

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>08-07-2021</b>	<b>B</b>
Dependencia	Aprobado	Pág.		
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>	<b>0(74)</b>		

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	Marcio Camilo Lobo Rincón Julian Andres Caicedo Quintero		
<b>FACULTAD</b>	Ingenierías		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	Ingeniería Civil		
<b>DIRECTOR</b>	Dr. Ph. Nelson Afanador García		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	Elaboración de un manual para el desarrollo de prácticas académicas en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña		
<b>TITULO EN INGLES</b>	Preparation of a manual for the development of academic practices in the materials resistance laboratory of the Francisco de Paula Santander University, Ocaña section		
<b>RESUMEN</b>			
<p>En este trabajo de investigación se desarrolló un manual de laboratorio enfocado al estudio experimental de la mecánica de los materiales, el cual fue diseñado a partir de las normas técnicas vigentes, y cuenta con una amplia variedad de prácticas.</p> <p>El manual permite llevar a la experimentación distintos materiales, los cuales pueden ser sometidos a diferentes formas de aplicación de carga con el objetivo de estudiar su comportamiento y hacer un análisis más profundo de la calidad de los mismos.</p>			
<b>RESUMEN EN INGLES</b>			
<p>In this research work, a laboratory manual focused on the experimental study of the mechanics of materials was developed, which was designed based on current technical standards, and has a wide variety of practices.</p> <p>The manual allows experimentation with different materials, which can be subjected to different forms of load application in order to study their behavior and make a deeper analysis of their quality.</p>			
<b>PALABRAS CLAVES</b>	Resistencia, manual, materiales, laboratorio, concreto, acero, madera, estructura, arcilla.		
<b>PALABRAS CLAVES EN INGLES</b>	Resistance, manual, materials, laboratory, concrete, steel, wood, structure, clay.		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 74	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 13	CD-ROM:



**Elaboración de un manual para el desarrollo de prácticas académicas en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña**

**Marcio Camilo Lobo Rincón**

**Julian Andres Caicedo Quintero**

**Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña**

**Ingeniería Civil**

**Dr, Ph. Nelson Afanador García**

**20 de mayo de 2022**

## **Dedicatoria**

Este trabajo de grado está dedicado de manera muy especial a mis padres, quienes con su esfuerzo y dedicación han sido fundamentales en cada paso de este proceso, brindando un apoyo incondicional que me permite hoy cumplir un objetivo muy importante como este.

*Marcio Camilo Lobo Rincón*

A mis padres, por su gran esfuerzo y ejemplo que me han brindado durante toda mi vida, también dedico este trabajo a mis familiares y amigos que creyeron en mí y me apoyaron en este proceso.

*Julian Andres Caicedo Quintero*

### **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirme vivir esta experiencia universitaria, la cual culminó de su mano de manera exitosa, de igual forma a mis padres por el apoyo brindado todo el tiempo, también agradecer a cada uno de los ingenieros, profesores, compañeros y colegas que me ayudaron a complementar mi proceso de formación como ingeniero civil. Además, agradecer al Dr. Nelson Afanador García, por dedicarnos su tiempo, paciencia y dedicación en la elaboración de nuestra tesis, agradecer también al laboratorista Iván Darío Bustos por su colaboración que nos permitió también culminar de manera exitosa nuestro trabajo de grado. Por último, agradecer también a todas aquellas personas que de algún modo me brindaron su apoyo para hacer que esto fuera posible.

***Marcio Camilo Lobo Rincón***

Primero le doy gracias a Dios por darme la oportunidad de alcanzar este gran logro en mi vida, también agradecer a mis padres por su apoyo y el gran esfuerzo que hicieron para permitirme dar este gran paso, de igual manera agradecer al Dr. Nelson Afanador García por la dedicación y colaboración de dirigir nuestro proyecto, por último al laboratorista Iván Darío Bustos por su tiempo y hacer este trabajo un éxito.

***Julian Andres Caicedo Quintero***

## Índice

	Pag.
Capítulo 1. Elaboración de un manual para el desarrollo de prácticas académicas en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña. ....	11
1.1 Planteamiento del problema.....	11
1.2 Formulación del problema .....	12
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos .....	13
1.4 Justificación .....	13
1.5 Delimitaciones .....	14
1.5.1 Operativa.....	14
1.5.2 Conceptual .....	15
1.5.3 Geográfica.....	15
1.5.4 Temporal.....	15
2 Marco Referencial.....	16
2.1 Marco histórico .....	16
2.1.1 Antecedentes históricos de los materiales de construcción .....	16
2.1.2 Orígenes de los laboratorios.....	19
2.1.3 Avances de la resistencia de materiales a lo largo de la historia .....	20
2.2 Marco Conceptual.....	23
2.3 Marco teórico .....	28

2.4	Marco Legal .....	30
3	Metodología de la investigación .....	36
3.1	Tipo de investigación .....	36
3.2	Población y muestra .....	36
3.2.1	Población .....	36
3.2.2	Muestra .....	37
3.3	Técnicas e instrumentos de recolección de información .....	37
3.4	Procesamiento y análisis de la información .....	37
4	Ensayos de laboratorio .....	52
4.1	Resistencia en cilindros de concreto .....	52
4.2	Elementos prefabricados en concreto .....	52
4.3	Elementos prefabricados en arcilla .....	52
4.4	Barras de acero .....	53
4.5	Elementos de madera .....	53
4.6	Guaduas .....	53
4.7	Estructuras .....	53
5	Administración del proyecto .....	55
5.1	Recursos humanos .....	55
5.2	Recursos físicos .....	55
5.3	Recursos económicos .....	56
5.4	Recursos institucionales .....	57
5.5	Cronograma de actividades .....	57
6	Resultados .....	59

Conclusiones .....	66
Recomendaciones .....	68
Referencias.....	69

## Lista de tablas

	Pag.
Tabla 1 ¿Qué experiencia tuvo al realizar los ensayos en el laboratorio? .....	38
Tabla 2 ¿Qué dificultades ha tenido en la realización de los distintos ensayos?.....	39
Tabla 3 ¿Actualmente en el laboratorio existe algún manual o guía que le ayude a la realización de los distintos ensayos? .....	40
Tabla 4 ¿Qué medio utiliza como ayuda para elaborar las prácticas experimentales en el laboratorio? .....	41
Tabla 5 ¿Considera que ha logrado un buen aprendizaje en las prácticas de laboratorio que ha realizado hasta el momento?.....	42
Tabla 6 ¿Cree usted que al implementar un manual de procedimientos mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos? .....	43
Tabla 7 ¿Cree usted que las prácticas de laboratorio son necesarias para complementar la experiencia educativa? .....	44
Tabla 8 ¿Cree usted que se mejora la fundamentación teórica al realizar prácticas de laboratorio? .....	46
Tabla 9 ¿Encuentra en los estudiantes dificultades al realizar las prácticas de laboratorio?.....	47
Tabla 10 ¿Actualmente existe en el laboratorio de resistencia de materiales algún manual o guía que ayude a los usuarios en la realización de los distintos ensayos?.....	48
Tabla 11 Al momento de realizar ensayos de laboratorio, ¿qué documentos o guías utiliza para orientar a los estudiantes? .....	49
Tabla 12 ¿Considera que al implementar un manual de procedimiento mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos? .....	50

Tabla 13 Presupuesto detallado del proyecto de investigación .....	56
Tabla 14 Cronograma de actividades.....	57
Tabla 15 Ensayos seleccionados con sus respectivas normas técnicas.....	61
Tabla 16 Número de ensayos realizados para cada práctica.....	63

## Lista de Figuras

	Pag.
Figura 1 Curva esfuerzo-deformación .....	26
Figura 2 ¿Qué experiencia tuvo al realizar los ensayos en el laboratorio? .....	38
Figura 3 ¿Qué dificultades ha tenido en la realización de los distintos ensayos?.....	40
Figura 4 ¿Actualmente en el laboratorio existe algún manual o guía que le ayude a la realización de los distintos ensayos? .....	41
Figura 5 ¿Qué medio utiliza como ayuda para elaborar las prácticas experimentales en el laboratorio? .....	42
Figura 6 ¿Considera que ha logrado un buen aprendizaje en las prácticas de laboratorio que ha realizado hasta el momento? .....	43
Figura 7 ¿Cree usted que al implementar un manual de procedimientos mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos? .....	44
Figura 8 ¿Cree usted que las prácticas de laboratorio son necesarias para complementar la experiencia educativa? .....	45
Figura 9 ¿Cree usted que se mejora la fundamentación teórica al realizar prácticas de laboratorio? .....	46
Figura 10 ¿Encuentra en los estudiantes dificultades al realizar las prácticas de laboratorio?....	47
Figura 11 ¿Actualmente existe en el laboratorio de resistencia de materiales algún manual o guía que ayude a los usuarios en la realización de los distintos ensayos?.....	48
Figura 12 Al momento de realizar ensayos de laboratorio, ¿qué documentos o guías utiliza para orientar a los estudiantes? .....	49

Figura 13 ¿Considera que al implementar un manual de procedimiento mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos? ..... 51

**Capítulo 1. Elaboración de un manual para el desarrollo de prácticas académicas en el  
laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula  
Santander seccional Ocaña**

**1.1 Planteamiento del problema**

La mecánica de los materiales es una de las principales disciplinas de la ingeniería civil y otras ingenierías ya que, se centra en estudiar el comportamiento que tienen los cuerpos sólidos frente a diferentes tipos de carga, con la finalidad de determinar por métodos analíticos las deformaciones, esfuerzos y desplazamientos causados por dichas acciones. (Monroy, 2018)

Estos parámetros mecánicos son indispensables para poder tener un amplio entendimiento sobre las estructuras y así lograr diseños más precisos y seguros en cualquier proyecto de ingeniería.

Las propiedades mecánicas de los materiales sólidos utilizados en la ingeniería se determinan mediante ensayos destructivos, en muestras preestablecidas de cada material. Las muestras se someten a la acción de diferentes cargas hasta que fallan y esto da lugar al término propiedad mecánica, que son las propiedades más importantes cuando se seleccionan los materiales en diseños, donde la función principal de las piezas es soportar fuerza. (Pineda, 2013)

El balance adecuado entre la teoría y la práctica es de vital importancia en el proceso de formación del estudiante como ingeniero civil, por lo tanto, para una mayor comprensión de los

conceptos adquiridos en clase, se hace necesario llevarlos a experimentación y observación en el laboratorio.

Actualmente el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña no cuenta con una guía para la realización de ensayos, carencia que hace ardua la aplicación de los conceptos teóricos, y dificulta el uso correcto de los equipos de laboratorio. Por esta razón, se hace necesaria la implementación de un manual guía de ensayos que permita desarrollar las actividades del laboratorio de una manera eficaz y cumpliendo con todas las normas y lineamientos establecidos para cada tipo de ensayo.

## **1.2 Formulación del problema**

Como parte de la formulación del problema se plantea la siguiente hipótesis:

¿Cómo darle una adecuada y satisfactoria solución a la interpretación y aplicación errónea de aquellas normas que rigen los ensayos de laboratorio de resistencia de materiales?

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo general***

Elaborar un manual para el desarrollo de prácticas académicas en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña a partir de las normas técnicas vigentes.

### **1.3.2 *Objetivos específicos***

- Categorizar y definir los ensayos que se pueden realizar con los equipos disponibles en el laboratorio y las normas técnicas que los guían.
- Desarrollar los ensayos de laboratorio seleccionados siguiendo detalladamente las exigencias requeridas por las normas técnicas.
- Representar adecuadamente en el manual los procedimientos de laboratorio para llevar a cabo los ensayos de una manera correcta.

## **1.4 Justificación**

La realización de prácticas de laboratorio les permite a los estudiantes de ingeniería civil, corroborar los conocimientos adquiridos en las aulas, utilizando diferentes materiales y someténdolos a ensayos que permiten por medio de los resultados generar conclusiones finales sobre el comportamiento real de los mismos. Dichos resultados son la base que permitirá realizar diferentes análisis y llegar a diversas conclusiones, aportando al estudiante destreza en el campo, que posteriormente le brindará facilidad a la hora de desenvolverse como profesional en el diseño y construcción en el área de la ingeniería. (Nieto, 2015)

Este proyecto nace a partir de la necesidad de darle un mejor manejo a los equipos con los que cuenta el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, el cual, como se menciona anteriormente, es un espacio fundamental para complementar el aprendizaje de los estudiantes, y también un lugar clave para la investigación en el campo del análisis estructural.

Asimismo, la presente investigación es vista como una solución práctica a la problemática ya que el resultado final será una herramienta de fácil acceso y comprensión que facilitará el uso del laboratorio y permitirá aprovechar al máximo todos los equipos y procesos que se deseen realizar. Al contar con esta guía, no solo se optimizarán los procesos dentro del laboratorio, sino que se afianzará el conocimiento teórico adquirido por los estudiantes en las aulas y permitirá llevar estos conceptos a la práctica de una manera segura, eficiente y que cumpla con lineamientos establecidos para tal fin.

Del mismo modo, con la ejecución del proyecto se ponen en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera con el propósito de afianzarlos y colocarlos a disposición de las necesidades actuales de la institución, con el fin de alcanzarlos objetivos propuestos.

## **1.5 Delimitaciones**

### ***1.5.1 Operativa***

Para el desarrollo de la presente investigación se tendrá en cuenta la optimización de las actividades de laboratorio, para lo cual se realizará una recopilación de normas y procedimientos que rigen los ensayos, los cuales se llevarán a cabo para ser plasmados posteriormente en el manual.

### ***1.5.2 Conceptual***

El proyecto está basado en los siguientes conceptos: resistencia de materiales, propiedades mecánicas, ensayos de resistencia, análisis estructural, guías de laboratorio, concreto hidráulico, Normas Técnicas Colombianas y otros ensimismados en el desarrollo de la investigación.

### ***1.5.3 Geográfica***

Este proyecto se realizará en el laboratorio de resistencia de materiales ubicado en la sede la primavera de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, Norte de Santander – Colombia.

### ***1.5.4 Temporal***

El trabajo comprende un periodo de 16 semanas del año en curso a partir de la fecha de aprobación de la propuesta.

## 2 Marco Referencial

### 2.1 Marco histórico

#### 2.1.1 *Antecedentes históricos de los materiales de construcción*

La Edad de Piedra es el periodo durante el cual, los seres humanos crearon herramientas de piedra debido a la carencia de una tecnología más avanzada. La madera, los huesos y otros materiales también fueron utilizados, pero la piedra (en particular el pedernal) fue utilizada para fabricar las herramientas y armas de corte. El rango de tiempo que abarca este período es ambiguo, disputado y variable según la región en cuestión. Aunque es posible hablar de un periodo general, denominado la Edad de Piedra para el conjunto de la humanidad, no hay que olvidar que algunos grupos humanos nunca desarrollaron la tecnología del metal fundido y por lo tanto quedaron sumidos en una edad de piedra hasta que se encontraron con culturas tecnológicamente más desarrolladas. Sin embargo, en general, se cree que este período comenzó en alguna parte del mundo hace 2 y 5 millones de años, con la aparición de la primera herramienta humana (o pre-humana). (Marulanda, 2018)

Este periodo fue seguido por la Edad de Bronce, durante el cual, las herramientas de bronce llegaron a ser comunes; esta transición ocurrió entre los 6000 y 2500 A.C.

Tradicionalmente se viene dividiendo esta Edad en Paleolítico, con un sistema económico de caza-recolección y Neolítico, en el que se produce la revolución hacia el sistema económico productivo: agricultura y ganadería. (Marulanda, 2018)

Se denominó calco al cobre, de aquí que el calcolítico sería la época prehistórica correspondiente a la Edad del Cobre. Es una fase intermedia entre la Edad de la Piedra Pulimentada o neolítico y la Edad de Bronce. Se reserva esta denominación para algunas culturas, que presentan rasgos claramente diferenciados, en el periodo entre el 2.500 y el 1.800 a.C., paralelamente entre el neolítico y la Edad de Bronce. El bronce es una aleación de cobre y estaño. El cobre fue el primer metal que utilizó el ser humano y lo hizo hace aproximadamente 5000 años, a finales del Neolítico. En la Península Ibérica el uso del cobre se generaliza hace 4000 años, coincidiendo con las construcciones megalíticas. Otra cultura característica del Calcolítico es la de ornamentación por cuerdas originaria del Norte de Europa. Ambas culturas se desplazaron de sus primitivos asentamientos y emigraron, quizás empujados, hacia Europa (Francia y Alemania). (Marulanda, 2018)

La Edad del Bronce es un período en la civilización en que se desarrolló en metalurgia el empleo de este metal, resultado de la mezcla de cobre y estaño. Fue inventado en oriente medio hacia el IV milenio A.C. sustituyendo al Calcolítico, aunque en otros lugares esta última edad fue desconocida y el bronce sustituye directamente al período Neolítico. En el África negra, el Neolítico es seguido de la Edad de Hierro. La fecha de adopción del bronce varía según las culturas: Asia central el bronce llega alrededor del 2000 A.C. en Afganistán, Turkmenistán, e Irán. En China, lo adopta la dinastía Shang. (Marulanda, 2018)

La Edad de hierro se refiere al periodo en que se desarrolló la metalurgia del hierro. Este metal es superior al bronce en cuanto a dureza y abundancia de yacimientos. El empleo correcto de este mineral comienza en el II milenio, los hititas fueron el primer reino organizado que controló su producción. La expansión del conocimiento sobre el uso del hierro se produce probablemente desde Irán a través del Cáucaso. Esta edad trae cambios importantes, pues los imperios orientales se debilitan, mientras que los centros de poder se desplazan hacia occidente. Así pues, la Edad del Hierro viene caracterizada por la utilización del hierro como metal, aplicación importada de Oriente a través de la emigración de tribus indoeuropeas (celtas), que a partir del 1.200 a.C. empiezan a llegar a Europa Occidental y su periodo alcanza hasta la época romana y en Escandinavia hasta la época vikinga (alrededor del año 1.000 D.C.). Estos emigrantes indoeuropeos, llamados a menudo Celtas, aunque el pueblo de este nombre era solo uno más de los que formaban parte de los desplazados, vinieron en un largo periodo en emigraciones parciales de grupos muy distintos entre sí, aunque conservaban ciertos elementos homogéneos como una serie de lenguas indoeuropeas, y unos hábitos culturales similares. (Marulanda, 2018)

Desde los principios de la era moderna, uno de los objetivos importantes de las investigaciones ha sido el descubrimiento y desarrollo de materiales con propiedades útiles. Los investigadores han descubierto sustancias y también formas de procesar materiales naturales para elaborar fibras, películas, recubrimientos, adhesivos y sustancias con propiedades eléctricas, magnéticas u ópticas especiales. (Marulanda, 2018)

Hoy en día hemos ingresado en una nueva era en la que los avances de la tecnología dependen más que nunca del descubrimiento y desarrollo de nuevos materiales útiles. He aquí algunos ejemplos de cómo tales materiales afectarán todos los aspectos de nuestra vida en el futuro cercano: el acero, el cemento, el descubrimiento del PVC, la fibra de vidrio, grafito y la gran variedad de materiales alternativos que día a día se van descubriendo. (Marulanda, 2018)

### ***2.1.2 Orígenes de los laboratorios***

Los métodos experimentales han sido fundamentales para lograr grandes avances en la ciencia, por lo general estos métodos son llevados a cabo en laboratorios, por lo tanto, los laboratorios se han convertido de vital importancia para la investigación y desarrollo. Es realmente difícil poder llegar a determinar cuál fue el primer laboratorio en la historia del mundo, pues, la experimentación se ha dado en muchas circunstancias y al paso del tiempo se han ido estandarizando y reglamentando según aspectos de seguridad, higiene, control y normalización, lo cual ha ayuda a determinar y diferenciar lo que se define como laboratorio. (Salgado, 2019)

Se podría decir que los primeros laboratorios tuvieron lugar en el siglo XVIII, con el experimento de Benjamin Franklin para el establecimiento de la ley de la conservación de la carga, contemporáneo a Isaac Newton y Charles Coulomb (Universitat Politecnica de Valencia, s.f.). Sin embargo, mucho antes hubo experimentación autónoma. (Salgado, 2019)

La gran variedad de laboratorios que existen hoy en día, se clasifican y se reglamentan según su tipología y área de investigación, como lo es el laboratorio de resistencia de materiales, en el cual se realizan pruebas que permiten determinar y evaluar las propiedades de los diferentes materiales de construcción.

### ***2.1.3 Avances de la resistencia de materiales a lo largo de la historia***

Los orígenes de la Elasticidad y Resistencia de Materiales se remontan a la época de Galileo. Galileo Publico en 1638 sus “Discorsi e dimostrazioni matematiche”. Donde aborda ya problemas tales como el de la viga en voladizo (Cantilever beam) y muchos otros. Sus trabajos marcaron el camino que posteriormente harían de seguir los investigadores interesados en esta disciplina. (Romero García & Museros Romero, 2002)

En el mismo siglo Hooke, en su obra “De potentia restitutiva” (1678) publica resultados sobre el comportamiento de lo que él llama “springy bodies” (esto es, muelles y objetos de similar comportamiento), y constata que si se dobla la carga impuesta a un muelle se obtiene doble desplazamiento. Este hecho se conoce como linealidad entre cargas y desplazamientos, y se verá que en realidad solo es válido cuando los desplazamientos son pequeños. (Romero García & Museros Romero, 2002)

Mariotte, en 1686, publica independientemente el mismo resultado que Hooke sobre la linealidad y lo aplica al estudio de la viga de Galileo. Es además el primero en afirmar que la viga en voladizo soporta peso colgado de su extremo porque algunas de sus fibras se estiran y otras se contraen. (Romero García & Museros Romero, 2002)

Sin embargo, y pese a ser Mariotte el primero en estudiar la distribución de esfuerzos en la viga, es Jacob Bernouilli el que obtiene la ecuación diferencial de la elástica, resultado que ública en 1744. J. Bernouilli llega a esta ecuación, que gobierna la deformación elástica de una viga, mediante consideraciones de equilibrio. (Romero García & Museros Romero, 2002)

Simultáneamente en el mismo año Leonardo Euler llega también a deducir la ecuación de la elástica y la pública. Euler, sin embargo, se basa en consideraciones energéticas para obtenerla: minimiza la integral que representa el trabajo absorbido por la viga en flexión. La sugerencia de seguir este camino parece ser que le vino de la lectura de una carta de otro de los Bernouilli, Daniel, escrita en 1742. (Romero García & Museros Romero, 2002)

Contemporáneamente a estos trabajos se produce la primera aplicación importante del cálculo teórico en la práctica: en 1742 Le Seur, Jacquier y Boscovich presentan un estudio sobre la estabilidad de la cúpula del Vaticano siguiendo la línea trazada por Galileo en sus trabajos. Nótese que los anteriores no eran ingeniero propiamente dichos, sino más bien científicos y matemáticos que intentaban encontrar las leyes que regían el comportamiento de algunos cuerpos. (Romero García & Museros Romero, 2002)

Algunos años más tarde, otro famoso personaje entra en la escena de la resistencia de materiales: Coulomb. Investiga, en profundidad, el estado de esfuerzos en vigas sometidas a flexión (1776) y torsión (1787) y, como se verá, su nombre aparece también

ligado a algunos criterios de plastificación de materiales. (Romero García & Museros Romero, 2002)

Sin embargo, y pese al esfuerzo de todos estos grandes científicos, a principios del siglo XIX no se tenía una teoría unificada para el estudio de los cuerpos elásticos. Más bien se contaba con una especie de “Colección de problemas resueltos” de diferentes tipos (flexión de vigas, torsión, algo de pandeo, etc.). (Romero García & Museros Romero, 2002)

Fue Navier el que, en 1821, partiendo de la hipótesis de que la fuerza establecida entre dos partículas materiales era proporcional al cambio de distancia entre ellas, establece las primeras ecuaciones de equilibrio generales para cuerpos elásticos. Los trabajos de Navier atrajeron la atención de Cauchy, quien corrigió la hipótesis simplificadora de Navier y presentó a la Academia de París un año después una versión muy mejorada de aquellas ecuaciones, pese a todo siguió habiendo controversia sobre algunas de las hipótesis usadas por Cauchy hasta que finalmente, en 1837, George Green formuló el principio de conservación de la energía elástica y obtuvo las ecuaciones básicas de la elasticidad a partir de la Mecánica Analítica de Lagrange. Dichas ecuaciones son las que conocemos hoy en día. (Romero García & Museros Romero, 2002)

Se resalta que Barré de Saint-Venant hizo grandes contribuciones a la solución de problemas de flexión y torsión de cilindros (fundamentalmente en el cálculo de ejes de

motores), y que Kirchhoff investigo la flexión de placas. (Romero García & Museros Romero, 2002)

Con el paso de los años, cuando muchos de los problemas fundamentales de la mecánica de materiales se habían resuelto, fue necesario el uso de matemáticas avanzadas y técnicas de computación para resolver problemas más complejos. En consecuencia, este tema se expandió a otras áreas de la mecánica, como la teoría de la elasticidad y la teoría de la plasticidad. La investigación en estos campos se encuentra en desarrollo y tiene el propósito de resolver problemas de ingeniería más avanzados. (Russell C., 2011)

## 2.2 Marco Conceptual

**Madera:** Material proveniente de los troncos, ramas y raíces de los árboles. Está constituida por un grupo de células que en conjunto constituyen un organismo vivo: el árbol. (Brotóns, 2013)

**Acero de refuerzo:** Los aceros de refuerzo o acero reforzado son indispensables en las obras hechas de concreto, “inmersos” dentro de la estructura brindándole sus propiedades resistentes y garantizando la seguridad de la obra. (Deacero Staff, 2019)

Algunas ventajas más allá de las propiedades y características de los aceros de refuerzo en las construcciones son:

- Mayor seguridad como refuerzo en cualquier tipo de construcción.
- La flexibilidad con base en cada proyecto arquitectónico, como para el uso de vigas voladas, paredes oblicuas, aberturas en el piso, y un sinnúmero de opciones.
- Se puede utilizar con trabajos de prefabricación, para facilitar los tiempos en la etapa del montaje estructural.
- Reducción de costos gracias a su compatibilidad con una gran variedad de materiales complementarios.
- Cuenta con buena resistencia y ductilidad. Así, ayuda a reducir el peso de la construcción y dar mayor estabilidad estructural.
- Reduce el impacto de contaminación al medio ambiente, pues se trabaja sobre proyecto y esto puede generar una propuesta sin desperdicios. (Deacero Staff, 2019)

**Cemento:** El cemento es un polvo fino que se obtiene de la calcinación a 1,450°C de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. El producto del proceso de calcinación es el Clinker, principal ingrediente, el cual se muele finamente con yeso y otros aditivos químicos para producir cemento. (Cemex, 2017)

**Concreto:** El concreto es un material compuesto por cemento, agregados, agua y aditivos como ingredientes principales. El concreto se puede moldear en diferentes formas, es duradero y es el material de construcción más atractivo en términos de su resistencia a la compresión, ya que ofrece la mayor resistencia por costo unitario. (Cemex, 2011)

**Concreto reforzado:** El concreto reforzado, también denominado concreto u hormigón armado, es un material compuesto que resulta convencionalmente de la incorporación de barras o mallas de acero en la masa del concreto. En otras palabras, es un concreto que cuenta con armadura metálica interna. Además del incremento de la resistencia a la tracción y de la ductilidad, el concreto armado es un material que posee un amplio conjunto de características, cuyo estudio es de gran importancia en la ingeniería y construcción civil. (Becosan, 2020)

**Mecánica de materiales:** La mecánica de materiales es una rama de la mecánica aplicada que trata del comportamiento de los cuerpos sólidos sometidos a varios tipos de carga. Este es también un concepto básico de las ingenierías que debe entender toda persona interesada en la resistencia y el desempeño físico de las estructuras, ya sean naturales o hechas por el hombre. (Monroy, 2018)

La mecánica de materiales involucra métodos analíticos para determinar la resistencia, la rigidez (características de deformación), y la estabilidad de varios miembros en un sistema estructural. De forma alternativa, esta área del conocimiento toma los nombres de resistencia de materiales, mecánica de los cuerpos sólidos deformables, o simplemente mecánica de sólidos. (Monroy, 2018)

**Diagrama esfuerzo-deformación:** Se da a partir de los datos obtenidos de ensayos de compresión o tensión, es posible calcular varios valores del esfuerzo y la correspondiente

deformación unitaria en el espécimen y luego graficar los resultados, obteniendo la curva esfuerzo-deformación. (Russell C., 2011)

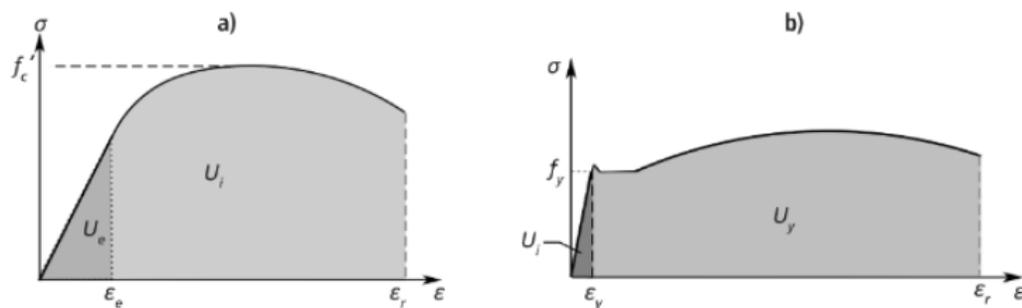
**Rango elástico:** Seda en el momento en que un material en estado sólido se encuentra sometido a la acción de esfuerzos presenta cambios de forma, y al dejar de ejercer estos esfuerzos el material logra recuperar su forma. (Báez, 2015)

**Rango inelástico:** Se presenta cuando parte de las deformaciones presentes en un material son permanentes, el cual se extiende hasta el instante en que se presenta la rotura en el material, perdiéndose así la continuidad en el mismo. (Báez, 2015)

Para entender mejor los conceptos anteriores ver Figura 1.

### Figura 1

*Curva esfuerzo-deformación*



*Nota.* Tomado de (Báez, 2015)

**Deformación:** Las deformaciones se producen porque los materiales necesitan variar las distancias entre sus átomos para ser capaces de transmitir fuerzas. Se tendrá, por tanto, deformación cuando los desplazamientos no son iguales en todos los puntos del cuerpo, es decir cuando hay una variación del campo de desplazamientos de punto a punto.

(Romero García & Museros Romero, 2002)

**Resistencia a la compresión:** Es la capacidad que presenta un material al momento de soportar una carga por unidad de área, y es expresada en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm<sup>2</sup>, MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi). (Osorio, 2013)

**Análisis estructural:** El análisis estructural es la parte de la mecánica que estudia las estructuras, consistiendo este estudio en la determinación de los esfuerzos y deformaciones a que quedan sometidas, por la acción de agentes externos (cargas gravitatorias, fuerzas sísmicas, de vientos, variaciones térmicas, etc.). (Net, 2010)

Con el análisis estructural se busca definir la distribución de las fuerzas y momentos internos, o de los esfuerzos, deformaciones y desplazamientos, de toda o parte de la estructura. Cuando las condiciones lo ameritan, deben realizarse análisis locales adicionales. El análisis debe tener en cuenta los efectos de la rigidez de la cimentación y del suelo cuando estos alteren los resultados del análisis. (Uninorte, 2016)

**Módulo de elasticidad:** Es la relación que existe entre el esfuerzo al que está sometido el material y su deformación por unidad de volumen. Muestra la rigidez del material ante una carga impuesta sobre el mismo. (Osorio, 2011)

### 2.3 Marco teórico

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se emplearán los parámetros establecidos en la Normas Técnicas Colombianas (NTC), para llevar a cabo los ensayos aplicados a los diferentes tipos de materiales mencionados anteriormente (en el marco conceptual), ya que estas normas brindan la información necesaria y facilitan la interpretación para la realización de los ensayos.

A continuación, se mencionan los tipos de ensayos serán realizados en el laboratorio de resistencia de materiales para la ejecución de este proyecto.

**Ensayo de compresión:** Es una práctica que tiene como objetivo mostrar en un material, por ejemplo, madera, piedra u hormigón, el cual se le da el nombre de probeta es sometida a esfuerzos de compresión. (Zapata, 2020)

**Ensayo de flexión:** Es un método experimental que se aplica para determinar las propiedades mecánicas de los materiales relacionadas con los esfuerzos y flechas (deformaciones) en los puntos máximo y de rotura, y módulo elástico en flexión teniendo en cuenta la separación entre apoyos calculada a partir del espesor de la probeta. (Soriano, 2016)

**Ensayo de tracción:** Es un método en el que una probeta del material que se desea evaluar, está sujeta por sus dos extremos y es sometida a fuerzas contrarias a partir de máquinas universales de tracción y la obtención final de las curvas tensión-deformación y fuerza-deformación. (Servosis, 2020)

**Ensayo de impacto:** Método que se utiliza para determinar las propiedades del material sometido a la carga de choque en la torsión, tracción o flexión. Se suele medir la cantidad de energía absorbida al romper la probeta en un único golpe, como en el ensayo de impacto Charpy. (Instron, 2019)

**Ensayos no destructivos:** Es cualquier tipo de prueba que se le practica a un material que no alteran su forma ni sus propiedades. Pues no se muestra ningún tipo de daño o el daño es imperceptible. Este tipo de ensayos sirven para estudiar propiedades físicas, químicas o mecánicas de algunos materiales. (SCI Control & Inpección, 2017)

**Ensayo destructivo:** Son ensayos incluidos dentro de la rama de la ingeniería forense que se practican sobre diversos compuestos para determinar cuáles son sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. El objetivo es verificar si cumplen los estándares de calidad necesarios para garantizar su fiabilidad. A diferencia de las pruebas no destructivas, los ensayos destructivos modifican las propiedades, estructura o geometría de las piezas examinadas, generando daños como deformaciones o roturas que los invalidan para su uso posterior. Por este motivo, los estudios se hacen sobre una

muestra representativa del material denominada probeta, la cual puede tener diversas formas (esfera, cilindro, cubo, etc.). (Infinitia Industrial Consulting, 2020)

## 2.4 Marco Legal

Es importante conocer a detalle las normas que rigen los diferentes ensayos y actividades que componen este proyecto. En este caso usamos las Normas Técnicas Colombianas (NTC), las cuales están avaladas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), y nos brindan la información necesaria para llevar a cabo los ensayos siguiendo los principios de calidad y aprobación establecidos para los mismos.

**NTC-673: Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.** Esta norma establece las pautas para llevar a cabo el ensayo de determinación de la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados.

**NTC-722: Concretos. Método de ensayo para determinar la resistencia a la tensión indirecta en especímenes cilíndricos de concreto.** Establece los requisitos para realizar el ensayo para determinar la resistencia a la tensión indirecta en especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados.

**NTCO-4025: Concretos. Método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión.** Ensayo que establece

el método de ensayo para la determinación de: (1) módulo de elasticidad secante (o módulo de Young) y (2) la relación de Poisson de cilindros de concreto moldeados y núcleos perforados.

**NTC-2017: Adoquines de concreto para pavimentos.** Esta norma establece los requisitos para adoquines de concreto y sus piezas complementarias, aptos para construir pavimentos de adoquines en concreto para: tráfico peatonal, vehicular sobre llanta neumática (incluyendo patios de puertos y de terminales de carga, aeropuertos, terminales de transporte, estaciones de servicio, bodegas, entre otros), y cargas estáticas distribuidas (de almacenamiento a granel).

**NTC-922: Ladrillos sílico calcáreos.** Establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse los ladrillos sílico calcáreos, macizos, perforados o huecos, utilizados principalmente en la construcción de muros y tabiques.

**NTC-4017: Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla.** Esta norma establece los procedimientos de muestreo y ensayo, para todo tipo de ladrillos de arcilla cocida, incluidas las tejas, los adoquines y los bloquelones.

**NTC-4051: Productos cerámicos para construcción. Definiciones y términos.** Contiene términos y definiciones asociados con las normas específicas para unidades de arcilla cocida para mampostería, enladrillados, tejas, y demás productos afines fabricados a partir de arcilla.

**NTC-2289: Barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación, para refuerzo de concreto.** Esta norma cubre las barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación, rectas o en rollos, para refuerzo de concreto usado en aplicaciones donde las restricciones en las propiedades mecánicas y de composición química son compatibles para la aplicación de propiedades de tracciones controladas o requeridas que sirvan para mejorar la soldabilidad.

**NTC-2: Siderurgia. Ensayo de tracción para materiales metálicos. Método de ensayo a temperatura ambiente.** Esta norma especifica el método para el ensayo de tensión de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente.

**NTC-784: Maderas. Determinación de la resistencia a la compresión axial o paralela al grano.** Esta norma tiene como objetivo establecer el método para determinar la resistencia de la madera axial o paralela al grano.

**NTC-785: Maderas. Determinación de la resistencia a la compresión perpendicular al grano.** Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la resistencia de la madera a la compresión perpendicular al grano.

**NTC-944: Maderas. Determinación de la tracción paralela al grano.** Establece el método para determinar el esfuerzo unitario máximo, el esfuerzo unitario al límite de proporcionalidad y el módulo de elasticidad de las maderas a la tracción paralela al grano.

**NTC-663: Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión.** Muestra el método de ensayo para determinar la resistencia de la madera a la flexión, con probetas pequeñas sin defectos.

**NTC-206-1: Maderas. Determinación del contenido de humedad para ensayos físicos y mecánicos.** Esta norma tiene por objeto establecer un método para determinar el contenido de humedad de la madera para ensayos físicos y mecánicos.

**NTC-790: Maderas. Acondicionamiento para los ensayos físicos y mecánicos.** Esta norma tiene por objeto establecer el acondicionamiento de la madera para ensayos físicos y mecánicos.

**NTC-3658: Ingeniería civil y arquitectura. Método para la obtención u ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas.** Tiene por objeto establecer la obtención, la preparación y el ensayo de núcleos extraídos de concreto para la determinación de su longitud o de su resistencia a la compresión o de la resistencia a la tracción indirecta y de vigas aserradas de concreto para la determinación de la resistencia a la flexión.

**NTC-504: Ingeniería civil y arquitectura. Refrentado de especímenes cilíndricos de concreto.** Esta norma contempla aparatos, materiales y procedimientos para el refrentado con cemento puro de cilindros de concretos moldeados en fresco y con yeso de alta resistencia o mortero de azufre para cilindros de concreto endurecido o núcleos extraídos de concreto.

**NTC-3495: Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de muretes de mampostería.** Comprende los procedimientos para la elaboración y ensayo de muretes de mampostería, y los procedimientos para determinar la resistencia a la compresión de la mampostería.

**NTC-4026: Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto para mampostería estructural.** Establece los requisitos para unidades de mampostería, perforadas o macizas de concreto, elaboradas con cemento portland, agua y agregados minerales con la inclusión o no de otros materiales, aptos para elaborar mampostería estructural.

**NTC-4076: Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto para mampostería no estructural interior y chapa de concreto.** Establece los requisitos para unidades de mampostería, perforadas o macizas (bloques y ladrillos), de concreto, elaborados con cemento hidráulico, agua, agregados minerales y aditivos, con la inclusión o no de otros materiales, aptos para elaborar mampostería no estructural, interior y exterior y para las chapas de concreto.

**NTC-2024: Prefabricados de concreto. Muestreo y ensayos de prefabricados de concreto no reforzados, vibrocompactados.** Establece los procedimientos para el muestreo y el ensayo de prefabricados de concreto.

**NTC-3692: Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido.** Esta norma determina el número de rebote del concreto endurecido usando un martillo de acero impulsado por resorte.

**NTC-525: Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua Angustifolia Kunth.** Esta norma especifica los métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas características de la guadua Angustifolia Kunth.

**NTC-20-1: Acero. Ensayo de impacto Charpy (entalla en v).** Esta norma especifica el método para determinar la resistencia del acero al impacto por medio del ensayo Charpy (con entalla en v).

### **3 Metodología de la investigación**

#### **3.1 Tipo de investigación**

Para el desarrollo de esta investigación se tendrá en cuenta el tipo de investigación descriptiva debido a que es aquella que consiste en puntualizar las características de una situación, población, eventos, personas, grupos o comunidades con el objetivo de centrarse en describir la naturaleza y las razones por las que sucede un fenómeno. Además, en este tipo de investigación se obtiene información de la problemática o situación en estudio utilizando diversas técnicas como la observación y la encuesta, entre otras.

#### **3.2 Población y muestra**

##### **3.2.1 Población**

Teniendo en cuenta que este proyecto se desarrollará en el laboratorio de resistencia de materiales con el fin de obtener una guía práctica de ensayos, la población para este trabajo corresponderá a los estudiantes y profesores de ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, los cuales serán los beneficiados por dicho proyecto.

### **3.2.2 Muestra**

La muestra para la investigación estará representada por subgrupos tomados al azar de la cantidad total de la población, los subgrupos estarán conformados por estudiantes y profesores que asesoran los ensayos de laboratorio en sus asignaturas.

### **3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información**

Una de las técnicas que utilizaremos para la recolección de la información será la encuesta, que nos permitirá conocer la opinión de cada uno de los encuestados respecto a la situación actual, además de darnos una idea general que nos permita plantear la mejor manera de dar solución a la problemática presentada.

Además, se utilizará la observación y recolección de información por parte de los investigadores en las normas establecidas para regir los procesos de ensayos, lo cual permitirá la comprensión de estos y su posterior realización en el laboratorio.

### **3.4 Procesamiento y análisis de la información**

Los datos fueron obtenidos por medio de la encuesta y la observación, y dicha información se tabuló, se graficó y se analizó cuantitativa y cualitativamente de acuerdo a los resultados, con el fin de obtener la información adecuada para la ejecución del proyecto y así dejar evidenciada la necesidad de la elaboración de un manual para el desarrollo de prácticas

académicas en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña.

Los resultados obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a estudiantes de ingeniería civil y docentes del programa de ingeniería civil de la universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, se plasmaron en las siguientes tablas y gráficos.

Resultados de las encuestas a estudiantes del programa de ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña:

**Tabla 1**

*¿Qué experiencia tuvo al realizar los ensayos en el laboratorio?*

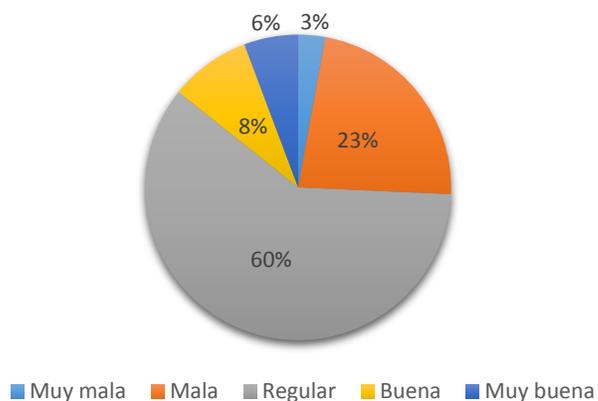
Ítem	Cantidad	Porcentaje
Muy mala	1	3%
Mala	8	23%
Regular	21	60%
Buena	3	9%
Muy buena	2	6%
Total	35	100%

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 2**

*¿Qué experiencia tuvo al realizar los ensayos en el laboratorio?*

**¿Qué experiencia tuvo al realizar los ensayos en el laboratorio?**



*Nota.* Elaboración propia.

En la Figura 2, se puede evidenciar que el 60% de estudiantes expresaron haber tenido una experiencia regular al momento de realizar las prácticas de laboratorio.

**Tabla 2**

*¿Qué dificultades ha tenido en la realización de los distintos ensayos?*

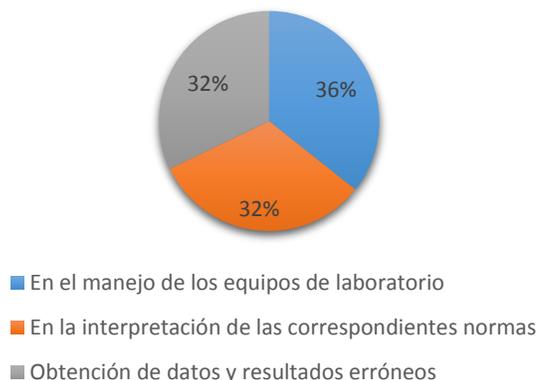
Ítem	Cantidad	Porcentaje
En el manejo de los equipos de laboratorio	20	36%
En la interpretación de las correspondientes normas	18	32%
Obtención de datos y resultados erróneos	18	32%
Total	56	100%

*Nota.* Elaboración propia.

### Figura 3

*¿Qué dificultades ha tenido en la realización de los distintos ensayos?*

**¿Qué dificultades ha tenido en la realización de los distintos ensayos?**



*Nota.* Elaboración propia.

Se evidencia en la gráfica de la Figura 3, que el 36% de los estudiantes tuvieron dificultades con el manejo de los equipos de laboratorio, lo que ocasiona el uso errado de los mismos y por lo tanto no se obtienen los resultados esperados en cada práctica.

### Tabla 3

*¿Actualmente en el laboratorio existe algún manual o guía que le ayude a la realización de los distintos ensayos?*

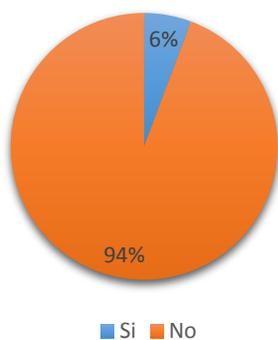
Ítem	Cantidad	Porcentaje
Si	2	6%
No	33	94%
Total	35	100%

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 4**

*¿Actualmente en el laboratorio existe algún manual o guía que le ayude a la realización de los distintos ensayos?*

**¿Actualmente en el laboratorio existe algún manual o guía que le ayude a la realización de los distintos ensayos?**



*Nota.* Elaboración propia.

Como se evidencia en la Figura 4, el 94% de los estudiantes encuestados desconocen la existencia de una guía o manual de procedimientos que les ayude en la realización de ensayos.

**Tabla 4**

*¿Qué medio utiliza como ayuda para elaborar las prácticas experimentales en el laboratorio?*

Ítem	Cantidad	Porcentaje
Manual de otras instituciones	3	6%
Videos de internet	27	53%
Ensayos hechos	21	41%
Total	51	100%

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 5**

*¿Qué medio utiliza como ayuda para elaborar las prácticas experimentales en el laboratorio?*



*Nota.* Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 5, solo el 6% de los estudiantes hizo uso de un manual guía o de procedimientos que les ayudara de manera eficiente a elaborar las prácticas de laboratorios, algunos utilizan recursos como videos de internet donde se muestra el procedimiento de los ensayos o utilizan guías de ensayos ya elaborados.

**Tabla 5**

*¿Considera que ha logrado un buen aprendizaje en las prácticas de laboratorio que ha realizado hasta el momento?*

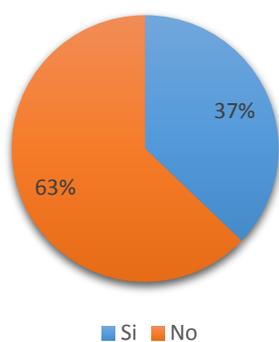
Ítem	Cantidad	Porcentaje
Si	13	37%
No	22	63%
Total	35	100%

*Nota.* Elaboración propia.

### Figura 6

*¿Considera que ha logrado un buen aprendizaje en las prácticas de laboratorio que ha realizado hasta el momento?*

**¿Considera que ha logrado un buen aprendizaje en las prácticas de laboratorio que ha realizado hasta el momento?**



*Nota.* Elaboración propia.

Se puede apreciar en la Figura 6 que alrededor del 63% de los estudiantes consideran que no han obtenido un buen aprendizaje en la realización de las prácticas de laboratorios.

### Tabla 6

*¿Cree usted que al implementar un manual de procedimientos mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos?*

Ítem	Cantidad	Porcentaje
Si	35	100%

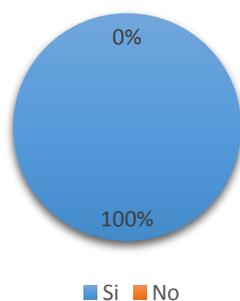
No	0	0%
Total	35	100%

*Nota.* Elaboración propia.

### **Figura 7**

*¿Cree usted que al implementar un manual de procedimientos mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos?*

**¿Cree usted que al implementar un manual de procedimientos mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos?**



*Nota.* Elaboración propia.

Se aprecia en la Figura 7 que la totalidad de estudiantes encuestados consideran la necesidad de un manual de procedimientos que les ayude a la realización de las prácticas de laboratorio y así evitar dificultades y otros inconvenientes que se presentan.

### **Tabla 7**

*¿Cree usted que las prácticas de laboratorio son necesarias para complementar la experiencia educativa?*

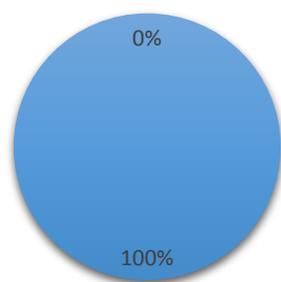
Ítem	Cantidad	Porcentaje
Si	35	100%
No	0	0%
Total	35	100%

*Nota.* Elaboración propia.

### **Figura 8**

*¿Cree usted que las prácticas de laboratorio son necesarias para complementar la experiencia educativa?*

**¿Cree usted que las prácticas de laboratorio son necesarias para complementar la experiencia educativa?**



■ Si ■ No

*Nota.* Elaboración propia.

Como se evidencia en la Figura 8, todos los estudiantes encuestados respondieron de manera positiva, pues consideran que las prácticas de laboratorio brindan una mejor comprensión teórica y son una buena herramienta para poner práctica los conocimientos adquiridos en clase.

Resultados de las encuestas dirigidas a docentes del programa de ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña:

**Tabla 8**

*¿Cree usted que se mejora la fundamentación teórica al realizar prácticas de laboratorio?*

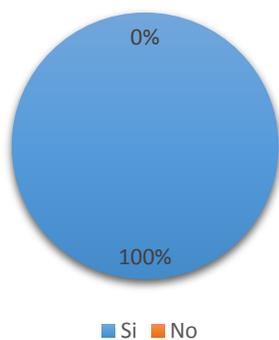
Ítem	Cantidad	Porcentaje
Si	5	100%
No	0	0%
Total	5	100%

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 9**

*¿Cree usted que se mejora la fundamentación teórica al realizar prácticas de laboratorio?*

¿Cree usted que se mejora la  
fundamentación teórica al realizar prácticas  
de laboratorio?



*Nota.* Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Figura 9, la totalidad de los docentes están de acuerdo en que las prácticas de laboratorio mejoran la fundamentación teórica.

**Tabla 9**

*¿Encuentra en los estudiantes dificultades al realizar las prácticas de laboratorio?*

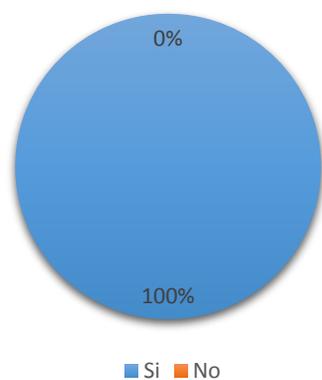
Ítem	Cantidad	Porcentaje
Si	5	100%
No	0	0%
Total	5	100%

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 10**

*¿Encuentra en los estudiantes dificultades al realizar las prácticas de laboratorio?*

**¿Encuentra en los estudiantes dificultades al realizar las prácticas de laboratorio?**



*Nota.* Elaboración propia.

La Figura 10 muestra que la totalidad de docentes respondieron que sí, pues los estudiantes no cuentan con una guía específica que sea de fácil acceso. Solo se apoyan en las correspondientes normas y se les hace tortuosa el entendimiento de estas.

**Tabla 10**

*¿Actualmente existe en el laboratorio de resistencia de materiales algún manual o guía que ayude a los usuarios en la realización de los distintos ensayos?*

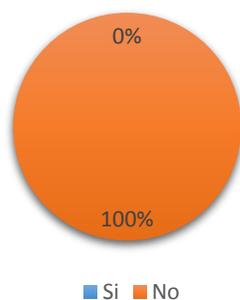
Ítem	Cantidad	Porcentaje
Si	0	0%
No	5	100%
Total	5	100%

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 11**

*¿Actualmente existe en el laboratorio de resistencia de materiales algún manual o guía que ayude a los usuarios en la realización de los distintos ensayos?*

**¿Actualmente existe en el laboratorio de resistencia de materiales algún manual o guía que ayude a los usuarios en la realización de los distintos ensayos?**



*Nota.* Elaboración propia.

Como se aprecia en la Figura 11, la totalidad de docentes respondieron de manera negativa, ya que no existe ningún manual de ensayos para guiar a los estudiantes en el laboratorio de resistencia de materiales.

**Tabla 11**

*Al momento de realizar ensayos de laboratorio, ¿qué documentos o guías utiliza para orientar a los estudiantes?*

Ítem	Cantidad	Porcentaje
Manual de otras instituciones	1	13%
Videos de internet	1	13%
Ensayos hechos	3	38%
Otros	3	38%
Total	8	100%

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 12**

*Al momento de realizar ensayos de laboratorio, ¿qué documentos o guías utiliza para orientar a los estudiantes?*

**Al momento de realizar ensayos de laboratorio, ¿qué documentos o guías utiliza para orientar a los estudiantes?**



*Nota.* Elaboración propia.

De acuerdo con las respuestas de los docentes, mostradas en la Figura 12, se puede evidenciar que para guiar las prácticas de laboratorio se apoyan en diferentes medios como: videos de internet, ensayos ya realizados y otros medios que corresponden a la norma del ensayo a elaborar.

**Tabla 12**

*¿Considera que al implementar un manual de procedimiento mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos?*

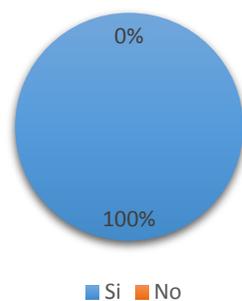
Ítem	Cantidad	Porcentaje
Si	5	100%
No	0	0%
Total	5	100%

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 13**

*¿Considera que al implementar un manual de procedimiento mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos?*

**¿Considera que al implementar un manual de procedimiento mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos?**



*Nota.* Elaboración propia.

Se evidencia en la Figura 13 que la totalidad de los docentes consideran importante la implementación de un manual de procedimientos en el laboratorio de resistencia de materiales, ya que el estudiante contará con pautas específicas y procedimientos para consultar antes de realizar los ensayos.

## **4 Ensayos de laboratorio**

Los ensayos de laboratorio que se desarrollarán y serán representados en este proyecto de investigación estarán organizados de la siguiente manera:

### **4.1 Resistencia en cilindros de concreto**

- Resistencia a compresión en cilindros normales de concreto.
- Resistencia a tracción indirecta en cilindros de concreto.
- Módulo de elasticidad estático, relación de Poisson, en concreto a compresión.

### **4.2 Elementos prefabricados en concreto**

- Resistencia a la compresión en bloques de concreto.
- Resistencia a la flexión en bloques de concreto.
- Resistencia a la compresión en adoquines de concreto.
- Resistencia a la flexión en adoquines de concreto.

### **4.3 Elementos prefabricados en arcilla**

- Resistencia a la compresión en unidades prefabricadas de arcilla.
- Resistencia a la flexión en unidades prefabricadas de arcilla.
- Absorción inicial en unidades prefabricadas de arcilla.
- Absorción final en unidades prefabricadas de arcilla.

- Compresión en prismas o muretes de mampostería.
- Tracción diagonal en muretes de mampostería.

#### **4.4 Barras de acero**

- Resistencia a la tracción y módulo de elasticidad en barras corrugadas de acero.
- Ensayo de impacto Charpy (entalla en v).

#### **4.5 Elementos de madera**

- Resistencia a la compresión paralela al grano en madera.
- Resistencia a la compresión perpendicular al grano en madera.
- Resistencia a la tracción paralela al grano en madera.
- Resistencia a la flexión en madera.
- Resistencia al cizallamiento paralelo al grano en madera.

#### **4.6 Guaduas**

- Resistencia a la compresión en guaduas.
- Resistencia al corte en guaduas.

#### **4.7 Estructuras**

- Determinación del número de rebote del concreto endurecido.

- Extracción de núcleos de concreto.
- Resistencia a la compresión de núcleos extraídos de concreto.
- Resistencia a la tracción indirecta de núcleos extraídos de concreto.
- Ultrasonido en elementos de concreto.

## **5 Administración del proyecto**

La administración de este proyecto de investigación está desglosada en los siguientes ítems:

### **5.1 Recursos humanos**

Marcio Camilo Lobo Rincón y Julián Andrés Caicedo Quintero. Estudiantes del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña. Autores del proyecto de grado.

Ing. Nelson Afanador García, Ph.Dr.

Director del presente proyecto de grado.

Iván Darío Bustos Arias.

Laboratorista, laboratorio de resistencia de materiales Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña.

### **5.2 Recursos físicos**

Los responsables del presente proyecto cuentan con equipos de cómputo, acceso a internet y demás herramientas básicas para la ejecución del proyecto.

### 5.3 Recursos económicos

Para el desarrollo del presente proyecto se estima un presupuesto de (\$ 2.317.291,16), descrito a continuación en la Tabla 13.

**Tabla 13**

*Presupuesto detallado del proyecto de investigación*

Ítem	Actividad	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>1.</b>	<b>RECURSOS MATERIALES</b>					
<b>1.1</b>	Papelería					
<b>1.1.1</b>	Resma de papel	-	Und	1	\$ 14.730,00	\$ 14.730,00
<b>1.1.2</b>	Carpeta	-	Und	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00
<b>1.1.3</b>	Lapiceros, lápices, marcadores y borradores	-	Global	1	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
<b>1.2</b>	Materiales de laboratorio					
<b>1.2.1</b>	Probetas de madera	-	Und	15	\$ 3.000,00	\$ 45.000,00
<b>1.2.2</b>	Bloques de arcilla	-	Und	21	\$ 1.200,00	\$ 25.200,00
<b>1.2.3</b>	Ladrillos de arcilla	-	Und	5	\$ 500,00	\$ 2.500,00
<b>1.2.4</b>	Bloques de cemento	-	Und	10	\$ 2.500,00	\$ 25.000,00
<b>1.2.5</b>	Adoquines de cemento	-	Und	10	\$ 2.000,00	\$ 20.000,00
<b>1.2.6</b>	Barras de acero	-	kg	10	\$ 5.350,00	\$ 53.500,00
<b>1.2.7</b>	Molde metálico para cilindros de concreto	-	Und	1	\$ 90.000,00	\$ 90.000,00
<b>1.2.8</b>	Cemento	-	kg	70,04	\$ 600,00	\$ 42.021,00
<b>1.2.9</b>	Arena	-	m <sup>3</sup>	0,11	\$ 90.000,00	\$ 10.085,04
<b>1.2.10</b>	Grava	-	m <sup>3</sup>	0,17	\$ 180.000,00	\$ 30.255,12
<b>2.</b>	<b>EQUIPOS DE COMPUTO</b>					
<b>2.1</b>	Computador	Por uso	Global	1	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00
<b>2.2</b>	Impresora	-	Global	1	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00
<b>2.3</b>	Energía eléctrica para los equipos	Por uso	Global	1	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
<b>2.4</b>	Conexión a internet	Por uso	Global	1	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00
<b>3.</b>	<b>SERVICIO DE TRANSPORTE</b>					
<b>3.1</b>	Transporte	-	Global	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00

<b>4. RECURSOS TÉCNICOS</b>						
<b>4.1</b>	Ensayos					
<b>4.1.1</b>	Cilindros de concreto	-	Global	1	\$ 135.000,00	\$ 135.000,00
<b>4.1.2</b>	Elementos prefabricados en concreto	-	Global	1	\$ 275.000,00	\$ 275.000,00
<b>4.1.3</b>	Elementos prefabricados en arcilla	-	Global	1	\$ 440.000,00	\$ 440.000,00
<b>4.1.4</b>	Barras de acero y perfiles	-	Global	1	\$ 125.000,00	\$ 125.000,00
<b>4.1.5</b>	Elementos de madera	-	Global	1	\$ 278.000,00	\$ 278.000,00
<b>4.1.6</b>	Ensayos de estructuras	-	Global	1	\$ 530.000,00	\$ 530.000,00
<b>Costo total del proyecto</b>						<b>\$ 2.317.291,16</b>

*Nota.* Elaboración propia.

#### **5.4 Recursos institucionales**

Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, Norte de Santander, Biblioteca Argemiro Bayona Portillo de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, bases de Datos suscritas en la Universidad, Laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña.

#### **5.5 Cronograma de actividades**

El cronograma de actividades para la realización de este proyecto de investigación se encuentra descrito en la Tabla 14.

#### **Tabla 14**

*Cronograma de actividades*

Actividades	Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Consulta bibliográfica para construcción del marco referencial	■															
Diseño de la metodología de investigación	■															
Diseño de la encuesta y aplicación	■	■														
Tabulación y análisis de la información			■													
Visita al laboratorio de Resistencia de Materiales para realizar observación de la situación actual			■													
Realización de ensayos en elementos de madera				■	■	■										
Realización de ensayos en elementos de acero							■	■								
Realización de ensayos prefabricados en arcilla									■	■						
Realización de ensayos prefabricados en concreto									■	■						
Realización de ensayos en cilindros de concreto										■	■	■	■			
Realización de ensayos en estructuras														■	■	
Encuentro con el director para revisiones		■		■		■		■		■		■		■		■
Ejecución de correcciones al proyecto		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Entrega del proyecto terminado																■

*Nota.* Elaboración propia.

## 6 Resultados

Conforme al primer objetivo específico se categorizaron y definieron los ensayos de laboratorio que era posible realizar con los equipos que cuenta el laboratorio actualmente, los cuales fueron organizados según el material.

Los equipos disponibles en el laboratorio se presentan a continuación:

- Máquina Universal de ensayos con capacidad de aplicación de carga de 1000 kN.
- Máquina Universal de ensayos con capacidad de aplicación de carga de 100 kN.
- Calibrador digital con sensibilidad  $\pm 0,01$  mm.
- Balanza electrónica digital con precisión de 100 gr
- Equipo de Econocap.
- Lona de seguridad para especímenes cilíndricos.
- Cabezales o apoyos de acero.
- Platinas suplementarias de apoyo para cilindros de concreto.
- Listones de cartón de 3 mm de espesor por 1" de ancho.
- Compresómetro.
- Extensómetro digital de sensibilidad  $\pm 0,01$  mm.
- Placas de acero fundido para soportar los especímenes de ensayo.
- Herramientas para refrentado con yeso.
- Cinta métrica o metro.

- Horno eléctrico digital con circulación forzada de aire con capacidad máxima de 200 °C
- Soportes para ensayo de flexión.
- Nivel de burbuja.
- Contenedor o bandeja metálica.
- Soportes de metal inoxidable.
- Soportes metálicos para los extensómetros.
- Dispositivos transformadores diferenciales de variación lineal para medición de desplazamientos, en mm (LVDT).
- Equipo multiplexor de 8 canales para registro de datos.
- Software “registro multicanal” para registro de datos.
- Gato hidráulico de 20 ton
- Celda de carga de 200 kN.
- Soporte para extensómetro digital.
- Punzón.
- Transportador de ángulo de dos brazos.
- Pinzas de muestra Charpy (entalla en v).
- Péndulo de impacto Tinius Olsen.
- Abrazadera para instalación del extensómetro.
- Instrumento de montaje de la probeta de compresión paralela.
- Accesorio adicional para fijar las probetas durante el ensayo.
- Mordazas de acero fundido para soporte de la probeta.
- Dispositivo de ensayo de cizallamiento.

- Martillo de rebote.
- Piedra abrasiva.
- Regla o escuadra.
- Yunque de calibración para martillo de rebote.
- Instrumento ultrasónico.
- Gel utilizado para el acople.
- Taladro de núcleos.
- Broca diamantada de 4".
- Sierra eléctrica circular marca Dewalt.
- Segueta manual.

También, se presentan en la Tabla 16 los ensayos seleccionados a partir de los equipos disponibles y las respectivas normas técnicas que los rigen.

**Tabla 15**

*Ensayos seleccionados con sus respectivas normas técnicas*

Categoría	Ensayos	Normas técnicas
Cilindros de concreto	Resistencia a la compresión en cilindros normales de concreto	NTC 673
	Resistencia a tracción indirecta en cilindros de concreto	NTC 722
	Módulo de elasticidad estático, relación de Poisson, en concreto a compresión	NTC 4025
	Resistencia a la compresión en bloques de concreto	NTC 4024

Elementos prefabricados de concreto	Resistencia a la flexión en bloques de concreto	NTC 4024
	Resistencia a la compresión en adoquines de concreto	NTC 2017
	Resistencia a la flexotracción (módulo de rotura) en adoquines de concreto	NTC 2017
Elementos prefabricados en arcilla	Resistencia a la compresión en unidades prefabricadas de arcilla	NTC 4017
	Resistencia a la flexión en unidades prefabricadas de arcilla	NTC 4017
	Tasa inicial de absorción (T.I.A) en unidades prefabricadas de arcilla	NTC 4017
	Ensayo de inmersión durante 24 horas en unidades prefabricadas de arcilla	NTC 4017
	Resistencia a la compresión en muretes o prismas de mampostería	NTC 3495
	Resistencia a la tracción diagonal en muretes de mampostería	NTC 4925
Elementos de acero	Resistencia a la tracción en barras corrugadas de acero	NTC 2289
	Ensayo de impacto Charpy (entalla en v)	NTC 20-1
Elementos de madera	Resistencia a la compresión paralela al grano en madera	NTC 784
	Resistencia a la compresión perpendicular al grano en madera	NTC 785
	Resistencia a la tracción paralela al grano en madera	NTC 944
	Resistencia a la flexión en madera	NTC 663
	Resistencia al cizallamiento paralelo al grano en madera	NTC 775
Guaduas	Resistencia a la compresión en guaduas	NTC 5525
	Resistencia al corte en guaduas	NTC 5525

	Determinación del número de rebote del concreto endurecido	NTC 3692
	Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto	NTC 4325
Estructuras	Obtención de núcleos extraídos de concreto	NTC 3658
	Resistencia a la compresión en núcleos extraídos de concreto	NTC 673
	Resistencia a la tracción indirecta en núcleos extraídos de concreto	NTC 722

*Nota.* Elaboración propia.

De acuerdo a lo planteado en el segundo objetivo específico de este trabajo de investigación se llevan a cabo los ensayos seleccionados a partir del cronograma de actividades definido anteriormente, y se realiza el número de ensayos requeridos para cada práctica por las normas técnicas vigentes.

A continuación se presentan en la Tabla 16 el número de ensayos realizados para cada práctica seleccionada.

**Tabla 16**

*Número de ensayos realizados para cada práctica*

Categoría	Ensayos de laboratorio	Normas técnicas	Número de ensayos realizados
	Resistencia a compresión en cilindros normales de concreto	NTC 673	1
Cilindros de concreto	Resistencia a tracción indirecta en cilindros de concreto	NTC 722	1
	Módulo de elasticidad estático, relación de Poisson, en concreto a compresión	NTC 4025	1

Elementos prefabricados de concreto	Resistencia a la compresión en bloques de concreto	NTC 4024	1
	Resistencia a la flexión en bloques de concreto	NTC 4024	1
	Resistencia a la compresión en adoquines de concreto	NTC 2017	5
	Resistencia a la flexotracción (módulo de rotura) en adoquines de concreto	NTC 2017	5
Elementos prefabricados en arcilla	Resistencia a la compresión en unidades prefabricadas de arcilla	NTC 4017	5
	Resistencia a la flexión en unidades prefabricadas de arcilla	NTC 4017	5
	Tasa inicial de absorción (T.I.A) en unidades prefabricadas de arcilla	NTC 4017	5
	Ensayo de inmersión durante 24 horas en unidades prefabricadas de arcilla	NTC 4017	5
	Resistencia a la compresión en muretes o prismas de mampostería	NTC 3495	1
	Resistencia a la tracción diagonal en muretes de mampostería	NTC 4925	1
Elementos de acero	Resistencia a la tracción en barras corrugadas de acero	NTC 2289	1
	Ensayo de impacto Charpy (entalla en v)	NTC 20-1	1
Elementos de madera	Resistencia a la compresión paralela al grano en madera	NTC 784	3
	Resistencia a la compresión perpendicular al grano en madera	NTC 785	3
	Resistencia a la tracción paralela al grano en madera	NTC 944	3
	Resistencia a la flexión en madera	NTC 663	3
	Resistencia al cizallamiento paralelo al grano en madera	NTC 775	3
Guaduas	Resistencia a la compresión en guaduas	NTC 5525	1

	Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto	NTC 3692	1
	Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto	NTC 4325	1
Estructuras	Obtención de núcleos extraídos de concreto	NTC 3658	2
	Resistencia a la compresión en núcleos extraídos de concreto	NTC 673	1
	Resistencia a la tracción indirecta en núcleos extraídos de concreto	NTC 722	1

*Nota.* Elaboración propia.

En definitiva, el desarrollo de este proyecto de investigación estuvo encaminado a la elaboración de un manual para el desarrollo de prácticas académicas que permitirá a los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco De Paula Santander seccional Ocaña, ejecutar de manera adecuada ensayos en el laboratorio de Resistencia de Materiales de la institución, apoyándose en los lineamientos establecidos por las normas técnicas vigentes, y partiendo de un documento que brindará facilidad al momento de su interpretación, y además, servirá para aprovechar el tiempo durante los ensayos de laboratorio, aspectos que se verán reflejados en la formación académica de los estudiantes y facilitará su aprendizaje. (Ver Apéndice A).

## Conclusiones

La elaboración del manual de prácticas académicas para el laboratorio de resistencias de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña se realiza de manera satisfactoria, consolidándose como una herramienta de gran utilidad para los estudiantes al momento de llevar a cabo los diferentes ensayos, pues en el están descritos los procedimientos de forma específica y acompañados de un buen registro fotográfico, el cual reduce las dificultades al interpretar el procedimiento en el momento de realizar ensayos.

En la actualidad, el laboratorio de resistencia de materiales cuenta con una amplia variedad de equipos para realizar actividades experimentales y estudiar el comportamiento de diferentes materiales y elementos, por lo tanto, se identificaron y definieron los ensayos que podían llevarse a cabo para implementarlos en este trabajo de investigación, en el cual los mismos fueron clasificados en grupos de acuerdo a la índole de cada material.

Las especificaciones técnicas, conceptos teóricos, procedimientos y cálculos de cada uno de los ensayos seleccionados se elaboraron de acuerdo a los requisitos establecidos en las Normas Técnicas Colombianas (NTC), normas internacionales ASTM, ISO, las cuales suministraron la información adecuada para el desarrollo de este proyecto.

La búsqueda y estudio de estas normas mencionadas anteriormente permitió la correcta representación de los diferentes ensayos de laboratorio mostrados en el manual, los cuales cuentan con una buena fundamentación teórica y a la vez están descritos de manera sencilla y concreta, brindando facilidad a la hora de interpretar y llevar a cabo las prácticas de laboratorio.

Los formatos suministrados en el manual para la toma de datos de cada ensayo fueron elaborados siguiendo algunos formatos guía encontrados en las normas técnicas, y se realizaron con el objetivo de facilitar al estudiante el registro ordenado de los datos obtenidos en el laboratorio y de los parámetros que deben calcularse para práctica, los cuales, a su vez, proporcionarán comodidad al momento de hacer una entrega de resultados o redactar un informe de laboratorio.

## Recomendaciones

En el proceso de elaboración de este manual de ensayos, es muy importante contar con una amplia variedad de fuentes de información, especialmente normas técnicas, que permitan describir de manera detallada los procedimientos, cálculos y conceptos concernientes a cada ensayo realizado.

Antes de realizar los ensayos es recomendable estudiar las normas técnicas y recolectar la mayor información posible con el objeto de evitar inconvenientes durante cada proceso, especialmente en el manejo de los equipos y en la toma de datos correspondientes a cada práctica, y así, se evitará la obtención de datos erróneos, o incluso, accidentes dentro del laboratorio.

Al momento de realizar los ensayos se debe contar con una cámara fotográfica con la capacidad de registrar imágenes de buena calidad, con el objetivo de facilitar a través del registro fotográfico una correcta explicación de los procedimientos de cada uno de los ensayos.

Se sugiere a los estudiantes que hagan uso del manual imprimir o sacar copias de los formatos con los que cuenta cada ensayo previo a la realización de las prácticas en el laboratorio, pues en ellos podrán consignar de manera ordenada los datos obtenidos a medida que se desarrollan los ensayos.

## Referencias

- Báez, F. L. (2015). *Concreto reforzado: fundamentos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Becosan. (19 de Junio de 2020). *Becosan*. <https://www.becosan.com/es/concreto-reforzado/>
- Brotóns, P. U. (2013). *Construcción de estructuras de madera*. ECU.
- Cemex. (14 de Febrero de 2011). *Cemex*. <https://www.cemex.com/es/productos-servicios/productos/concreto-premezclado>
- Cemex. (16 de Agosto de 2017). *Cemex*. <https://www.cemex.com/es/productos-servicios/productos/cemento>
- Deacero Staff. (7 de Noviembre de 2019). *Deacero*. Deacero: <https://blog.deacero.com/aceros-de-refuerzo-la-seguridad-que-tu-construccion-necesita>
- Infinitia Industrial Consulting*. (28 de Julio de 2020). Ensayos destructivos y cuándo aplicarlos: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/ensayos-destructivos-y-cuando-aplicarlos/>
- Instron*. (8 de Febrero de 2019). Ensayo de impacto: <https://www.instron.com/es-ar/our-company/library/glossary/i/impact-test>
- Marulanda, J. (2018). *Materiales de construcción*. Cordoba: El Cid Editor.
- Monroy, A. (20 de Octubre de 2018). *cmicac*. <https://cmicac.com/2018/10/27/mecanica-de-materiales/>
- Net, A. (20 de Marzo de 2010). *Arquidiaria*. Arquidiaria: <http://arquidiaria.blogspot.com/2010/03/conceptos-basicos-de-analisis.html>
- Nieto, G. C. (2015). *SIB Digital*. SIB Digital : <http://elibro-net.sibdigital.ufpso.edu.co/es/ereader/ufpso/70100?page=4>

- Osorio, J. D. (3 de Julio de 2013). *Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión*. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>
- Romero García, M., & Museros Romero, P. (2002). *RESITENCIA DE MATERIALES*. Universitat Jaume I.
- Russell C., H. (2011). *Mecánica de materiales. Octava edición*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Salgado, C. (03 de Febrero de 2019). *Brain Support*. Brain Support: <https://www.brainlatam.com/blog/laboratorios-su-origen-y-reglamentacion-330>
- SCI Control & Inpección*. (14 de Diciembre de 2017). Obtenido de ENSAYO NO DESTRUCTIVO: TIPOS Y FUNCIONES: <https://scisa.es/ensayo-no-destructivo/>
- Servosis*. (12 de Mayo de 2020). ¿Qué es un ensayo de tracción?: <https://www.servosis.com/noticias/que-es-un-ensayo-de-traccion-32#:~:text=Este%20m%C3%A9todo%20consiste%20en%20la,deformaci%C3%B3n%20y%20de%20tensi%C3%B3n%20deformaci%C3%B3n.>
- Soriano, N. (7 de Julio de 2016). *AIMPLAS*. AIMPLAS: <https://www.aimplas.es/tipos-ensayos/propiedades-mecanicas-de-los-materiales-plasticos/ensayo-de-flexion/>
- Uninorte. (2 de Enero de 2016). *Uninorte*. Uninorte: <http://ylang-ylang.uninorte.edu.co:8080/Objetos/ingenieria/analisis-estructural/analisis.html>
- Zapata, F. (25 de Mayo de 2020). *Lifeder*. Lifeder: <https://www.lifeder.com/ensayo-de-compresion/>

**Apéndice A. Manual para el desarrollo de prácticas académicas en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña.**

Se adjunta el manual a través del siguiente enlace:

[https://drive.google.com/file/d/1an5vzeQG8jy0BUKTD\\_tIZpjBfpQeCbai/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1an5vzeQG8jy0BUKTD_tIZpjBfpQeCbai/view?usp=sharing)

**Apéndice B. Formato de la encuesta a estudiantes de ingeniería civil.**

Encuesta dirigida a estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña.

Objetivo: Conocer su satisfacción en cuanto a su experiencia dentro del laboratorio y las dificultades que han presentado durante la ejecución de prácticas de laboratorio.

**¿Cómo califica su experiencia cuando ha realizado ensayos en el laboratorio de resistencia de materiales?**

Muy mala\_\_ Mala\_\_ Regular\_\_ Buena\_\_ Muy buena\_\_

**¿Qué dificultades ha tenido en la realización de los distintos ensayos?**

Si\_\_ No\_\_ ¿Por qué?

**¿Existe actualmente en el laboratorio de resistencia de materiales algún manual o guía que le ayude a la realización de los distintos ensayos?**

Sí\_ No\_

**¿Considera que ha logrado un buen aprendizaje con las prácticas de laboratorio que ha realizado hasta el momento?**

Si\_\_ No\_\_ ¿Por qué?

**¿Cree usted que al implementar un manual de procedimientos mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos?**

Sí\_ No\_ ¿Por qué?

**¿Cree usted que las prácticas de laboratorio son necesarias para complementar la experiencia educativa?**

Sí\_ No\_ ¿Por qué?

**Apéndice C. Formato de la encuesta a docentes del programa de ingeniería civil.**

Encuesta dirigida a docentes del programa de ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña.

Objetivo: Conocer su satisfacción en cuanto al uso del laboratorio en prácticas académicas realizadas con sus estudiantes y las estrategias que utilizan para dirigir esas prácticas actualmente.

**¿Cree usted que se mejora la fundamentación teórica al realizar prácticas de laboratorio?**

Sí\_\_ No\_\_ ¿Por qué?

**¿Encuentra en los estudiantes dificultades al realizar las prácticas de laboratorio?**

Sí\_\_ No\_\_ ¿Por qué?

**¿Actualmente existe en el laboratorio de resistencia de materiales algún manual o guía que ayude a los usuarios en la realización de los distintos ensayos?**

Sí\_ No\_

**Al momento de realizar ensayos en el laboratorio, ¿Qué documentos o guías utiliza para orientar a los estudiantes?**

Manuales de otras universidades\_\_ Videos de internet\_\_ Ensayos hechos\_\_ Otro\_\_

**¿Considera que al implementar un manual de procedimientos mejoraría el rendimiento y facilitaría la realización de los distintos ensayos?**

Sí\_ No\_ ¿Por qué?