

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO PARA LAS PRÁCTICAS DE TORSIÓN Y DUREZA PARA
EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LAS
BACHILLERES: GÓMEZ VELÁSQUEZ,
DANIELA VALENTINA Y PINTO
ZAPATA, BÁRBARA ISABEL. PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL.**

CIUDAD BOLÍVAR, OCTUBRE DE 2023



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado **“DISEÑO PARA LAS PRÁCTICAS DE TORSIÓN Y DUREZA PARA EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES”**, presentado por los bachilleres **GÓMEZ VELÁSQUEZ, DANIELA VALENTINA, y PINTO ZAPATA, BÁRBARA ISABEL**, cédulas de identidad N° 28.541.142 y 27.536.940 ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesor Giovanni Grieco

(Asesor)

Profesor Antonio Sequera

(Jurado)

Profesor Orlando Guevara

(Jurado)

Prof. Rodolfo González
Jefe del Departamento de Ing. Civil

Prof. Francisco Monteverde
Director de la Escuela

Ciudad Bolívar, 05 de octubre de 2023

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen principalmente, por guiarme y mostrarme el camino correcto hacia el éxito, por poner a las personas indicadas en mi vida y darme sabiduría en todo momento.

A mis padres, porque su apoyo y amor incondicional es lo que me ha llevado a lograr cualquier meta que me propongo, me han enseñado a valorar cada momento, a nunca desistir, a cada día esforzarme y lograr superarme. Pero sobre todo gracias por ser mi refugio y mi hogar.

A mis hermanos, Daniel y Mariangel, por ser mi mejor compañía y por hacerme reír cada día y cada noche, por su apoyo incondicional, este camino no habría sido igual sin su compañía. A mi hermano Francisco Andrés, porque aún en la distancia, sabía que al volver a casa estaría para hacerme reír una vez más.

A mis abuelas, María y Aleida, han sido una gran apoyo en mi vida, gracias por amarme y cuidarme. A mi abuelo, que desde el cielo sé que está muy feliz por este triunfo.

A mi sobrinito Elian, porque con su ternura, amor y alegría, puede hacerme olvidar cualquier cosa, me da paz y felicidad hasta en los momentos más difíciles.

A mi novio, José Caraballo, por amarme, ayudarme cuando lo necesito y por siempre estar para escucharme. Gracias por ser mi equipo e impulsarme, por hacerme confiar en mis capacidades cuando yo misma creía todo imposible.

A mis mejores amigas, Claudia y María, por ser cómplices de mi alegría y mi desarrollo como ser humano y profesional.

Daniela V, Gómez V.

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar, por darme la fuerza y la valentía en momentos de desistir y por siempre guiarme hacia el camino del éxito.

A mis padres, por ser mi pilar fundamental, por su amor, por todo su esfuerzo, por su apoyo siempre, por sus palabras de aliento en momentos de frustración, por inculcarme el verdadero valor de tener una formación académica desde nivel de educación inicial hasta hoy día nivel universitario, por enseñarme a enfrentar cada obstáculo y como poder vencer cada uno de ellos, y por impulsarme a superarme y seguir creciendo. Sin ustedes, nada de esto hubiese sido posible.

A mis hermanos: Gabriela, Andrés, Alejandro, Nathalia y Somalí, por ser mi compañía tanto cerca como lejos en el transcurso de mi vida, por ayudarme cuando lo necesité, por sus buenos consejos y por esas charlas y risas para despejar mi mente cuando me encontraba bajo estrés.

A mi novio Sebastián, por su amor y confianza, por siempre apoyarme con mi formación académica, por su ayuda y por siempre estar en mis momentos de crisis y calmarlos.

Bárbara I, Pinto Z

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen, por guiarme y permitirme cumplir esta meta que tanto soñé, y hoy se está haciendo realidad.

A mi familia, amigos y novio, por estar para mí en todo momento, gracias.

A mi tutor de tesis, Giovanni Grieco, por enseñarme con paciencia y profesionalismo. Ha sido un honor haber contado con usted para realizar mi trabajo de grado.

A la Sra Jacqueline Freites, por su apoyo y ayuda desde el primer día. Por recibirme para hacer mi trabajo de grado, por todos los consejos y por siempre recordarme que todo saldría bien. Pero sobre todo muchas gracias por su cariño y dedicación.

A la Universidad de Oriente, por ser el lugar donde me forme como profesional, madure, crecí y conocí amigos y profesores increíbles. Gracias por ser la casa más alta del Oriente Venezolano.

A la empresa metalmecánica RGCA y el Torno y Servicios Quinada F.P, por permitirnos hacer nuestros ensayos con éxito en sus espacios. Especialmente a mi tío y futuro colega, Edwin Marcano, porque a lo largo de la carrera siempre estuvo para guiarme y explicarme con paciencia.

A mis amigos y futuros colegas: Bárbara, Néstor y Edymar, gracias por cada reunión que estaban llenas de risas. Gracias por hacer más agradable este camino.

Finalmente, a todas aquellas personas que de alguna manera aportaron su granito de arena a lo largo de mi carrera, gracias.

Daniela V, Gómez V

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme finalizar los estudios, a pesar de todas las adversidades que se presentaron en el camino.

A mi familia y a mi novio, por todo el esfuerzo para que lograra llegar a la meta y por ser siempre mi apoyo incondicional.

A mi tutor Giovanni Grieco, por su ayuda, orientación y colaboración en la tesis.

A mis amigos: Daniela, Néstor y Edymar por iniciar este camino juntos desde el semestre uno, por vencer los obstáculos a lo largo de la carrera en conjunto, por esas reuniones de estudio y para reírnos, y por esas salidas para distraernos.

A la señora Jacqueline Freitas, por su generosa contribución y paciencia para llevar a cabo los alcances de la tesis de grado.

A la Empresa Metalmecánica RGCA, por prestar el apoyo para realizar las pruebas de dureza, basadas en el ensayo de Brinell y el ensayo de Rockwell.

Al Torno y Servicios Quijada F.P, por brindar el apoyo de realizar la prueba de torsión en su taller.

A los profesores de la Universidad de Oriente, por su entrega y dedicación, por esforzarse cada día en enseñarnos para ser buenos profesionales, sin importar nada.

A la Universidad de Oriente, por brindarme la oportunidad de estudiar en ella y formarme como profesional hoy en día.

Por último, a todos los que formaron parte del camino durante el transcurso de la carrera y que también aportaron alguna enseñanza y aprendizaje para mí.

Bárbara I, Pinto Z

RESUMEN

En el presente estudio se realizaron los ensayos de torsión y dureza en barras de acero, con el fin de establecer las propiedades que presentan dichos materiales, así como los pasos que necesarios para realizar los ensayos y adaptarlos de manera didáctica para el uso de los mismos en los laboratorios universitarios, diseñando de esta forma las prácticas de laboratorio con alternativas del uso de máquinas especializadas que normalmente se utilizan para el manejo de dichos ensayos; todo esto motivado por la falta de equipos e instalaciones de laboratorios que presentan algunas universidades en el país, por razones económicas, políticas, sociales, etc. Los ensayos realizados y las prácticas diseñadas en este trabajo siguen los lineamientos de las normas nacionales e internacionales. Esta investigación se sustenta en los ensayos de torsión y dureza en barras de acero para el diseño de prácticas de laboratorio. Es un estudio tipo descriptivo con diseño experimental y de campo por las pruebas realizadas en laboratorio. Las técnicas de recolección de información fue la observación directa. Las técnicas de análisis de información fue el procesamiento cuantitativo, por la naturaleza del estudio. Los resultados de la investigación permitieron establecer o diseñar procedimientos de prácticas de laboratorio para ensayos de torsión y dureza en barras de acero. Además de dar alternativas de enseñanza para profesores y estudiantes universitarios cursantes de la carrera de ingeniería civil.

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE APÉNDICES.....	xiv
LISTA DE ANEXOS.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. SITUACION A INVESTIGAR.....	4
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Objetivos de la investigación.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Justificación de la investigación	5
1.4 Alcance de la investigación	7
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	8
2.1 Descripción	8
2.2 Ubicación Geográfica del área en estudio.	8
2.3 Acceso al área de estudio.....	9
2.3 Características físicas y naturales.	10
2.3.1 Topografía.....	10
2.3.2 Geomorfología	10

2.3.3 Geología.....	11
2.3.4 Altitud.....	11
2.3.5 Clima.....	11
2.3.6 Temperatura.....	11
2.3.7 Precipitación.....	11
2.3.8 Evaporación.....	12
2.3.9 Geografía.....	12

CAPITULO III. MARCO TEÓRICO..... 13

3.1 Antecedentes de la investigación.....	13
3.2 Bases Teóricas.....	14
3.3 Bases legales.....	30
3.4 Definición de términos básicos.....	31

CAPITULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO..... 33

4.1 Nivel de investigación.....	33
4.1.1 Investigación descriptiva.....	34
4.2 Diseño de Investigación.....	34
4.2.1 Investigación documental.....	35
4.2.2 Investigación de campo.....	35
4.2.3 Investigación experimental.....	36
4.3 Población y Muestra.....	36
4.3.1 Población.....	36
4.3.2 Muestra.....	37
4.4 Fases de la metodología de trabajo.....	37
4.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	39
4.6 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.....	41

CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	43
5.1 Realizar ensayo de torsión en probetas de acero, determinar el módulo de rigidez del material	43
5.2 Realizar ensayo de dureza probetas de acero, determinar la dureza del material.....	49
5.2.1 Ensayo de dureza de Brinell	49
5.2.2 Ensayo de dureza rockwell	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
Conclusiones de ensayo de torsión.	59
Conclusiones de ensayo de dureza.....	59
Recomendaciones de ensayo de torsión.....	60
Recomendaciones de ensayo de dureza.	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS.....	61
APÉNDICES	63
ANEXOS	111

LISTA DE FIGURAS

2.1 Ubicación geográfica de El Tigre en el mapa de Venezuela	9
2.2 Ubicación geográfica del área de estudio. (Google maps).	10
3.1. Fuente: Mecánica de materiales Beer&Jhoston, p. 180 (Beer, 2010).....	16
3.2 Indentador ejerciendo fuerza “P” sobre el material estudiado.....	19
3.3 Medición de huella obtenida por la presión del indentador.....	19
3.4 Durómetro, máquina para medir la dureza de los materiales.	21
3.5 Diagrama de la esfera cuando penetra en el material.	22
3.6 Aplicación de la carga principal.	27
3.7 Dial del durómetro.....	28
4.1 Etapas de la metodología de trabajo. Elaboración propia (2023).....	39
5.1 Gráfico de ensayo de torsión (S (kg/cm ²)).....	47
5.2 Gráfico de ensayo de torsión (T (cm kg)).....	49
5.3 Selección de la barra calibrada	51
5.4 Dureza de la barra calibrada	51
5.5. Se coloca el yunque en la probeta.....	52
5.6. Golpe del yunque con el martillo.....	52
5.7. Observación de las impresiones.....	53
5.8. Escala Móvil de Telebrineller.....	54

5.9 Puntos de impacto en la probeta	55
5.10 Selección del material a ensayar	56
5.11 Ubicación del equipo en la probeta.....	57
5.12 Funcionamiento del durómetro.	57

LISTA DE TABLAS

3.1. Tablas Rockwell.....	26
5.1 Resultados del ensayo de torsión.....	45
5.2 Resultados del ensayo de torsión.....	46
5.3 Resultados del ensayo de torsión.....	48
5.4. Resultados del ensayo de dureza	54
5.5. Resultados del ensayo de dureza	58

LISTA DE APÉNDICES

A. PRÁCTICA DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE TORSIÓN.....	64
B. PRÁCTICA DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE DUREZA.....	88

LISTA DE ANEXOS

- 1 NORMA VENEZOLANA COVENIN 10013:2002, DIRECTRICES PARA LA DOCUMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTION DE LA CALIDAD (1era Revisión).
- 2 CODIGO ASME Sección II Parte A. REQUERIMIENTOS MECANICOS SA-105/Sa-105M.
- 3 CODIGO ASME SECCIÓN II PARTE A. REQUERIMIENTOS MECANICOS SA-193/SA-193M.
- 4 FOTOGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS PARA TORSIÓN.
- 5 FOTOGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS PARA DUREZA BRINELL Y ROCKWELL.

INTRODUCCIÓN

A través de la historia, el hombre ha buscado diversas formas para desarrollarse y evolucionar, lo cual involucra la búsqueda constante de elementos que faciliten su vida, elementos que en esencia se traducen en la búsqueda al final de nuevos materiales; en un comienzo piedras, madera, fibras naturales y en algún momento el hombre descubre los metales, marcando un hito importante en el desarrollo de la civilización.

Los metales han sido parte fundamental del desarrollo de la humanidad, por cuanto gracias al desarrollo de la tecnología de los metales se han construido nuevas máquinas y artefactos que ayudan y facilitan cada vez más la vida del hombre. Por esto, científicos e investigadores en su búsqueda para generar y desarrollar nuevas tecnologías, buscan conocer y proyectar con mayor precisión las propiedades físico-mecánicas de nuevos metales para brindar soluciones que ofrezcan mayor resistencia, menor peso a un bajo costo, para ser utilizarlos en los nuevos productos tecnológicos.

Además la evolución de la sociedad, ha estado íntimamente ligado a la capacidad de producir y conformar los materiales necesarios para satisfacer las necesidades que se van requiriendo con el transcurso del tiempo, un ejemplo puede ser vivienda, transporte, enseres, maquinaria, herramientas de trabajo. Es por eso que los diseñadores y fabricantes tienen un constante interés en conocer las propiedades de los materiales, con el objetivo de poder garantizar y certificar que sus productos cumplen con todas las expectativas mediante el desarrollo de los ensayos de materiales

Existen dos tipos de ensayo, los destructivos y los no destructivos. Como su nombre lo indican los destructivos deforman el material mientras que los no destructivos son ensayos que no alteran las propiedades físicas.

Los ensayos destructivos más comunes son: ensayo de tracción, ensayo de compresión, ensayo de cizallamiento, ensayo de flexión, ensayo de resistencia, ensayo de fatiga de materiales, ensayo de dureza y el ensayo de torsión. La presente investigación se enfocara en dos tipos de ensayo de gran importancia como son el ensayo de torsión y el ensayo dureza.

Debido a que los ensayos de materiales es un campo en desarrollo, es de gran importancia que la comunidad académica del departamento de Ingeniería Civil, específicamente el Laboratorio de mecánica de materiales de la Universidad de Oriente haga parte en este proceso, trabajando conjuntamente con la industria, ofreciendo las herramientas que permita detectar las propiedades de los materiales, además de poder integrar a los estudiantes en los retos que tiene la sociedad. Por lo que es importante para la Facultad de Ingeniería civil contar con capacidad experimental en sus laboratorios para el proceso de formación de un ingeniero por lo que se hace necesario conocer experimentalmente los comportamientos de los materiales y con esto los estudiantes fortalecerán y comprenderán las estructuras conceptuales aprendidas en el aula de clases que luego podrán usar en su vida laboral

Tomando en cuenta lo anteriormente planteado se hace necesario el Diseño de los procedimientos para las prácticas de torsión y dureza del Laboratorio de Mecánica de Materiales.

Para el logro de los objetivos planteados y de acuerdo al marco metodológico referencial estudiado, el trabajo de investigación se estructuró de la siguiente manera:

Capítulo I. Situación a investigar: comprende el planteamiento del problema; el objetivo general, los objetivos específicos y justificación de la investigación. Donde se plantea la necesidad de realizar un diagnóstico para conocer la situación actual de los laboratorios de materiales de ciencias de la tierra, Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, donde se aplicaran los procedimientos de torsión y dureza que permitirán fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos.

Capítulo II. Generalidades: describe la ubicación y acceso al área de estudio, además de las generalidades climáticas, geológicas e hidrológicas de la zona de estudio.

Capítulo III. Marco teórico referencial: donde están incluidos los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y bases legales que fundamentan la investigación.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: establece la metodología a seguir para encaminar la investigación a los objetivos planteados, contempla el procedimiento o marco metodológico, la modalidad y tipo de investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo V. Análisis e interpretación de resultados: expone los resultados de los objetivos de la investigación, y que fueron determinados siguiendo la metodología planteada en el Capítulo IV.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones, producto de la investigación, además los Apéndices y Anexos que apoyan la exposición de la información que en los Capítulos anteriores se ha podido recopilar.

CAPITULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Hoy por hoy, la necesidad del sector empresarial de contratar personal idóneo y práctico que esté a la vanguardia con la tecnología de los materiales es cada vez mayor, por lo que requieren profesionales que conozcan de manera clara los materiales, sus características y principios básicos entre otros elementos, y que, además, pueda solucionar los inconvenientes que lleguen a presentar al momento de hacer diseños de proyectos o en la construcción de los mismo.

Como se dijo anteriormente los ensayos de materiales es un campo en desarrollo y es de gran importancia que la comunidad académica del departamento de Ingeniería Civil, específicamente el Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad de Oriente haga parte en este proceso, trabajando conjuntamente con la industria, ofreciendo las herramientas que permita detectar las propiedades de los materiales, además de poder integrar a los estudiantes en los retos que tiene el sector empresarial.

El laboratorio de mecánica de materiales de la Universidad de Oriente sede Ciudad Bolívar, no cuenta con una herramienta que le permita a los estudiantes de Ingeniería Civil, seguir un procedimiento normalizado para realizar las prácticas de los ensayos que se deben desarrollar, lo que por consiguiente ha limitado la experiencia en las práctica de los estudiantes en el proceso de aprendizaje y aleja a los profesionales de la institución de las oportunidades laborales que en el sector industrial tanto regional como nacional.

Lo anterior genera la necesidad de contar con procedimientos para las prácticas de laboratorio que solucionen las carencias existentes.

Tomando en cuenta lo anteriormente planteado se hace necesario el Diseño de los procedimientos para las prácticas de torsión y dureza del Laboratorio de Mecánica de Materiales.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Diseñar los procedimientos para las prácticas de torsión y dureza de barras de aceros del Laboratorio de Mecánica de Materiales.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Realizar ensayo de torsión en probetas de acero de sección circular y determinar el módulo de rigidez del material.
2. Realizar ensayo de dureza en probetas de acero de sección circular y determinar la dureza o la resistencia a la penetración del material

1.3 Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación consiste en realizar el diseño de las prácticas del laboratorio de mecánica de materiales que pueda servir a los estudiantes de ingeniería civil para realizar ensayos de laboratorio de probetas de acero, porque actualmente el mismo carece de los procedimientos.

Por todo lo anteriormente descrito, se justifica el proyecto desde los siguientes puntos de vista:

Desde el aspecto metodológico el estudio sirve a los estudiantes ya que proporciona información relevante para optimizar la metodología implementada en el diseño de los procedimientos. También contribuye motivando a los estudiantes a realizar investigaciones sobre las propiedades de los materiales usando los distintos ensayos que dan como resultado la conformidad de los mismos desde el punto de vista de la calidad. Por tal razón se espera que se convierta en material de referencia y sirva de punto de partida, para que se profundice y se amplíe la información acerca del tema tratado.

El aporte social de la investigación se centra en el beneficio para los estudiantes y futuros profesionales ya que sirve como apoyo para fortalecer la practicas de ensayos de torsión y dureza en barras de acero del laboratorio de mecánica de materiales.

Desde el punto de vista teórico este proyecto permitirá ofrecer la información recabada y pertinente de los fundamentos teóricos que permiten la comprensión de las propiedades mecánicas de los metales, los métodos de ensayo, la incertidumbre de resultados en pruebas de laboratorio de acuerdo a la normas que aplican así como las estructuras de los procedimientos documentados, los equipos, materiales y herramientas, las actividades a realizar, los criterios de aceptación y los registros a ser implementados por los estudiantes y profesores del laboratorio.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto aportará como beneficio los cálculos realizados de acuerdo a las normas y procedimientos de ensayos utilizados como soporte.

1.4 Alcance de la investigación

Con este proyecto, se pretende realizar el diseño de los procedimientos para las prácticas de torsión y dureza de barras de aceros del laboratorio de mecánica materiales de ciencias de la tierra, con la finalidad de ser usados en los diferentes cursos, principalmente por los profesores y estudiantes de Ingeniería Civil.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Descripción

RGCA es una empresa metalmecánica venezolana dedicada a la fabricación, reparación y suministro de partes, piezas y equipos. Su misión es satisfacer consistentemente las necesidades de productos y servicios de sus clientes, cumpliendo a cabalidad con los requerimientos de calidad, tiempo de entrega y costo, dentro de un entorno armónico, con preservación al medio ambiente, confiable, socialmente responsable e integralmente seguro. Su visión es consolidarse como empresa líder en el sector industrial y ser reconocida por sus clientes, empleados, socios, proveedores y comunidad como confiable y generadora de bienestar.

2.2 Ubicación Geográfica del área en estudio.

El Tigre es una ciudad de Venezuela ubicada en el Estado Anzoátegui, es la capital del Municipio Simón Rodríguez y está situada al sur del estado Anzoátegui, equidistante al río Orinoco y al mar Caribe, en la mesa de Guanipa, cruzada por el río Tigre, como se muestra en la figura 2.1. Por otra parte, El Tigre también se encuentra en conurbación total con la ciudad de San José de Guanipa, capital del Municipio Guanipa. El área de estudio se encuentra ubicada donde fue realizado el ensayo, en la avenida Jesús Subero, Parroquia Edmundo Barrios, en El Tigre, Estado Anzoátegui.



Figura 2.1 Ubicación geográfica de El Tigre en el mapa de Venezuela

2.3 Acceso al área de estudio.

El acceso al área de estudio se encuentra en la avenida Jesús Subero, vía local de la ciudad. Se puede acceder por la calle Paulino Oliveri, cruce con avenida Jesús Subero a 2km del Hotel Luxor en la Empresa Metalmecánica RGCA, dedicada a la fabricación, reparación y suministro de partes, piezas y equipos del sector petrolero e industrial en general. (Figura 2.2).

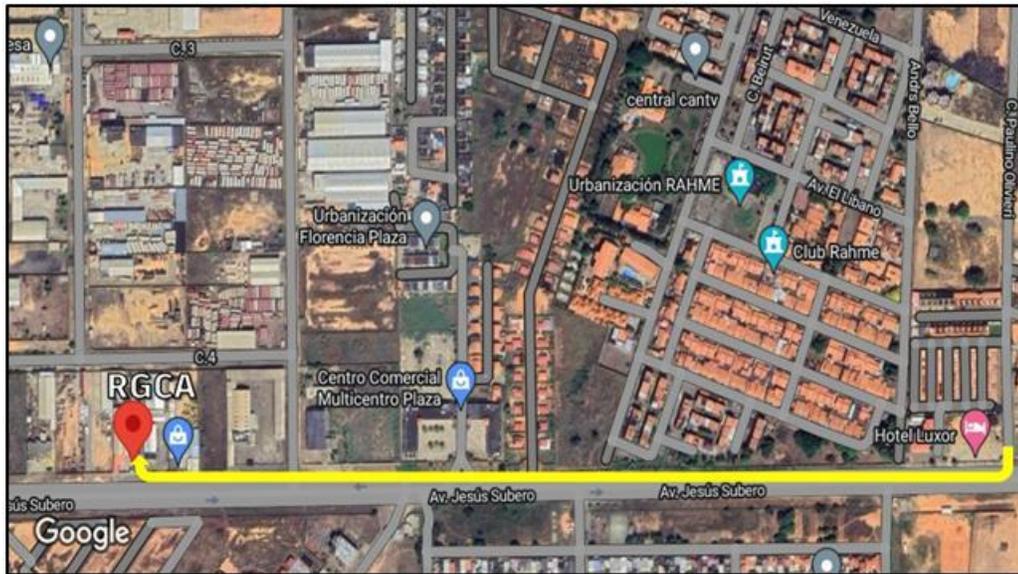


Figura 2.2 Ubicación geográfica del área de estudio. (Google maps).

2.3 Características físicas y naturales.

2.3.1 Topografía.

En El Tigre la topografía característica está representada por relieves de plano a suavemente ondulado, exceptuando colinas bajas ocasionales que pueden alcanzar los 50 metros sobre las mesas, las cuales tienen un promedio de 250 m.s.n.m.

2.3.2 Geomorfología

El área de la ciudad de El Tigre se encuentra en la zona fisiográfica designada como “Mesa”, la cual es una unidad relativamente uniforme en cuanto al clima y el suelo. Presentando una pendiente media inferior al 5%, y como relieve principal los producidos ríos, que naciendo en la misma mesa la dividen formando farallones o pendientes fuertes, ocasionales sistemas de terrazas.

2.3.3 Geología

Sobre el territorio de la ciudad El Tigre, se extiende una gran planicie denominada “La Mesa de Guanipa” que se lleva 250 m.s.n.m con suelos secos, arenosos y apenas cubierta por una sabana boscosa de pequeños árboles. Dicha Mesa de Guanipa domina una amplia extensión entre los ríos Unare y Orinoco; su altitud va decreciendo hacia el sur, debido a la acción erosiva de los afluentes del río Orinoco

2.3.4 Altitud

El Tigre, está localizado a 265 metros de altitud sobre el nivel del mar, ubicándose al sur del Estado Anzoátegui, equidistante al río Orinoco y al mar Caribe, en la mesa de Guanipa, cruzada por el río Tigre.

2.3.5 Clima

Debido a que la ciudad se encuentra ubicada en la mesa de Guanipa, el clima que presenta de acuerdo la clasificación de Koeppen es (AWG) clima tropical de sabana, 2 periodos bien marcados, como es el periodo de invierno (mayo-octubre) y el periodo de verano (noviembre-abril).

2.3.6 Temperatura

En El Tigre la temperatura promedio oscila entre los 20° C y 36° C, esta variedad es representada por las temporadas de lluvia y sequía, presentando en altas y variadas formas.

2.3.7 Precipitación

En El Tigre se observa una cantidad media anual de lluvias aproximadamente de unos 1200 mm. Estas altas cantidades, favorecen la presencia de ríos menores como el río Tigre.

2.3.8 Evaporación

En el municipio Simón Rodríguez la evaporación, de acuerdo con la bibliografía consultada arroja una evaporación media anual de 1960 mm; menor evaporación (120 – 180 mm). Por ello existe un balance hídrico desfavorable en la región de aproximadamente 800 mm que no tienen efectos considerables, debido a la existencia de buenos recursos hídricos superficiales y aguas subterráneas (acuíferos).

2.3.9 Geografía

El Tigre está conformado por dos parroquias, la norte y la sur, cuya línea divisoria son las Avenidas Intercomunal, Francisco de Miranda, Jesús Subero, la avenida 5 y la vía que conduce a Los Yopales, llamadas: Parroquia Edmundo Barrios (zona norte) Y Parroquia Miguel Otero Silva (zona sur), además le integra los caseríos rurales: Boca de los Caños, Las Margaritas, Las Piedritas, La Aventazón y Las Magnolias. Destacando que los sectores más viejos de esta pujante ciudad del sur del Estado Anzoátegui: Casco Viejo, Boca de Los Caños, Pueblo Ajuro, El Silencio, La Charneca, Oficina 1 y Cañoajuro.

El municipio Simón Rodríguez cuenta con una superficie de 703 km² y limita al Norte con el municipio Pedro María Freites, al Sur con el municipio Francisco de Miranda, al Este con el municipio Guanipa y al Oeste con el municipio Francisco de Miranda.

CAPITULO III.

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación.

Villa B. Manuel A. y Morera Juan R. (2011), en su trabajo de grado titulado “Diseño y fabricación de un prototipo de laboratorio para la enseñanza experimental de la prueba de un ensayo de dureza Brinell HBW en aceros de bajo carbono y materiales no ferrosos a estudiantes de diseño tecnológico de la Universidad Pedagógica Nacional” para optar al título de licenciados en diseño tecnológico con énfasis en sistemas mecánicos de la Universidad Pedagógica Nacional Facultad De Ciencia y Tecnología, Departamento de Tecnología Licenciatura en Diseño Tecnológico Con Énfasis En Sistemas Mecánicos Bogotá D.C.

Presenta el proceso de diseño y construcción de un prototipo que permite la enseñanza experimental del de la prueba de ensayo de dureza Brinell basados en la NTC3 que especifica el método de ensayo para materiales metálicos. Para la fabricación del prototipo se aplica la metodología propuesta por Nigel Cross que hace referencia al diseño de productos siguiendo una serie de etapas que permitieron el desarrollo del prototipo de una forma clara, simple y estructurada de modo que desde un comienzo se obtuvo un patrón para la elaboración del proyecto y posterior análisis de actividades incorporadas, integrando las diferentes áreas del conocimiento alrededor del diseño. Se recopilan los fundamentos teóricos que permiten la comprensión de las propiedades mecánicas de los metales, los métodos de ensayo para calcular su dureza así como la incertidumbre de resultados en pruebas de laboratorio. Adicionalmente se implementó un modelo pedagógico para la enseñanza experimental del ensayo de dureza estableciendo las condiciones que caracterizan los componentes necesarios para el aprendizaje caracterizado por la posibilidad de interacción entre los actores intelectuales¹ además facilita a los estudiantes el contacto directo con todos los componentes del prototipo mediante la práctica experimental que se rige por las siguientes etapas contextualización, desarrollo temático, socialización, evaluación y profundización

Esta tesis se utilizó como referencia en el desarrollo de las bases teóricas y en el enfoque de la aplicación del procedimiento siguiendo una serie de etapas que permitieron el desarrollo del prototipo de una forma clara, simple y estructurada de modo que desde un comienzo se obtuvo un patrón para la elaboración del proyecto y posterior análisis de actividades incorporadas, integrando las diferentes áreas del conocimiento alrededor del diseño. (pp. 10-17).

OLAYA, L. y PARRA, D. (2020), en su trabajo de grado titulado “Banco didáctico de ensayos a torsión” para optar al título de Ingeniero Electromecánico en la Universidad Antonio Nariño Facultad De Ingeniería Mecánica, Electrónica Y Biomédica, Ibagué, Colombia, presentan como fue el proceso para obtener la fabricación y puesta a punto de un banco didáctico que efectúa ensayos de torsión a probetas normalizadas según la norma ASTM-E143. La primera actividad consistió en que se realizó un análisis de sensibilidad en el sistema de medición del ángulo de giro y del par torsor del prototipo, y este se efectuó con base a la teoría del error; Al contar con estos criterios se determinó el error que se comete en el sistema de medición. Luego se compró los dispositivos electrónicos requeridos para las mediciones. Seguido a esto se procedió a la fabricación en el mercado local de las piezas requeridas guiándose de los planos del diseño detallado, para posteriormente ejecutar el ensamble, se realizaron los ajustes y la calibración del prototipo y se ejecutaron pruebas para la verificación de un correcto funcionamiento. Finalmente se realizó material pedagógico con un paso a paso de cómo realizar los ensayos y un Manual de mantenimiento para garantizar una mayor vida útil del prototipo.

Este trabajo de investigación sirvió como guía ya que se ejecutaron pruebas para la verificación de un correcto funcionamiento del equipo ensamblado y calibrado, así como también el material pedagógico con un paso a paso de cómo realizar los ensayos. (p. 15).

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Metales.

Se denomina metal al elemento químico que tiene la capacidad de conducir calor y

electricidad.

El metal es extraído de las rocas y se encuentra en la naturaleza en estado sólido a temperatura ambiente, con excepción del mercurio que se encuentra en estado líquido. Asimismo, el metal se caracteriza por tener una alta densidad y una elevada reflexión de la luz, lo que a su vez le aporta brillo.

Los metales forman parte de los elementos que son ampliamente utilizados por los seres humanos. Desde la Antigüedad los metales han sido aprovechados en su estado natural para la elaboración de herramientas básicas. Luego, a medida que ha avanzado el desarrollo tecnológico, los metales han sido utilizados de diversas maneras, de allí que en la actualidad sean de los elementos más importantes en la producción industrial, especialmente por su resistencia.

3.2.2 Propiedades mecánicas de los metales.

Los metales y aleaciones aplicados en ingeniería poseen propiedades muy interesantes, lo que viene a suponer una extensa gama de aplicaciones en diseños de ingeniería. Son materiales estructurales, resistentes a la oxidación, resistencia a altas y bajas temperaturas, resistencia a la fatiga y con elevada tenacidad. Todos los metales y aleaciones aplicados en ingeniería presentan propiedades específicas y especiales que los hace aptos para su aplicación en proyectos de ingeniería, y su utilización se adopta tras análisis comparativos, que incluyen los costes, con otros metales y materiales.

Los materiales tienen diferentes propiedades mecánicas, las cuales están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos. Las propiedades mecánicas de los materiales son: Elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad.

3.2.3 Ensayo de torsión: Tal y como lo describe la norma NTC 3995, un ensayo de torsión es una prueba que consiste en torcer un alambre de diámetro o espesor de 0,1 mm a 14 mm alrededor de su propio eje en una sola dirección, para determinar la capacidad de

soporte a la deformación plástica.

3.2.4 Momento torsor: En ocasiones a lo largo de un eje actúan una serie de pares de fuerzas, en este caso es conveniente introducir un nuevo concepto, el momento torsor que se define para cada sección de la barra, como la suma algebraica de los momentos de los pares aplicados, situada a un lado de la sección a considerar. Naturalmente, la elección de lado es arbitraria en cada caso, en la figura 3.1 se puede observar el efecto torsor, en donde se visualiza el ángulo de deformación generado por el torque aplicado.

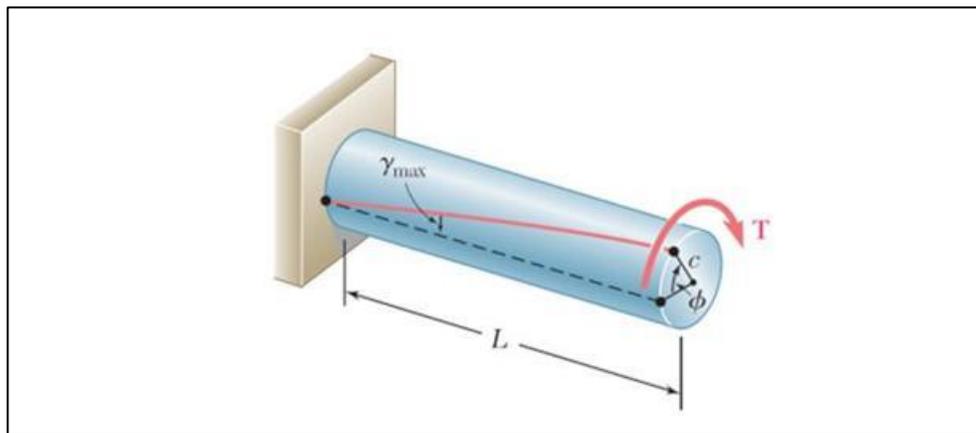


Figura 3.1. Fuente: Mecánica de materiales Beer&Jhoston, p. 180 (Beer, 2010)

Formula de la torsión: La deformación unitaria por cortante denotado por gamma (γ), es el cambio en el ángulo que ocurre entre dos segmentos de línea inicialmente perpendiculares entre sí, sometido a un cortante puro y es un valor que permite hallar el esfuerzo cortante en la zona elástica que es la analogía de la ley de Hooke.

$$\tau = G\gamma \quad (3.1)$$

Donde G corresponde al módulo de rigidez del material.

A partir de la hipótesis de que la “deformación unitaria es proporcional al esfuerzo cortante” se obtienen dos ecuaciones que permiten determinar el esfuerzo cortante máximo y el ángulo de deformación. Hay que aclarar que estas ecuaciones solo son aplicables para ejes y para deformaciones que sean dentro de la zona elástica.

$$\tau_{max} = Tc/J \quad (3.2)$$

Dónde:

T = Par de torsión que actúa en la sobre el eje

τ_{max} = Esfuerzo cortante máximo

c = Radio del Eje

L = Longitud del Eje

G = Módulo de rigidez del material del eje

Ángulo de torsión: Si un árbol de longitud L está sometido a un momento de torsión constante T en toda su longitud, el ángulo de translación axial del extremo de la barra que gira respecto del otro, es:

$$\theta = TL/JG \quad (3.3)$$

Momento polar de inercia: Este se puede determinar mediante la siguiente ecuación si el elemento a analizar tiene una sección transversal circular, donde C es radio exterior.

$$J = \pi 2 * c^4 \quad (3.4)$$

Deformación por cortante: Se marca una generatriz a-b en la superficie de la barra sin carga, y luego se aplica el momento torsor T , el ángulo medido en radianes, entre la posición inicial y final de la generatriz, se define como la deformación por cortante en la superficie de la barra. La misma definición es empleada para cualquier punto interior de la misma.

$$y = (\theta) 2 * Lp \quad (3.5)$$

Donde θ es el diámetro de la probeta y L es la longitud paralela de la probeta.

El Módulo de elasticidad en cortante es La relación entre la tensión cortante (esfuerzo torsor T) y su deformación (γ) se llama módulo de elasticidad en cortante o módulo de rigidez G , está dado por

$$G = \tau \gamma \quad (3.6)$$

Las unidades de G son las mismas que la de la tensión, pues la deformación tiene dimensión.

Módulo de rotura: Es la tensión cortante que se obtiene sustituyendo en la ecuación, el par máximo de torsión T que puede soportar el árbol cuando se ensaya a rotura. En este caso, se toma para valor de c el radio exterior de la barra.

$$\tau_u = (T_{max}) (r^3) \quad (3.7)$$

El cálculo de este módulo no puede realizarse empleando las ecuaciones anteriormente mencionadas, ya que estas son solo para la región elástica, por lo que para determinar el esfuerzo aplicado en la región plástica, es necesario construir primero la gráfica de momento torsor aplicado contra el ángulo de torsión por unidad de área, la cual si es posible calcular con las ecuaciones ya mencionadas. La expresión matemática para esto es:

$$\tau_a = \frac{1}{r^3} (d(\theta L) + 3Tp) \quad (3.8)$$

De la gráfica se puede determinar el esfuerzo torsor aplicado para un punto cualquiera C , establecido por el momento torsor al cual se quiere determinar el esfuerzo y haciendo una línea tangente a la curva para hallar el punto A , mediante la siguiente expresión:

Donde $\theta' = \theta L$.

$$\tau_a = \frac{1}{r^3} (BC + 3Tp) \quad (3.9)$$

3.2.5 Ensayo de dureza

Basado en la idea de que la respuesta de un material a una carga colocada en un pequeño punto está relacionada con su capacidad de deformarse permanentemente (rendimiento), el ensayo de dureza se realiza presionando una bola de acero endurecido (ensayo Brinell) o un cono de acero o diamante (ensayo Rockwell) en la superficie de la pieza de ensayo.

Algunos ensayos de dureza, especialmente los destinados a proporcionar una medida del desgaste o la abrasión, se realizan de forma dinámica con un peso de determinada magnitud que cae desde una altura prescrita o con un movimiento pendular.

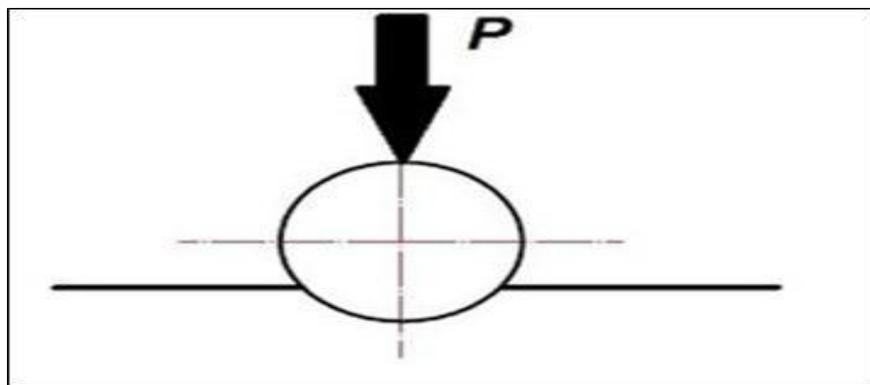


Figura 3.2: Indentador ejerciendo fuerza “P” sobre el material estudiado.

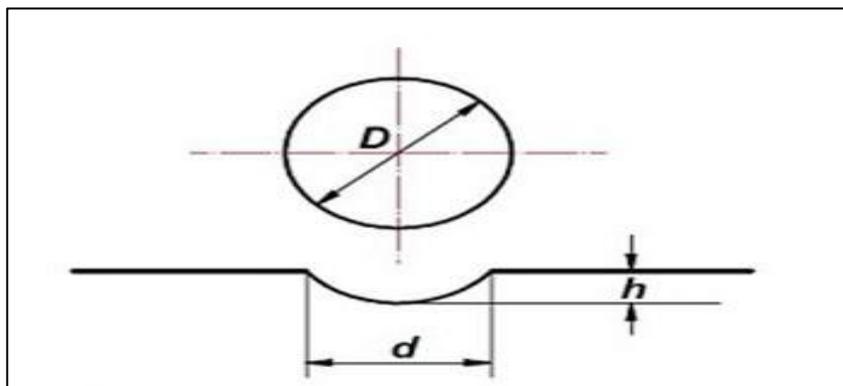


Figura 3.3: Medición de huella obtenida por la presión del indentador.

De la anterior definición de dureza se pueden deducir las siguientes conclusiones:

- 1) la dureza, por definición, es una propiedad de la capa superficial del material, y no es una propiedad del material en sí;

2) los métodos de dureza por indentación presuponen la presencia de esfuerzos de contacto, y por lo tanto, la dureza puede ser cuantificada dentro de una escala;

3) en todo caso, el indentador o penetrador no debe sufrir deformaciones residuales durante el ensayo de medición de la dureza del cuerpo que se esté ensayando.

3.2.6 Ensayo de dureza Brinell.

La norma ASTM E 10-78 define la dureza Brinell como un método de ensayo por indentación por el cual, con el uso de una máquina calibrada, llamada durómetro, se fuerza una bola fabricada de un acero templado extraduro de un diámetro (D) determinado (función del espesor de la probeta a ensayar), y bajo unas condiciones específicas, contra la superficie del material que se quiere calcular su dureza, mediante la aplicación de una fuerza (P) durante un tiempo (t) dado.

Como resultado del ensayo aparecerá una huella que tendrá forma de casquete esférico de diámetro (d) en la superficie de la probeta ensayada.

El valor que hay que medir en el ensayo es precisamente este diámetro (d) del casquete que se forma en la superficie del material. La dureza Brinell (HB) viene definida entonces por la siguiente expresión:

$$HB = P / S$$

Siendo (S) la superficie de la huella que queda sobre la probeta del material ensayado, que suele resultar con forma de casquete esférico, como se ha dicho. La fuerza (P) de la expresión anterior se expresa en kp (kilopondios) y la superficie de la huella (S) en mm².

3.2.7 Definición del ensayo de dureza brinell.

Como ya se ha indicado, para la realización de los ensayos de dureza Brinell se utiliza una máquina calibrada llamada durómetro, que es el tipo de máquina empleada para medir la dureza de los materiales.



Figura 3.4: Durómetro, máquina para medir la dureza de los materiales.

Esta máquina tiene la función de sujetar la probeta que se vaya a ensayar, a la vez que se le aplica la carga (P) mediante el empleo de un indentador (la bola de acero), durante un determinado tiempo (t).

Como resultado del ensayo, el indentador va a dejar una huella sobre la superficie de la probeta, que según su tamaño servirá para poder calibrar la dureza del material.

De manera genérica y resumida, los pasos a seguir para llevar a cabo el ensayo de dureza son:

- 1°. Preparación de la pieza o probeta a ensayar: limpiar, aplanar y pulir.
- 2°. Colocación de la base de sujeción sobre la que se colocará la probeta.
- 3°. Establecimiento del nivel de la carga adecuada que hay que aplicar sobre la probeta.
- 4°. Colocación del indentador adecuado al tamaño de la probeta.
- 5°. Regulación del tiempo de aplicación de la carga.
- 6°. Posteriormente, se acerca el indentador a ras sobre la superficie de la probeta.
- 7°. Aplicamos la carga durante el tiempo estipulado.
- 8°. Transcurrido este tiempo se quita la carga.
- 9°. Se mide la superficie de la huella creada en la superficie de la probeta para obtener el valor de su dureza.

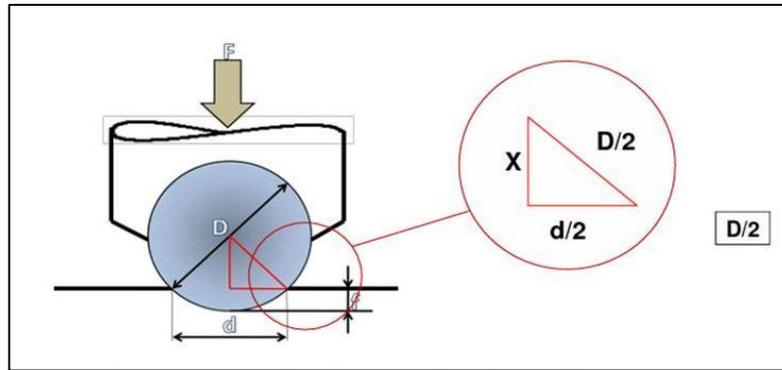


Figura 3.5: Diagrama de la esfera cuando penetra en el material.

Se observa el principio y montaje realizado para obtener la impresión de la esfera sobre el material, para lo cual realizamos una semejanza geométrica teniendo presente las siguientes variables: F: fuerza o carga aplicada, D: Diámetro de la esfera, d: Diámetro de la huella, f: Profundidad de la huella. Determinadas las variables y con las semejanzas geométricas establecidas, se procede a establecer la ecuación para calcular la dureza Brinell, sin olvidar, que la dureza es la resistencia que ofrece el material a ser deformada la superficie, por tanto recordamos el concepto de esfuerzo que relaciona la carga aplicada y la superficie afectada, $S = F/A$ tanto, tenemos la siguiente expresión:

$$HBW = \frac{F}{A} \quad (3.10)$$

Donde la relación que existe entre fuerza aplicada por unidad de superficie es lo que conocemos como el número de dureza Brinell, HBW, La cual fue definida como la resistencia. De la semejanza geométrica y aplicando teorema de Pitágoras para encontrar el valor de X, tenemos:

$$X^2 = \frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4} \quad (3.11)$$

Despejando el valor de

$$X = \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - d^2} \quad (3.12)$$

Y la profundidad f estará definida por la diferencia entre el radio y el valor X encontrado, donde:

$$f = \frac{D}{2} - x \quad (3.13)$$

Reemplazando la ecuación (3.12) en (3.13) y ordenando los términos obtenemos que la profundidad de la huella sea igual a:

$$f = \frac{1}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \quad (3.14)$$

Ahora, para encontrar el área superficial de un cascarón esférico sabemos que el área de un casquete esférico es igual a $A = 2\pi Rr(a^2 + h^2)$ donde el área la denotamos como S y el diámetro es igual a $2*r$ y donde el valor de h es la profundidad de la huella dejada por la esfera, entonces podemos afirmar que:

$$A = \pi f D \quad (3.15)$$

Ahora, al reemplazar en la ecuación (3.15) el valor de F obtenido en la ecuación (3.14), podemos afirmar que la superficie es:

$$A = \frac{1}{2} D - \sqrt{D^2 - d^2} \pi D \quad (3.16)$$

Y al reemplazar en (3.10) la ecuación anterior, obtenemos número de dureza Brinell, que es realmente el esfuerzo de compresión que sufre el material.

$$HBW = \frac{2F}{\pi D D - \sqrt{D^2 - d^2}} \quad (3.17)$$

Finalmente, podemos decir que al realizar pruebas con diferentes materiales y al reemplazar los datos obtenidos de la carga aplicada y diámetro de la huella, logramos

obtener al realizar el tratamiento de datos experimentales la dureza brinell al aplicar la ecuación (3.17), con cierto grado de incertidumbre. Es importante evidenciar que algunos de los valores para un mismo valor de carga son ligeramente distintos, las cuales podemos interpretar como consecuencia de la deformación de los bordes de la huella por la acción de la bola sobre la superficie. La forma de la medición de la huella debe realizarse cuidadosamente. Para que los números que se obtengan sean comparables entre sí, por tanto, se hace necesario realizar la prueba en condiciones controlables y definidas.

Para conseguir resultados significativos, la zona sobre la que se realizará el ensayo de dureza debe prepararse cuidadosamente con papel de lija de varios tipos de grano, hasta lograr una superficie libre de marcas superficiales, teniendo la precaución de no producir calentamientos que modifiquen las características superficiales del material. La superficie debe quedar limpia libre de óxido y porosidades, se hace necesario verificar que la superficie de la probeta sea plana y paralela a la superficie de apoyo, de forma que la carga quede aplicada perpendicularmente en la probeta, se recomienda verificar la superficie de apoyo con un comparador de carátula. Si deseamos ensayar los metales base de materiales con recubrimiento se hace necesario quitar todo ese recubrimiento antes de realizar la prueba de ensayo.

3.2.8 Ventajas y limitaciones del ensayo Brinell.

Este tiene la ventaja, en comparación con la mayoría de los otros, de determinar el valor de la dureza en una área relativamente grande, reduciendo las inconsistencias causadas por falta de homogeneidad, por defectos o imperfecciones en el material que muy probablemente se introducen en mediciones de áreas pequeñas que incluyen solo pocos granos metálicos.

La principal desventaja del ensayo brinell es que la maquina en si para suministrar la carga para realizar la indentacion de la bola en el material con frecuencia es estorbosa y no puede producir siempre la indentacion donde sea, la bola o indentador no puede utilizarse en materiales muy delgados ni para examinar piezas o muestras muy pequeñas y como último se podría decir que la impresión es de tal tamaño que puede dañar el uso o la apariencia de superficies terminadas.

3.2.9 Ensayo de dureza Rockwell.

El ensayo Rockwell es quizás el método más extendido, ya que la dureza se obtiene por medición directa y es un modelo de ensayo apto para ser empleado en todo tipo de materiales.

Este método de cálculo de la dureza se basa también en la medición de la profundidad de penetración de una determinada herramienta (indentador) en el material bajo la acción de una carga prefijada. Se suele considerar también un ensayo no destructivo, por el pequeño tamaño de la huella que deja sobre la superficie del material ensayado.

El número de la dureza Rockwell (HR) se mide en unidades convencionales y es igual al tamaño de la penetración sobre cargas determinadas.

En el ensayo Rockwell, como herramienta indentadora se va a emplear un tipo u otro en función de la dureza del material a ensayar, debiéndose consultar las correspondientes tablas Rockwell para su elección, según el caso. De manera genérica, se tendrá que:

1. Para materiales duros ($HB > 200$): se empleará como indentador un diamante en forma de cono de 120° de punta redondeada y radio de 0,2 - 0,01 mm.
2. Para materiales blandos ($HB < 200$): se empleará como indentador una bola de acero templado de 1/8" y 1/16", y también de 1/2" y 1/4".

Definición del ensayo

Al igual que en otros tipos de ensayos de dureza, para realizar el ensayo Rockwell se empleará una máquina calibrada llamada durómetro.

A continuación se define la técnica operativa, paso a paso, para llevar a cabo el ensayo de dureza Rockwell:

- En primer lugar, se deberá realizar la preparación de la probeta del material a ensayar: limpiar, aplanar, pulir.
- En segundo lugar, y haciendo uso de tablas, habrá que seleccionar, en función del tipo de material a ensayar, la carga a aplicar, el tipo de indentador, y la escala, roja o negra, que habrá que leer en el dial del reloj graduado de la máquina.

Tabla 3.1. Tablas Rockwell

TABLAS ROCKWELL				
	Método	Penetrador	Carga (kp)	Materiales de aplicación
ROCKWELL NORMAL	ESCALA NEGRA (C - Cono)			
	HRA	Cono	60	Metales duros, superficies templadas, chapas finas (≥ 0.4 mm).
	HRC	Cono	150	Aceros templados, etc.
	HRD	Cono	100	Piezas con superficies templadas con dureza media, chapas.
	ESCALA ROJA (B - Bola)			
	HRB	bola 1/16"	100	Aceros blandos, de construcción, metales no ferrosos.
	HRE	bola 1/8"	100	Fundición, aleaciones aluminio-magnesio, metales antifricción o sintéticos.
	HRF	bola 1/16"	60	Aleaciones de cobre recocido. Chapa fina metálica (≥ 0.6 mm)
	HRG	bola 1/16"	150	Bronce poroso, cobre-berilio, cobre-níquel, fundición maleable.
	HRH	bola 1/8"	60	Aluminio, zinc, plomo.
	HRK	bola 1/8"	150	Metales antifricción o de dureza muy baja.
	HRL	bola 1/4"	60	ebonitas (ASTM D530-59T)
	HRM	bola 1/4"	100	madera laminada (ASTM D 805-52)
	HRP	bola 1/4"	150	materiales sintéticos (ASTM D-785-60T)
HRR	bola 1/2"	60	otros materiales muy blandos o finos	
HRS	bola 1/2"	100		
HRV	bola 1/2"	150		
ROCKWELL SUPERFICIAL	ESCALA NEGRA (C-B - Cono o Bola)			
	HR15N	cono	15	Como HRA, HRC o HRD pero para capas de dureza especialmente finas o para chapas desde 0.15 mm.
	HR30N		30	
	HR45N		45	
	HR15T	bola 1/16"	15	Como HRB, HRF o HRG pero para chapas particularmente finas desde 0.25 mm.
	HR30T		30	
	HR45T		45	
	HR15W	bola 1/8"	15	Para metales con durezas muy débiles y para capas muy finas (antifricción) HRX, HRY particularmente para sintetizados.
	HR30W		30	
	HR45W		45	
	HR15X	bola 1/4"	15	
	HR30X		30	
	HR45X		45	
	HR15Y	bola 1/2"	15	
HR30Y	30			
HR45Y	45			

A continuación, y una vez colocada la probeta sobre la base de sujeción de la máquina, se deberá aplicar una carga inicial (P_0) de forma perpendicular y gradual sobre la superficie de la probeta. Esta carga inicial será igual a 10 Kp si se trata de un ensayo de dureza general, y de 3 Kp para la dureza superficial o de materiales finos. La aplicación de esta carga inicial (P_0) tiene como finalidad:

1. Eliminar la influencia de la rugosidad de la superficie de la pieza.
2. Determinar el punto de partida de la medición de la penetración.
3. Establecer la ubicación correcta del dial de lectura de la dureza.

4. Precisamente, para conseguir esto último, se hará coincidir el cero de la escala elegida (roja o negra) del dispositivo de medida con la aguja indicadora de la profundidad de penetración (aguja grande).

5. Una vez realizado el paso anterior, se aplicará el valor de la carga principal (P_1). El aumento de dicha carga, hasta su valor límite, deberá ser de manera lenta y gradual, entre unos 3 y 6 segundos, y aplicada de manera uniforme y exenta de vibraciones. (fig. 3.6)

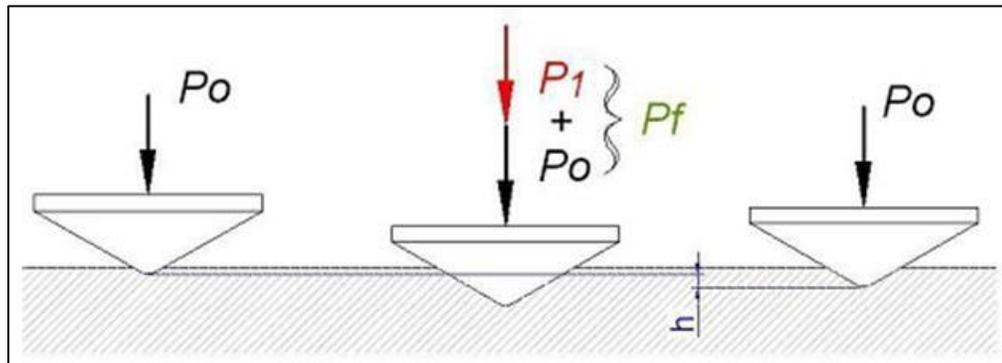


Figura 3.6: Aplicación de la carga principal.

Como se ha dicho, tanto el valor de la carga principal (P_1) a aplicar como el tipo de indentador a usar vienen definidos por lo indicado en la tabla anterior.

La aplicación de la carga principal (P_1) tiene por finalidad la determinación de la dureza de la pieza con la carga total.

1) La carga total ejercida se mantendrá durante al menos un tiempo de 15 segundos o hasta que la aguja del dial del durómetro indique que el valor de la dureza haya alcanzado un valor estabilizado.

2) Se retirará la carga principal (P_1) de manera lenta y uniforme, pero manteniendo la carga inicial (P_0). La eliminación de esta carga, permite al material recuperar su elasticidad, lo que va a generar una elevación del penetrador hasta un determinado punto, que se encuentra expresado en el dial del durómetro.

3) Finalmente, para obtener el valor de la dureza, ésta se podrá leer directamente en el dial del durómetro, según esté indicado en las tablas en una de las dos escalas (roja o negra) (fig.3.7)



Figura 3.7: Dial del durómetro.

Así, para leer el valor de dureza en la escala C del dial del durómetro, se deberá leer directamente en la escala negra del dial, ubicada hacia el interior del dispositivo. Y para leer el valor de dureza en la escala B, se deberá leer directamente en la escala roja del dial, ubicada hacia el exterior del dispositivo. La roja se empleará para el indentador de bola y la negra, para el indentador de cono.

Para llevar a cabo el ensayo de dureza Rockwell deberá atenderse a las siguientes restricciones:

- 1) La temperatura de ensayo deberá ser de $23^{\circ}\text{C} \pm 5$.
- 2) La superficie de la probeta deberá estar plana, limpia y perpendicular a la bola o cono indentador.
- 3) El espesor de la probeta deberá ser al menos 10 veces la profundidad de penetración del cono o de la bola indentadora.
- 4) Cada vez que se realice un cambio de indentador en la máquina, la primera huella obtenida no se tendrá en cuenta, para dar lugar a que el indentador se asiente.
- 5) Se realizarán de 5 a 10 indentaciones por probeta, teniendo en cuenta que la separación del borde de la probeta y de una huella al borde de la otra deberá ser mayor a 2,5 veces el diámetro de la huella.

3.2.10 Designación de la dureza Rockwell

Para designar la dureza Rockwell de un material se usa la siguiente nomenclatura:

n HR letra

Donde:

n es el valor numérico de la dureza obtenida

HR es el identificador del ensayo Rockwell

Letra después del identificador HR, seguirá una letra correspondiente al tipo de escala usada.

Ejemplo: 60 HR B

Se trataría de un material en el que se ha obtenido un valor de dureza de 60 en el ensayo Rockwell y se ha usado la escala B.

Por otro lado, para la medida de una dureza superficial de 30 para un material en el que se hubiera aplicado un esfuerzo de 30 kp con bola de 1/16 pulgadas, sería:

30HR30T

3.2.11 Aplicaciones

El método de ensayo Rockwell es muy rápido de llevar a cabo (menos de 30 segundos) y fácil de realizar, y de una gran precisión, de manera que puede ser realizado por operarios no especializados.

Es un tipo de ensayo apto para todo tipo de materiales y para toda clase de piezas (redondas, planas, flejes, alambres...). Se usa para medir la dureza de materiales muy duros.

Al usar los indentadores más pequeños que el ensayo Brinell, las huellas que deja el ensayo Rockwell son casi inapreciables y las muestras pueden ser más delgadas e incluso puede realizarse después del rectificado.

Es un ensayo que no exige un pulido perfecto de las piezas a ensayar.

3.3 Bases legales

En el marco de los basamentos legales que respaldan éste trabajo de investigación, se mencionan:

3.3.1 Norma venezolana COVENIN-ISO TR 10013:2002, Directrices para la documentación de sistemas de gestión de la calidad (1era Revisión).

De acuerdo al apartado 4.5 referido a los Procedimientos documentados específicamente el apartado 4.5.1 donde habla de la estructura y formato de los mismos, establece:

La estructura y formato de los procedimientos documentados (en papel o medios electrónicos) deberían estar definidos por la organización de las siguientes maneras: texto, diagramas de flujo, tablas, una combinación de estas, o por otro método adecuado de acuerdo con las necesidades de la organización. Los procedimientos documentados deberían contener la información necesaria y cada uno de ellos una identificación única.

Los procedimientos documentados pueden hacer referencia a instrucciones de trabajo que definan como se desarrolla una actividad. Los procedimientos documentados generalmente describen actividades que competen a funciones diferentes, mientras las instrucciones de trabajo generalmente se aplican a las tareas dentro de una función.

Esta norma se utilizó para desarrollar la estructura en el diseño de los procedimientos.

3.3.2 Norma ASTM E 10-78

Esta norma proporciona los requisitos para una máquina de ensayo Brinell y los procedimientos para realizar pruebas de dureza Brinell.

3.3.3 Ley del Sistema Venezolano para la Calidad.

Capítulo I. Del Objeto, del Ámbito y de las Definiciones.

Artículo 1. Esta Ley tiene por objeto desarrollar los principios orientadores que en materia de calidad consagra la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, determinar sus bases políticas y diseñar el marco legal que regule el Sistema Venezolano para la Calidad. Asimismo, establecer los mecanismos necesarios que permitan garantizar los derechos de las personas a disponer de bienes y servicios de calidad en el país, a través de los subsistemas de Normalización, Metrología, Acreditación, Certificación, Reglamentaciones Técnicas y Ensayos.

Artículo 4. A los efectos de la presente Ley y su Reglamento, se entenderá por:

Ensayo / Prueba: operación técnica que consiste en la determinación de una o más características de un producto, proceso o servicio, siguiendo un procedimiento especificado.

Evaluación de la Conformidad: cualquier actividad relacionada con la determinación directa o indirecta del cumplimiento de los requisitos pertinentes, tales como: muestreo, ensayo e inspección (Control de la Calidad), evaluación, verificación y aseguramiento de conformidad (declaración del proveedor, certificación); registro, acreditación y aprobación, así como sus combinaciones.

3.3.4 Código ASME, Sección II Parte A: Trata de las especificaciones de los materiales ferrosos. En el presente trabajo de investigación se utilizó para el ensayo de dureza una barra de acero SA-105 donde el código especifica una dureza permitida de 137 HB - 187 HB, lo que permite definir los resultados del ensayo.

3.4 Definición de términos básicos

3.4.1 Torsión: Es el efecto que se genera al aplicar un torque o momento en un eje. Este efecto puede generar deformaciones parciales o permanentes por lo que ha sido tema de

análisis debido a que se presenta generalmente en sistemas de transmisión mecánica de potencia.

3.4.2 Indentador: El indentador o penetrador usado es una bola de acero templado de diferentes diámetros. Para los materiales más duros se usan bolas de carburo de tungsteno. En el ensayo típico se suele utilizar una bola de acero de 1 a 12 milímetros de diámetro, con una fuerza de 3000 kilopondios.

3.4.3 Elasticidad: Cualidad que presenta un material para recuperar su forma original al cesar el esfuerzo que lo deformó.

3.4.4 Plasticidad: Cualidad opuesta a la elasticidad. Indica la capacidad que tiene un material de mantener la forma que adquiere al estar sometido a un esfuerzo que lo deformó.

3.4.5 Maleabilidad: se refiere a la capacidad de un material para ser conformado en láminas delgadas sin romperse.

3.4.6 Ductilidad: los materiales dúctiles son aquellos que pueden ser estirados y conformados en hilos finos o alambre.

3.4.7 Dureza: Resistencia que opone un cuerpo a ser penetrado por otro. Esta propiedad nos informa sobre la resistencia al desgaste contra los agentes abrasivos.

3.4.8 Tenacidad: Resistencia a la rotura de un material cuando está sometido a esfuerzos lentos de deformación.

3.4.9 Fragilidad: Es el opuesto de la tenacidad, es la facilidad con la que se rompe un material sin que se produzca deformación elástica.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Luego de formulado el caso de investigación, definidos los objetivos y establecidas las bases teóricas que orientaran y sustentaran el análisis de manera precisa, secuencial y lógico, se debe seleccionar los diferentes métodos y técnicas que posibilitará obtener la información requerida de la investigación, basado en el método científico.

Según Balestrini Mirian (2006), señala:

Una vez que el problema de investigación ha sido formulado en toda su complejidad, y ha quedado lo suficientemente claro, para situar los tipos de información que se necesitan abordar y obtener en el marco de estudio, se deberá determinar el esquema de investigación más apropiado, en función de los objetivos propuestos (p. 5).

Con la finalidad de cumplir con los aspectos principales e importantes inherentes al proceso de investigación, se presenta el marco metodológico que sustenta al caso de investigación que lleva por nombre: **Diseño para las prácticas de torsión y dureza del laboratorio de mecánica de materiales.**

4.1 Nivel de investigación

Fidias Arias (2012) indica que:

En esta sección se indica el tipo de investigación según el nivel o grado de profundidad con el que se realizará el estudio. En este sentido, la investigación podrá ser exploratoria, descriptiva o explicativa. En cualquiera de los casos es recomendable justificar el nivel adoptado (p. 110)

4.1.1 Investigación descriptiva

Desde el punto de vista de Fidiás Arias (2012), señala:

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere (p. 24).

Desde éste punto de vista la investigación es descriptiva ya que es posible registrar, analizar y describir la situación actual del laboratorio de Ingeniería Civil en cuanto a los ensayos y procedimientos existentes y los necesarios para el cabal funcionamiento del mismo. También se describen todas las actividades realizadas en las visitas guiadas para observar el desarrollo de los ensayos de torsión y dureza en la empresa RGCA ubicada en El Tigre.

4.2 Diseño de Investigación

Según Arias Fidiás (2012)

En este punto se especifica el tipo de investigación según el diseño o estrategia adoptada para responder al problema planteado. Recuerde que según el diseño, la investigación puede ser documental, de campo o experimental. Así mismo, cada tipo se puede realizar a nivel exploratorio, descriptivo o explicativo (2012).

4.2.1 Investigación documental

La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos (p. 27).

De acuerdo al planteamiento considerado por Fideas Arias, la investigación en estudio es documental, ya que es necesaria la revisión de fuentes bibliográficas y análisis de documentos, para explorar los diferentes conceptos y términos referidos al **Diseño de los procedimientos para las prácticas de torsión y dureza de barras de aceros**, provenientes de fuentes impresas, audiovisuales y electrónicas, aplicables a la investigación y que conforman el fundamento teórico del caso de estudio.

4.2.2 Investigación de campo

Según Fideas Arias (2012) indica:

La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no alterar las condiciones existentes (p. 31).

La investigación presentó la necesidad de recolectar datos directamente en la visita guiada para observar de manera directa y de primera mano el desarrollo del procedimiento de un ensayo de torsión así como también de un ensayo de dureza en la Empresa RGCA ubicada en la ciudad de El Tigre donde se verifico las coincidencias con los antecedentes

expuestos por los investigadores en cuanto a las características, actividades, normas, equipos y materiales entre otros lo que permitió procedimentar ambos ensayos.

4.2.3 Investigación experimental

Según Arias, F (2012), define: La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento, para observar los efectos o reacciones que se producen. La investigación estará basada en pruebas de laboratorio de probetas de metal.

Por lo antes expuesto la presente investigación es de tipo descriptivo, experimental con diseño documental y de campo.

4.3 Población y Muestra

4.3.1 Población

Según Mario Tamayo y Tamayo, 1998; se entiende por población a toda la totalidad del Universo que interesa considerar y que es necesario que esté bien definido para que se sepa en todo momento qué elementos lo componen. Según Arias F. (2012) la define como el conjunto finito o infinito de elementos con características comunes. (p.81).

En éste proyecto de investigación el estudio se realiza en el laboratorio de Ingeniería civil de la Escuela de Ciencias de la Tierra, en la cual se requiere el diseño de las prácticas de ensayos de materiales metálicos, en el cual la población lo constituyen un conjunto finito de 2 probetas de acero que seleccionadas para llevar a cabo los procesos experimentales.

4.3.2 Muestra

La muestra se elige para estudiar a partir de las características particulares de los individuos u objetos seleccionados las propiedades de una población.

La muestra de la investigación según Morales (1994), es el “subconjunto representativo de un universo o población”.

Según Arias Fidias, 2012, p. 85, existe el Muestreo Intencional u Opinático: selección de los elementos con base a criterios o juicios del investigador. Este muestreo es intencional debido a que se elige de acuerdo al criterio del investigador. El investigador considera que la población en estudio es menor a 100 elementos, por lo tanto debido al tamaño de la población, la muestra que se elige es la totalidad de la misma. En el caso del objeto de estudio, la muestra se encuentra representada por 1 probeta de acero para el ensayo de dureza y 1 probeta cilíndrica de acero para el ensayo de torsión.

4.4 Fases de la metodología de trabajo

En esta fase el objetivo del desarrollo de las prácticas de ensayos de laboratorio, es ofrecer un procedimiento sistemático, que permita mediante un plan de trabajo lógico y práctico, tomando en cuenta el paso a paso establecido en la normativa internacional y venezolana, para que los mismos sean implementados en el Laboratorio de mecánica de materiales del Departamento de Ingeniería Civil, de manera de que los estudiantes cuenten con material metodológico de referencia y así poner en práctica toda la formación teórica recibida durante la carrera para fortalecer sus habilidades y conocimientos. Para ello, se pretende cumplir con las siguientes fases:

4.4.1 Fase I: Investigación Bibliográfica

En esta fase se recopiló toda la información bibliográfica existente sobre el área a estudiar. Así mismo, se procedió con la revisión de estudios, proyectos e informes técnicos existentes, con temas similares. Se elaboró un plan de trabajo para presentar el motivo de

estudio, para luego determinar las áreas de interés.

4.4.2 Fase II: Ensayos de laboratorio

Para realizar los ensayos de dureza Brinell se tomó en cuenta las normas Norma ASTM E 10-78 y el código ASME Sec. II Parte A, Se adquirieron las probetas de probetas de barras de acero cilíndricas A/SA105. Se aplicó el procedimiento de ensayo de Brinell de acuerdo a la norma.

4.4.3 Fase III: Procesamiento de datos

En esta fase se organizarán y clasificarán los datos obtenidos de la observación directa durante el desarrollo de los ensayos, de las entrevistas no estructuradas aplicadas a los especialistas del laboratorio, el análisis documental y de contenido referencial así como la transcripción y ordenamiento de la información, las cuales sirvieron como base para realizar los cálculos, la elaboración de las tablas que permitieron la interpretación y análisis de los resultados obtenidos.

4.4.4 Fase IV: Análisis de datos

Una vez procesados los datos, se procede al análisis de los mismos, así como también a la elaboración de las prácticas de los ensayos de acuerdo a las normas utilizadas.

4.4.5 Fase V: Elaboración del informe final.

Esta fase comprende la aplicación de las metodologías estudiadas sobre el diseño de procedimientos para realizar las prácticas de ensayos de torsión y dureza de materiales metálicos (barras de acero) considerando las diferentes normativa aplicables y se elaboraron los procedimientos.



Figura 4.1 Etapas de la metodología de trabajo. Elaboración propia (2023)

4.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

4.5.1 Técnicas de Recolección de Datos

Se seleccionan las técnicas e instrumentos de recolección de datos, para responder a las preguntas y objetivos formulados.

Según Fidias Arias, (2012), señala:

“Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 67).

Son ejemplos de técnicas, la observación directa, la entrevista, el análisis documental y análisis de contenido.

De acuerdo a esto, las técnicas utilizadas serán:

Para la recolección de datos, se utilizó como técnica la observación directa como

fuente primaria. Según Claret, (2013):

4.5.1.1 La observación directa: Según Tamayo y Tamayo (2003, P.183), “es aquella en el cual el investigador puede observar y recoger los datos mediante su propia observación”. A través de esta técnica se pudo realizar el diagnóstico en el laboratorio de Ingeniería civil así como visualizar y reconocer los procesos y actividades presentes en los laboratorios de las visitas guiadas realizadas en las empresas anteriormente nombradas, siendo éstos datos fundamentales para el desarrollo de la presente investigación.

4.5.1.2 Revisión bibliográfica: De acuerdo a Tamayo (2003, P.325) “La Revisión bibliográfica, es el fundamento de la parte teórica de la investigación, y permite conocer a nivel documental las investigaciones relacionadas con el problema planteado. Presenta la teoría del problema aplicada a casos y circunstancias concretas y similares a las que se investiga”. Esta técnica representa el punto de partida de la investigación, comprendió la revisión de todo el material bibliográfico relacionado tales como: procedimientos documentados actuales, normas nacionales e internacionales... Para esta investigación se utilizaron trabajos de grado, internet, publicaciones, normas y libros.

4.5.1.3 La entrevista: Según Sabino, C (1997). “es aquella en que existe un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas”. Es la técnica con la cual el investigador pretende obtener información de una forma oral y personalizada. La información versará en torno a acontecimientos vividos y aspectos subjetivos de la persona, tales como creencias, actitudes, opiniones o valores en relación con la situación que se está estudiando.

Las entrevistas serán de tipo no estructuradas para realizar el diagnóstico de los procedimientos requeridos y existentes en el laboratorio. Esta modalidad de entrevista fue aplicada al personal involucrado directamente con el objeto de la investigación

4.5.2 Instrumentos de Recolección de datos

Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato

(en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información (p. 68).

Libreta de anotaciones: es un cuaderno que normalmente se utiliza para verter anotaciones sobre cualquier índole, dibujar, tomar apuntes tomando en cuenta cada detalle de ella y no omitir ninguna información obtenida.

Lápiz: se utiliza para escribir o dibujar, es una barra delgada y larga generalmente de madera, con una mina cilíndrica fina de grafito u otra sustancia mineral en el interior que sobresale por uno de los extremos de esta barra cuando está afilado.

Cámara de celular: tecnología que permite crear imágenes y detalles esenciales para la investigación

Computador portátil: Un computador portátil o laptop es un equipo personal que puede ser transportado fácilmente. Es utilizado para poder acceder a información digitalizada importante para la investigación, facilitando la manipulación de la información.

4.6 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos

4.6.1 Técnicas de procesamiento de datos

Según Arias, A. (2012), En este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso”.

4.6.2 Técnicas de análisis de datos

En lo referente al análisis, se definirán las técnicas lógicas (inducción, deducción, análisis-síntesis), o estadísticas (descriptiva so inferenciales), que serán empleadas para descifrar lo que revelan los datos recolectados. Así es como, para cumplir con los objetivos planteados, se hizo necesario usar diferentes técnicas de recopilación de datos, para la elaboración del estudio. Se procedió a realizar el análisis del contenido cuantitativo, para

examinar los datos que arrojaron los ensayos y procesarlos en gráficos.

4.6.3 Análisis de contenido cuantitativo

Sabino, C (2003), establece que, el análisis de los datos cuantitativos se efectúa, con toda la información numérica resultante de la investigación. Una vez realizado los ensayos esta se presentará como un conjunto de tablas, cuadros y medidas, calculando sus porcentajes y otorgándoles forma definitiva de acuerdo a los objetivos planteados.

El análisis de contenido cuantitativo comprende los cálculos realizados de los resultados de los ensayos de dureza y torsión, los cuales se presentan en forma de tablas y figuras, aplicando unas series de ecuaciones y procedimiento matemáticos, y con el apoyo del programa Microsoft Excel.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se desarrollaron los ensayos de laboratorio de torsión y dureza y los datos obtenidos se organizaron, se elaboraron las tablas en Excel, los gráficos y se realizaron los cálculos las cuales permitieron la interpretación y el análisis de los resultados que se muestra a continuación.

5.1 Realizar ensayo de torsión en probetas de acero, determinar el módulo de rigidez del material.

En el ensayo de Torsión, se usaron los siguientes instrumentos:

A. Máquina de torsión

Marca: TiniusOlsen

Capacidad: 10.000lb pul

Apreciación: 10lb pul

B. Vernier

Marca: MAUF

Capacidad: 16cm

Apreciación: 1/20 mm

C. Probeta cilíndrica: Acero

Para realizar el ensayo de torsión en acero se procedió de la siguiente manera:

1. Se midió varias veces el diámetro de la sección circular, hallándose el promedio.
2. Se colocó la probeta en la mordaza de la derecha (se sujeta en la mordaza fija) y luego se procede a fijarla en la mordaza móvil de la máquina de torsión.
3. Con el vernier se midió la longitud que existe entre las mordazas (añadiéndole un centímetro de cada lado)
4. El rango de trabajo del dial de la derecha de acuerdo al tipo de muestra, fue de 10.000 lb pul.
5. Luego tanto el dial de la derecha como la cinta métrica de ángulo en la izquierda se colocaron en cero.
6. Se aplicó lentamente el momento torsor.
7. Se tomaron las medidas del ángulo de torsión con su correspondiente momento de torsión, se fijó un intervalo de lectura (cada un grado), hasta que el material falle (cuando la aguja deja de seguir a la otra aguja)
8. Se procedió al desmote de la probeta (sujeta en las mordazas) y observar la probeta después del ensayo.
9. Repetir el procedimiento a partir del paso 1.

Se obtuvieron los datos de laboratorio que corresponden a: momento de inercia, esfuerzo cortante y módulo de rigidez de la probeta de acero. Los valores de estos datos se tabularon en la tabla 5.2 y 5.3

Tabla 5.1 Resultados del ensayo de torsión.

Probeta		Acero
Momento de Inercia J (cm^4)		0,264 cm^4
c/J(cm^{-3})		2,424 cm^{-3}
Esfuerzo cortante	En el límite elástico (kg/cm^2)	3.714,37 kg/cm^2
	Máximo (kg/cm^2)	5.334,18 kg/cm^2
Módulo de rigidez G (kg/cm^2)		298,2 x 10 ³ kg/cm^2

Tabla 5.2 Resultados del ensayo de torsión.

S(kg/cm²)	θ (π / 180 rad)	S (kg/cm²)	θ (π / 180 rad)	S (kg/cm²)	θ (π / 180 rad)
27,93	1	3.574,75	22	5.222,46	95
307,19	2	3.714,37	23	5.250,38	100
474,765	3	3.798,14	24	5.250,38	105
642,34	4	3.909,86	25	5.278,33	110
781,96	5	4.021,59	26	5.306,25	115
949,53	6	4.133,28	27	5.306,25	120
1.089,176	7	4.217,08	28	5.306,25	125
1.284,67	8	4.272,93	29	5.334,18	130
1.480,17	9	4.384,63	30	5.334,18	135
1.647,74	10	4.608,07	35	5.334,18	140
1.815,309	11	4.747,69	40	5.334,18	145
2.010,78	12	4.831,49	45	5.334,18	147
2.206,28	13	4.887,34	50		
2.429,70	14	4.943,19	55		
2.597,27	15	4.998,60	60		
2.736,91	16	5.026,96	65		
2.876,54	17	5.082,84	70		
3.044,11	18	5.110,76	75		
3.183,75	19	5.138,69	80		
3.323,40	20	5.166,61	85		
3.435,10	21	5.194,54	90		

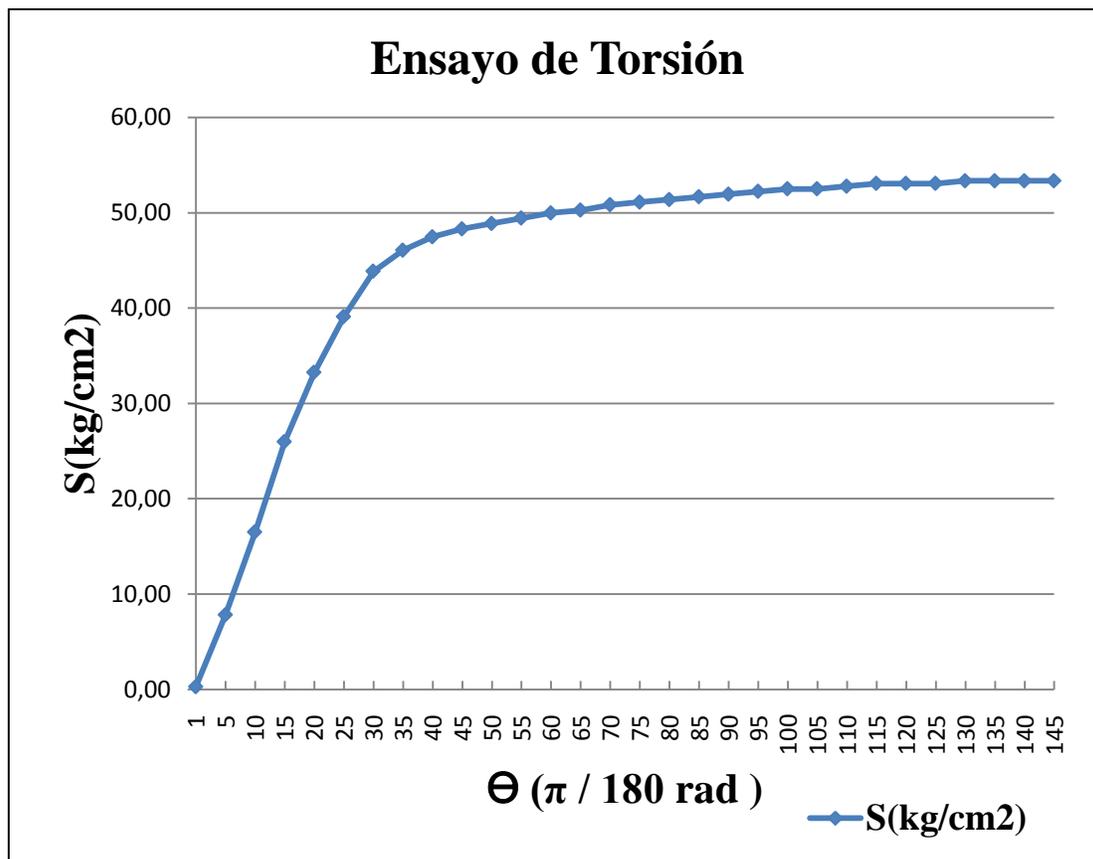
Figura 5.1 Gráfico de ensayo de torsión (S (kg/cm^2))

Tabla 5.3 Resultados del ensayo de torsión.

T (cm kg)	θ	T (cm kg)	θ	T (cm kg)	θ
11,521	1	1.474,73	22	2.154,48	95
126,73	2	1.532,33	23	2.166	100
195,86	3	1.532,89	24	2.166	105
264,99	4	1.612,98	25	2.177,53	110
322,59	5	1.659,07	26	2.189,05	115
391,72	6	1.705,15	27	2.189,05	120
449,33	7	1.739,72	28	2.189,05	125
529,98	8	1.762,76	29	2.200,57	130
610,63	9	1.808,84	30	2.200,57	135
679,76	10	1.901,01	35	2.200,57	140
748,89	11	1.958,62	40	2.200,57	145
828,53	12	1.993,19	45	2.200,57	147
910,18	13	2.016,23	50		
1.002,35	14	2.039,27	55		
1.071,48	15	2.062,31	60		
1.129,09	16	2.073,83	65		
1.186,69	17	2.096,88	70		
1.255,82	18	2.108,40	75		
1.313,43	19	2.119,92	80		
1.371,04	20	2.131,44	85		
1.417,12	21	2.142,96	90		

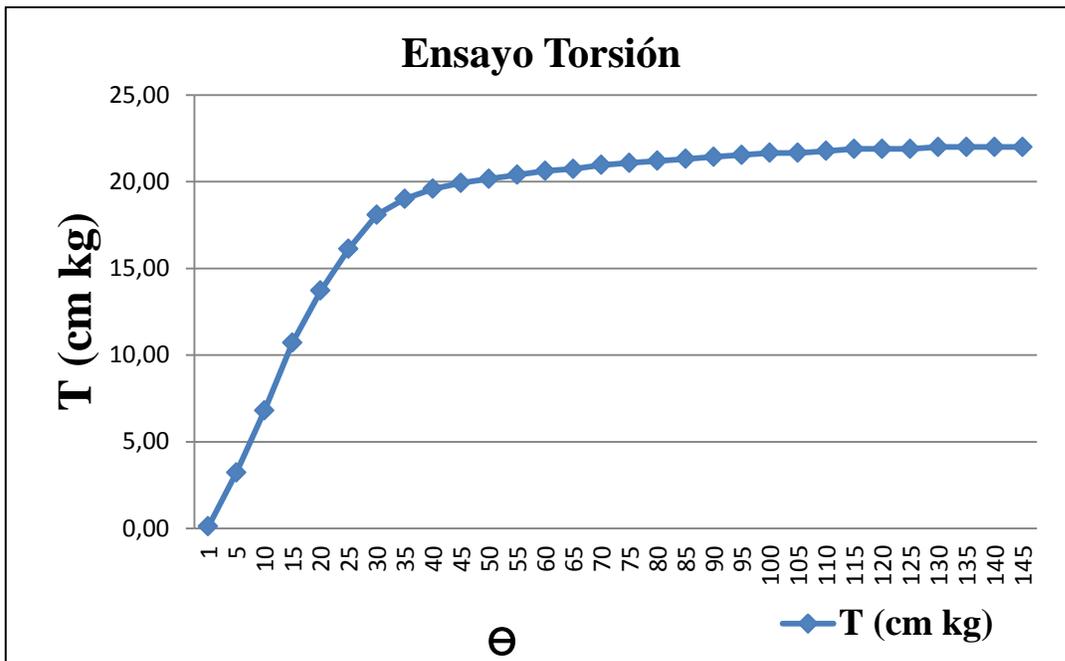


Figura 5.2 Gráfico de ensayo de torsión (T (cm kg))

5.2 Realizar ensayo de dureza en probetas de acero, determinar la dureza del material.

5.2.1 Ensayo de dureza de Brinell

Se realizó el ensayo de dureza de Brinell en las probetas seleccionadas, estas son Barras A/SA105.

En el ensayo de Brinell, se usaron los siguientes instrumentos:

A. The Portable Telebrineller

Marca: Qualitest

Rango de medición: 106HB - 627HB

B. Ocular con escala métrica

Marca: Telebrineller

Capacidad: 5mm.

Apreciación: 0,1 mm

C. Martillo de impacto.

Marca: Telebrineller.

Peso: 3 libras.

D. 1 Probeta de acero

Barra de acero cilíndrica.

Material: A/SA 105

Diámetro: 0,68 mm

Para realizar el ensayo de dureza en acero se procedió de la siguiente manera:

1. Se escoge la barra del equipo según su valor de dureza, en comparación a lo que mide teóricamente la probeta que se va a estudiar después de previamente preparar (limpiar, aplanar y pulir) la pieza o probeta a ensayar.
2. Para tomar la dureza con el equipo Portable Telebrineller se recomienda utilizar una barra calibrada que este en un rango de dureza de + o - 15% permitido para el material. En este caso se utilizó para el ensayo una barra calibrada de 160 HB.



Figura 5.3 Selección de la barra calibrada

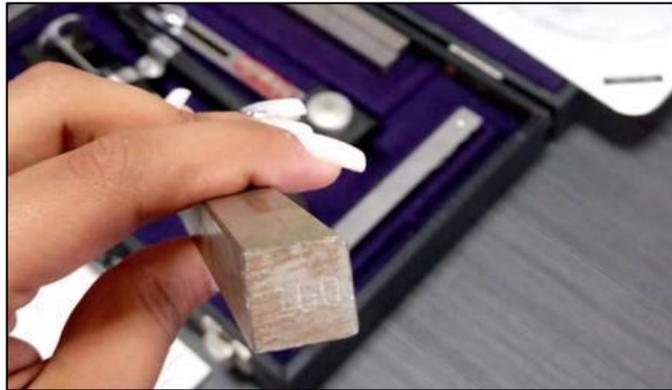


Figura 5.4 Dureza de la barra calibrada

3. Se introduce la barra escogida en el portaprobetas, donde se tiene la bola de indentación.
4. Se coloca la probeta seleccionada o de prueba, en el portaprobetas.
5. El yunque se golpea fuertemente con un martillo de tres libras. Como es una probeta de acero el diámetro es de 10mm. El impacto, independientemente de la fuerza, se transmite por igual a la barra de prueba y, a través de la bola de indentación, a la barra de muestra, haciendo impresiones en ambos.



Figura 5.5. Se coloca el yunque en la probeta.



Figura 5.6. Golpe del yunque con el martillo.

6. Se procede a retirar el equipo (martillo y portaprobeta) y medir la huella en las barras con el microscopio.
7. Se mide microscópicamente las impresiones en la barra y el material bajo prueba. Los diámetros de las impresiones resultantes están directamente relacionados con las

durezas respectivas de la barra de prueba y la muestra. Se procede a calcular el valor de la dureza con la escala móvil de Telebrineller.

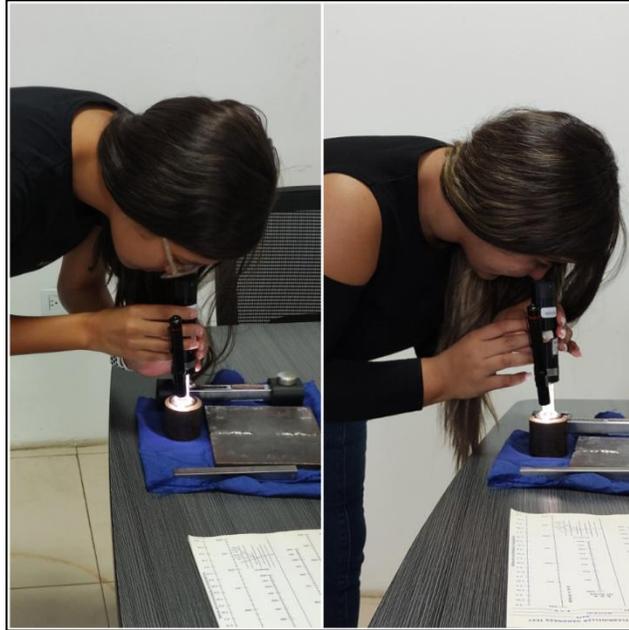


Figura 5.7. Observación de las impresiones.

8. Los diámetros de las impresiones resultantes están directamente relacionados con las durezas respectivas de la barra de prueba y la muestra. Se procede a calcular el valor de la dureza con la escala móvil de Telebrineller.

9. Se gira la escala móvil hasta que la lectura del microscopio de la impresión en el material en la escala número dos sea opuesta a la lectura de la impresión en la barra en la escala número uno. Frente a la dureza Brinell marcada en la escala número tres, se encontrará la dureza Brinell del material en la escala número cuatro.

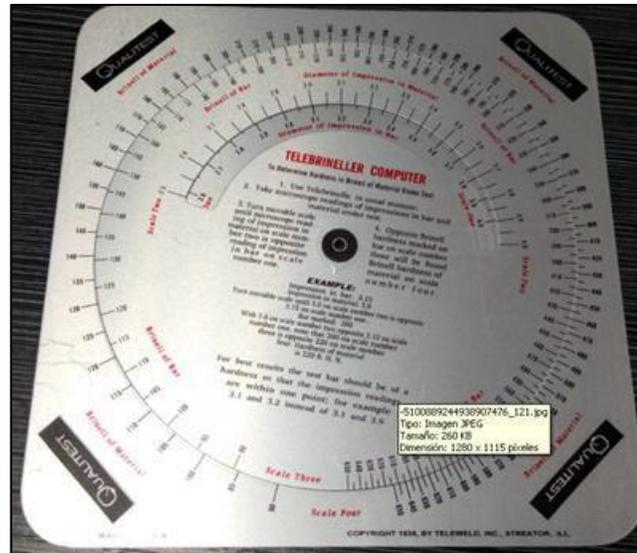


Figura 5.8. Escala Móvil de Telebrineller

Se obtuvieron los datos de laboratorio que corresponden a: identificación de las barras de ensayo (material base) y la barra calibrada, ubicación del punto de impacto en la probeta (como se muestra en la figura 5.4), también el diámetro de la huella medida del punto de impacto una vez realizado el ensayo en la probeta. El valor de estos datos se tabuló con el módulo de entrada presentado en la tabla 5.4

Tabla 5.4. Resultados del ensayo de dureza

IDENTIFICACIÓN	UBICACIÓN	MATERIAL BASE PUNTO 1	BARRA CALIBRADA 160 HB	MATERIAL BASE PUNTO 2	BARRA CALIBRADA	PROMEDIO AVERAGE	RESULTADOS RESULTS
BARRA A/SA105	CENTRO DE LA BARRA	2,8 mm	2,6 mm			137,95 HB	ok
	SUPERFICIE EXTERNA DE LA BARRA			2,7 mm	2,7 mm	160 HB	ok

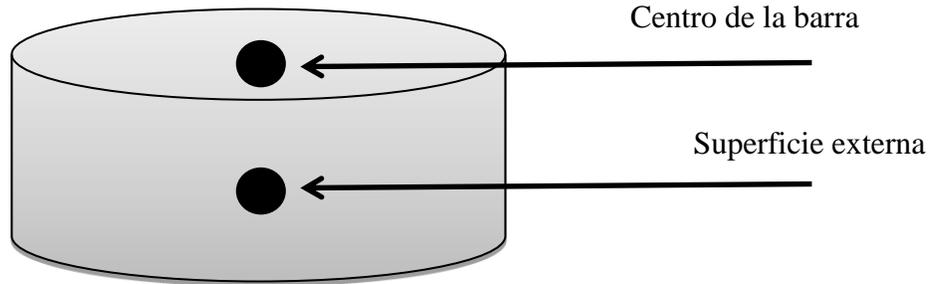


Figura 5.9 Puntos de impacto en la probeta

El cálculo de la dureza de Brinell se muestra a continuación. Utilizando la formula

5.1

$$X = H \left(\frac{Db}{Ds} \right)^2 \quad (5.1)$$

$$X = 160 \left(\frac{2.6}{2.8} \right)^2 = 137,96$$

Dónde:

DB: Diámetro de impresión de la barra calibrada o de prueba

Ds: Diámetro de impresión del el espécimen (Barra SA-105)

H: Dureza (BHN) de la barra calibrada

Dureza (BHN) del espécimen (Barra SA-105).

El código ASME Sec. II Parte A, especifica una dureza permitida de 137 HB - 187 HB, en materiales SA-105, por lo que el resultado obtenido se encuentra dentro del rango.

5.2.2 Ensayo de dureza rockwell.

En el ensayo de dureza rockwell, se utilizaron los siguientes instrumentos:

A. Rockwell “C” Portable

Marca: Flexbar

B. 1 Probeta de acero

Esparrago $\varnothing 1-1/8$ ” UNC – B7, para boquillas.

Para realizar el ensayo de dureza de Rockwell en acero, se procedió de la siguiente manera:

1. Se armó el durómetro portátil para llevar a cabo el ensayo.
2. Para tomar la dureza con el equipo Rockwell “C” Portable Hardness se recomienda utilizar un rango de dureza de $\pm 2\%$ permitido para el material. En este caso se utilizó para el ensayo un esparrago de $\varnothing 1-1/8$ ” A/SA 193, Gr. B7.



Figura 5.10 Selección del material a ensayar

3. Una vez que el material a ser sometido fue seleccionado, se coloca el equipo encima de la probeta a ensayar.



Figura 5.11 Ubicación del equipo en la probeta.

4. Posteriormente, se presiona el botón para liberar la bola de acero, que descendió por acción de gravedad y rebotó en la parte inferior del durómetro penetrando el material.



Figura 5.12 Funcionamiento del durómetro.

5. Se logra ver hasta dónde llega el indentador luego del rebote, y se registra el resultado obtenido.

El valor de estos datos se tabuló con el módulo de entrada presentado en la tabla 5.5

Tabla 5.5. Resultados del ensayo de dureza

IDENTIFICACION	UBICACION	MATERIAL BASE PUNTO 1	BARRA CALIBRADA 160 HB	MATERIAL BASE PUNTO 2	BARRA CALIBRADA	PROMEDIO	RESULTADOS
ESPARRAGOS Ø1-1/8" UNC – B7, para boquillas.	Superficie extremo 1	28 HRC	30HRC			29 Rockwell "C"	OK
	Superficie extremo 2			32 HRC	32 HRC	32 Rockwell "C"	OK

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones de ensayo de torsión.

1. En el desarrollo de la práctica se pudo observar que los resultados obtenidos en el ensayo cumplen con las hipótesis establecidas en la torsión para ejes circulares, es decir que las secciones transversales de un eje circular permanecen planas después de ser sometidas a un momento torsor.
2. Al observar las gráficas de momento torsionante Vs deformación angular, se puede constatar que el momento torsionante aplicado es directamente proporcional a la deformación angular dentro de la zona elástica, y en la gráfica de esfuerzo de torsión Vs deformación angular se cumple también la proporcionalidad.
3. El módulo de rigidez es la pendiente de la recta en el diagrama esfuerzo-deformación escogiéndose dos puntos en la gráfica obteniéndose un valor de $G = 298,2 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$, luego de la gráfica obtenemos el esfuerzo cortante máximo de $5.334,18 \text{ kg/cm}^2$ y el esfuerzo cortante en el límite elástico de $3.714,37 \text{ kg/cm}^2$.
4. De aquí podemos concluir que el acero absorbe más energía para llegar a su límite de proporcionalidad.

Conclusiones de ensayo de dureza.

1. Debido a que la dureza no es una propiedad fundamental de un material, sino que está relacionada con las propiedades elásticas y plásticas, el valor de dureza obtenido en una prueba determinada sirve sólo como comparación entre materiales o tratamientos, también es posible controlar o comprobar, mediante los ensayos de dureza, el nivel de calidad de materiales o productos.
2. En el ensayo Rockwell la lectura es directa lo que evita el uso de microscopio o reglas graduadas, anulando así los errores personales, dando como prueba que este ensayo es más preciso que el ensayo de Brinell.

3. En el ensayo Brinell la dureza de los materiales es determinada en función de la superficie de la huella y en el Rockwell en función de su profundidad.

Recomendaciones de ensayo de torsión.

Se recomienda, para lograr resultados confiables en este ensayo, tomar las siguientes precauciones:

1. Calibrar los instrumentos debidamente, y cuidar que el dial de la máquina este en cero.
2. Es importante que la probeta empleada en el ensayo de torsión, estén bien ajustadas a la máquina de modo que ocurra un deslizamiento durante la aplicación del momento ocurriendo errores en la probeta ensayada.
3. Cuidar que la velocidad de aplicación del momento torsor sea mínima para mantener la condición de cuasiequilibrio necesario en estos ensayos.
4. Es recomendable tener cuidado al sujetar la probeta para no introducir flexión.

Recomendaciones de ensayo de dureza.

1. Para obtener resultados confiables en los ensayos es necesario tomar ciertas precauciones o medidas de seguridad como son:

.- Los materiales a ensayar deben poseer la superficie limpia de óxidos, cascarillas y grasas para así obtener buenos resultados.

.- Se recomienda realizar las pruebas más de una vez para tomar la media de los resultados ya que con esto pueda haber más precisión en la medida de la dureza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS

Ángel Garzón, J. M., Urrea García, B. A., & Ussa Alvarez, J. S. (16 de Abril de 2015.). *Diseño y construcción de un banco de prueba de torsión*. Recuperado el 01 de Agosto de 2023, de biblioteca.usbbog: <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/137799.pdf>

Apraiz Barreiro, J. (2003). *Tratamiento termico de los aceros*. Madrid: CIE Dossat 2000.

Ensayo de dureza en los materiales. (s.f.). Recuperado el 14 de Agosto de 2023, de ingemecanica.com: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn218.html>

Fideas, A. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. (6ta ed.)*. Caracas-Venezuela.: Episteme.

George, E. T., & Davis, H. (1966). *Ensayos de inspección de los materiales en ingeniería*. California: Compañía Editorial Continental.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1999). *Metodología de la Investigación. Segunda Edición*. Mexico: Editorial Mc. Graw Hill.

Morera, J. R., & Villa Bayona, M. A. (s.f.). *Diseño y fabricación de un prototipo de laboratorio para la enseñanza experimental de la prueba de ensayo de dureza brinell HBW en aceros de bajo carbono y materiales no ferrosos a estudiantes de diseño tecnológico de la universidad pedagógica*. Recuperado el 15 de Julio de 2023, de [Academia.edu](https://www.academia.edu): https://www.academia.edu/9104603/Dise%C3%B1o_y_fabricaci%C3%B3n_de_un_prototi

po_de_laboratorio_para_la_ense%C3%B1anza_experimental_de_la_prueba_de_ensayo_de_dureza_brinell_HBW_en_aceros_de_bajo_carbono_y_materiales_no_ferrosos_a_estudiantes_de_dise%C3%B1o

Olaya Morenp, L. J., & Parra Rojas, D. F. (2020). *Banco didactico de torsión*. Recuperado el 30 de Julio de 2023, de <http://repositorio.uan.edu.co/>: <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2426/1/2020LuherJehinsOlayaMoreno.pdf>

Vargas, Z. (2009). *La investigación aplicada. Una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. *Revista Educación.* , Vol 33 N° 1.

APÉNDICES

APÉNDICE A

PRÁCTICA DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE TORSIÓN



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME

DEPARTAMENTO: _____

LABORATORIO: _____

INFORME: _____

TÍTULO: _____

INTEGRANTES: _____

SECCIÓN: _____

FECHA DE REALIZADO: _____

FECHA DE ENTREGA: _____

PROFESOR(A): _____



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE TORSIÓN

1. OBJETIVO GENERAL

Esta práctica tiene como objetivo someter barras de sección circular a un ensayo de torsión, con el fin de conocer el ángulo de torsión, para el cálculo de esfuerzos para cada lectura de los momentos torsionantes en el dial de la máquina.

Determinar el módulo de rigidez (G) del material ensayado valiéndose de la gráfica de momento torsor Vs ángulo de torsión.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS.

A. Máquina de torsión

Marca: TiniusOlsen

Capacidad: 10.000lb pul

Apreciación: 10lb pul

B. Vernier

Marca: MAUF

Capacidad: 16cm

Apreciación: 1/20 mm

C. Probeta cilíndrica:

ACERO



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

3. BASES TEÓRICAS

ENSAYO DE TORSION:

Los criterios principales para la selección de la probeta de torsión parecen ser que:

- 1.- Las probetas deben ser de tal tamaño que permite la mediciones de deformación deseadas se logren con exactitud adecuada.
- 2.- Tales proporciones que eliminen aquella porción de probeta sobre la cual se tomen las mediciones del efecto de los esfuerzos debidos a la sujeción de los extremos.

Los extremos deben ser tales que puedan sujetarse y asegurarse sin desarrollar esfuerzos suficientemente localizados para causar la falla en las mordazas.

Debe tenerse cuidado al sujetar la probeta para no introducir flexión, usualmente se proveen puntos de centrado en los mandriles de la máquina de torsión para la inserción en pequeños orificios de centrado a cada lado de la probeta; así la probeta puede centrarse exactamente en la máquina.

Para determinaciones de la resistencia a la cedencia cortante y del módulo de rigidez, una probeta hueca que posea una longitud de cuando menos 10 diámetros y una razón entre el diámetro y el grueso de pared de aproximadamente 8 a 10, debe preferirse para su sección reducida. Para razones mayores entre el diámetro y el grueso existe una tendencia a la ocurrencia de la falla por flambeo, debido a esfuerzos compresivos inclinados. (fig. 1)



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

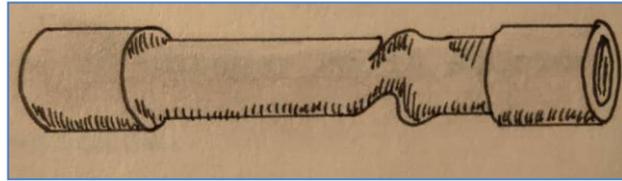


Figura 1. Probeta tubular de material dúctil. Falla por flambeo.

DEFORMACIONES EN UN ARBOL CIRCULAR:

Considerando un árbol circular unido a un soporte fijo en un extremo, si el momento de torsión T se aplica en el otro extremo, el eje quedará sometido a torsión, y el extremo libre rotará un ángulo de torsión. (fig. 2)

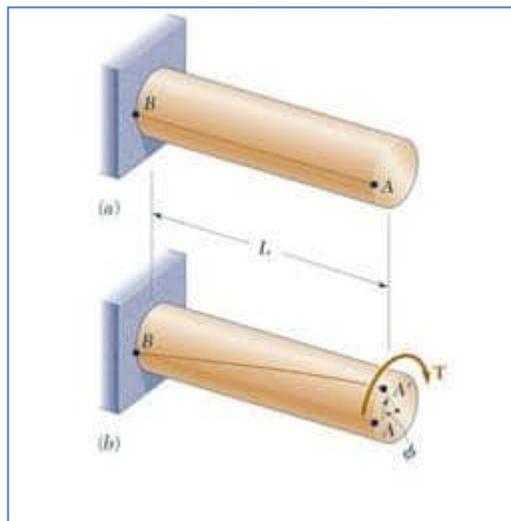


Figura 2. Eje sometido a torsión.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

Puede comprobarse experimentalmente que, dentro de un cierto intervalo de valores de T , el ángulo de torsión es proporcional a T y a la longitud del árbol L .

En otras palabras, el ángulo de torsión para un árbol del mismo material y sección pero del doble de longitud, se duplicará bajo el mismo momento de torsión T . Un propósito de nuestro análisis será encontrar una relación específica entre L y T ; otra será determinar la distribución de esfuerzos cortantes en el árbol que no fuimos capaces de obtener en la sección anterior, con base únicamente en la estática.

ESFUERZOS EN EL INTERVALO ELASTICO:

La figura 3 muestra la distribución de esfuerzos en un árbol circular sólido de radio c y la figura 4, en un árbol hueco de radio interior c_1 y exterior c_2 , la suma de los momentos de las fuerzas elementales ejercidas en cualquier sección transversal del árbol debe ser igual a la magnitud T del momento de torsión que actúa sobre el árbol.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

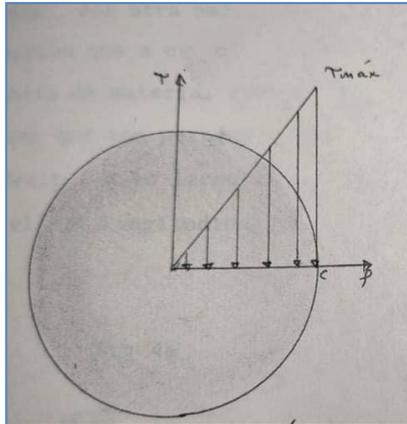


Figura 3.

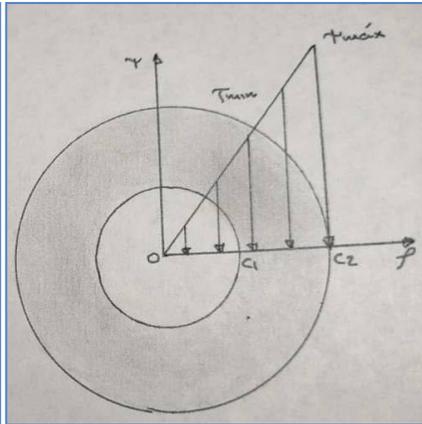


Figura 4.

$$T = \int \rho \tau dA = \frac{\tau_{\max}}{c} \int \rho^2 dA$$

La integral en el último miembro representa el momento polar de inercia J de la sección transversal con respecto al centro O , tenemos entonces:

$$T = \frac{\tau_{\max} J}{c} \quad \tau_{\max} = \frac{T c}{J}$$

Sustituyendo τ_{\max} de la ecuación anterior en $\tau_{\min} = \frac{c_1}{c_2} \tau_{\max}$ obtenemos el esfuerzo cortante a una distancia cualquier ρ del eje del árbol:

$$\tau = \frac{T \rho}{J}$$



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

Recordemos que el momento polar de inercia de un círculo de radio c es $J=1/2\pi c^4$.
Para un árbol circular hueco, radios c_1 y c_2 , el momento polar de inercia es:

$$J=1/2 \pi c_2^4 \qquad 1/2 \pi c_1^4 = 1/2 \pi (c_2^4 - c_1^4)$$

Los materiales dúctiles generalmente fallan por cortante, cuando está sometida a torsión, una probeta hecha de material dúctil se rompe a lo largo de un plano perpendicular a su eje longitudinal fig. 5, por otra parte los materiales frágiles son más débiles a tracción que a cortante. Así, cuando se le somete a torsión, una probeta de material frágil tiende a romperse a lo largo de superficies que son perpendiculares a la dirección de máxima tracción es decir, a lo largo de superficies que forman ángulos de 45 grados con el eje longitudinal de la probeta (fig. 5).

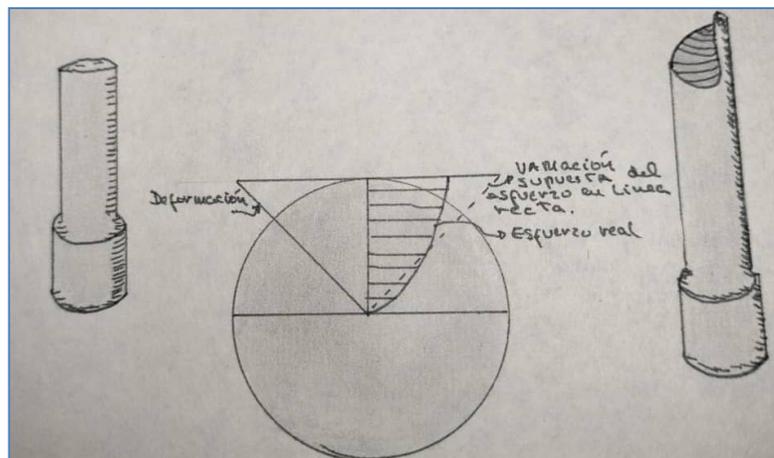


Figura5



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**VARIACION ENTRE EL ESFUERZO Y LA DEFORMACION SOBRE
LÍMITE DE PROPORCIONALIDAD:**

En una barra cilíndrica sólida en torsión, las fibras interiores están menos intensamente forzados que las superficiales. Si una lámina delgada, se sujeta al corte o un tubo delgado a torsión antes que la resistencia al corte del material pueda alcanzarse la falla puede ocurrir por flambéo debido a los esfuerzos compresivos que actúan a 45 grados de la flecha de corte máximo.

En una barra sometida a carga torsionante sobre el límite proporcional, si se asume una variación rectilínea del esfuerzo se asemeja a la indicada con la línea continua en la figura. Con el objeto de comparar materiales similares, se tabula un esfuerzo nominal de fibra extrema en la ruptura por medio de la fórmula de torsión $\tau = \frac{T_c}{J}$, la cual da lo que se denomina el módulo de ruptura en tensión. Si la proporcionalidad se mantuviera hasta el punto de ruptura, la distribución nominal del esfuerzo rectilíneo se parecería a la indicada por la línea intermitente en la figura, puede observarse que el módulo de ruptura o máximo en esfuerzo nominal es mayor que el esfuerzo máximo real.

Para materiales que fallan por tensión bajo carga torsionante, el módulo de rotura por torsión se aproxima más o menos la resistencia a la fractura en tensión, aunque siempre a un poco más alta que la resistencia real a la torsión y es que sobre el límite proporcional la fórmula de torsión se obtienen esfuerzos demasiados altos.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

4. PROCEDIMIENTO

1. Se midió varias veces el diámetro de la sección circular, hallándose el promedio.
2. Se colocó la probeta en la mordaza de la derecha (se sujeta en la mordaza fija) y luego se procede a fijarla en la mordaza móvil de la máquina de torsión.
3. Con el vernier se midió la longitud que existe entre las mordazas (añadiéndole un centímetro de cada lado)
4. El rango de trabajo del dial de la derecha de acuerdo al tipo de muestra, fue de 10.000 1b pul.
5. Luego tanto el dial de la derecha como la cinta métrica de ángulo en la izquierda se colocaron en cero.
6. Se aplicó lentamente el momento torsor.
7. Se tomaron las medidas del ángulo de torsión con su correspondiente momento de torsión, se fijó un intervalo de lectura (cada un grado), hasta que el material falle (cuando la aguja deja de seguir a la otra aguja).
8. Se procedió al desmonte de la probeta (sujeta en las mordazas y observar la probeta después del ensayo.
9. Repetir el procedimiento a partir del paso 1.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

5. IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES E INSTRUMENTO

EQUIPOS E INSTRUMENTO			
FECHA	31 – 7- 23	NOMBRE	Daniela Gómez Bárbara Pinto
NOMBRE	MARCA	CAPACIDAD	APRECIACIÓN
Máquina de Torsión	TINIUS OLSEN	10.000lb pul	10lb pul
Vernier	MAUF	16cm	1/20mm
Probeta cilíndrica de acero			2.54cm



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

6. DATOS Y CÁLCULOS

Probeta		Acero
Momento de Inercia $J (cm^4)$		0,264 cm^4
$c/J (cm^{-3})$		2,424 cm^{-3}
Esfuerzo cortante	En el límite elástico (kg/cm^2)	3.714,37 kg/cm^2
	Máximo (kg/cm^2)	5.334,18 kg/cm^2
Módulo de rigidez $G (kg/cm^2)$		298,2 x 10 ³ kg/cm^2



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

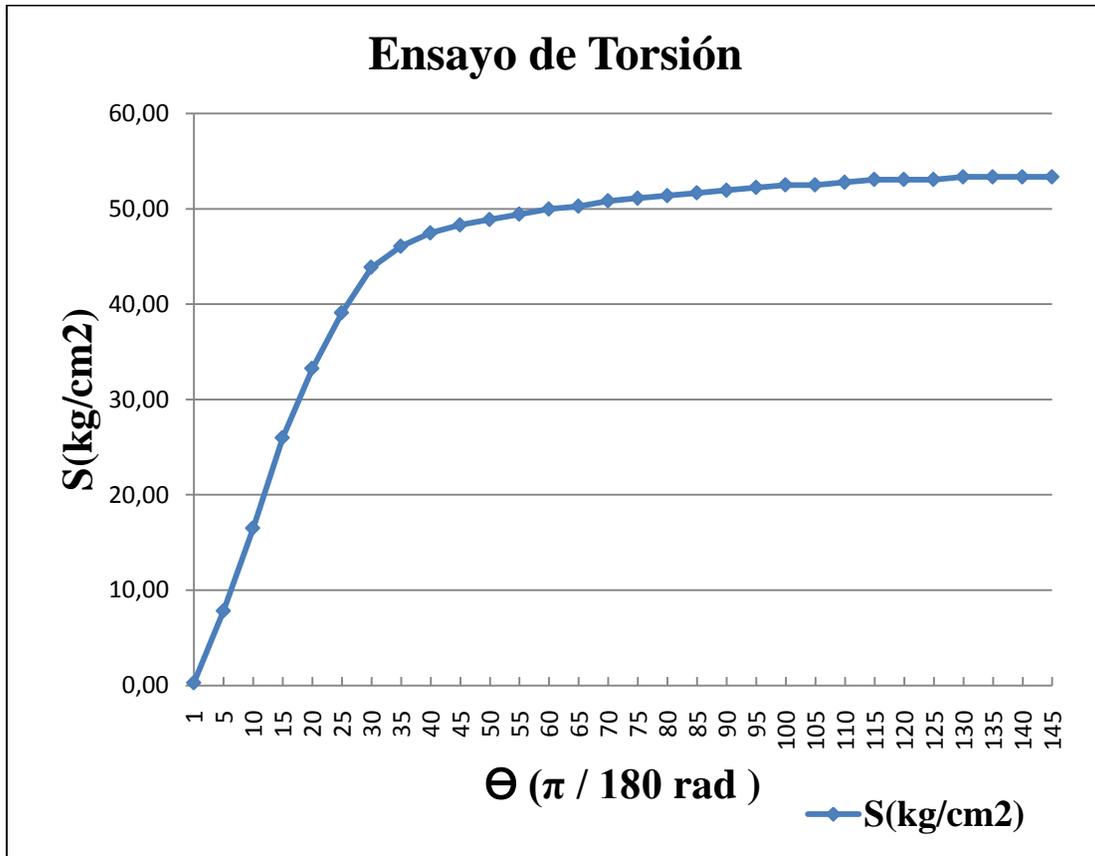
$S(\text{kg/cm}^2)$	$\theta (\pi / 180 \text{ rad})$	$S(\text{kg/cm}^2)$	$\theta (\pi / 180 \text{ rad})$	$S(\text{kg/cm}^2)$	$\theta (\pi / 180 \text{ rad})$
27,93	1	3.574,75	22	5.222,46	95
307,19	2	3.714,37	23	5.250,38	100
474,765	3	3.798,14	24	5.250,38	105
642,34	4	3.909,86	25	5.278,33	110
781,96	5	4.021,59	26	5.306,25	115
949,53	6	4.133,28	27	5.306,25	120
1.089,176	7	4.217,08	28	5.306,25	125
1.284,67	8	4.272,93	29	5.334,18	130
1.480,17	9	4.384,63	30	5.334,18	135
1.647,74	10	4.608,07	35	5.334,18	140
1.815,309	11	4.747,69	40	5.334,18	145
2.010,78	12	4.831,49	45	5.334,18	147
2.206,28	13	4.887,34	50		
2.429,70	14	4.943,19	55		
2.597,27	15	4.998,60	60		
2.736,91	16	5.026,96	65		
2.876,54	17	5.082,84	70		
3.044,11	18	5.110,76	75		
3.183,75	19	5.138,69	80		
3.323,40	20	5.166,61	85		
3.435,10	21	5.194,54	90		



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

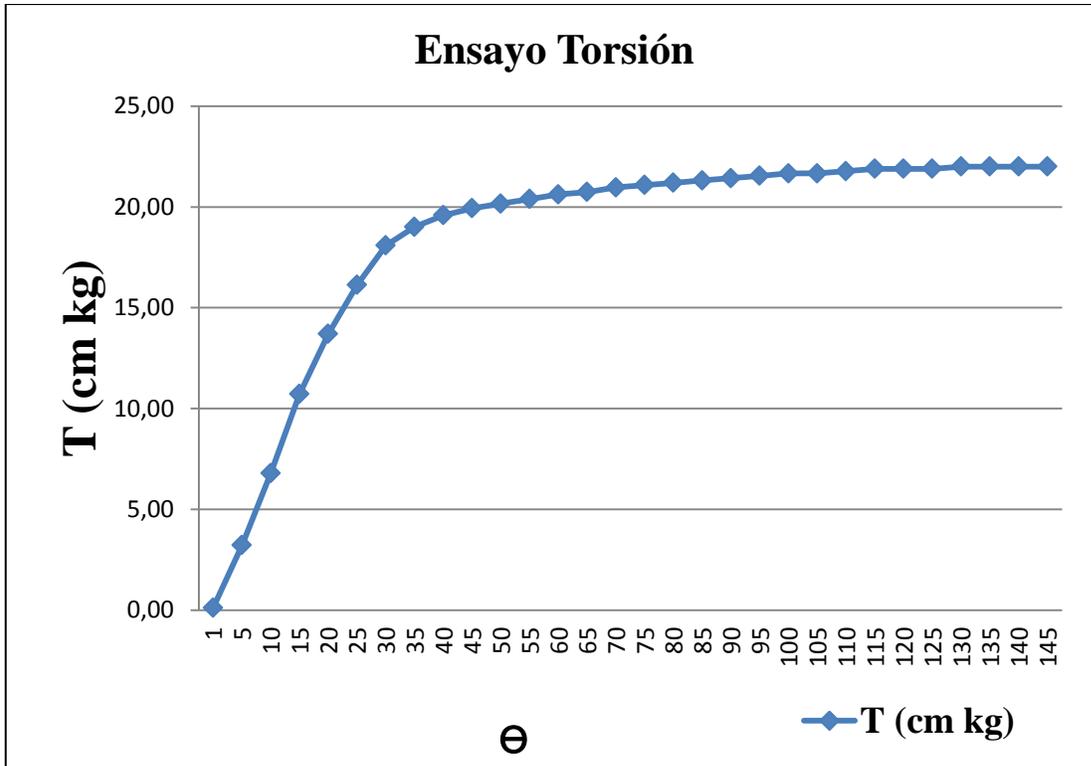
T (cm kg)	θ	T (cm kg)	θ	T (cm kg)	θ
11,521	1	1.474,73	22	2.154,48	95
126,73	2	1.532,33	23	2.166	100
195,86	3	1.532,89	24	2.166	105
264,99	4	1.612,98	25	2.177,53	110
322,59	5	1.659,07	26	2.189,05	115
391,72	6	1.705,15	27	2.189,05	120
449,33	7	1.739,72	28	2.189,05	125
529,98	8	1.762,76	29	2.200,57	130
610,63	9	1.808,84	30	2.200,57	135
679,76	10	1.901,01	35	2.200,57	140
748,89	11	1.958,62	40	2.200,57	145
828,53	12	1.993,19	45	2.200,57	147
910,18	13	2.016,23	50		
1.002,35	14	2.039,27	55		
1.071,48	15	2.062,31	60		
1.129,09	16	2.073,83	65		
1.186,69	17	2.096,88	70		
1.255,82	18	2.108,40	75		
1.313,43	19	2.119,92	80		
1.371,04	20	2.131,44	85		
1.417,12	21	2.142,96	90		



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

7. CONCLUSIONES

1. En el desarrollo de la práctica se pudo observar que los resultados obtenidos en el ensayo cumplen con las hipótesis establecidas en la torsión para ejes circulares, es decir que las secciones transversales de un eje circular permanecen planas después de ser sometidas a un momento torsor.
2. Al observar las gráficas de momento torsionante Vs deformación angular, se puede constatar que el momento torsionante aplicado es directamente proporcional a la deformación angular dentro de la zona elástica, y en la gráfica de esfuerzo de torsión Vs deformación angular se cumple también la proporcionalidad.
3. El módulo de rigidez es la pendiente de la recta en el diagrama esfuerzo-deformación escogiéndose dos puntos en la gráfica obteniéndose un valor de $G = 298,2 \times 10^3$ kg/cm², luego de la gráfica obtenemos el esfuerzo cortante máximo de 5.334,18 kg/cm² y el esfuerzo cortante en el límite elástico de 3.714,37 kg/cm².
4. De aquí podemos concluir que el acero absorbe más energía para llegar a su límite de proporcionalidad.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

8. RECOMENDACIONES.

Se recomienda, para lograr resultados confiables en este ensayo, tomar las siguientes precauciones:

1. Calibrar los instrumentos debidamente, y cuidar que el dial de la máquina este en cero.
2. Es importante que la probeta empleada en el ensayo de torsión, estén bien ajustadas a la máquina de modo que ocurra un deslizamiento durante la aplicación del momento ocurriendo errores en la probeta ensayada.
3. Cuidar que la velocidad de aplicación del momento torsor sea mínima para mantener la condición de cuasi equilibrio necesario en estos ensayos.
4. Es recomendable tener cuidado al sujetar la probeta para no introducir flexión.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

9. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL ENSAYO

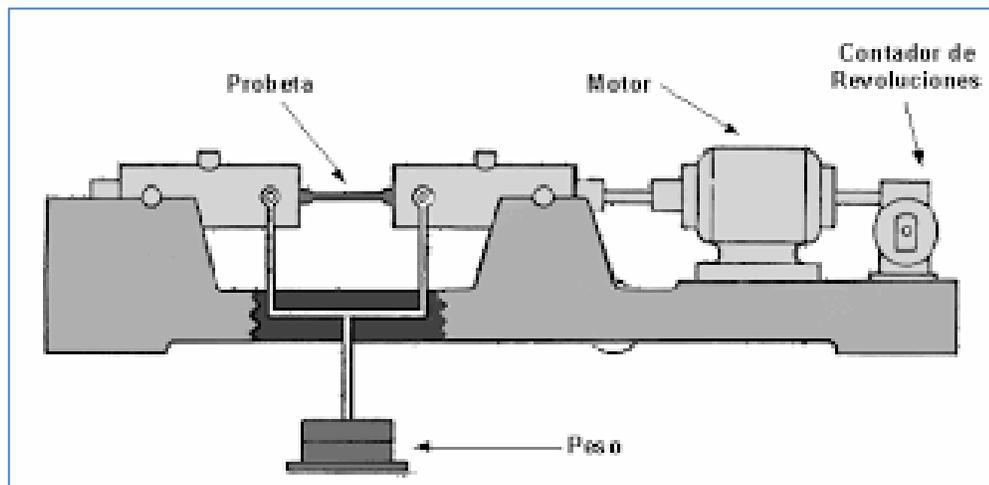


Figura 6. Diagrama de torsión de probeta.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

10. FÓRMULAS EMPLEADAS

A.- Momento polar de inercia (ejes macizos)

$$J = \frac{\pi}{32} D^4 \quad (\text{cm})^4$$

B.- Módulo de elasticidad a la torsión.

$$G = \frac{mL}{j} \qquad m = \frac{T_2 - T_1}{\theta_2 - \theta_1} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$$

C.- Esfuerzo de torsión. (Ejes macizos)

$$S = \frac{Tc}{J} \quad \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

D.- Relación C J (cm^{-3})



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

11. NOMENCLATURAS.

L = Longitud total del eje (cm).

D= Diámetro (cm).

J = Momento polar de inercia (cm⁴).

T = Momento torsor (kg – cm).

S = Esfuerzo de Torsión (kg/cm²).

θ = Angulo de torsión sobre el eje de la probeta (rad).

G = Modulo de rigidez (kg/cm²).

c = Radio del eje.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

12. EJEMPLO DE CÁLCULO

A.- Momento polar de inercia.

$$D = 1,28 \text{ cm}$$

$$J = \frac{\pi}{32} D^4 = \frac{\pi}{32} 1,28 \text{ cm}^4 = 0,264 \text{ cm}^4$$

$$\boxed{J = 0,264 \text{ cm}^4}$$

B.- Esfuerzo de torsión.

$$T = 11,52 \text{ kg cm} \quad S = \frac{11,52 \text{ kg cm} \times 0,64 \text{ cm}}{0,264 \text{ cm}^4} = 27,93 \text{ km/cm}^2$$

$$c = 0,64 \text{ cm}$$

$$\boxed{S = 27,93 \text{ km/cm}^2}$$

$$J = 0,264 \text{ cm}^4$$

C.- Relación C/J

$$\frac{0,64 \text{ cm}}{0,264 \text{ cm}^4} = 2,424 \text{ cm}^{-3}$$

$$\boxed{\frac{c}{J} = 2,424 \text{ cm}^{-3}}$$



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

D.- Modulo de rigidez.

$$T_2 = 126,73 \text{ cmkg}$$

$$\Theta_2 = 0,035 \text{ rad}$$

$$T_1 = 11,521 \text{ cmkg}$$

$$\Theta_1 = 0,017 \text{ rad}$$

$$G = \frac{T_2 - T_1}{\Theta_2 - \Theta_1} \frac{L}{J} = \frac{(126,73 - 11,521) \text{ cmkg}}{0,035 - 0,017} \times \frac{12,3 \text{ cm}}{0,264 \text{ cm}^4}$$

$$G = 298,2 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$$

E.- Reducciones

$$1 \text{ lb-pul} \text{ _____ } 1,1525 \text{ km-cm}$$

$$1^\circ \text{ _____ } \frac{\pi}{180^\circ} \text{ rad}$$



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

APÉNDICE B

PRÁCTICA DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE DUREZA.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME

DEPARTAMENTO: _____

LABORATORIO: _____

INFORME: _____

TÍTULO: _____

INTEGRANTES: _____

SECCIÓN: _____

FECHA DE REALIZADO: _____

FECHA DE ENTREGA: _____

PROFESOR(A): _____



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE DUREZA

1. OBJETIVO GENERAL

Medir la dureza o la resistencia a la penetración de ciertos materiales mediante los ensayos Brinell y Rockwell.

Reconocimiento del material de acuerdo a los resultados obtenidos en cada ensayo y su grado de dureza.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Ensayo de Brinell.

A. ThePortable Telebrineller

Marca: Qualitest

Rango de medición: 106HB - 627HB

B. Ocular con escala métrica

Marca: Telebrineller

Capacidad: 5mm.

Apreciación: 0,1 mm

C. Martillo de impacto.

Marca: Telebrineller.

Peso: 3 libras.

D. 1 Probeta de acero



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

Barra de acero cilíndrica.

Material: A/SA 105

Diámetro: 0,68 mm



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Ensayo de Rockwell.

A. Rockwell “C” Portable

Marca: Flexbar

B. 1 Probeta de acero

Esparrago $\emptyset 1-1/8$ ” UNC – B7, para boquillas.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

3. BASES TEÓRICAS

Dureza: Es fácil comprender el concepto general de la dureza como una cualidad de la materia que tiene que ver con la solidez y la firmeza de contorno, pero no se ha ideado todavía alguna medida universal de la dureza aplicable a todos los materiales.

Estas definiciones generalmente se desarrollan por la necesidad de lograr alguna manera de expresar cuantitativamente los requerimientos bajo diferentes condiciones de servicios.

Dureza de Brinell: En este método se presiona una bola sobre la superficie a ensayar, aplicando una fuerza que es normal al plano del material y a la bola.

Para materiales ferreos (generalmente mayor dureza) $P= 3000\text{kg}$ con un diámetro de 10mm.

Para materiales no ferreos (generalmente menor dureza) $P= 500\text{kg}$ con un diámetro de 10mm.

Para materiales ferreos el tiempo mínimo de aplicación es de 20seg.

Para materiales no ferreos al tiempo mínimo de aplicación es de 30 seg.

Después de realizado el ensayo, se mide la huella que queda sobre la superficie y se aplica la fórmula:



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

BrinellHardnessNumber = B.H.N. = Fuerza aplicada / área casquete esférico de huella

$$B. H. N = \frac{F}{\frac{\pi}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Dureza de Rockwell: es el ensayo de dureza más usado por una serie de razones, a saber:

- a) Se puede utilizar para cualquier tipo de material metálico.
- b) El aparato da directamente la lectura de dureza, por lo que se eliminan errores de medición de huellas, cálculos etc.
- c) No es tan estricto en lo que se refiere a estado de la superficie.
- d) Es de gran precisión.
- e) Es rápido.

Se determina la dureza en función de la profundidad de penetración y se emplea un instrumento de lectura directa.

El ensayo tiene su fundamento en la diferencia de penetración con el material entre una carga de 10 kg, y luego una de 150 kg o la que se elija según la escala más conveniente, que se escoge acuerdo al rango de dureza separado.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

Este método es muy preciso porque elimina el error que se comete al despreciar la deformación elástica, en este caso la carga inicial de 10 kg elimina este error.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

4. PROCEDIMIENTO.

Ensayo de Brinell.

1. Se escoge la barra del equipo según su valor de dureza, en comparación a lo que mide teóricamente la probeta que se va a estudiar después de previamente preparar (limpiar, aplanar y pulir) la pieza o probeta a ensayar.
2. Para tomar la dureza con el equipo Portable Telebrineller se recomienda utilizar una barra calibrada que este en un rango de dureza de $\pm 15\%$ permitido para el material. En este caso se utilizó para el ensayo una barra calibrada de 160 HB.
3. Se introduce la barra escogida en el portaprobetas, donde se tiene la bola de indentación.
4. Se coloca la probeta seleccionada o de prueba, en el portaprobetas.
5. El yunque se golpea fuertemente con un martillo de tres libras. Como es una probeta de acero el diámetro es de 10mm. El impacto, independientemente de la fuerza, se transmite por igual a la barra de prueba y, a través de la bola de indentación, a la barra de muestra, haciendo impresiones en ambos.
6. Se procede a retirar el equipo (martillo y portaprobeta) y medir la huella en las barras con el microscopio.
7. Se mide microscópicamente las impresiones en la barra y el material bajo prueba. Los diámetros de las impresiones resultantes están directamente relacionados con las durezas respectivas de la barra de prueba y la muestra. Se procede a calcular el valor de la dureza con la escala móvil de Telebrineller.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

8. Los diámetros de las impresiones resultantes están directamente relacionados con las durezas respectivas de la barra de prueba y la muestra. Se procede a calcular el valor de la dureza con la escala móvil de Telebrineller.
9. Se gira la escala móvil hasta que la lectura del microscopio de la impresión en el material en la escala número dos sea opuesta a la lectura de la impresión en la barra en la escala número uno. Frente a la dureza Brinell marcada en la escala número tres, se encontrará la dureza Brinell del material en la escala número cuatro.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

PROCEDIMIENTO.

Ensayo de Rockwell.

10. Se armó el durómetro portátil para llevar a cabo el ensayo.
11. Para tomar la dureza con el equipo Rockwell “C” Portable Hardness se recomienda utilizar un rango de dureza de + o - 2% permitido para el material. En este caso se utilizó para el ensayo un esparrago de $\varnothing 1-1/8$ ” A/SA 193, Gr. B7.
12. Una vez que el material a ser sometido fue seleccionado, se coloca el equipo encima de la probeta a ensayar.
13. Posteriormente, se presiona el botón para liberar la bola de acero, que descendió por acción de gravedad y rebotó en la parte inferior del durómetro penetrando el material.
14. Se logra ver hasta dónde llega el indentador luego del rebote, y se registra el resultado obtenido.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

5. IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES E INSTRUMENTOS

EQUIPOS E INSTRUMENTOS – BRINELL			
FECHA	07-08-23	NOMBRE	Daniela Gómez Bárbara Pinto
NOMBRE	MARCA	CAPACIDAD	APRECIACIÓN
ThePortable Telebrineller	Qualitest	106HB - 627HB	
Ocular con escala métrica	Telebrineller	5mm.	0,1 mm
Martillo de impacto.	Telebrineller	3 libras.	
1 Probeta de acero	Barra de acero cilíndrica.		



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

EQUIPOS E INSTRUMENTOS – ROCKWELL			
FECHA	07-08-23	NOMBRE	Daniela Gómez Bárbara Pinto
NOMBRE	MARCA	CAPACIDAD	APRECIACIÓN
Flexbar Rockwell “C” Portable	Flexbar	15 – 65 HRC	29 – 32 HRC
Esparrago Ø1-1/8”	Acero		



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

6. DATOS Y CÁLCULOS

REPORTE ENSAYO DE DUREZA BRINELL							
FECHA: 07-08-23		USUARIO: Daniela Gómez, Bárbara Pinto		CODIGO: REVISION:		REPORTE No:	
MATERIA:							
EQUIPO: V-501		COMPONENTE: Barra cilíndrica. MATERIAL: A/SA 105			ESPESOR: Ø68mm		
PUNTOS DE MEDICION							
IDENTIFICACION	UBICACION	MATERIAL BASE PUNTO 1	BARRA CALIBRADA 160HB	MATERIAL BASE PUNTO 2	BARRA CALIBRADA	PROMEDIO	RESULTADOS
BARRA A/SA 105	Centro de la barra	2,8mm	2,6mm			137,95HB	OK
	Superficie externa de la barra			2,7mm	2,7mm	160HB	OK
Resultados: El código ASME Sec. II Parte A, especifica una dureza permitida de 137HB – 187HB, en materiales SA-105. Para tomar la dureza con el equipo Portable Telebrineller se recomienda utilizar una barra calibrada que este en un rango de dureza de + o – 15% permitido para el material. En este caso se utilizó para el ensayo una barra calibrada de 160HB.							



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

INSPECCIONADO POR: _____	REVISADO POR:

FECHA: _____	PAGINA: _____

REPORTE ENSAYO DE DUREZA ROCKWELL							
FECHA: 07-08-23	USUARIO: Daniela Gómez, Bárbara Pinto	CODIGO: REVISION:	REPORTE No:				
MATERIA:							
EQUIPO: V-501	COMPONENTE: Esparrago			ESPESOR: Ø1-1/8"			
	MATERIAL: A/SA 105			UNC			
PUNTOS DE MEDICION							
IDENTIFICACION	UBICACION	MATERIAL BASE PUNTO 1	BARRA CALIBRADA 160HB	MATERIAL BASE PUNTO 2	BARRA CALIBRADA	PROMEDIO	RESULTADOS
ESPARRAGOS Ø1-1/8" UNC – B7, para boquillas.	Superficie extremo 1	28 HRC	30 HRC			29 Rockwell "C"	OK
	Superficie externo 2			32 HRC	32 HRC	32 Rockwell "C"	OK



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

Resultados: El código ASME Sec. II Parte A, especifica una dureza correspondiente en espárragos, material B7, 13% CR Ø1-1/8” es de 321HBW o 35HRC máximo, en este caso la dureza tomada es aceptable ya que el resultado arrojó promedios de 29HRC y 32HRC. El equipo utilizado para tomar la dureza es un medidor de dureza FLEXBAR ROCKWELL “C” PORTABLE.

INSPECCIONADO POR: _____ **REVISADO POR:**

FECHA: _____

PAGINA: _____



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

7. CONCLUSIONES

Debido a que la dureza no es una propiedad fundamental de un material, sino que está relacionada con las propiedades elásticas y plásticas, el valor de dureza obtenido en una prueba determinada sirve sólo como comparación entre materiales o tratamientos, también es posible controlar o comprobar, mediante los ensayos de dureza, el nivel de calidad de materiales o productos.

En el ensayo Rockwell la lectura es directa lo que evita el uso de microscopio o reglas graduadas, anulando así los errores personales, dando como prueba que este ensayo es más preciso que el ensayo de Brinell.

En el ensayo Brinell la dureza de los materiales es determinada en función de la superficie de la huella y en el Rockwell en función de su profundidad.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

8. RECOMENDACIONES.

1. Para obtener resultados confiables en los ensayos es necesario tomar ciertas precauciones o medidas de seguridad como son:

.- Los materiales a ensayar deben poseer la superficie limpia de óxidos, cascarillas y grasas para así obtener buenos resultados.

.- Se recomienda realizar las pruebas más de una vez para tomar la media de los resultados ya que con esto pueda haber más precisión en la medida de la dureza.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

9. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS ENSAYOS.

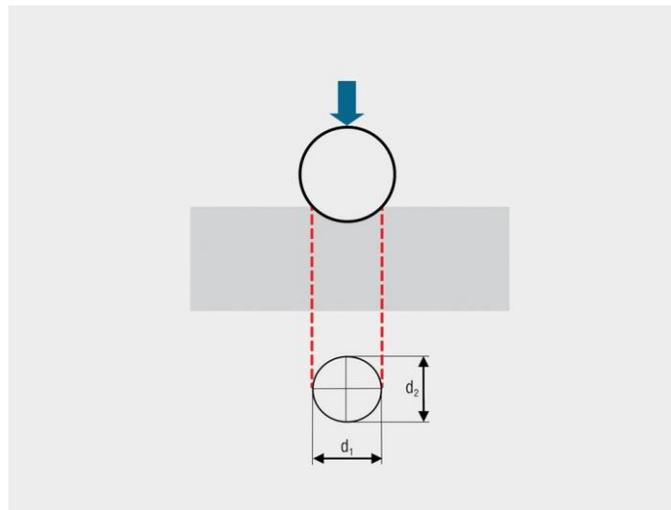


Figura 1. Diagrama de Dureza Brinell.

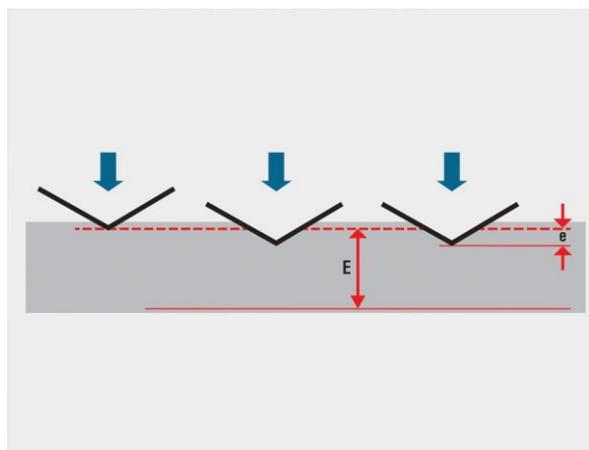


Figura 2. Diagrama de Dureza Rockwell.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

10. FÓRMULAS EMPLEADAS

$$X = H \left(\frac{Db}{Ds} \right)^2$$



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

11. NOMENCLATURA

DB: Diámetro de impresión de la barra calibrada o de prueba

Ds: Diámetro de impresión del el espécimen

H: Dureza (BHN) de la barra calibrada



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

12. EJEMPLO DE CÁLCULO

- Dureza Brinell:

$$X = H \left(\frac{Db}{Ds} \right)^2$$

$$X = 160 \left(\frac{2.6}{2.8} \right)^2 = \boxed{137.96 \text{ HB}}$$



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXOS



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO N° 1

NORMA VENEZOLANA COVENIN 10013:2002, DIRECTRICES
PARA LA DOCUMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTION DE LA
CALIDAD (1era Revisión)



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN-ISO
TR 10013:2002**

**DIRECTRICES PARA LA
DOCUMENTACIÓN DE SISTEMAS
DE GESTIÓN DE LA CALIDAD**

(1^{ra} Revisión)





UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO N°2

CODIGO ASME Sección II Parte A. REQUERIMIENTOS
MECANICOS SA-105/Sa-105M.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

TABLE 2
MECHANICAL REQUIREMENTS [NOTE (1)]

Tensile strength, min., psi [MPa]	70 000 [485]
Yield strength, min., psi [MPa] [Note (2)]	36 000 [250]
Elongation in 2 in. or 50 mm, min., %:	
Basic minimum elongation for walls $\frac{5}{16}$ in. [7.9 mm] and over in thickness, strip tests.	30
When standard round 2 in. or 50 mm gage length or smaller proportionally sized specimen with the gage length equal to 4D is used	22
For strip tests, a deduction for each $\frac{1}{32}$ in. [0.8 mm] decrease in wall thickness below $\frac{5}{16}$ in. [7.9 mm] from the basic minimum elongation of the percentage points of Table 3	1.50 [Note (3)]
Reduction of area, min., % [Note (4)]	30
Hardness, HB, max.	187

NOTES:

- (1) For small forgings, see 7.3.4.
- (2) Determined by either the 0.2% offset method or the 0.5% extension-under-load method.
- (3) See Table 3 for computed minimum values.
- (4) For round specimens only.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO N° 3

**CODIGO ASME SECCIÓN II PARTE A. REQUERIMIENTOS
MECANICOS SA-193/SA-193M**



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ASME BPVC.II.A-2015		SA-193/SA-193M				
TABLE 2 Continued						
Grade, Diameter, in.	Heat Treatment ²	Tensile Strength, min. ksi	Yield Strength, min. 0.2 % offset, ksi	Elongation in 4 D, min. %	Reduction of Area, min. %	Hardness, max.
Austenitic Steels						
over 1¼ to 1½, incl		90	50	30	45	321 HBW or 35 HRC
Class 2B, B8, B8M2 ³ 2 and under	carbide solution treated and strain hardened	95	75	25	40	321 HBW or 35 HRC
over 2 to 2½, incl		90	65	30	40	321 HBW or 35 HRC
over 2½ to 3, incl		80	55	30	40	321 HBW or 35 HRC
Class 2C, B8M3 ³ 2 and under	carbide solution treated and strain hardened	85	65	30	60	321 HBW or 35 HRC
over 2		85	60	30	60	321 HBW or 35 HRC

¹ To meet the tensile requirements, the Brinell hardness shall be over 200 HBW (93 HRB).

² Class 1 is solution treated. Class 1A is solution treated in the finished condition for corrosion resistance; heat treatment is critical due to physical property requirement. Class 2 is solution treated and strain hardened. Austenitic steels in the strain-hardened condition may not show uniform properties throughout the section particularly in sizes over ¾ in. in diameter.

³ For sizes ¾ in. in diameter and smaller, a maximum hardness of 211 HBW (100 HRB) is permitted.

⁴ For diameters 1½ and over, center (core) properties may be lower than indicated by test reports which are based on values determined at ¼ radius.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO N° 4

**FOTOGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS PARA
TORSIÓN**



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

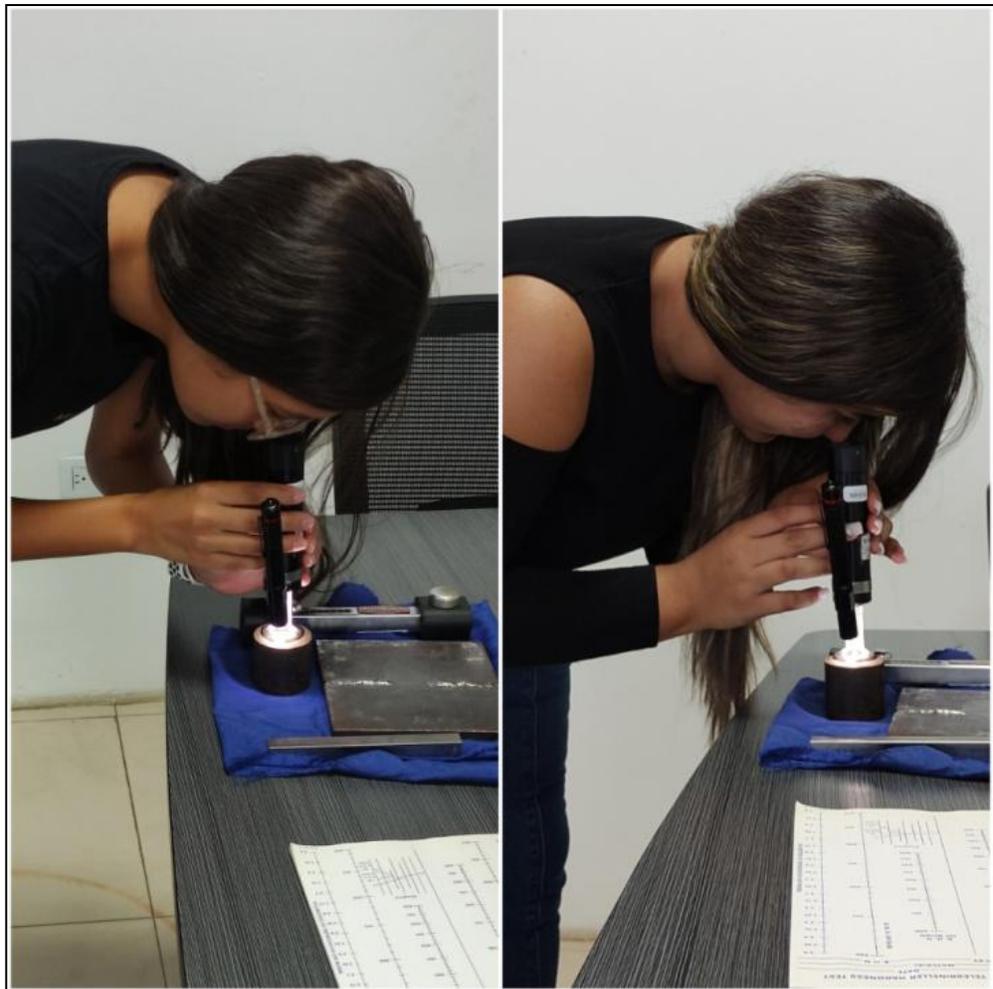
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO N° 5

**FOTOGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS PARA
DUREZA BRINELL Y ROCKWELL**



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD DE ORIENTE
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

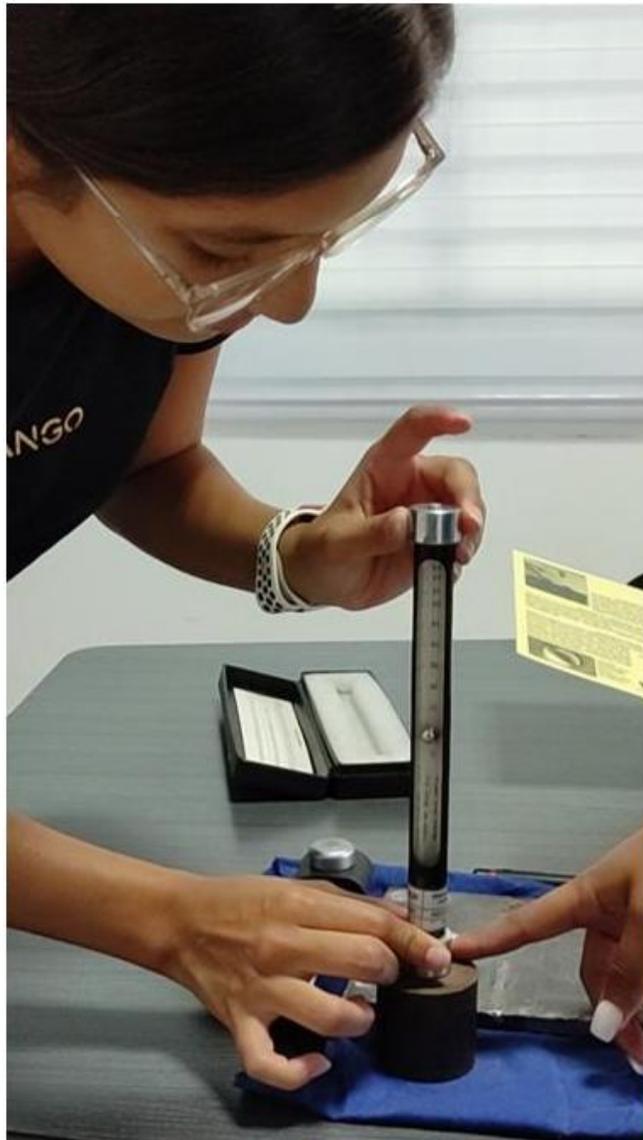




UNIVERSIDAD DE ORIENTE

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	DISEÑO PARA LAS PRÁCTICAS DE ENSAYO DE CORTE PROMEDIO EN ACERO Y ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CONCRETO PARA EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES.
---------------	--

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
Gómez Velásquez Daniela Valentina Pinto Zapata Bárbara Isabel	CVLAC: 28.541.142 E MAIL: gomezvdanielav@gmail.com CVLAC: 27.536-940 E MAIL: barbaraisabel1370@gmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Ensayo
Torsión
Dureza
Indentador
Elasticidad

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA y/o DEPARTAMENTO	SUBÀREA y/o SERVICIO
Ciencias de la Tierra	Dpto. Ingeniería Civil.

RESUMEN (ABSTRACT):

En el presente estudio se realizaron los ensayos de torsión y dureza en barras de acero, con el fin de establecer las propiedades que presentan dichos materiales, así como los pasos que necesarios para realizar los ensayos y adaptarlos de manera didáctica para el uso de los mismos en los laboratorios universitarios, diseñando de esta forma las prácticas de laboratorio con alternativas del uso de máquinas especializadas que normalmente se utilizan para el manejo de dichos ensayos; todo esto motivado por la falta de equipos e instalaciones de laboratorios que presentan algunas universidades en el país, por razones económicas, políticas, sociales, etc. Lo ensayos realizados y las prácticas diseñadas en este trabajo siguen los lineamientos de las normas nacionales e internacionales. Esta investigación se sustenta en los ensayos de torsión y dureza en barras de acero para el diseño de prácticas de laboratorio. Es un estudio tipo descriptivo con diseño experimental y de campo por las pruebas realizadas en laboratorio. Las técnicas de recolección de información fue la observación directa. Las técnicas de análisis de información fue el procesamiento cuantitativo, por la naturaleza del estudio. Los resultados de la investigación permitieron establecer o diseñar procedimientos de prácticas de laboratorio para ensayos de torsión y dureza en barras de acero. Además de dar alternativas de enseñanza para profesores y estudiantes universitarios cursantes de la carrera de ingeniería civil.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Grieco, Giovanni	ROL	CA	AS x	TU	JU
	CVLAC:	8 868 256			
	E_MAIL	griecogio@gmail.com			
	E_MAIL				
Sequera, Antonio	ROL	CA	AS	TU	JU x
	CVLAC:	19 870 057			
	E_MAIL	antonio.sequera@gmail.com			
	E_MAIL				
Guevara, Orlando	ROL	CA	AS	TU	JU x
	CVLAC:	4 983 662			
	E_MAIL	oguesa1958@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DÍA
2023	10	05

LENGUAJE: Español.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS_ENSAYO_TORSIÓN_DUREZA.doc	. MS.word

ALCANCE

ESPACIAL: Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar.

TEMPORAL: 10 años.

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO: Ingeniería civil.

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO: Pregrado.

ÁREA DE ESTUDIO: Ingeniería civil.

INSTITUCIÓN: Universidad de Oriente.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda "SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009".

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA

RECIBIDO POR *Razely*

FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Cumbel
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)

“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario “

Br. Gómez Daniela
AUTOR
C.I 28 541 142

Br. Pinto Bárbara
AUTOR
C.I 27 536 940

TUTOR
Prof. Grieco Giovanni
C.I 8 868 256

JURADO
Prof. Sequera Antonio
C.I 19 870 057

JURADO
Prof. Guevara Orlando
C.I 4 983 662

POR LA SUB COMISIÓN DE TESIS
Prof. Grieco Giovanni