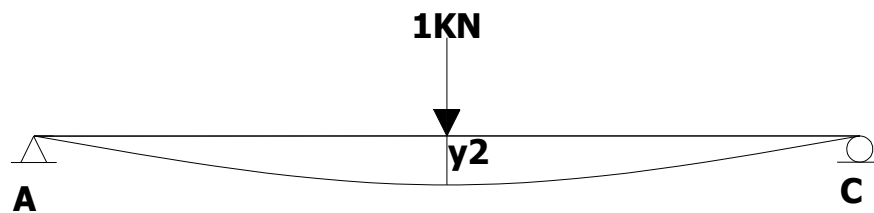
Para poder calcular la reacción en B calcular la deflexión Y1 de la viga quitando el apoyo B como lo indica la figura 30.

Figura 30.



Ahora se aplicara una carga unitaria de un 1 KN, en el punto medio de la viga como se observa en la figura 31.

Figura 31.



Nota: Calcular el número de arandelas que aproximadamente me den una carga de 1 KN.

Y tomamos el valor de la deflexión Y2.

Con la ecuación $y_1 - (B_y \cdot y_2) = 0$ calcular el valor experimental de B_y .

- 3.** Ahora calcular la reacción B_y pero por el método de Castigliano o Trabajo Virtual, y comparar el valor de la reacción B_y obtenido analíticamente con los obtenidos experimentalmente.

Calcular el porcentaje de error obtenido

$$\%error = \left(\frac{B_{y_{teorica}} - B_{y_{experimental}}}{B_{y_{teorica}}} \right) * 100$$

- ¿El porcentaje de error es bajo o alto?
 - ¿Si el alto, a que cree que se debe?
- 4.** Conclusiones.
- 5.** Observaciones.

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

PRUEBA 7

TEMA GENERAL

Muros en mampostería.

OBJETIVOS

- Analizar los tipos de fallas que se pueden presentar en muros de mampostería.
- Observar prácticamente, como la configuración geométrica influye en la capacidad de carga de los muros de mampostería.
- Realizar muros de mampostería a escala.

EQUIPO

- Marco
- Gato hidráulico
- Dos apoyo tipo

MATERIALES

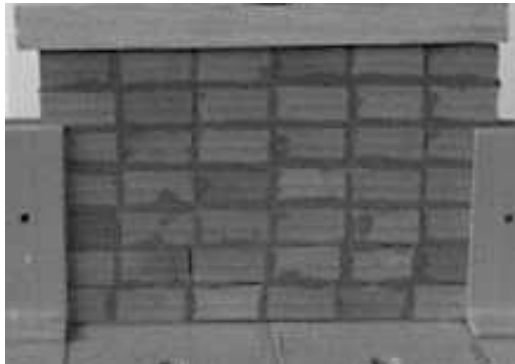
- Ladrillos a escala.
- Cemento
- Agua

DESCRIPCION DE LA PRUEBA:

Cada grupo debe realizar los siguientes cuatro muros 4 muros como lo indica las figuras.

Muro 1: Los ladrillos se conformaran uno encima de otro tal como lo indica la figura 32.

Figura 32



Muro 2: Este muro se conformara de la forma tradicional, tal y como se observa en la figura 33.

Figura 33.



Muro 3: Este muro se le dejara un hueco en la mitad, como lo indica la figura 34.

Figura 34.



Muro 4: Este muro será igual que el muro tres, pero se le añadirá un marco de refuerzo en balsa de 1 cm. como se observa en la figura 35.

Figura 35



Para los muros se aconseja utilizar como mezcla para las uniones PEGALISTO o PEGACOR, y se utilizaran ladrillos a escala.

También se aconseja armar los muros acostados sobre una superficie plana, para garantizar que queden totalmente verticales.

DESARROLLO DE LA PRUEBA:

1. Cada uno de los muros, se probara en los marcos. Se les aplicara una carga que permita ver el tipo de falla que presenta el muro como se observa en la figura 36, 37, 38 y 39.

Verificar que las superficies de apoyo y de carga del muro estén totalmente lisas.

Figura 36.

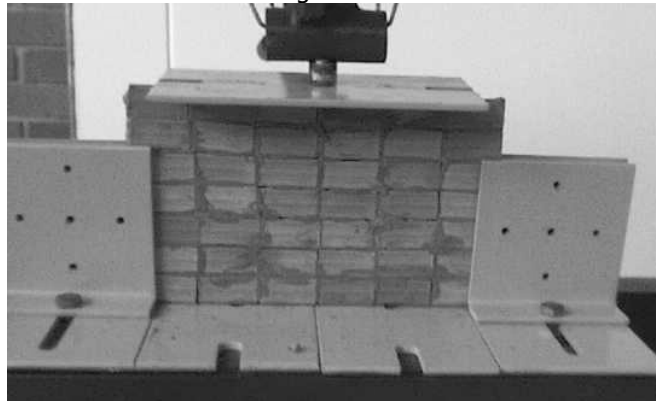


Figura 37

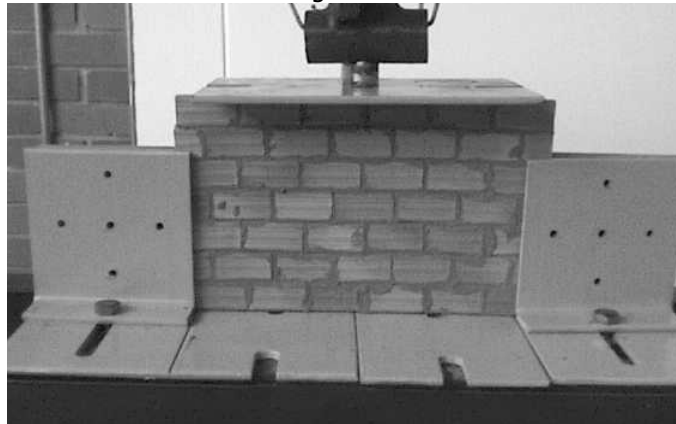


Figura 38.

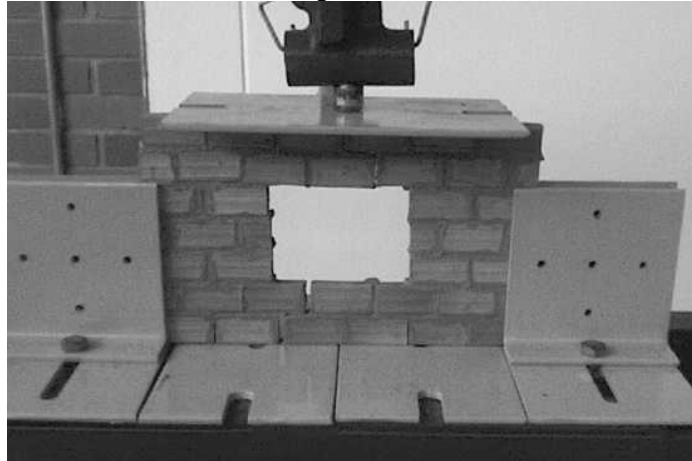
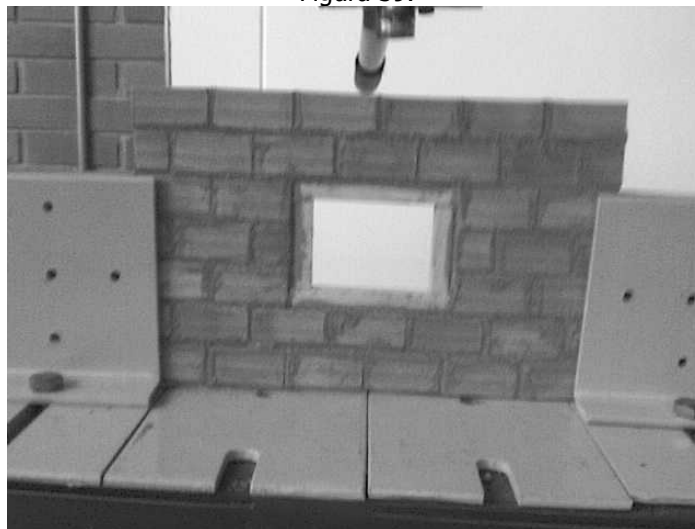


Figura 39.



2. Ahora se compararan los muros 1 y 2.

- Como es el tipo de falla del muro 1? Haga un dibujo de las fallas.
- Como es el tipo de falla del muro 2? Haga un dibujo de las fallas
- Se observa con claridad que muro soporta más carga? Explíquelo porque?

- Como influye la forma de colocar los ladrillos en su forma de fallar el muro y capacidad de soportar carga?

3. Ahora se compararan los muros 3 y 4:

- Como es el tipo de falla del muro 3? Haga un dibujo de las fallas.
- Como es el tipo de falla del muro 4? Haga un dibujo de las fallas.
- Se observa con claridad que muro soporta más carga? Explíquelo porque?
- Como influye el refuerzo en balsa en su forma de fallar el muro y también en su capacidad de soportar carga?

4. Conclusiones.

5. Observaciones.

**ANEXO C: SOLUCIONARIO DE LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS**

**SOLUCIONARIO DEL MANUAL DE
ESTRUCTURAS**

ELABORADO POR:

**CRISTHIAN FERNANDO
CASTELLANOS SUESCUN**

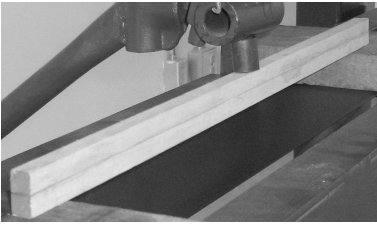




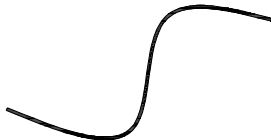
Y

ESPERANZA MALDONADO RONDON

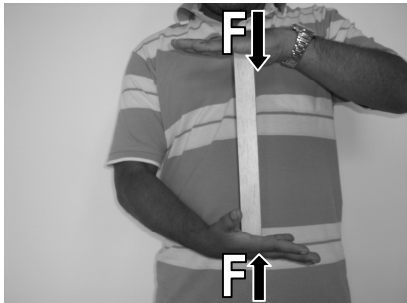
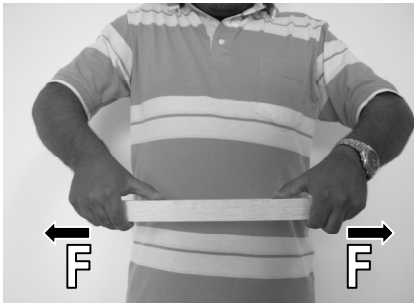
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
2009**

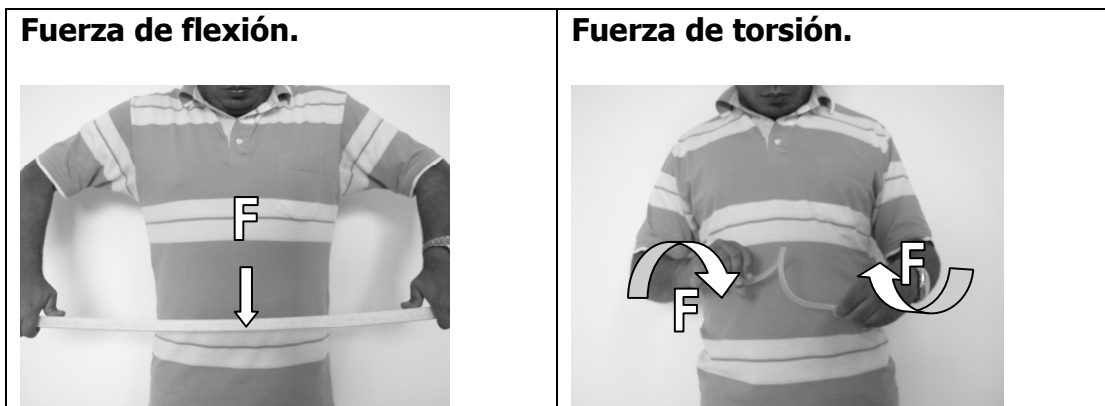
SOLUCION PRUEBA # 1

1. A continuación los materiales utilizados.

<p>Elemento 1: Bloque de balsa de 1x2x45.5cm.</p> 	<p>Elemento 2: Bloque de balsa de 3x3x30cm.</p> 	<p>Elemento 3: Tubo de PVC de 2" L=10cm</p> 
<p>Elemento 4: Barra de silicona.</p> 	<p>Elemento 5: Bloque de oasis.</p> 	<p>Elemento 6: 50 cm. de cabuya.</p> 

Se le aplica las fuerzas de tensión, compresión, flexión y torsión a los elementos seleccionados.

<p>Fuerza de compresión.</p> 	<p>Fuerza de tensión.</p> 
---	---



Elemento 1: El elemento actúa correctamente a todas las fuerzas, vemos que al aplicar una fuerza a compresión se pardea un poco, esto debido a que su sección es muy pequeña en comparación a su longitud.

Elemento 2: Al igual que el anterior soporta todas las fuerzas impuestas, pero a diferencia del elemento 1, no se logra pandear el elemento aplicando la fuerza únicamente con las manos.

Elemento 3: Este elemento soporta todas las fuerzas impuestas, no hay ninguna fuerza que apliquemos manualmente que nos deforme el elemento.

Elemento 4: Vemos que elemento como tal, solo soportaría una fuerza a tensión, si aplicamos una fuerza distinta a esta el elemento se deforma rápidamente.

Elemento 5: Debido al que el material es muy débil, solo soporta fuerzas de pequeña magnitud, pero actuaría adecuadamente, a diferencia de la barra de silicona que al aplicarle fuerzas ya sean de pequeña magnitud (a diferencia de la fuerza a tensión), esta se deforma de inmediato.

Elemento 6: Este elemento se comporta igual al elemento 4, solo actúa bajo fuerzas de tensión.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, la tabla 1 nos quedaría de la siguiente manera.

ELEMENTO	FUERZA			
	Tensión	Compresión	Flexión	Torsión
1	XX	XX	XX	XX
2	XX	XX	XX	XX
3	XX	XX	XX	XX
4	XX			
5	XX	XX	XX	XX
6	XX			

2. Clasificamos los elementos, como viga, columna o cable.

Elemento 1: Este elemento podría ser clasificado como viga o columnas, pero se observa que actuaría de mejor forma si se tomara como viga ya que como columnas no se pandearía fácilmente debido a su longitud.

Elemento 2: Se puede clasificar como viga o columna, a diferencia del elemento anterior, si se comportaría bien como columnas ya que la relación sección transversal/longitud es mayor.

Elemento 3: También puede trabajar como viga o columna, aunque por su sección circular se le daría el rotulo de columna, ya que no es común encontrar columnas circulares huecas y tan cortas.

Elemento 4: Como solo soporta fuerzas a tensión, se clasifica como cable.

Elemento 5: Este elemento puede ser columna o viga, de acuerdo a la utilidad que se le dé.

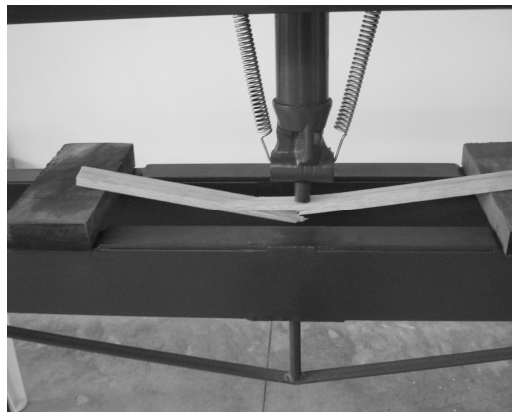
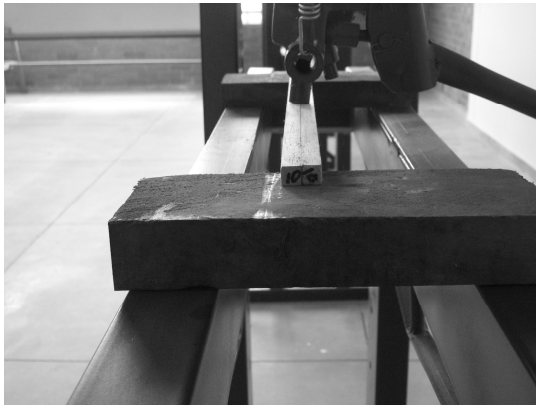
Elemento 6: Al igual que elemento 4, se clasifica como cable.

La tabla 2 nos quedaría entonces:

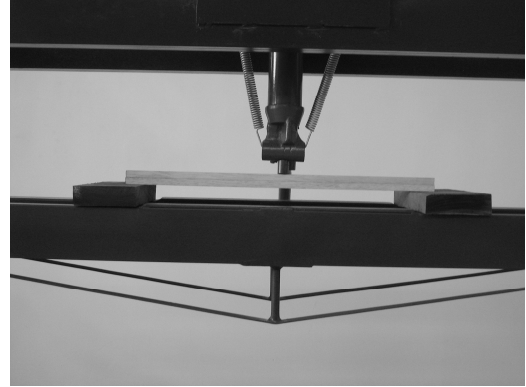
ELEMENTO	NOMBRE
1	Viga
2	Columna
3	Columna
4	Cable
5	Viga o columna

6	Cable
---	-------

Primero tomaremos la viga apoyada por el lado más grande (2cm) y la fallaremos a flexión para que trabaje como viga.

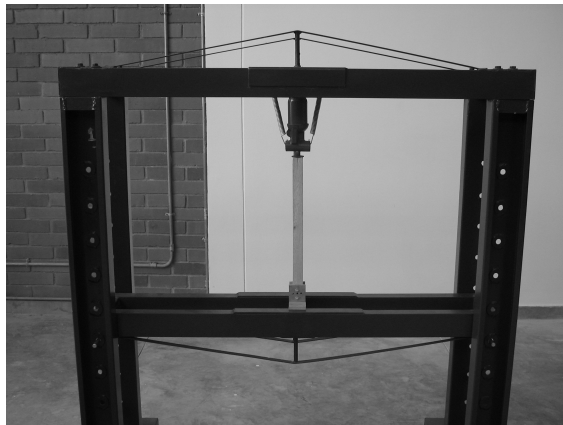


Ahora la apoyaremos por su lado más pequeño, o sea 1cm. Y aplicaremos una carga similar a la anterior.

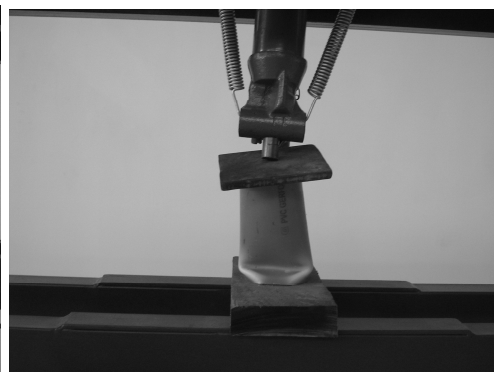


3. Con los elementos 3 y 4, aplicaremos una carga de compresión, para que trabajen como columnas.

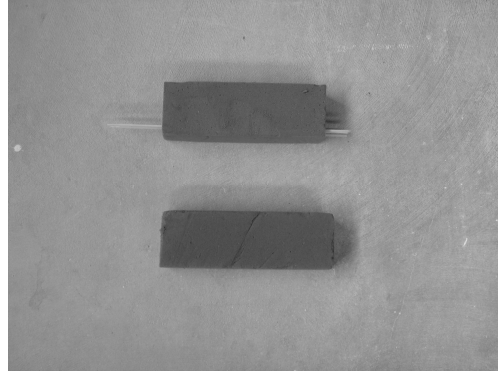
Elemento 3



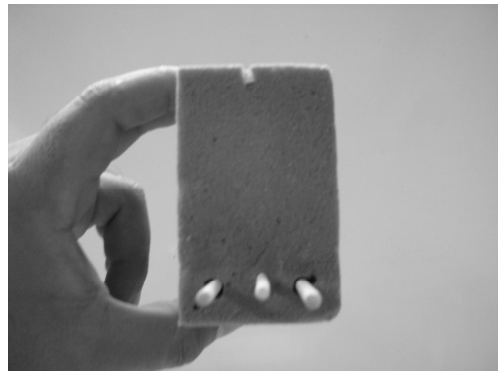
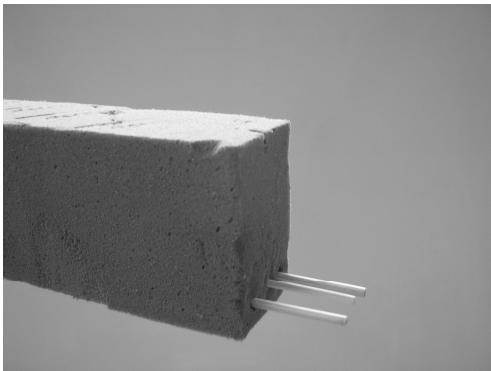
Elemento 4



4. Ahora el elemento 5 se dividirá en dos bloques iguales.

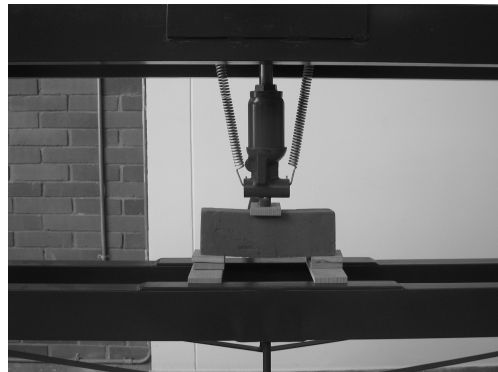
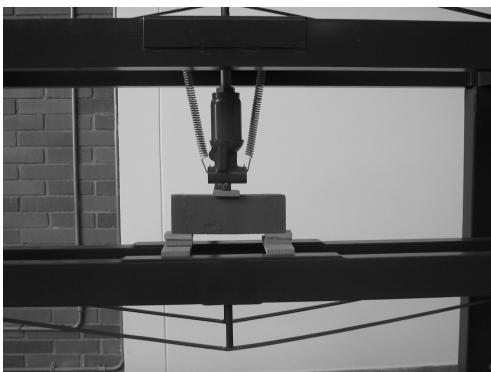


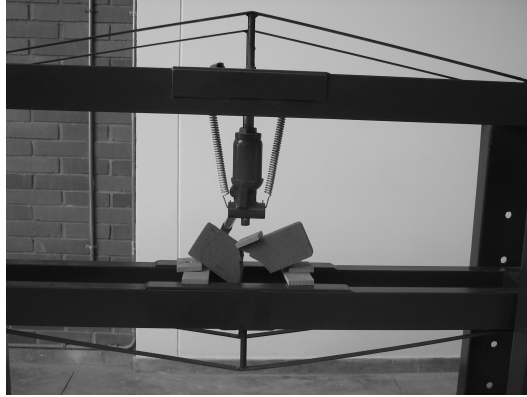
Un bloque lo reforzamos con palillos de la siguiente manera.



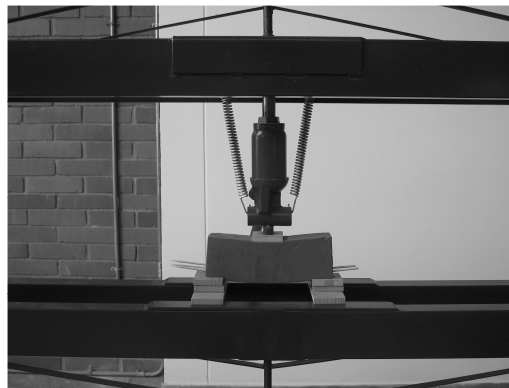
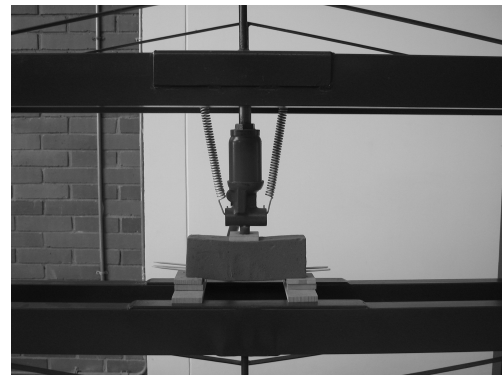
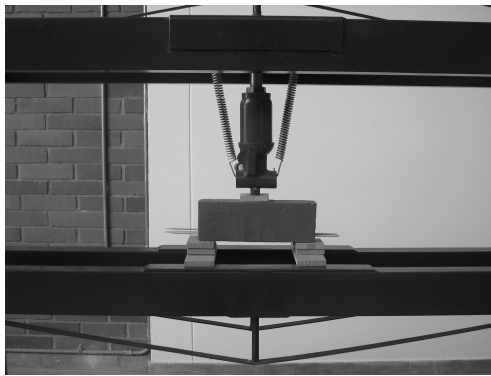
Ensayaremos los dos bloques a flexión.

Bloque 1





Bloque 2



Ahora con este bloque vemos que soporta mucha más carga, que se alcanza a deflecta sin fallar, y que se empieza es a hundir el bloque en los apoyos, esto debido a la carga soportada.

También se observa que falla primero el oasis y que los palillos fallan después, o sea que falla primero el material más débil.

Realizado ya los pasos anteriores, responder las siguientes preguntas:

Hay elementos que debido a su geometría o material, pueden actuar como vigas y como columnas. ¿Qué parámetro le da la condición de viga o de columna a un elemento? ¿Explique su respuesta?

La condición de viga o de columna se debe principalmente a la forma en que es aplicada su carga, si la carga es principalmente paralela a su longitud, se dice que actúa como viga, y si la fuerza es principalmente paralela a su eje longitudinal se dice que actúa como columna.

Como influye la sección transversal de una viga, de acuerdo a los observado en el ensayo con los elementos 1.

Vemos que cuando la inercia es mayor, soporta mayor carga, pero también se vuelve más rígida y se deflecta menos. Podemos observar que la segunda viga, soporta más carga que la primera, esto debido a que su inercia es mucho mayor ya que la altura es mayor, pero la primera viga se puede flexionar más en el medio.

Los elementos 2 y 3 se ensayaron como columnas, a pesar de tomarse como un mismo elementos, ¿Qué diferencias observa entre los dos elementos? ¿Al fallar, de qué manera lo hacen?

Observamos que aunque los dos elementos están sometidos a compresión, uno se deflecta debido a que es muy largo y el otro se aplasta debido a que es muy corto, eso explica el concepto de columna corta y columna esbelta, la primera se ensancha y falla por aplastamiento y la segunda se encorva y falla por pandeo.

Defina que es una columna esbelta y una columna corta.

De acuerdo a su relación, sección transversal/longitud, se puede decir que si estas es muy pequeña la columnas tiende a ser esbelta, y si es alta tiene a ser una columna corta.

¿Qué diferencias se observan, al fallar los elementos de oasis? ¿Cuál soporta más carga?

El primer bloque no soporta mucha carga a diferencia del segundo bloque que se reforzó con palillos, esto debido a que las fibras inferiores están sometidas a tensión, y el oasis soporta poca fuerza a tensión, pero al reforzarlo con palillos que si soportan fuerza a tensión, este aumenta considerablemente la fuerza soportada.

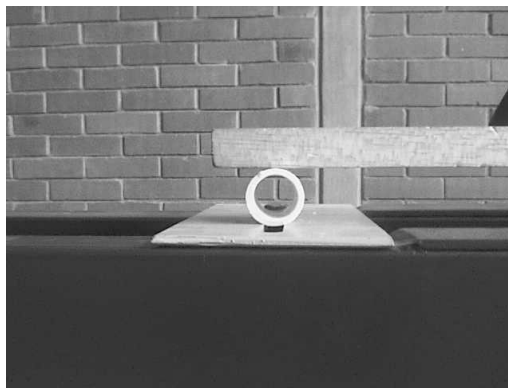
¿Qué cree usted que sucede si el bloque de oasis los palillos se ubican en la parte medio o en la parte superior del bloque? Es interesante hacer la comparación entre los tres estados: sin palillos, con palillos en la parte inferior o palillos en la parte superior.

Si reforzamos en la parte media soportara mas carga que el bloque que no tiene refuerzo, pero menos que el bloque que reforzamos en la parte de abajo, esto a que el refuerzo quedaría más alejado de las primeras fibras que se tensión, entonces empezara a fallar por ahí, si lo reforzamos en la parte de arriba tendrá el mismo comportamiento, pero fallaría más rápido que en el caso en que se reforzara en la mitad.

SOLUCION PRUEBA # 2

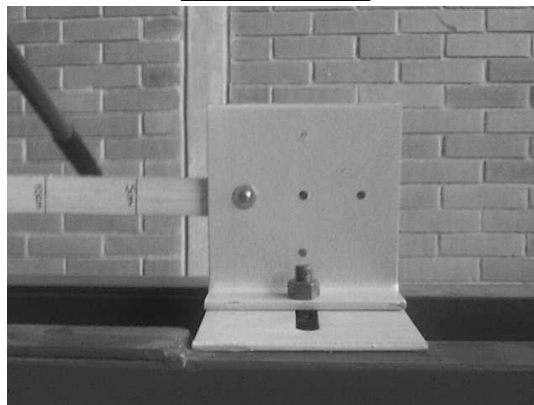
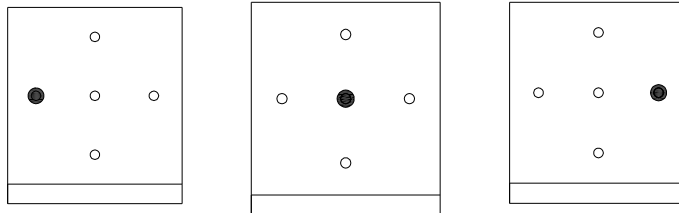
1. Se observan los apoyos y cuales pueden modelar cada uno, de acuerdo a esto se llena la tabla 3.

Para restringir solo un movimiento, en nuestro caso movimiento en Y, utilizaremos un rodillo (Unión en PVC).

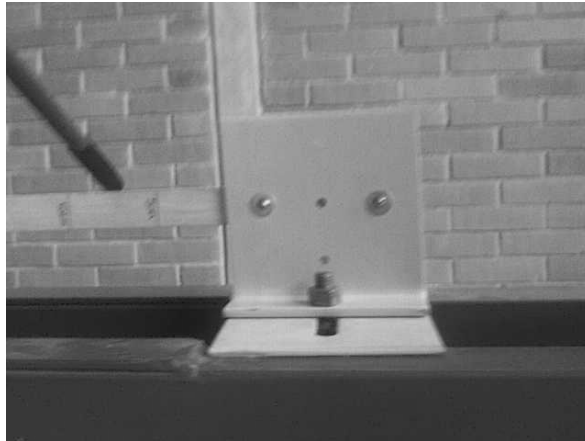


Para restringir movimiento en X y en Y, basta con solo colocar un pasador en cualquiera de los orificios del apoyo tipo 2.

Los siguientes son ejemplos de restricción de movimiento en X y en Y



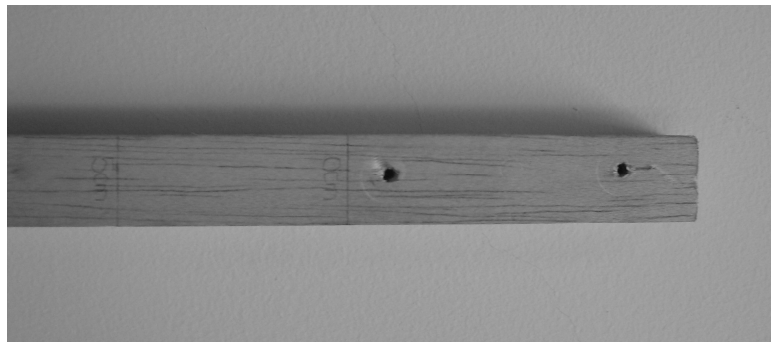
Para restringir los tres movimientos, solo basta con colocar dos pasadores en dos orificios que tengan la misma dirección.



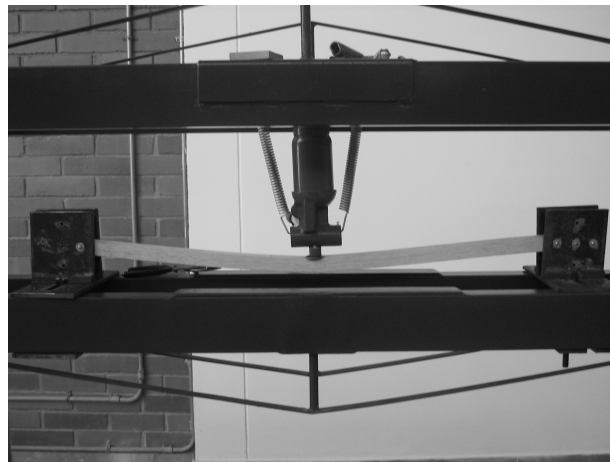
Apoyo	Apoyo tipo		Grado de libertad	Restringido		Representación	
	1	2		Si	No	Modelo	Grafico
1 Grado	x		Movimiento en X	x			
			Movimiento en Y		x		
			Rotación		x		
2 Grado		x	Movimiento en X	x			
			Movimiento en Y	x			
			Rotación		x		
3 Grado		x	Movimiento en X	x			
			Movimiento en Y	x			
			Rotación	x			

2. Ahora apoyaremos una viga con un apoyo de 3 grado y uno de 2 grado, para observar cómo se deforma la viga.

Para poder apoyarla es necesario hacer los orificios como indica el manual y marcar la viga cada 5 cm. para tomar las medidas de deflexión.



La viga nos queda apoyada de la siguiente manera.



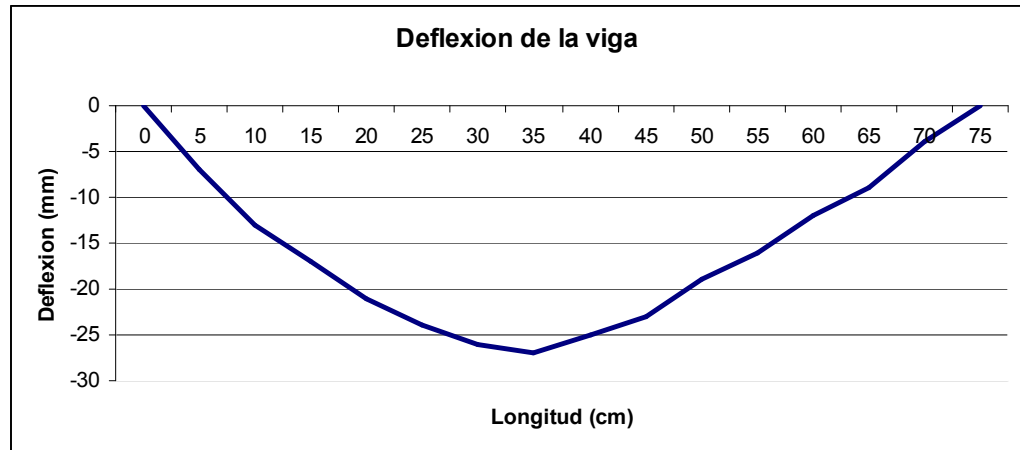
Se aplica una carga considerable que me deflece la viga pero sin fallar, y se toman las deflexiones en los puntos marcados.

Apoyo de 2 grado						Empotramiento							
0cm	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm	45cm	50cm	55cm	60cm	65cm
0	7	13	17	21	24	26	27	25	23	19	16	12	9

Las deflexiones están en milímetros.

Respondemos las preguntas planteadas.

- Dibujar la deformada de la viga con los datos tomados.



- Cuál es la longitud efectiva de la viga entre apoyo y apoyo. Explique su respuesta.

La longitud efectiva sería de 79 cm. Como los primeros pasadores en cada apoyo están a 2 cm., a los 75 cm. libres se le suman 2 cm. por cada lado, entonces el total sería de 79 cm.

- Como calcularía el ángulo de rotación aproximado en cada uno de los apoyos. Explique su respuesta.

Se tomaría la primera lectura de deflexión a cada lado, y tenemos la distancia a la que se presenta esta deflexión, la primera deflexión se lee a los 5 cm., pero la longitud real serían 7 cm. si le sumamos los dos centímetros de mas por el apoyo.

- Con lo dicho anteriormente, calcule los ángulos de rotación en cada uno de los apoyos. Y explique porque uno es mayor que el otro.

Para el apoyo de segundo grado se tiene que:

$$\phi_{rot} = \arctan\left(\frac{deflexion}{longitud}\right)$$

$$\phi_{rot} = \arctan\left(\frac{0.7cm}{7cm}\right) = 5.71^\circ$$

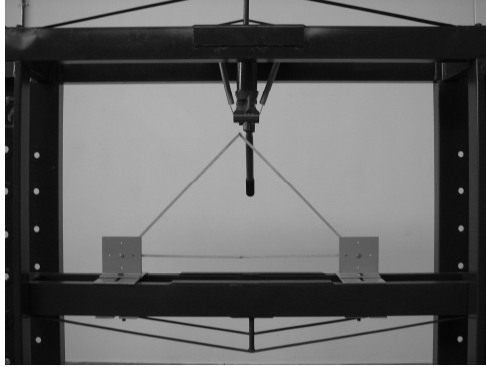
Para el apoyo de tercer grado se tiene que:

$$\phi_{rot} = \arctan\left(\frac{0.4cm}{7cm}\right) = 3.27^\circ$$

Como se esperaba, el ángulo en el apoyo de segundo grado es mayor que en el apoyo de primer grado, esto es porque en un apoyo de segundo grado la rotación no está restringida y por lo tanto el elemento gira sin ninguna restricción, en cambio en el empotramiento se restringe la rotación y por lo tanto no rota como en un apoyo de segundo grado.

SOLUCION PRUEBA # 3

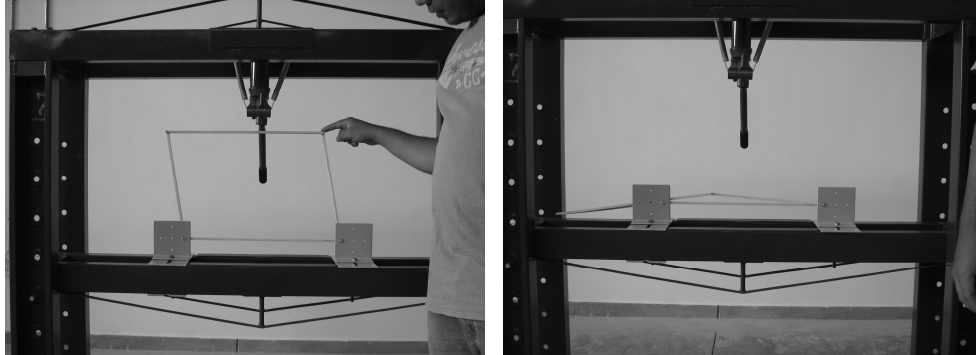
1. Se arman la primera cercha con tres elementos, y se monta en el marco.



Se observa que la cercha soporta las fuerzas impuestas, entonces decimos que es estable.



Procedemos a hacer lo mismo con la segunda cercha, la montamos sobre el marco.



En este caso, se observa que la cercha no soporta una fuerza horizontal, y se ve como colapsa la estructura, por lo tanto la cercha es inestable.

Miraremos la estabilidad, desde el punto de vista interno de la cercha, la cual debe cumplir la siguiente ecuación para que sea estable.

$$b + r \geq 2n$$

Donde b es el numero de barras, r las reacciones, y n el numero de nodos de la cercha.

Para la primera cercha se tiene que:

$$3 + 4 \geq 2(3)$$

$$7 \geq 6$$

Teóricamente la cercha es estable, tal y como se vio prácticamente.

Ahora la segunda cercha queda:

$$4 + 4 \geq 2(4)$$

$$8 \geq 8$$

La ecuación la cumple, por lo tanto teóricamente sería estable, pero se observó prácticamente que no era así, esto se debe a que apoyamos la cercha en dos apoyos de segundo grado, entonces le dimos un grado más de libertad, por eso nos cumplió la ecuación, si la estructura es estable la forma de apoyarlo no me cambiaría su condición (siempre y cuando se garantice una estabilidad externa) entonces la condición de apoyos más críticas es uno de segundo grado y otro de primer grado, entonces la ecuación nos quedara de la siguiente manera.

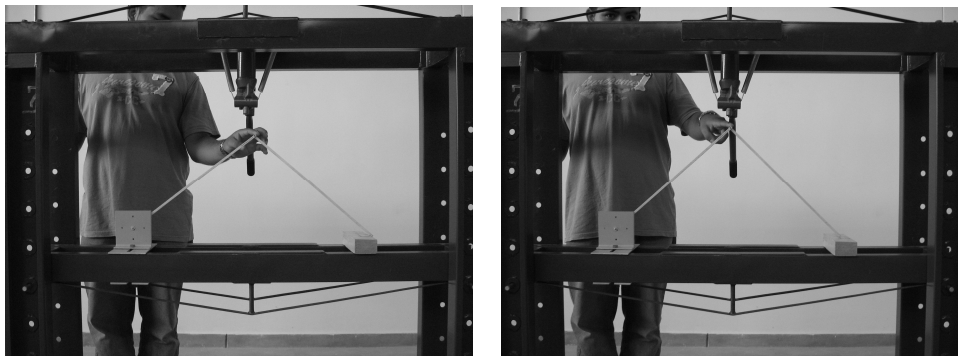
$$4 + 3 \geq 2(4)$$

$$7 \geq 8$$

Podemos ver que ahora teóricamente la cercha si es estable, al igual que lo vimos prácticamente.

De lo anterior concluimos que los triángulos son figuras estables, y que los cuadrados no lo son.

2. En esta parte utilizamos la siguiente cercha.



Al aplicar una fuerza como se observa en la figura, esta puede deslizarse debido a que un apoyo es de primer grado, por lo tanto no soporta la fuerza y decimos que es inestable.

Ahora lo comprobaremos con la ecuación de estabilidad.

$$2 + 3 \geq 2(3)$$

$$5 \geq 6$$

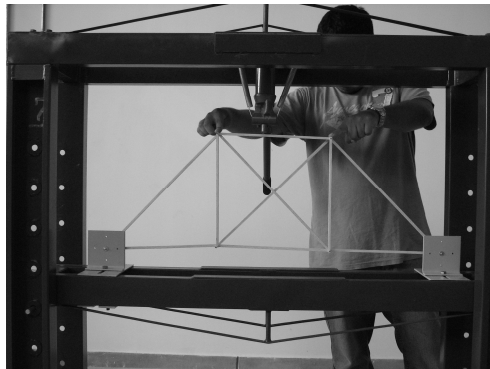
Por lo anterior la estructura sería inestable.

Al observar la ecuación, se observa que la inestabilidad se da por el número de reacciones o por el número de barras, entonces para volverla estable debería aumentarse cualquiera de estos dos parámetros.

Si aumentamos el número de ecuaciones la fórmula nos daría estable, pero llegaríamos a un caso parecido al del cuadrado apoyado en apoyos de segundo grado, la estructura debe ser estable bajo cualquier condición de apoyos, esto se debe a que la fórmula está hecha para cerchas, y una de las condiciones básicas de una cercha es que por cada punto deben salir por lo menos dos barras, entonces no podríamos aplicar la ecuación a la estructura anterior ya que no es una cercha.

Qué pasa si colocamos una barra más, nos daría que $6 \geq 6$, en este caso si se cumple la ecuación y se ve prácticamente que al añadir otro elemento se forma un triángulo y por lo tanto como lo vimos anteriormente, esta se vuelve estable.

3. Para la tercera parte se armó la siguiente cercha.



Esta cercha soporta cualquier fuerza que se aplicada en sus nodos, por lo tanto es estable desde el punto de vista práctico.

Ahora aplicamos la fórmula para verlo teóricamente.

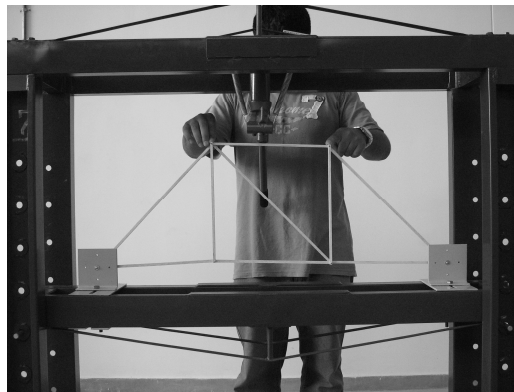
$$10 + 4 \geq 2(6)$$

$$14 \geq 12$$

Teóricamente también es estable con una indeterminación de segundo grado, un grado de indeterminación se lo da una reacción más, y por consiguiente el otro se lo da una barra de más.

Debido a lo anterior, teóricamente solo se podría retirar una barra para que la estructura siga estable.

Al retirar cualquiera de los dos elementos del medio, la estructura quedaría así.



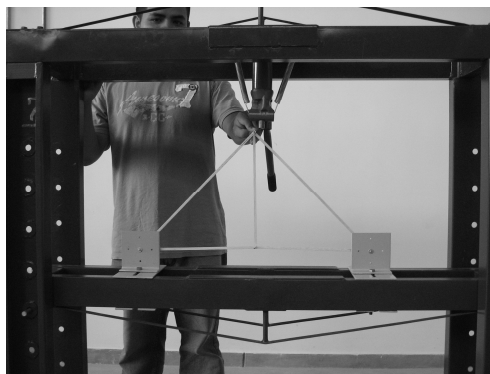
Se observa que la estructura estable, prácticamente, teóricamente lo haremos para el caso más crítico, o sea con un apoyo de primer grado y otro de segundo grado.

$$9 + 3 \geq 2(6)$$

$$12 \geq 12$$

Nos da estable también.

4. Por tenemos la ultima cercha.

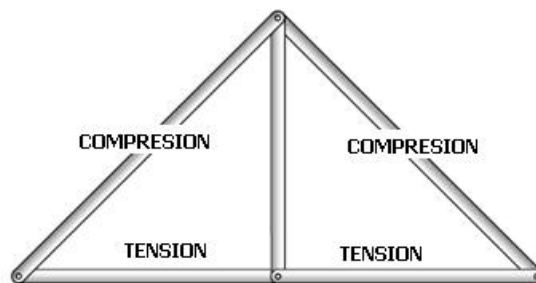


La cerca estable tanto prácticamente como teóricamente.

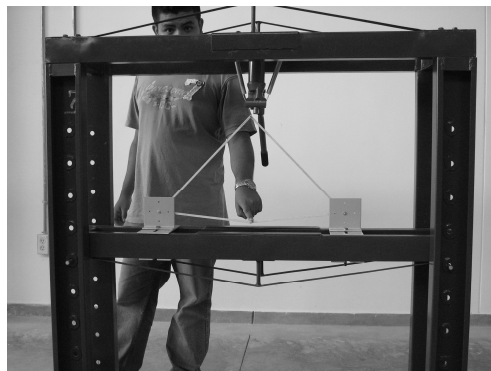
$$5 + 3 \geq 2(4)$$

$$8 \geq 8$$

Al resolver la cerca se observa que el elemento del medio no actúa ni a compresión ni a tensión.



Debido a esto quitamos el elemento del medio, ya que es cero.



Al quitar este elemento, la cerca se inestabiliza, y era de esperarse ya que teóricamente nos daría que:

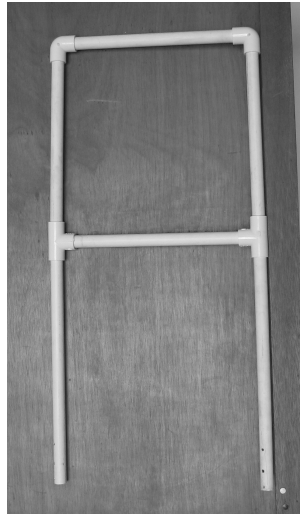
$$4 + 3 \geq 2(4)$$

$$7 \geq 8$$

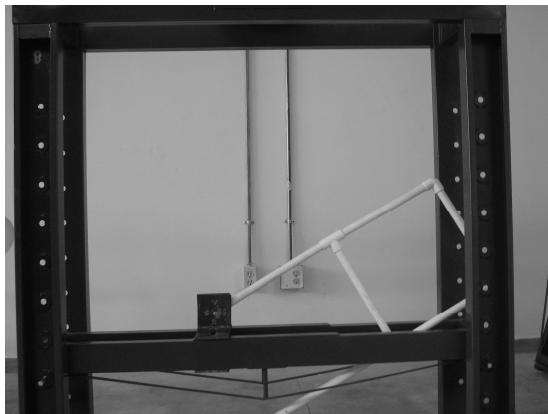
Por lo tanto es inestable, esto quiere decir que aunque la fuerza en algún elemento sea cero, el elemento es necesario para garantizar la estabilidad de la cercha.

SOLUCION PRUEBA # 4

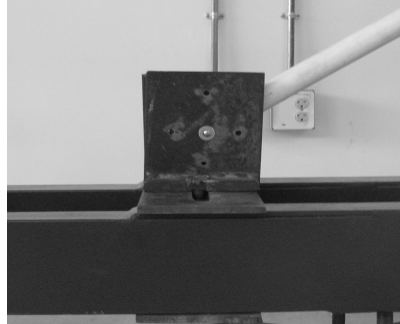
1. Con los materiales se arma el pórtico con el cual trabajaremos.



2. Con la estructura anterior, se pondrá en un apoyo de segundo grado.



Detalle del apoyo.



- ¿Qué pasa cuando se le aplica la fuerza?
Vemos que con el solo peso de la estructura ella se cae, entonces bajo cualquier tipo de fuerza pasaría lo mismo.
 - ¿La estructura es estable o inestable?
Inestable ya que la estructura no puede mantenerse en pie.
 - Pruebe desde el punto de vista teórico lo dicho anteriormente.
Como es un apoyo de segundo grado tiene dos reacciones una en x y otra en y porque lo que hay dos incógnitas, y tenemos tres ecuaciones ($\Sigma F_x=0$, $\Sigma F_y=0$, $\Sigma M=0$), hay mas numero de ecuaciones que de incógnitas por lo que es inestable.
- 3.** Siguiendo con la misma estructura, como se puede llevar a un estado estable, siguiendo estas dos alternativas.
- Utilizando un único apoyo.
Para este caso solo tendremos un caso en la cual la estructura es estable y es cuando el apoyo es de tercer grado o empotramiento. Tenemos tres reacciones y tres ecuaciones de solución por lo que la estructura es estable.



Detalle del apoyo



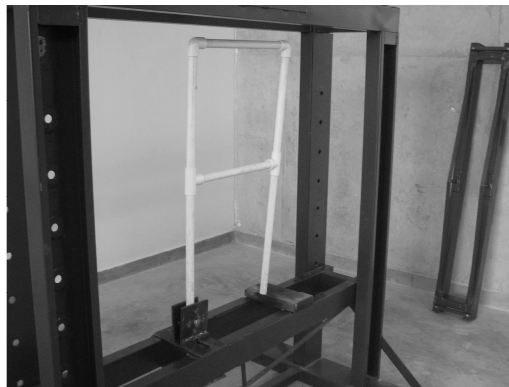
- Utilizando más de un apoyo.
Hay varias opciones:
 1. Un apoyo de segundo grado y un apoyo de primer grado. En este caso tenemos tres incógnitas que corresponden a las reacciones en los apoyos, y tres ecuaciones ($F_{ax}=0$, $F_{in}=0$, $\Sigma M=0$), la estructura es estable.

2. Dos apoyos de segundo grado. Se tiene cuatro incógnitas y solo tres ecuaciones, la estructura es estable.

En los siguientes casos al igual que el caso 2 las estructuras tiene mayor numero de incógnitas que numero de ecuaciones por lo tanto todos los casos son estables.

3. Un apoyo de tercer grado y un apoyo de primer grado.
4. Un apoyo de tercer grado y un apoyo de segundo grado.
5. Dos apoyos de tercer grado.

Solo se realiza la primera opción, un apoyo de segundo grado y un apoyo de primer grado.



Detalle de los apoyos



4. De acuerdo a las cinco opciones dichas anteriormente se tiene.
 1. Un apoyo de segundo grado y un apoyo de primer grado.

Tiene tres incógnitas y tres ecuaciones por lo que es estable y estáticamente determinada.

2. Dos apoyos de segundo grado.
Tiene cuatro incógnitas y tres ecuaciones, es estable y estáticamente indeterminada de primer grado.
3. Un apoyo de tercer grado y un apoyo de primer grado.
Es igual a la opción 2.
4. Un apoyo de tercer grado y un apoyo de segundo grado.
Tiene cinco incógnitas y tres ecuaciones, es estáticamente indeterminada de segundo grado.
5. Dos apoyos de tercer grado.
Tiene seis incógnitas, es el mayor grado de indeterminación estática que se puede llevar la estructura, grado 3.

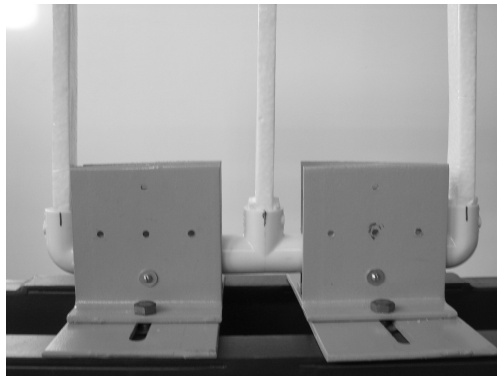
SOLUCION PRUEBA 5

- 1.** Primero montaremos las tres columnas de igual longitud, para garantizar un empotramiento, lo que haremos será aumentar la sección en las puntas de las columnas de icopor de manera que estas queden ajustas dentro del PVC, si introducimos la columnas sin aumentar la sección, esta modelara una articulación o apoyo de segundo grado.

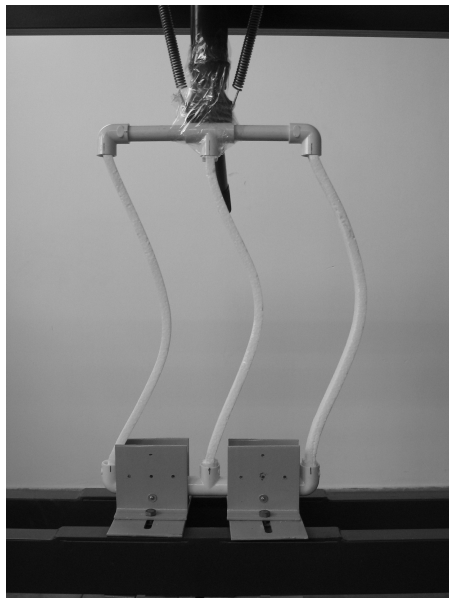


Se marca tanto en la columna de icopor donde se van a tomar las medidas, para garantizar que se haga siempre en el mismo lado, lo mismo en los apoyos de las columnas, se marca donde se debe colocar la regla para tomar la lectura.

También se observa la forma en cómo se apoyan las columnas en los marcos.



Se procede a aplicar la primera carga y a tomar las lecturas.



Hacemos lo mismo aumentando cargas de dos en dos, hasta llegar a 16, en todos los casos tomando las lecturas de cada una de las tres columnas.

De esta manera la tabla 5 queda de la siguiente manera.

Cargas	Deflexión (mm)		
	Columna 1	Columna 2	Columna 3
4	29	36	39
6	26	44	46
8	41	50	51
10	45	57	58
12	49	61	63
14	53	66	69
16	55	69	72

Las longitudes efectivas de cada columna depende de la forma en que están apoyadas, las columnas son de $L=50$ cm., pero como se introducen 2.5 cm. en el PVC, la longitud real sería de 45 cm.

- La columna 1 está apoyada en dos apoyos de segundo grado, por lo tanto su longitud efectiva es para este caso;

$$Le = L_{real}$$

$$Le = 45cm$$

En este caso, se espera que el punto máximo de pandeo este en el centro de la columna.

- La columna 2 está apoyada en un apoyo de segundo grado y otro de tercer grado, por lo tanto la longitud efectiva para este caso es:

$$Le = 0.7L_{real}$$

$$Le = 0.7 * 45 = 31.5cm$$

Se espera que el punto máximo de pandeo este a 15.75 cm. partiendo del apoyo de segundo grado.

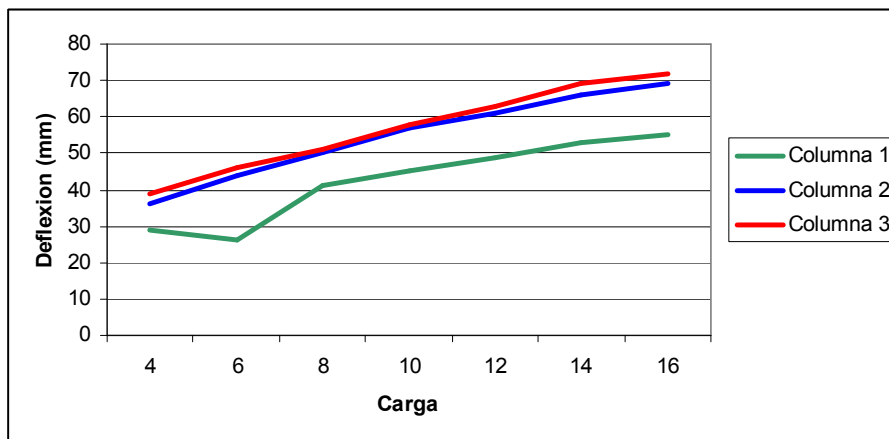
- La columna 3 está apoyada en dos apoyos de tercer grado, por lo tanto la longitud efectiva para este caso es:

$$L_e = 0.5L_{real}$$

$$L_e = 0.5 * 45 = 22.5cm$$

Se espera que el punto máximo de pandeo este en el centro de la columna.

Ahora graficamos carga contra deflexión de las tres columnas.



Las cargas críticas de pandeo para las columnas se calculan con la formula de Euler,

$$P_{critica} = \frac{\pi EI}{L_e^2}, \text{ tomando como modulo de elasticidad del icopor de } 5\text{Mpa.}$$

De esta manera nos queda que:

- Para la columna 1 se tiene:

$$P1_{critica} = 1.29KN$$

- Para la columna 2 se tiene:

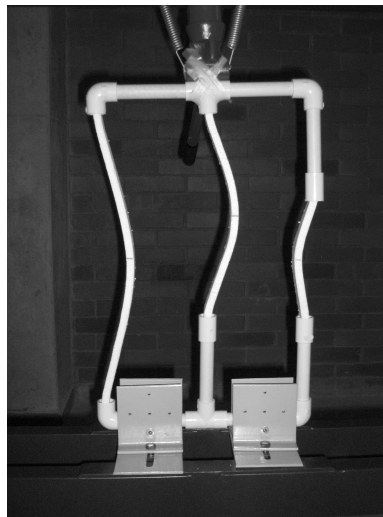
$$P2_{critica} = 2.64KN$$

- Para la columna 3 se tiene:

$$P3_{critica} = 5.17KN$$

Como se espera la columna empotrada tendrá mayor carga de pandeo que las otras dos columnas.

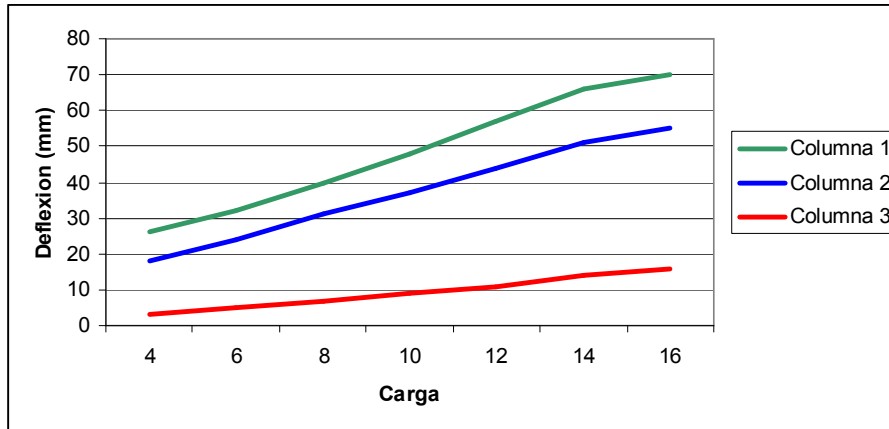
2. Ahora hacemos lo mismo pero con columnas de diferente longitudes L1= 50cm, L2= 40cm, y L3= 30cm.



Al igual que con las columnas anteriores, tomamos las lecturas en la tabla 6.

Cargas	Deflexión (mm)		
	Columna 1	Columna 2	Columna 3
4	26	18	3
6	32	24	5
8	40	31	7
10	48	37	9
12	57	44	11
14	66	51	14
16	70	55	16

Graficamos las tres columnas en una misma grafica.



Las cargas críticas de pandeo nos quedan de la siguiente manera.

- Para la columna 1 se tiene:

$$P1_{critica} = 1.29KN$$

- Para la columna 2 se tiene:

$$P2_{critica} = 2.14KN$$

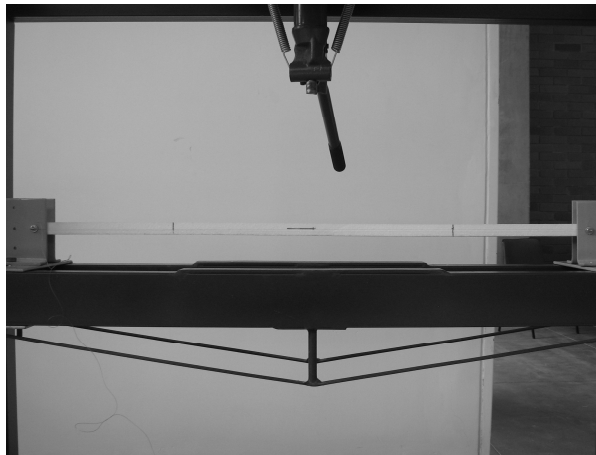
- Para la columna 3 se tiene:

$$P3_{critica} = 4.19KN$$

Se observa que entre más corta la columna, puede soportar más carga, esto se debe a que si la columna es muy esbelta, esta tiende a fallar por su punto medio, si fuera corta necesitaría mucha más fuerza para fallar.

SOLUCION PRUEBA # 6

1. La viga de icopor se apoya sobre los marcos con dos apoyos de segundo grado, y se le aplican las cargas que indican la tabla 8, y se calculan los módulos de elasticidad para cada tipo de carga.



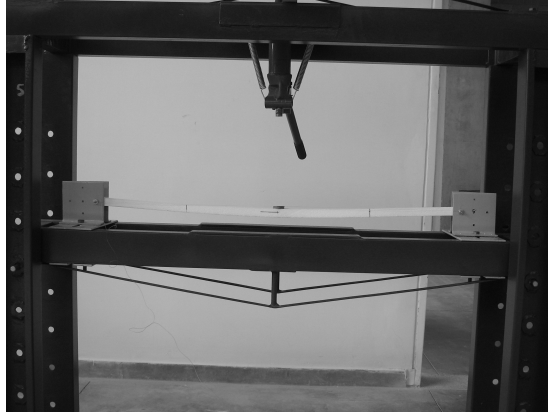
Por el método de castigliano o carga unitario, se resuelve la viga para calcular una deflexión en su punto medio la cual da la siguiente formula.

$$y = -\frac{PL^3}{48EI}$$

Despejando el modulo de elasticidad nos queda que:

$$E = -\frac{PL^3}{48yI}$$

Con esta fórmula podemos calcular el modulo de elasticidad aproximado para cada caso de carga, cada arandela tiene aproximadamente un peso de 8 grs., por lo tanto se puede calcular la carga que produce un numero de arandelas.



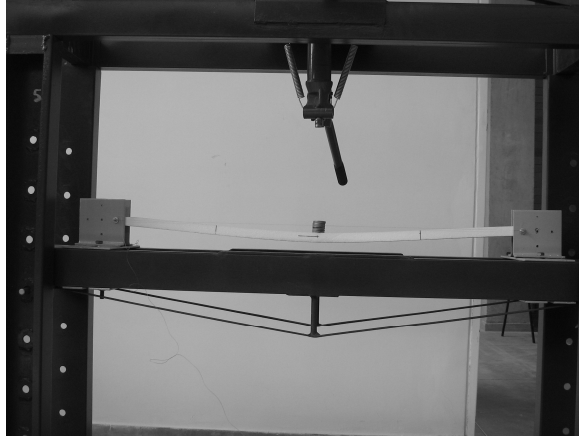
La tabla 8 nos queda de la siguiente manera.

#arandelas	Carga P (KN)	Deflexión y (m)	E (MPa)
3	0.235	0.007	1.38
5	0.392	0.009	1.78
8	0.627	0.012	2.14
10	0.784	0.014	2.29
14	1.098	0.017	2.64

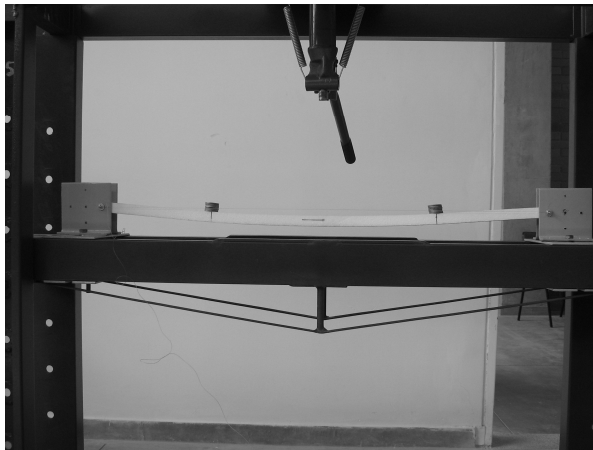
El modulo de elasticidad promedio es de 2.05 Mpa con el cual trabajaremos.

2. Para calcular las reacciones de la viga de la figura 29. se procede a eliminar el apoyo B, y calcular la deflexión que me produce una carga de 1 KN, donde estaba ubicado el apoyo.

Para nuestro caso, 14 arandelas equivalen aproximadamente a 1 KN.



La deflexión la llamaremos Y2 y nos da un valor de 1.6 cm.
Ahora se carga la viga como se explica en la figura 30.



Y calculamos la deflexión la cual llamaremos Y1 y nos da un valor de 1.0 cm.

Con la siguiente ecuación podemos calcular el valor de la reacción en el apoyo B.

$$y_1 - (B_y * y_2) = 0$$

Despejando B_y nos queda que:

$$By = \frac{y_1}{y_2}$$

$$By = \frac{1}{1.6} = 0.625KN$$

Este valor es valor de By calculado prácticamente.

Ahora lo comparamos con el valor de By calculado numéricamente, para esto resolvemos la viga por Castigliano, la cual nos da

$$By = 0.720KN$$

Calculamos el porcentaje de error.

$$\%error = \left(\frac{By_{teorica} - By_{experimental}}{By_{teorica}} \right) * 100$$

$$\%error = \left(\frac{0.720 - 0.625}{0.720} \right) * 100 = 13\%$$

- ¿El porcentaje de error es bajo o alto?

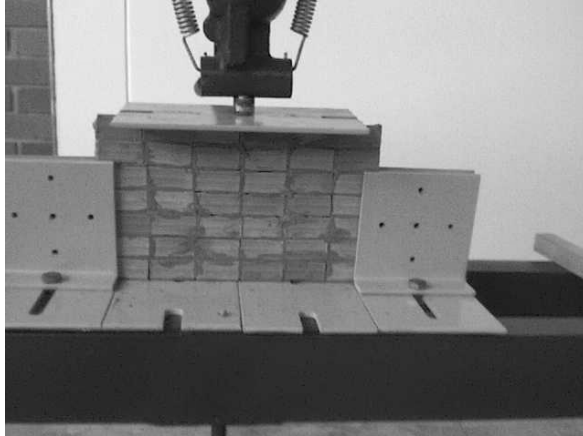
Es un porcentaje de error aceptable, ya que lo echo en laboratorio es muy aproximado.

- ¿Si el alto, a que cree que se debe?

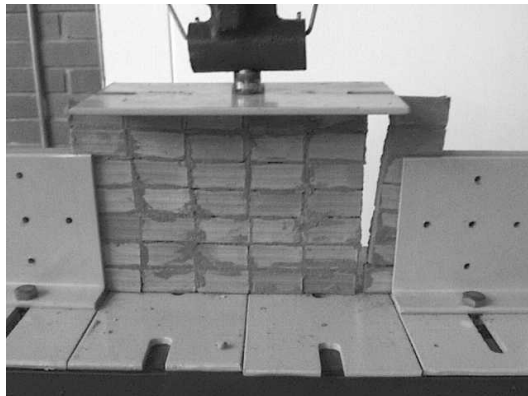
Primero que todo, se pudo presentar errores al medir la deflexiones, ya que se hizo con una regla normal de forma muy aproximada, también se utilizo al misma viga para todas la pruebas, la cual pudo presentar algún tipo de fatiga durante el transcurso de la prueba.

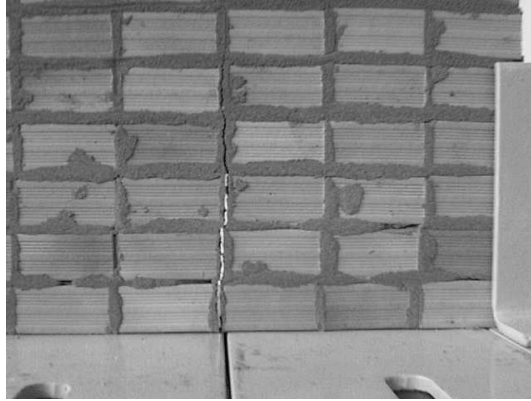
SOLUCION PRUEBA # 7

- 1.** Tomaremos el primer muro y lo fallaremos.

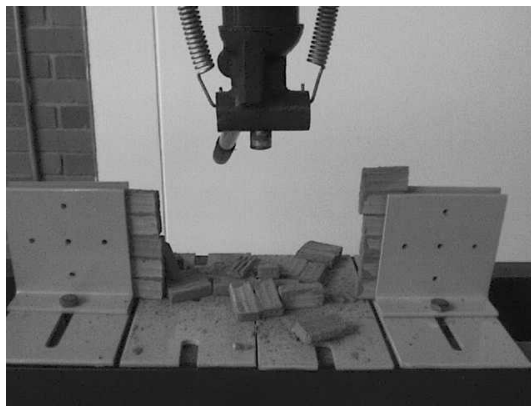


El muro empieza a fallar por las uniones entre los ladrillos, como estas son continuas, se desprende por una de ellas.

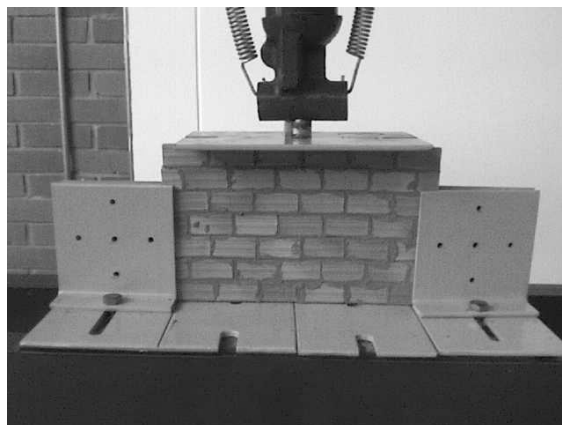


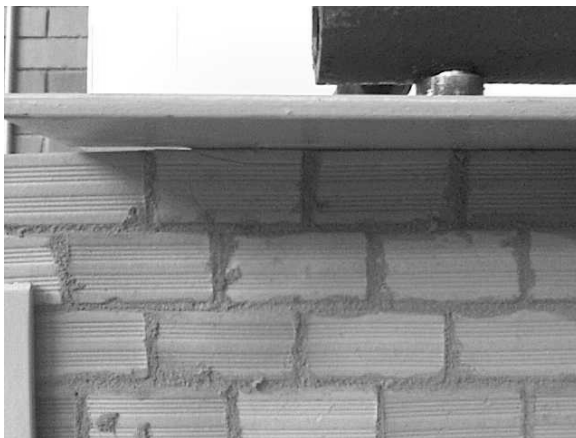


Hasta que el muro llega al colapso.

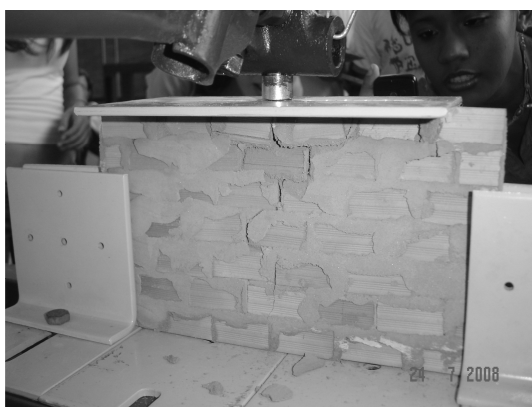


Ahora procedemos con el muro 2.





Se observa que el muro soporta una carga considerable comparada con el otro antes de que muestre algún tipo de grieta o falla.



El muro empieza a mostrar una ruptura por la unión entre los ladrillos, como los ladrillos están intercalados este puede soportar mas carga que el anterior.



Al final el muro colapsa por donde se presentaron las fallas iniciales.

- Como es el tipo de falla del muro 1? Haga un dibujo de las fallas.

Se vio que el muro empieza a fallar rápidamente por las uniones de los ladrillos, pero como estas uniones son continuas tanto horizontal como verticalmente, la falla se propaga rápidamente, y el muro falla rápidamente, se observa que las fallas siempre son verticales, horizontalmente no se logra percibir fallas antes de que el muro colapse.

Se observa que los ladrillos quedan casi intactos y casi en fila, como se habían conformado.

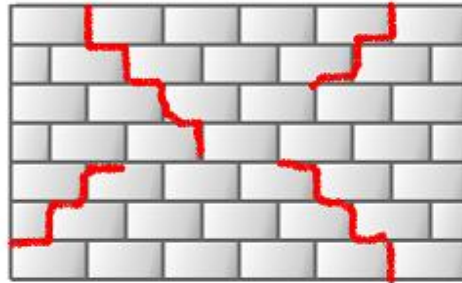
A continuación un bosquejo de las fallas que presento el primer muro. Las fallas se resaltan en color rojo.



- Como es el tipo de falla del muro 2? Haga un dibujo de las fallas

Al muro se le logra aplicar una carga considerable a comparación del muro 1 antes de que presente la primera falla, cuando empiezan a revelarse las fallas, esta lo hacen al igual que en el caso anterior, por las uniones entre los ladrillos, pero como las uniones no son continuas, sino que están truncadas por la forma en que se armó el muro, el no colapsa de la misma rapidez que lo hizo el muro 1, luego de una considerable carga el muro falla.

El bosquejo queda de la siguiente manera.



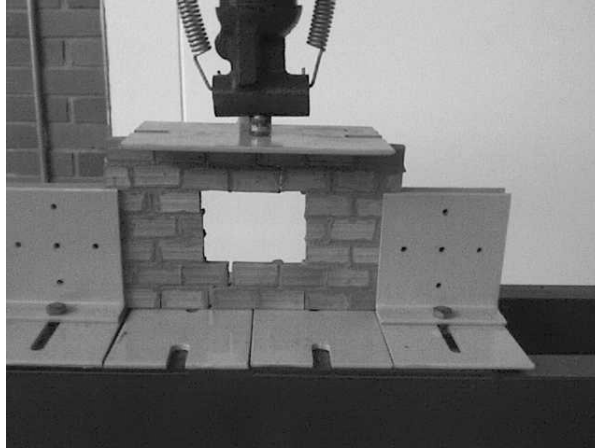
- Se observa con claridad que muro soporta más carga? Explíquelo porque?

Si, el muro 2 soporta más carga, esto debido a la forma de colocación de sus ladrillos, la falla se demora más en expandirse que en el muro 1, por eso logra soportar más carga.

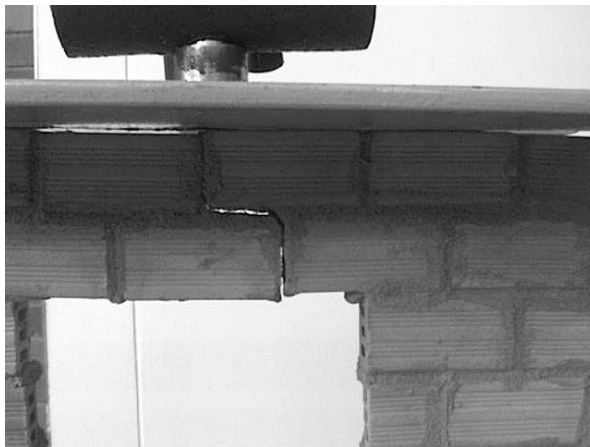
- Como influye la forma de colocar los ladrillos en su forma de fallar el muro y capacidad de soportar carga?

Si los ladrillos se colocan uno sobre otro, estos se separaran por las uniones, quedando solo columnas de un solo ladrillos, las cuales colapsan de forma rápida, al colocarlos intercalados, estos no se separan tan fácil como en el muro 1, por lo tanto logran soportar muchas más carga que si se colocaran uno encima del otro como en el muro 1.

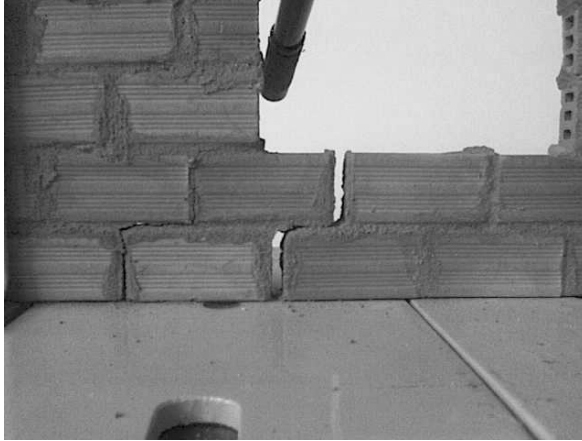
2. Ahora probaremos el muro 3.



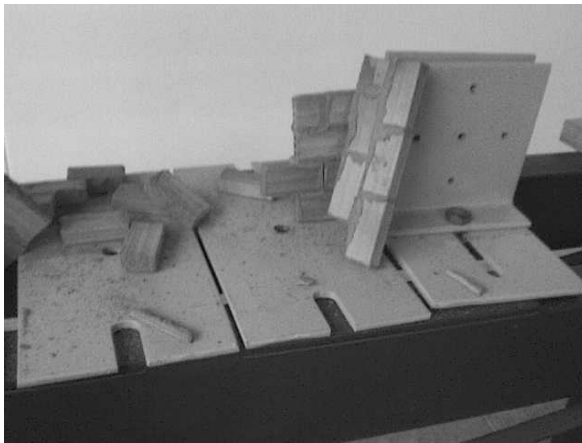
El muro puede soportar una carga considerable, antes de que presente algún tipo de falla.



El muro se empieza a fallar por su parte más débil, casi en la esquina del orificio cuadrado.



En la parte inferior también empieza a presentar una falla similar a la primera.



El muro se debilita rápidamente y colapsa.

Ahora se ensaya el muro 4.



El muro soporta una carga considerable antes de que presente algún tipo de falla o grieta.



Se presenta fallas al igual que el muro 3 en las partes más débiles que son las esquinas.

El muro no colapsa tan rápido como el caso anterior, soporta más carga antes de colapsar.

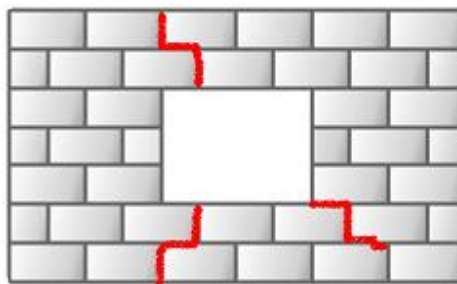


Al final el muro colapsa, como se observa.

- Como es el tipo de falla del muro 3? Haga un dibujo de las fallas.

El muro después de soportar cierta carga, se empieza a debilitar por las esquinas, esto lo debilita y empieza a presentar grietas, tanto en las esquinas inferiores como en las esquinas superiores, el muro colapsa rápidamente.

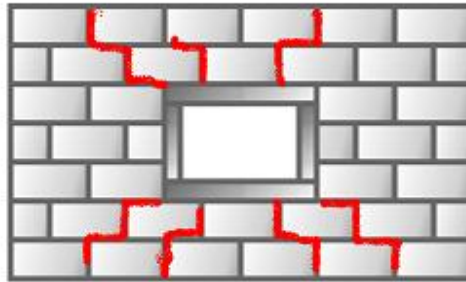
El bosquejo de las fallas queda de la siguiente manera.



- Como es el tipo de falla del muro 4? Haga un dibujo de las fallas.

El muro 4, se comporta al principio de forma similar al muro cuatro, las fallas empiezan por las esquinas, pero no colapsa tan rápidamente que el muro 3, logra presentar mas grietas y al final colapsa luego de soportar muchas más carga que el muro 3.

Un bosquejo aproximado de las fallas que presenta es el siguiente.



- Se observa con claridad que muro soporta más carga? Explíquelo porque?

El muro 4 soporta más carga que el muro 3, aunque los dos se comportan de una manera similar al principio, el muro 4 no colapsa tan rápido que el muro 3, este logra mantenerse sin colapsar soportando mas carga.

- Como influye el refuerzo en balso en su forma de fallar el muro y también en su capacidad de soportar carga?

Este refuerzo está colocado en la parte más débil del muro, el empieza a presentar grietas por las esquinas, pero el refuerzo impide que falle por ahí, el muro debido a esto empieza a agrietarse mas, y al final colapsa, pero el refuerzo aumenta considerablemente la capacidad de soportar carga del muro 4.