



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Extensión Santo Domingo

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Tesis de grado previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTROMECAÁNICO
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO, MENCIÓN EN AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL

IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO Y DE UN SISTEMA DE PRÁCTICAS
PARA LA ASIGNATURA DE FÍSICA GENERAL EN LA UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL EXTENSIÓN SANTO DOMINGO.

Estudiantes:

DIEGO FABIAN VALENCIA ALVEAR
LUIS GEOVANNY PAZMIÑO BRAVO

Director de Tesis:

DR. IDALBERTO TAMAYO

Santo Domingo – Ecuador

ENERO, 2014

IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO Y DE UN SISTEMA DE PRÁCTICAS
PARA LA ASIGNATURA DE FÍSICA GENERAL EN LA UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL EXTENSIÓN SANTO DOMINGO.

Dr. Idalberto Tamayo

DIRECTOR DE TESIS

APROBADO

Ing. Nilo Ortega

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

PhD. Maria dels Àngels Vallvé Antón

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MSc. Gabriel Obregón

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo.....de.....del 201...

**Autores: LUIS GEOVANNY PAZMIÑO BRAVO
DIEGO FABIAN VALENCIA ALVEAR**

Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.

**Título de Tesis: IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO Y
DE UN SISTEMA DE PRÁCTICAS PARA LA
ASIGNATURA DE FÍSICA GENERAL EN LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
EQUINOCCIAL EXTENSIÓN SANTO
DOMINGO**

Fecha: ENERO, 2014

El contenido del presente trabajo, está bajo la responsabilidad de los autores.

Luis Geovanny Pazmiño Bravo
CI. 172056667-6

Diego Fabian Valencia Alvear
CI. 171933302-1

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Extensión Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS

Santo Domingo.....de.....del 201....

Ing. Nilo Ortega

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA Y
AUTOMATIZACIÓN**

Estimado Ingeniero

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo investigativo realizado por los señores: **LUIS GEOVANNY PAZMIÑO BRAVO y DIEGO FABIAN VALENCIA ALVEAR**, cuyo tema es: “**IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO Y DE UN SISTEMA DE PRÁCTICAS PARA LA ASIGNATURA DE FÍSICA GENERAL EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL EXTENSIÓN SANTO DOMINGO**”, ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes

Atentamente.

Dr. Idalberto Tamayo
DIRECTOR DE TESIS.

Dedicatoria

La culminación de una meta trazada es un sentimiento único en el mundo que refleja el sacrificio y perseverancia, para lo cual quiero dedicar ésta tesis a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a crecer como persona y como profesional.

A Dios por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible.

A mis padres y hermanas quienes con su amor, apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre a lo largo de mi vida estudiantil; a ellos que siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles y que han sido incentivos en mi vida.

A mis amigos, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y que hasta el momento, seguimos conservando la amistad.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

A continuación cito una frase célebre de Nelson Mandela que tiene mucho significado en mi vida: “Soy el amo de mi destino, soy el capitán de mi alma”

Luis Geovanny Pazmiño Bravo

Dedicatoria

A mi esposa Mayra Nataly Mero Cedeño como símbolo de mi perseverancia y esfuerzo para cumplir mis objetivos y metas en la vida.

A mi hija Ashley Natalia Valencia Mero como muestra de que el estudio es parte fundamental en la superación de nuestra vida no solo profesional sino también personal.

A mis padres Víctor Hugo Valencia Flores y Sara Beatriz Alvear Cando como resultado de los valores inculcados desde la niñez.

Diego Fabian Valencia Alvear

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios quien me dio la vida y la ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría y perseverancia suficiente para culminar la carrera universitaria.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, reconocimiento y cariño a mis padres por todo el esfuerzo que hicieron para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraron todos estos años; gracias a ustedes he llegado a donde estoy.

Gracias a mis hermanas quienes han sido mis amigas fieles y sinceras, en las que he podido confiar y apoyarme para seguir adelante.

Agradezco a la Universidad Tecnológica Equinoccial por haberse convertido en mi segunda casa durante los años de mi formación profesional.

Agradezco de manera especial a mi director de tesis Dr. Idalberto Tamayo, quién con sus conocimientos y apoyo supo guiar el desarrollo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación.

“Ahora puedo decir que lo que soy es gracias a todos ustedes”

Luis Geovanny Pazmiño Bravo

Agradecimiento

A Dios, ese ser supremo que nos ama incondicionalmente y siempre está con nosotros apoyándonos y guiándonos, especialmente en los momentos más difíciles.

A mis padres quienes me dieron su apoyo absoluto para que este proyecto de vida pueda llegar a su culminación.

Fueron parte fundamental para cumplir este objetivo de vida, mi esposa con su paciencia y apoyo y mi hija, motor de inspiración para ser mejor cada día.

A mis hermanos y amigos quienes de una u otra manera aportaron con un granito de arena para que este logro se cumpliera.

A mis maestros quienes impartieron su conocimiento de manera desinteresada y dejaron todo en las aulas para beneficio de sus estudiantes.

Al Dr. Idalberto Tamayo quien acertadamente con su paciencia y profesionalismo supo guiarme en la realización de este proyecto.

Diego Fabian Valencia Alvear

ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA	PAG.
Portada.....	i
Sustentación y Aprobación de los Integrantes del Tribunal.....	ii
Responsabilidad del Autor.....	iii
Aprobación del Director de Tesis.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vii
Índice.....	ix
Resumen Ejecutivo.....	xvi
Executive Summary	xvii

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes.....	1
1.1.1	Antecedentes históricos.....	1
1.1.2	Antecedentes científicos.....	2
1.1.3	Antecedentes prácticos.....	2
1.1.4	Importancia del estudio.....	3
1.1.5	Situación actual del tema de investigación.....	4
1.2	Limitaciones del estudio.....	4
1.3	Alcance del trabajo.....	4
1.4	Objetivos del estudio.....	5
1.5	Objetivo general del estudio.....	5
1.5.1	General.....	5
1.5.2	Específicos.....	5
1.6	Justificación.....	6
1.7	Idea a defender del estudio.....	6

1.8	Aspectos metodológicos del estudio.....	7
1.8.1	Unidad de análisis.....	7
1.8.2	La población de estudio y sus características.....	7
1.8.3	Tipo y nivel de la investigación.....	7
1.8.4	Método de estudio.....	7

CAPÍTULO II

MARCO DE REFERENCIA

2.1	Laboratorio de Física General.....	8
2.1.1	Definición.....	8
2.2	Densidad de sólidos.....	10
2.2.1	Determinación de la densidad de un sólido mediante el principio de Arquímedes.....	10
2.2.2	Determinación de la densidad de un sólido a partir de la medida de las dimensiones del objeto.....	11
2.3	Objetos en equilibrio.....	12
2.3.1	Condiciones del equilibrio.....	12
2.3.2	Equilibrio de una partícula.....	14
2.3.2.1	Condiciones para el equilibrio de una partícula.....	14
2.3.2.2	El diagrama de cuerpo libre.....	14
2.3.3	Equilibrio de un cuerpo rígido.....	16
2.3.3.1	Condiciones para el equilibrio de un cuerpo rígido.....	16
2.3.3.2	Diagrama de cuerpo libre.....	19
2.4	Coefficiente de fricción.....	20
2.4.1	Introducción.....	20
2.4.2	Leyes de la fricción seca. Coeficiente de fricción.....	21
2.4.3	Ángulos de fricción.....	23
2.5	Coefficiente de viscosidad de aceites.....	25
2.6	Caída libre.....	28
2.6.1	Cuerpos en caída libre.....	28
2.6.2	Movimiento de proyectiles.....	30

2.7	Segunda ley de Newton.....	32
2.7.1	Enunciado de la segunda ley de Newton.....	32
2.7.2	Movimiento con aceleración constante.....	33
2.8	Trabajo y energía.....	34
2.8.1	Energía cinética.....	34
2.8.2	Energía potencial gravitacional.....	35
2.9	Colisiones.....	38
2.9.1	Choques de cuerpos elásticos.....	38
2.9.2	Método experimental colisiones.....	40
2.9.2.1	Conservación de la energía mecánica.....	40

CAPÍTULO III

REALIZACIÓN DE PRÁCTICA EXPERIMENTAL

3.1	Práctica N° 1: Densidad de sólidos.....	43
3.1.1	Planteamiento del problema.....	43
3.1.2	Introducción.....	44
3.1.3	Objetivos.....	44
3.1.4	Marco teórico.....	45
3.1.4.1	Determinación de la densidad de un sólido mediante el principio de Arquímedes.....	45
3.1.4.2	Determinación de la densidad de un sólido a partir de la medida de las dimensiones del objeto.....	46
3.1.5	Esquema del laboratorio y materiales.....	48
3.1.6	Procedimiento experimental.....	50
3.1.6.1	Método 1.....	50
3.1.6.2	Método 2.....	56
3.1.7	Aplicaciones.....	60
3.1.8	Conclusiones.....	61
3.1.9	Bibliografía.....	62

CAPÍTULO IV

ERRORES EN LAS MEDICIONES

4.1	Clases y tipo de error.....	63
4.1.1	Clases de error en las mediciones.....	63
4.1.1.1	Errores sistemáticos.....	63
4.1.1.1.1	Defecto en el instrumento de medición.....	63
4.1.1.1.2	Error de paralaje.....	64
4.1.1.1.3	Mala calibración del aparato o instrumento usado.....	64
4.1.1.1.4	Error de escala.....	64
4.1.1.2	Errores circunstanciales (estocásticos o aleatorios).....	64
4.1.2	Tipos de error en las mediciones.....	65
4.1.2.1	Error absoluto.....	65
4.1.2.2	Error relativo.....	65
4.1.2.3	Error porcentual.....	65
4.1.3	Ejemplo de cálculo de errores en experimentación densidad de sólidos.....	66
4.2	Curva de ajuste, regresión y correlación.....	67
4.2.1	Curva de ajuste.....	67
4.2.2	Regresión.....	69
4.2.3	Método de mínimos cuadrados.....	69
4.2.4	Ejemplo de gráfica de regresión lineal en experimentación densidad de sólidos.....	71

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	72
5.2	Recomendaciones.....	73
	Bibliografía.....	74
	Anexos.....	77

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1	Principio de Arquímedes.....	10
Figura N° 2.2	Volumen de esfera.....	12
Figura N° 2.3	Diagrama de cuerpo libre de la partícula.....	15
Figura N° 2.4	Cuerpo rígido (a).....	16
Figura N° 2.5	Cuerpo rígido (b).....	17
Figura N° 2.6	Diagrama de cuerpo libre sólido rígido.....	20
Figura N° 2.7	Leyes de fricción seca.....	21
Figura N° 2.8	Valores aproximados de los coeficientes de fricción seca.....	23
Figura N° 2.9	Ángulos de fricción superficie plana.....	24
Figura N° 2.10	Ángulos de fricción superficie inclinada.....	25
Figura N° 2.11	Diagrama de fuerzas para el movimiento de la esfera.....	26
Figura N° 2.12	Propiedades de líquidos a 1 atm y 20 °C.....	28
Figura N° 2.13	Fotografía con múltiples destellos de una pelota en caída libre.....	29
Figura N° 2.14	Fotografía del movimiento de un proyectil.....	31
Figura N° 2.15	Aceleración constante de una partícula.....	33
Figura N° 2.16	Una fuerza constante neta \vec{F} efectúa trabajo sobre un cuerpo en movimiento.....	34
Figura N° 2.17	Energía potencial gravitacional.....	36
Figura N° 2.18	Cuerpo que se mueve verticalmente de una altura y_1 a y_2	37
Figura N° 2.19	Recta normal a las superficies en el punto de impacto.....	38
Figura N° 2.20	Clases de choques elásticos.....	39
Figura N° 2.21	Péndulo.....	41
Figura N° 2.22	Movimiento del péndulo.....	41
Figura N° 3.1	Principio de Arquímedes.....	45
Figura N° 3.2	Volumen de esfera.....	47
Figura N° 3.3	Densidad de sólidos a través de método de Arquímedes.....	48
Figura N° 3.4	Densidad de sólidos a través de las dimensiones del cuerpo.....	49
Figura N° 3.5	Materiales para práctica densidad de sólidos.....	50
Figura N° 3.6	Funcionamiento de balanza digital.....	50
Figura N° 3.7	Masa de cuerpo.....	51
Figura N° 3.8	Medida de densidad de agua utilizando un densímetro.....	51

Figura N° 3.9	Llenado de probeta con agua.....	52
Figura N° 3.10	Valor de fuerza 1 utilizando el dinamómetro.....	52
Figura N° 3.11	Montaje experimental.....	53
Figura N° 3.12	Valor de fuerza 2 utilizando el dinamómetro	53
Figura N° 3.13	Completar el volumen de agua con jeringa	54
Figura N° 3.14	Materiales para práctica densidad de sólidos.....	56
Figura N° 3.15	Funcionamiento de balanza digital.....	56
Figura N° 3.16	Masa de esfera.....	57
Figura N° 3.17	Dimensiones de esfera.....	57
Figura N° 3.18	Gráfica de la masa en función del volumen de los cuerpos sólidos...	59
Figura N° 4.1	Curva de ajuste.....	68
Figura N° 4.2	Curva de método de mínimos cuadrados.....	70
Figura N° 4.3	Gráfica de la masa en función del volumen de los cuerpos sólidos....	71

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 3.1	Registro de valores experimentales y teóricos, método 1.....	55
Tabla N° 3.2	Registro de valores masa en función del volumen.....	58
Tabla N° 3.3	Registro de valores experimentales y teóricos, método 2.....	60
Tabla N° 4.1	Registro de valores experimentales y teóricos, método 2.....	67
Tabla N° 4.2	Registro de valores masa en función del volumen.....	71

RESUMEN EJECUTIVO

La Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo siendo pionera en las Carreras Técnicas actualmente no cuenta con un laboratorio para la asignatura de Física General.

En vista de lo mencionado y por las experiencias vividas como egresados de la Universidad nos atrevemos a afirmar que la implementación de un laboratorio y de un sistema de prácticas para la asignatura de Física General en la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo, será de gran ayuda para las futuras generaciones ya que incrementará el interés de los estudiantes en la asignatura y ayudará a consolidar los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas mediante la experimentación.

El laboratorio será implementado en un aula que se encuentra actualmente en el bloque J, más conocido como Taller Automotriz y Electromecánico, el espacio físico del aula será distribuido de tal manera que la capacidad del laboratorio será de dieciséis estudiantes más el docente. Se realizarán ocho prácticas que se dividen en cuatro sobre Estática y cuatro sobre Dinámica, además se realizará las guías de práctica respectivas, las prácticas serán realizadas basándose estrictamente en el sílabo de la asignatura.

En el laboratorio se propone incentivar las aplicaciones prácticas a nivel de la Enseñanza Superior, propiciando las aptitudes vocacionales hacia áreas científicas que permitan a nuestra juventud tener una perspectiva del mundo moderno en el cual necesariamente se desenvolverán en el futuro, mejorando la calidad del estudiante de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo.

EXECUTIVE SUMMARY

The Universidad Tecnológica Equinoccial of Santo Domingo, pioneer in technical degrees, does not currently have a General Physics laboratory.

Therefore, and based on the experiences of the graduates, we can say that the implementation of a General Physics laboratory and a system of professional practice will help future generations of students increase their interest on the subject and will consolidate the theoretical knowledge acquired in the classroom through experimentation.

The General Physics laboratory will be implemented in a classroom of the J block, better known as "Taller automotriz y electromecánico". The classroom space will be distributed into eight working spaces for two students each, for a total capacity of eighteen students and an instructor. Eight practices will be performed, four on Statics and four on Dynamics. The required manuals for each practice will be developed. The practices will be designed strictly based on the syllabus of the course.

The goal of the lab is to boost the practical application at higher education level, promoting vocational skills to scientific areas to enable our youth to have a perspective of the modern world, where they will work in the future, improving the quality of Engineering student of the Universidad Tecnológica Equinoccial, Santo Domingo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.

1.1.1 Antecedentes históricos

Zemansky (2009, p.1) sostuvo que “El estudio de la Física es importante porque es una de las ciencias más fundamentales de la formación técnica. Los científicos de todas las disciplinas utilizan las ideas de la Física, como los químicos que estudian la estructura de las moléculas, los paleontólogos que intentan reconstruir la forma de andar de los dinosaurios, y los climatólogos que estudian como las actividades humanas afectan la atmosfera y los océanos. Asimismo, la Física es la base de toda la Ingeniería y la Tecnología. Ningún Ingeniero podría diseñar un televisor de pantalla plana, una nave espacial interplanetaria ni incluso una mejor trampa para ratones, sin antes haber comprendido las leyes básicas de la Física.

El estudio de la Física es también una aventura. Usted la encontrará desafiante, a veces frustrante y en ocasiones dolorosa; sin embargo, con frecuencia le brindará abundantes beneficios y satisfacciones. La Física estimulará en usted su sentido de lo bello, así como su inteligencia racional. Si alguna vez se ha preguntado por qué el cielo es azul, como las ondas de radio viajan por el espacio vacío, o como un satélite permanece en órbita, encontrará las respuestas en la Física Básica. Sobre todo, apreciará la Física como un logro sobresaliente del intelecto humano en su afán por entender nuestro mundo y a la humanidad misma.”

1.1.2 Antecedentes científicos

La Física es una ciencia enfocada a encontrar y demostrar las leyes que rigen el universo, por lo tanto se encarga de explicar los diferentes fenómenos naturales que ocurren a nuestro alrededor. El experimento es la experiencia científica en que se provoca deliberadamente algún tipo de cambio y se observa o interpreta su resultado con la finalidad de conocer su comportamiento; por lo tanto el experimento es la directriz en la búsqueda de respuestas a los problemas que se plantea el experimentador, razón por la cual el experimento desde su introducción por Galileo Galilei ha sido un pilar fundamental en el proceso de la evolución de la ciencia.

1.1.3 Antecedentes prácticos

La Física ha tenido gran trascendencia en la evolución del mundo ya que en base a las teorías expuestas por los científicos como Galileo Galilei, Isaac Newton, Albert Einstein, James Clerk Maxwell, etc. Se ha podido realizar grandes inventos que han cambiado al mundo, lo más importante es que dichas teorías se siguen enseñando en las instituciones educativas enriqueciendo el conocimiento de los estudiantes y despertando así el interés por conocer más sobre lo que está a nuestro alrededor.

Un hecho muy importante y relacionado a la Física lo pudimos vivir en nuestro país con el lanzamiento del primer satélite ecuatoriano puesto en órbita.

El 25 de Abril de 2013 a las 23h13m00s hora local, Ecuador lanzó al espacio su primer satélite, el NEE-01 PEGASO, su primera transmisión de video fue captada por la estación terrena HERMES-A el 5 de Mayo de 2013.

En Mayo 23 del 2013 a las 00h38m17s el NEE-01 PEGASO fue impactado en órbita por partículas desprendidas por el objeto SCC-15890. El NEE-01 sobrevivió la colisión y sigue en órbita, sin embargo entró en giro incontrolado debido al evento.

Debido a este giro, su antena no puede apuntar correcta y establemente hacia la estación terrena y aunque sigue transmitiendo y funcionando, su señal no puede ser decodificada. La Agencia Espacial Civil Ecuatoriana trabaja sin descanso para estabilizar al NEE-01 y recuperar el uso de su señal.

El NEE-01 PEGASO transmitió durante 7 días su señal al mundo vía EarthCam, millones pudieron apreciar la tierra vista desde el espacio en tiempo real, muchos por primera vez. <http://www.exa.ec/>

1.1.4 Importancia del estudio

En los últimos años la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas ha presentado un crecimiento considerable en su población del 23,9% según datos recopilados por el INEC, ya que en el año 2001 su población era de 295400 habitantes mientras que en el año 2010 la población era de 365965, teniendo un promedio de crecimiento anual de 7840,5 habitantes / año censo. <http://www.inec.gov.ec/estadisticas/>.

En la Provincia existen varias entidades de educación superior que buscan como objetivo común atraer la mayor cantidad de alumnos para que realicen su formación profesional en sus instalaciones, para lo cual deben ir innovando y actualizándose día a día para cumplir con las expectativas planteadas; más ahora que el gobierno actual está exigiendo una educación de excelencia como se ha evidenciado en los procesos de acreditación. La Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo actualmente no cuenta con un laboratorio para la asignatura de Física General que es pilar fundamental para algunas carreras como Electromecánica y Automotriz. Mediante la implementación de un laboratorio y de un sistema de prácticas para la asignatura de Física General en la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo se busca ayudar a los estudiantes a una mejor comprensión de las teorías expuestas en clases mediante la experimentación, así aportando a la excelencia académica de los estudiantes y categoría de la Institución.

1.1.5 Situación actual del tema de investigación

La Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo siendo pionera en las Carreras Técnicas actualmente no cuenta con un laboratorio para la asignatura de Física General.

En vista de lo mencionado y por las experiencias vividas como egresados de la Universidad nos atrevemos en afirmar que la implementación de un laboratorio y de un sistema de prácticas para la asignatura de Física General en la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo será de gran ayuda para las futuras generaciones ya que incrementará el interés de los estudiantes en la asignatura y ayudará a consolidar los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas mediante la experimentación.

1.2 Limitaciones del estudio.

La principal limitación del estudio es el pequeño espacio físico del laboratorio debido a que funcionarán tres asignaturas tales como: Física General, Física Aplicada, Calor y Electromagnetismo.

1.3 Alcance del trabajo.

Con la implementación de un laboratorio y de un sistema de prácticas para la asignatura de Física General en la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo, se incrementará el interés de los estudiantes en la asignatura y ayudará a comprender de una mejor manera los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas mediante la experimentación.

1.4 Objetivos del estudio.

Implementar un laboratorio y un sistema de prácticas para la asignatura de Física General en la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo, con la finalidad de fortalecer los conocimientos del estudiante adquiridos en las aulas mediante la experimentación.

1.5 Objetivo general del estudio.

1.5.1 General.

Implementar un laboratorio y un sistema de prácticas para la asignatura de Física General en la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo.

1.5.2 Específicos.

- Dimensionar el espacio físico del aula para la realización del laboratorio.
- Diseñar la forma más adecuada de colocar los puestos de trabajo, de tal forma que el espacio sea ocupado de una forma correcta en función de las dimensiones del laboratorio y el número de estudiantes.
- Establecer las prácticas que se realizarán en el laboratorio de Física General.
- Conocer las condiciones en las cuales se desarrollarán las prácticas.
- Determinar los principios de la Física que intervienen en las prácticas.
- Realizar una guía de prácticas para el laboratorio de Física General.

1.6 Justificación.

Al realizarse la implementación de un laboratorio y un sistema de prácticas para la asignatura de Física General en la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo, ayudará a despertar el interés y despejar las dudas que podrán tener los estudiantes en la materia, relacionando lo teórico con la práctica que es base fundamental para la formación profesional de las carreras técnicas.

Las prácticas serán realizadas basándose estrictamente en el sílabo de la asignatura, el cual está adjuntado como anexo.

La implementación del laboratorio experimental beneficiará a los estudiantes, docentes y Universidad ya que permitirá formar profesionales con mayor preparación y habilidades experimentales, servirá para mejorar los métodos de enseñanza sobre la asignatura de Física General y contribuirá como modelo guía si en el futuro se requiere construir otro laboratorio de similares características en la Universidad. Este proyecto es totalmente ejecutable ya que los materiales, equipos que intervienen en la construcción se pueden encontrar en el mercado, logrando realizar la adquisición y compra de los mismos.

Cabe resaltar que no se comprará el montaje de cada práctica, sino que se comprarán los componentes, realizando así un montaje que resultará económico en comparación al comprar la instalación ya confeccionada.

1.7 Idea a defender del estudio.

Mediante la implementación de un laboratorio y un sistema de prácticas para la asignatura de Física General en la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo, se contribuirá en la mejora de la metodología de enseñanza y despertará el interés en los estudiantes mediante la experimentación.

1.8 Aspectos metodológicos del estudio.

1.8.1 Unidad de análisis.

El presente proyecto tendrá como unidad de estudio las ocho prácticas a realizarse en el laboratorio de Física General.

1.8.2 La población de estudio y sus características.

Implementación de un laboratorio y un sistema de prácticas para la asignatura de Física General en la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo.

1.8.3 Tipo y nivel de la investigación.

Se realiza una investigación aplicada ya que se está proponiendo la implementación del laboratorio y sistema de prácticas en una institución educativa real y actualmente en funcionamiento.

1.8.4 Método de estudio.

La investigación desarrollada en el presente trabajo será principalmente un método experimental ya que tiene como finalidad primordial resolver un problema práctico inmediato porque la información será obtenida del campo y se pretende generar conocimientos concretos acerca de la problemática.

CAPITULO II

MARCO DE REFERENCIA

2.1 Laboratorio de Física General.

2.1.1 Definición.

El laboratorio de Física General se crea para cubrir las necesidades académicas en las carreras que incluyen en sus planes micro curriculares la materia de Física y las relacionadas como: Estática, Resistencia de Materiales, Mecanismos, Elementos de Máquinas I y II, Dinámica.

En el laboratorio se propone incentivar las aplicaciones prácticas a nivel de la Enseñanza Superior, propiciando las aptitudes vocacionales hacia áreas científicas que permitan a nuestra juventud tener una perspectiva del mundo moderno en el cual necesariamente se desenvolverán en el futuro, mejorando la calidad del estudiante de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial Extensión Santo Domingo.

Se plantea:

- Fundamentar y complementar los diferentes tópicos tratados teóricamente en las aulas para lograr una educación y formación integral de los estudiantes.
- Reforzar los contenidos de áreas científicas mediante laboratorios experimentales abarcando los tópicos más relevantes de los planes y programas de estudio.
- Fomentar el trabajo en equipo, tanto para formar una mejor interrelación entre estudiantes, como una forma de preparación del futuro profesional para el trabajo en equipo.

El laboratorio de Física es una inversión para la formación pedagógica de los estudiantes en la preparación de los mismos para su actividad profesional.

Las prácticas de laboratorio de Física pueden ayudar al alumno, además de desarrollar destrezas básicas y herramientas de la Física experimental y del tratamiento de datos, a manejar conceptos básicos, entender el papel de la observación directa en Física y a distinguir entre las inferencias que se realizan a partir de la teoría y las que se realizan a partir de la práctica, destacar el proceso: observación del fenómeno - obtención de una data experimental – análisis de los resultados – conclusiones.

Las prácticas a desarrollarse en el laboratorio de Física son las siguientes:

Estática.

- Densidad de sólidos.
- Objetos en equilibrio.
- Coeficiente de fricción.
- Coeficiente de viscosidad de aceites.

Dinámica.

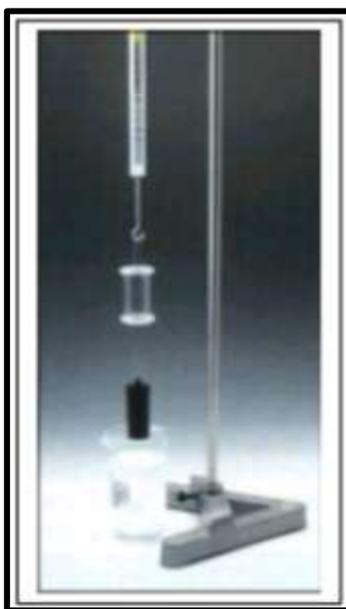
- Caída libre.
- Segunda ley de Newton (carril de aire).
- Trabajo y energía.
- Colisiones.

2.2 Densidad de sólidos.

2.2.1 Determinación de la densidad de un sólido mediante el principio de Arquímedes.

La densidad de un sólido puede determinarse utilizando el principio fundamental de la Hidrostática o principio de Arquímedes, que dice:

Figura N° 2.1
Principio de Arquímedes



Fuente: Densidad de sólidos - <http://flahoz.webs.ull.es/itop/DensidadSolidos.PDF>

Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical hacia arriba, igual al peso del fluido desalojado dicho cuerpo.
<http://flahoz.webs.ull.es/itop/DensidadSolidos.PDF>

El montaje es como el de la figura N° 2.1. Matemáticamente se expresa como:

$$Peso_{\text{ cuerpo sumergido en el fluido}} = Peso_{\text{ cuerpo en aire}} - F_{\text{ empuje}} \quad (2.1)$$

Para el agua, con una densidad de 1 g/cm^3 nos proporciona un método para determinar el volumen de un cuerpo sólido aún cuando no tenga una forma geométrica definida, así como su densidad. Según el Principio de Arquímedes,

$$F_{\text{empuje}} = \text{Volumen del cuerpo} \times \text{Densidad del agua} \times g \quad (2.2)$$

Según el principio de Arquímedes, “Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical E, de igual magnitud pero de sentido opuesto al peso del fluido que desplaza dicho cuerpo”.

El volumen del sólido sumergido puede escribirse como $V_{\text{sol}} = m_{\text{sol}} / \rho_{\text{sol}}$ siendo ρ_{sol} la densidad y m_{sol} la masa del sólido. El empuje E que actúa sobre el cuerpo vendrá dado por:

$$E = V_{\text{liq}} \rho_{\text{liq}} g = V_{\text{sol}} \rho_{\text{liq}} g = (\rho_{\text{liq}} / \rho_{\text{sol}}) m_{\text{sol}} g \quad (2.3)$$

En donde ρ_{liq} es la densidad del líquido y g la aceleración de la gravedad.

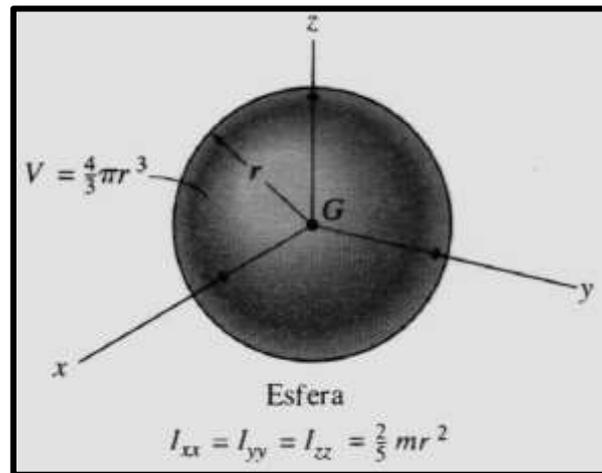
http://pendientedemigracion.ucm.es/info/fisatom/docencia/fisquimgradoF/laboratorio/Guion_Densidad-Solidos_Curso10-11.pdf

2.2.2 Determinación de la densidad de un sólido a partir de la medida de las dimensiones del objeto.

La determinación de la densidad de un cuerpo sólido puede simplificarse si el objeto presenta una forma definida, de tal forma que resulte fácil calcular su volumen.

En nuestro caso, utilizaremos una esfera, un calibrador, con el que se medirá el diámetro de la esfera, una balanza para determinar la masa de dicho cuerpo.

Figura N° 2.2
Volumen de esfera



Fuente: Volumen de esfera - Diagrama de cuerpo libre - Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México, pág. 637.

La fórmula para calcular el volumen de la esfera es:

$$v = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (2.4)$$

La fórmula para calcular la densidad es la siguiente:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.5)$$

2.3 Objetos en equilibrio.

2.3.1 Condiciones del equilibrio.

Zemansky (2009, p.355) sostuvo que “Una partícula está en equilibrio, es decir no tiene aceleración en un marco de referencia inercial si la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre ella es cero. $\sum \vec{F} = 0$. La expresión equivalente para un cuerpo extendido es que el centro de masa del cuerpo tiene aceleración cero cuando la resultante de todas las

fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo es cero. Ésta suele denominarse primera condición de equilibrio”. En términos de vectores y componentes,

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (2.6)$$

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum F_z = 0 \quad (2.7)$$

Donde la sumatoria incluye sólo fuerzas externas.

Una segunda condición para que un cuerpo extendido se encuentre en equilibrio es que no debe tener tendencia a girar. Un cuerpo rígido que en un marco de referencia inercial, no está girando alrededor de un punto tiene un momento angular cero alrededor de ese punto. Para que el cuerpo no comience a girar en torno a ese punto, la rapidez de cambio del momento angular también debe ser cero. Entonces implica que la suma de las torcas debidas a todas las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo debe ser cero. Un cuerpo rígido en equilibrio no debe tener tendencia a comenzar a girar alrededor de ningún punto, así que la suma de torcas externas alrededor de cualquier punto debe ser cero, es la segunda condición de equilibrio:

$$\sum \vec{T} = 0 \quad (2.8)$$

La suma de las torcas debidas a todas las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo con respecto a cualquier punto específico, debe ser cero.

2.3.2 Equilibrio de una partícula.

2.3.2.1 Condiciones para el equilibrio de una partícula.

Hibbeler (2004, p.81) sostuvo que “Una partícula estará en equilibrio siempre que se encuentre en reposo si originalmente estaba en reposo, o siempre que tenga una velocidad constante si originalmente estaba en movimiento. Sin embargo, el término "equilibrio" o, más específicamente, "equilibrio estático" se usa para describir un objeto en reposo. Para mantener el equilibrio, es necesario satisfacer la primera ley del movimiento de Newton, la cual requiere que la fuerza resultante que actúa sobre una partícula sea igual a cero.

Dicha condición puede ser establecida matemáticamente como:

$$\sum F = 0 \quad (2.9)$$

Dónde $\sum F = 0$ es el vector suma de todas las fuerzas que actúan sobre la partícula. La ecuación (2.9) no sólo es una condición necesaria para el equilibrio, también es una condición suficiente. Es una consecuencia de la segunda ley del movimiento de Newton, la cual puede escribirse como $\sum F = ma$. Como el sistema de fuerzas satisface la ecuación (2.9), entonces $ma = 0$. Y por tanto la aceleración de la partícula $a = 0$, en consecuencia, la partícula se mueve con velocidad constante o permanece en reposo."

2.3.2.2 El diagrama de cuerpo libre.

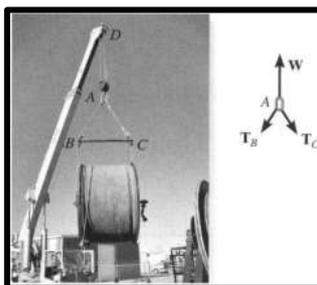
Hibbeler (2004, p.82-83) sostuvo que “Para aplicar la ecuación de equilibrio, debemos tomar en cuenta todas las fuerzas conocidas y desconocidas ($\sum F$) que actúan sobre la partícula.

La mejor manera de hacer esto es trazando el diagrama de cuerpo libre de la partícula. El diagrama es simplemente un croquis que muestra la partícula "libre" de su entorno con todas las fuerzas que actúan sobre ella.

Como al aplicar las ecuaciones de equilibrio debemos tomar en cuenta todas las fuerzas que actúan sobre una partícula, debe enfatizarse la importancia de trazar primero un diagrama de cuerpo libre. Para construir un diagrama de cuerpo libre son necesarios los siguientes tres pasos:

- *Trace la forma delineada:* Suponga que la partícula está aislada o "liberada" de su entorno trazando su forma delineada.
- *Muestre todas las fuerzas:* Indique sobre ese croquis todas las fuerzas que actúan sobre la partícula. Pueden ser fuerzas activas las cuales tienden a poner la partícula en movimiento, o fuerzas reactivas, que son el resultado de las restricciones o soportes que tienden a prevenir el movimiento. Para tomar en cuenta todas esas fuerzas, puede ser conveniente delimitar los alrededores de la partícula, señalando cuidadosamente cada fuerza que actúa sobre ella.
- *Identifique cada fuerza:* Las fuerzas que son conocidas deben ser rotuladas con sus propias magnitudes y direcciones. Para representar las magnitudes y direcciones de las fuerzas desconocidas se usan letras.

Figura N° 2.3
Diagrama de cuerpo libre de la partícula.



Fuente: Diagrama de cuerpo libre - Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México, pág. 83.

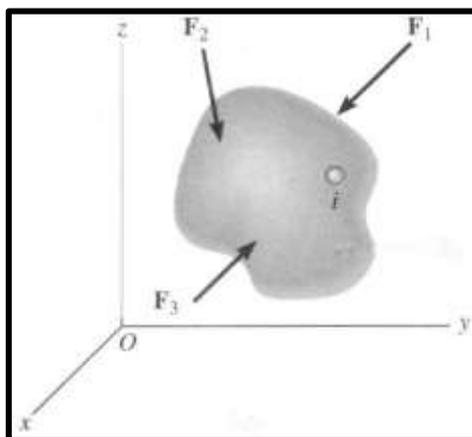
Considere el carrito con peso W que está suspendido de la grúa. Si queremos obtener las fuerzas presentes en los cables AB y AC , podemos considerar el diagrama de cuerpo libre del anillo situado en A , ya que esas fuerzas actúan sobre el anillo. Aquí, los cables AD ejercen una fuerza resultante W sobre el anillo y la condición de equilibrio se usa para obtener T_B y T_C .”

2.3.3 Equilibrio de un cuerpo rígido.

2.3.3.1 Condiciones para el equilibrio de un cuerpo rígido.

Hibbeler (2004, p.193-194) sostuvo que “En la sección desarrollaremos las condiciones necesarias y suficientes que son requeridas para obtener el equilibrio de un cuerpo rígido. Para ello, consideremos el cuerpo rígido que muestra la figura N° 2.4, el cual está fijo en la referencia x , y , z y se encuentra en reposo o se mueve con la referencia a velocidad constante.

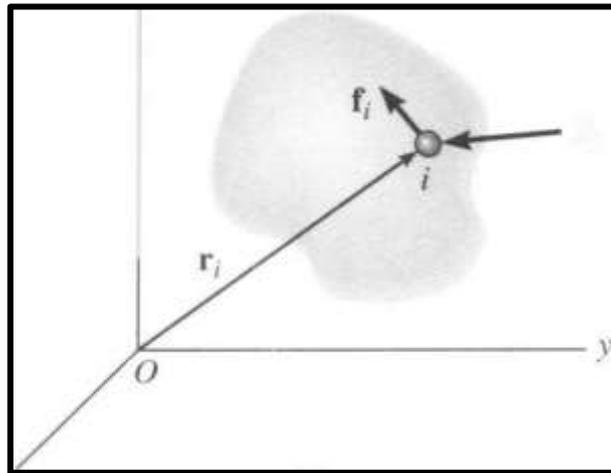
Figura N° 2.4
Cuerpo rígido (a)



Fuente: Diagrama de cuerpo libre - Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México, pág. 193.

Un diagrama de cuerpo libre de la i -ésima partícula arbitraria del cuerpo se muestra en la Figura N° 2.5

Figura N° 2.5
Cuerpo rígido (b)



Fuente: Diagrama de cuerpo libre - Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México, pág. 193.

Hay dos tipos de fuerzas que actúan sobre ella. La fuerza interna resultante, f_i , es causada por interacciones con partículas adyacentes. La fuerza resultante F_i representa, por ejemplo, los efectos de fuerzas gravitatorias, eléctricas, magnéticas o de contacto entre la partícula i -ésima y cuerpos adyacentes o partículas no incluidas dentro del cuerpo. Si la partícula está en equilibrio, al aplicar la primera ley de Newton tenemos:

$$F_i + f_i = 0 \quad (2.10)$$

Cuando se aplique la ecuación de equilibrio a cada una de las otras partículas del cuerpo, resultarán ecuaciones similares. Si todas estas ecuaciones se suman vectorialmente obtenemos:

$$\sum F_i + \sum f_i = 0 \quad (2.11)$$

La suma de las fuerzas internas será igual a cero ya que las fuerzas internas entre partículas dentro del cuerpo ocurrirán en pares colineales iguales pero opuestos, de acuerdo con la tercera ley de Newton. En consecuencia, sólo quedará la suma de las fuerzas externas y, por tanto, haciendo $\sum F_i = \sum F$, la ecuación anterior puede escribirse como:

$$\sum F = 0 \quad (2.12)$$

Consideremos ahora los momentos de las fuerzas que actúan sobre la partícula i -ésima con respecto al punto arbitrario O , figura N° 2.5. Usando la anterior ecuación de equilibrio de partícula y la ley distributiva del producto cruz tenemos:

$$r_i \times (F_i + f_i) = r_i \times F_i + r_i \times f_i = 0 \quad (2.13)$$

Ecuaciones similares pueden ser escritas para las otras partículas del cuerpo, sumándolas vectorialmente obtenemos:

$$\sum r_i \times F_i + \sum r_i \times f_i = 0 \quad (2.14)$$

El segundo término es cero, como quedó establecidas líneas arriba, las fuerzas internas ocurren en parejas colineales iguales pero opuestas, y por tanto, el momento resultante de cada pareja de fuerzas con respecto al punto O es cero. Por consiguiente, usando la notación $\sum M_o = \sum r_i \times F_i$, tenemos:

$$\sum M_o = 0 \quad (2.15)$$

Por tanto, las dos ecuaciones de equilibrio para un cuerpo rígido pueden ser resumidas como sigue:"

$$\sum F = 0 \quad (2.16)$$

$$\sum M_o = 0 \quad (2.17)$$

2.3.3.2 Diagramas de cuerpo libre.

Hibbeler (2004, p.195-201) sostuvo que “La aplicación exitosa de las ecuaciones de equilibrio requiere de una especificación completa de todas las fuerzas externas conocidas y desconocidas que actúan sobre un cuerpo. La mejor manera de tomar en cuenta esas fuerzas es trazando el diagrama de cuerpo libre del cuerpo.

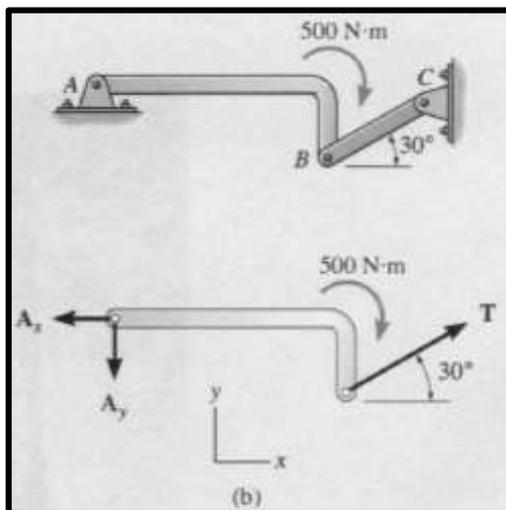
El diagrama es un croquis del contorno del cuerpo, que lo representa aislado o "libre" de su entorno, se denomina "cuerpo libre". Sobre el croquis, es necesario mostrar todas las fuerzas y los momentos de par que el entorno ejerce sobre el cuerpo de manera que los efectos puedan ser considerados cuando se apliquen las ecuaciones de equilibrio. Por tal razón, para resolver problemas en mecánica es primordial tener un entendimiento pleno de cómo trazar un diagrama de cuerpo libre.

Para construir un diagrama de cuerpo libre para un cuerpo rígido o grupo de cuerpos considerados como un solo sistema, deben llevarse a cabo los siguientes pasos:

- *Trazar el contorno:* Imagine al cuerpo aislado o recortado "libre" de sus restricciones y conexiones, y delinee (un croquis) su contorno.
- *Muestre todas las fuerzas y los momentos de par:* Identifique todas las fuerzas externas y los momentos de par que actúan sobre el cuerpo. Las encontradas generalmente son debidas a (1) cargas aplicadas, (2) reacciones que ocurren en los soportes o en puntos de contacto con otros cuerpos. Para tomar en cuenta todos los efectos, puede ser de ayuda trazar sobre los límites, señalando cuidadosamente cada fuerza o momento de par que actúa en ellos.
- *Identifique cada carga y de las dimensiones:* Las fuerzas y los momentos de par que son conocidos deben rotularse con sus propias magnitudes y direcciones. Se usan letras para representar las magnitudes y los ángulos de dirección de fuerzas y momentos de par que sean desconocidos. Establezca un sistema coordenado x, y de manera que las

incógnitas, A_x , B_y , etc., puedan ser identificadas. Indique las dimensiones del cuerpo necesarias para calcular los momentos de las fuerzas.

Figura N° 2.6
Diagrama de cuerpo libre sólido rígido.



Fuente: Diagrama de cuerpo libre - Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México, pág. 206.

2.4 Coeficiente de fricción.

2.4.1 Introducción.

Johnston (2007, p.414) sostuvo que “Existen dos tipos de fricción: la fricción seca, que algunas veces es llamada fricción de Coulomb, y la fricción de fluidos. La fricción de fluidos se desarrolla entre capas de fluido que se mueven a diferentes velocidades, y es de gran importancia en problemas que involucran el flujo de fluidos a través de tuberías y orificios o cuando se trabaja con cuerpos que están sumergidos en fluidos en movimiento. Además, la fricción en fluidos también es básica en el análisis del movimiento de mecanismos lubricados. El presente estudio está limitado a la fricción seca, a problemas que involucran cuerpos rígidos que están en contacto a lo largo de superficies que no están lubricadas.”

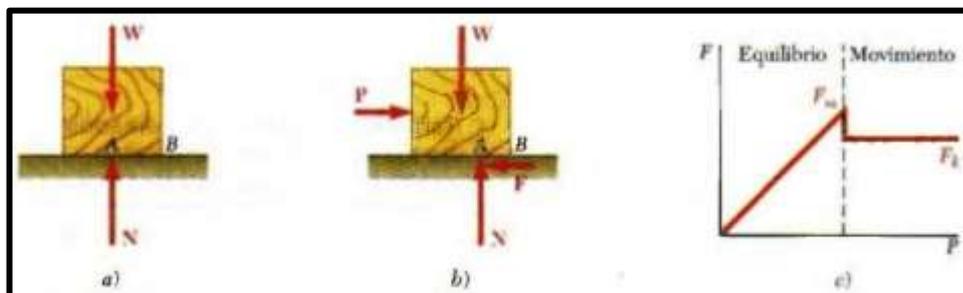
2.4.2 Leyes de la fricción seca. Coeficientes de fricción.

Johnston (2007, p.415) sostuvo que “Las leyes de la fricción seca se pueden ejemplificar mediante el siguiente experimento.

Un bloque de peso W se coloca sobre una superficie horizontal plana (Figura N° 2.7a), las fuerzas que actúan sobre el bloque son su peso W y la reacción de la superficie.

Como el peso no tiene una componente horizontal, la reacción de la superficie tampoco la tiene; por tanto, la reacción es normal a la superficie y está representada por N en la (Figura N° 2.7a). Ahora, suponga que se aplica sobre el bloque una fuerza horizontal P (Figura N° 2.7b). Si P es pequeña, el bloque no se moverá; por tanto, debe existir alguna otra fuerza horizontal que equilibre a P . La otra fuerza es la fuerza de fricción estática F , la cual es en realidad la resultante de diversas fuerzas que actúan sobre toda la superficie de contacto entre el bloque y el plano. No se conoce con exactitud la naturaleza de las fuerzas, pero generalmente se supone que las mismas se deben a irregularidades de las superficies en contacto y, en cierta medida, a la atracción molecular. Si se incrementa la fuerza P , también se incrementa la fuerza de fricción F , la cual continua oponiéndose a P hasta que su magnitud alcanza un cierto valor máximo F_m (Figura N° 2.7c). Si P se incrementa aún más, la fuerza de fricción ya no la puede equilibrar y el bloque comienza a deslizarse.

Figura N° 2.7
Leyes de fricción seca



Fuente: Leyes de fricción seca - Ferdinand P. Beer (2007), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Octava edición, McGraw-Hill, México, pág. 415.

En cuanto empieza a moverse el bloque, la magnitud de F disminuye de F_m a un valor menor F_k . Lo anterior se debe a que existe una menor interpenetración entre las irregularidades de las superficies en contacto cuando dichas superficies se mueven una con respecto a la otra. A partir del momento en que el bloque empieza a moverse, continúa deslizándose con una velocidad que va aumentando mientras que la fuerza de fricción, representada por F_k y denominada fuerza de fricción cinética, permanece constante.

La evidencia experimental muestra que el máximo valor F_m de la fuerza de fricción estática es proporcional a la componente normal N de la reacción de la superficie. Así, se tiene que:

$$F_m = u_s * N \quad (2.18)$$

Donde u_s es una constante llamada coeficiente de fricción estática. De forma similar, la magnitud F_k de la fuerza de fricción cinética puede expresarse de la siguiente forma:

$$F_k = u_k * N \quad (2.19)$$

Donde u_k es una constante denominada coeficiente de fricción cinética. Los coeficientes de fricción u_s y u_k no dependen del área de las superficies en contacto, sino que dependen en gran medida de la naturaleza de las superficies en contacto. Como dichos coeficientes también dependen de la condición exacta de las superficies, sus valores casi nunca se conocen con una precisión mayor a 5 por ciento.”

En la (Figura N° 2.8). Se presentan valores aproximados de los coeficientes de fricción estática para distintas superficies secas. Los valores correspondientes de fricción cinética son alrededor de 25 por ciento menores.

Como los coeficientes de fricción son cantidades adimensionales, los valores proporcionados en la (Figura N° 2.8). Se pueden utilizar tanto con unidades del SI como con las unidades de uso común en Estados Unidos.

Figura N° 2.8
Valores aproximados de los coeficientes de fricción estática

Metal sobre metal	0.15-0.60
Metal sobre madera	0.20-0.60
Metal sobre piedra	0.30-0.70
Metal sobre cuero	0.30-0.60
Madera sobre madera	0.25-0.50
Madera sobre cuero	0.25-0.50
Piedra sobre piedra	0.40-0.70
Tierra sobre tierra	0.20-1.00
Hule sobre concreto	0.60-0.90

Fuente: Leyes de fricción seca - Ferdinand P. Beer (2007), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Octava edición, McGraw-Hill, México, pág. 416.

2.4.3 Ángulos de fricción.

Johnston (2007, p.418) sostuvo que “Algunas veces es conveniente reemplazar la fuerza normal N y la fuerza de fricción F por su resultante R . Considere un bloque de peso W que descansa sobre una superficie horizontal plana. Si no se aplica una fuerza horizontal al bloque, la resultante R se reduce a la fuerza normal N (Figura N° 2.9a). Sin embargo, si la fuerza aplicada P tiene una componente horizontal P_x que tiende a mover el bloque, la fuerza R tendrá una componente horizontal F_x , por tanto, formará un ángulo ϕ con la normal a la superficie (Figura N° 2.9b). Si se incrementa P_x hasta que el movimiento se vuelva inminente, el ángulo entre R y la vertical aumenta y alcanza un valor máximo (Figura N° 2.9c). El valor recibe el nombre de ángulo de fricción estático y se representa con ϕ_s . Con base en la geometría de la (Figura N° 2.9c), se observa que:

$$\tan\theta_s = \frac{F_m}{N} = \frac{u_s * N}{N} \quad (2.20)$$

$$\tan\theta_s = U_s \quad (2.21)$$

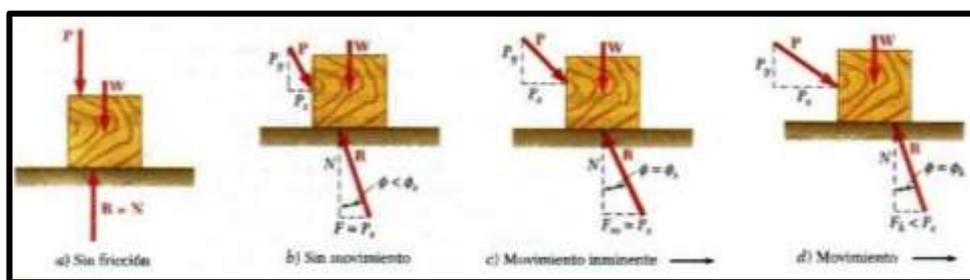
Si en realidad llega a ocurrir el movimiento, la magnitud de la fuerza de fricción decae a F_k en forma similar, el ángulo ϕ entre R y N decae a un valor menor, llamado ángulo de

fricción cinética (Figura N° 2.9d), con base en la geometría de la (Figura N° 2.9d), se escribe:

$$\tan\theta_k = \frac{F_k}{N} = \frac{\mu_k * N}{N} \quad (2.22)$$

$$\tan\theta_k = \mu_k \quad (2.23)$$

Figura N° 2.9
Ángulos de fricción superficie plana.



Fuente: Leyes de fricción seca - Ferdinand P. Beer (2007), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Octava edición, McGraw-Hill, México, pág. 417.

Se demostrará con otro ejemplo como el ángulo de fricción se puede utilizar con ventaja para el análisis de cierto tipo de problemas. Considérese un bloque que descansa sobre una tabla y que está sujeto a las fuerzas correspondientes a su peso W y a la reacción R de la tabla.

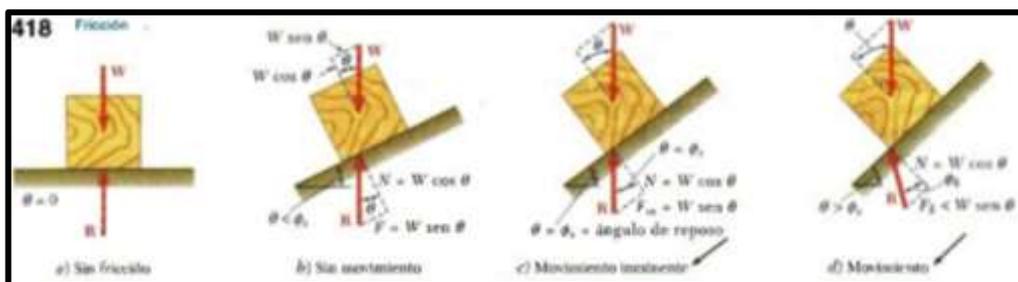
Se le puede dar a la tabla cualquier inclinación que se desee. Si la tabla permanece horizontal, la fuerza R ejercida por la tabla sobre el bloque es perpendicular a la tabla y equilibra al peso W (Figura N° 2.10a). Si se le da a la tabla un pequeño ángulo de inclinación θ , la fuerza R se desviará de la perpendicular a la tabla por el mismo ángulo θ y continuará equilibrando a W (Figura N° 2.10b): entonces, R tendrá una componente normal N de magnitud $N = W \cos \theta$ y una componente tangencial F de magnitud $F = W \sin \theta$.

Si se continúa incrementando el ángulo de inclinación el movimiento será inminente en poco tiempo. En ese momento, el ángulo entre R y la normal habrá alcanzado su valor máximo ϕ_s (Figura N° 2.10c).

El valor del ángulo de inclinación correspondiente al movimiento inminente recibe el nombre de ángulo de reposo. Obviamente, el ángulo de reposo es igual al ángulo de fricción estática ϕ_s . Si se incrementa aún más el ángulo de inclinación θ , comienza el movimiento y el ángulo entre R y la normal decae al valor menor (Figura N° 2.10d).

La reacción R ya no es vertical y las fuerzas que actúan sobre el bloque están desequilibradas.”

Figura N° 2.10
Ángulos de fricción superficie inclinada.



Fuente: Leyes de fricción seca - Ferdinand P. Beer (2007), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Octava edición, McGraw-Hill, México, pág. 418.

2.5 Coeficiente de viscosidad de aceites.

Sobre cualquier cuerpo que se mueve dentro de un líquido actúa una fuerza de resistencia debido al fenómeno viscosidad. La fuerza de resistencia o fricción del líquido fue calculada teóricamente por Stokes, usando el método hidrodinámico para un cuerpo esférico que se mueve en un líquido. La fuerza de rozamiento aparece entre la superficie del cuerpo y las moléculas del líquido que están en contacto. Si la esfera se mueve uniformemente en un líquido, la fuerza calculada por Stokes es:

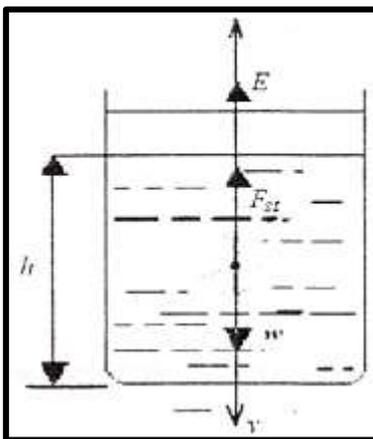
$$F_{st} = 6\pi\eta Rv \quad (2.24)$$

Donde R es el radio de la esfera, η el coeficiente de viscosidad del líquido, v es la velocidad de la esfera. La dirección de la fuerza de Stokes F_{st} es opuesta a la velocidad de la esfera v .

Determinemos analíticamente el movimiento de una esfera, que cae libremente dentro de un líquido. La (Figura N° 2.11) está demostrando el diagrama de fuerzas para el movimiento de la esfera.

<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/552/Fluidos/Viscosidad.pdf>

Figura N° 2.11
Diagrama de fuerzas para el movimiento de la esfera.



Fuente: Viscosidad - <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/552/Fluidos/Viscosidad.pdf>

Sobre una esfera que se mueve en un líquido actúan las siguientes fuerzas: su peso w , la fuerza de empuje E , y la fuerza de fricción de Stokes F_{st} , que son iguales a:

$$w = mg \quad \text{que es} \quad w = \rho_{es} V_{es} g \quad (2.25)$$

$$E = w_{liq} \quad \text{que es} \quad E = \rho_{liq} V_{liq} g \quad (2.26)$$

Donde ρ_{es} es la densidad de la esfera, V_{es} es volumen de la esfera, V_{liq} es volumen de líquido desalojado, ρ_{li} es la densidad del líquido y w_{li} es el peso del líquido desalojado. La fuerza de Stokes F_{st} , está dada en la ecuación 2.24

El volumen de la esfera es igual al volumen de líquido desalojado:

$$V_{es} = V_{liq} \quad (2.27)$$

Cuando el movimiento de la esfera al caer se estabiliza y la velocidad de bajada se vuelve constante $v = cte$ esta velocidad se llama velocidad límite y la ecuación de movimiento es:

$$\begin{aligned} \sum F_{liq} &= 0 \\ w - E - F_{st} &= 0 \\ w &= E + F_{st} \\ \rho_{es} V_{es} g &= \rho_{liq} V_{liq} g + 6\pi\eta R v \end{aligned} \quad (2.28)$$

El volumen de una esfera es $V = 4/3 \pi R^3$. Hallamos η de la ecuación (2.28), reemplazamos V_{es} y obtenemos:

$$\eta = \frac{2 R^2 (\rho_{es} - \rho_{liq}) g}{9v} \quad (2.29)$$

Como el movimiento es uniforme, la velocidad límite de la esfera se puede calcular como:

$$v = \frac{h}{t} \quad (2.30)$$

Donde t es el tiempo y h es la altura de la caída de la esfera.

Shames (1995, p.11) sostuvo que “En el sistema de unidades CGS, la unidad de viscosidad es el poise, que corresponde a 1 g/cms. El centipoise es 1/100 de un poise. La unidad SI para la viscosidad es 1 kg/ms.

No tiene un nombre en particular y es 10 veces mayor que el poise, como se deduce utilizando las unidades básicas. En el sistema USCS, la unidad del coeficiente de viscosidad es 1 slug/pies y en el sistema SI no tiene nombre. En la (Figura N° 2.12) se presentan los coeficientes de viscosidad para líquidos comunes a 1 atm y 20°C de temperatura.”

Figura N° 2.12
Propiedades de líquidos a 1 atm y 20°C.

Líquido	Viscosidad μ		Viscosidad cinemática ν		Módulo de elasticidad volumétrica κ		Tensión superficial σ	
	kg / (m · s)	slug / (pie · s)	m ² / s	pie ² / s	GPa	lb / pulg ²	N / m	lb / pie
Alcohol (etílico)	1.2×10^{-3}	2.51×10^{-3}	1.51×10^{-6}	1.62×10^{-5}	1.21	1.76×10^5	0.0223	1.53×10^{-3}
Gasolina	2.9×10^{-4}	6.06×10^{-4}	4.27×10^{-7}	4.59×10^{-6}	...	...	...	...
Mercurio	1.5×10^{-3}	3.14×10^{-3}	1.16×10^{-7}	1.25×10^{-6}	26.20	3.80×10^5	0.514	3.82×10^{-2}
Aceite (Lubricante)	0.26	5.43×10^{-1}	2.79×10^{-4}	3.00×10^{-3}	...	...	0.036	2.47×10^{-3}
Agua	1.005×10^{-3}	1.67×10^{-3}	0.804×10^{-6}	8.65×10^{-6}	2.23	3.23×10^5	0.0730	4.92×10^{-3}

Fuente: Leyes de fricción seca - Shames Irving H. (1995), *Mecánica de fluidos*, Tercera edición, McGraw-Hill, Colombia, pág. 11.

2.6 Caída libre.

2.6.1 Cuerpos en caída libre.

Zemansky (2009, p.53) sostuvo que “El ejemplo más conocido de movimiento con aceleración (casi) constante es la caída de un cuerpo bajo la influencia de la atracción gravitacional de la Tierra. En el siglo IV a.C., Aristóteles pensaba (erróneamente) que los objetos pesados caían con mayor rapidez que los ligeros, en proporción a su peso. Diecinueve siglos después, Galileo afirmó que los cuerpos caían con una aceleración constante e independiente de su peso.

Los experimentos muestran que si puede omitirse el efecto del aire, Galileo está en lo cierto todos los cuerpos en un lugar específico caen con la misma aceleración hacia abajo, sea cual fuere su tamaño o peso. Si además la distancia de caída es pequeña en comparación con el radio terrestre, y si ignoramos los pequeños efectos debidos a la rotación de la Tierra, la aceleración es constante. La (Figura N° 2.13) es una fotografía de una pelota que cae tomada con una lámpara estroboscópica que produce una serie de destellos intensos a intervalos iguales. En cada destello, la película registra la posición de la pelota. Como los intervalos entre destellos son iguales, la velocidad media de la pelota entre dos destellos es proporcional a la distancia entre las imágenes correspondientes en la fotografía. El aumento en las distancias muestra que la velocidad cambia continuamente: la pelota acelera hacia abajo. Al medir cuidadosamente constatamos que el cambio de velocidad es el mismo en cada intervalo, así que la aceleración de la pelota en caída libre es constante.”

La aceleración constante de un cuerpo en caída libre se llama aceleración de la gravedad, el valor aproximado de g cerca de la superficie terrestre:

$$g = 9,8 \frac{m}{s^2} \quad (2.31)$$

Figura N° 2.13
Fotografía con múltiples destellos de una pelota en caída libre



Fuente: Caída libre - Young. Freedman. Sears. Zemansky (2009), *Física universitaria vol.1*, Decimosegunda edición, México, pág. 53.

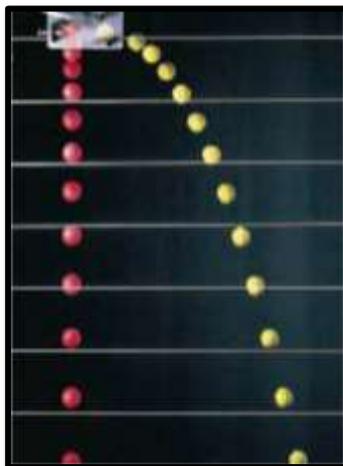
2.6.2 Movimiento de proyectiles.

Zemansky (2009, p.80) sostuvo que “Un proyectil es cualquier cuerpo que recibe una velocidad inicial y luego sigue una trayectoria determinada totalmente por los efectos de la aceleración gravitacional y la resistencia del aire. Una pelota bateada, un balón lanzado, un paquete soltado desde un avión y una bala disparada de un rifle son todos proyectiles. El camino que sigue un proyectil es su trayectoria.

Para analizar este tipo de movimiento tan común, partiremos de un modelo idealizado que representa el proyectil como una partícula con aceleración (debida a la gravedad) constante tanto en magnitud como en dirección. Despreciaremos los efectos de la resistencia del aire, así como la curvatura y rotación terrestres. Como todos los modelos tiene limitaciones. La curvatura de la Tierra debe considerarse en el vuelo de misiles de largo alcance; en tanto que la resistencia del aire es de importancia vital para un paracaidista. No obstante, podemos aprender mucho analizando este modelo sencillo.

La clave del análisis del movimiento de proyectiles es que podemos tratar por separado las coordenadas (x) y (y). La componente (x) de la aceleración es cero, y la componente (y) es constante. (Por definición, g siempre es positiva, pero por las direcciones de coordenadas elegidas, ay es negativa.) Así, podemos analizar el movimiento de un proyectil como una combinación de movimiento horizontal con velocidad constante y movimiento vertical con aceleración constante. La (Figura N° 2.14) muestra dos proyectiles con diferente movimiento (x), pero con idéntico movimiento (y): uno se deja caer desde el reposo y el otro se proyecta horizontalmente, aunque ambos proyectiles caen la misma distancia en el mismo tiempo.”

Figura N° 2.14
Fotografía del movimiento de un proyectil



Fuente: Projectiles - Young. Freedman. Sears. Zemansky (2009), *Física universitaria vol.1*, Decimosegunda edición, México, pág. 80.

Podemos expresar todas las relaciones vectoriales de posición, velocidad y aceleración del proyectil, con ecuaciones independientes para las componentes horizontales y verticales.

Las componentes de \vec{a} son:

$$a_x = 0 \quad a_y = -g \quad (2.32)$$

Suponga que en $t = 0$ la partícula está en el punto (x_0, y_0) y que en este tiempo sus componentes de velocidad tienen los valores iniciales v_{0x} y v_{0y} . Las componentes de la aceleración son $a_x = 0$ $a_y = -g$

Considerando primero el movimiento x, obtenemos:

$$v_x = v_{0x} \quad (2.33)$$

$$x = x_0 + v_{0x}t \quad (2.34)$$

Para el movimiento (y), sustituimos (y) por x , v_y por v_x , v_{0y} por v_{0x} y $a_y = -g$ por a_x :

$$v_y = v_{0y} - gt \quad (2.35)$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2.36)$$

2.7 Segunda ley de Newton.

2.7.1 Enunciado de la segunda ley de Newton.

Nos hemos cuidado de decir que la fuerza neta sobre un cuerpo hace que este se acelere.

Zemansky (2009, p.117) sostuvo que “Los experimentos demuestran que si se aplica a un cuerpo una combinación de fuerzas $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \dots$, el cuerpo tendrá la misma aceleración (magnitud y dirección) que si se aplicara una sola fuerza igual a la suma vectorial $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \dots$, es decir, el principio de superposición de las fuerzas también se cumple cuando la fuerza neta no es cero y el cuerpo se está acelerando.

La dirección de la fuerza neta es igual a la dirección de la aceleración, sea la trayectoria del cuerpo recta o curva. Newton junto todas estas relaciones y resultados experimentales en un solo enunciado conciso que ahora llamamos segunda ley del movimiento de Newton:

“Segunda ley del movimiento de Newton: si una fuerza externa neta actúa sobre un cuerpo, éste se acelera. La dirección de aceleración es la misma que la dirección de la fuerza neta. El vector de fuerza neta es igual a la masa del cuerpo multiplicada por su aceleración.”

En símbolos

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a} \quad (2.37)$$

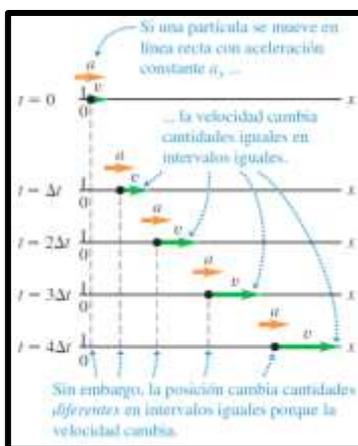
La segunda ley de Newton es una ley fundamental de la naturaleza, la relación básica entre fuerza y movimiento.

2.7.2 Movimiento con aceleración constante.

Zemansky (2009, p.47-49) sostuvo que “El movimiento acelerado más sencillo es el rectilíneo con aceleración constante. La velocidad cambia al mismo ritmo todo el tiempo.

Se trata de una situación muy especial, aún cuando ocurre a menudo en la naturaleza; un cuerpo que cae tiene aceleración constante si los efectos del aire no son importantes. Lo mismo sucede con un cuerpo que se desliza por una pendiente o sobre una superficie horizontal áspera. El movimiento rectilíneo con aceleración casi constante se da también en la tecnología, como cuando un jet de combate es lanzado con catapulta desde la cubierta de un portaviones. La (Figura N° 2.15) es un diagrama de movimiento que muestra la posición, velocidad y aceleración de una partícula que se mueve con aceleración constante.

Figura N° 2.15
Aceleración constante de una partícula.



Fuente: Movimiento con aceleración constante - Young. Freedman. Sears. Zemansky (2009), *Física universitaria vol.1*, Decimosegunda edición, México, pág. 47.

Esta ecuación (2.38) indica que si, en el instante $t=0$, una partícula esta en X_0 y tiene velocidad V_{0x} , su nueva posición x en un t posterior es la suma de tres términos: su posición inicial X_0 , más la distancia $v_{0x}t$ que recorrería si su velocidad fuera constante, y una distancia adicional $\frac{1}{2} a_x t^2$ causada por el cambio de velocidad.

$$x = x_0 + V_{0x}t + \frac{1}{2} a_x t^2 \quad (2.38)$$

2.8 Trabajo y energía.

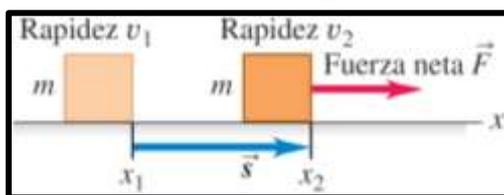
2.8.1 Energía cinética.

El trabajo total realizado por fuerzas externas sobre un cuerpo se relaciona con el desplazamiento del mismo (los cambios en su posición), pero también está relacionado con los cambios en la rapidez del cuerpo.

Zemansky (2009, p.186-187) sostuvo que “Considere una partícula con masa m que se mueve en el eje x bajo la acción de una fuerza neta constante de magnitud F dirigida hacia el eje $+x$ (Figura N° 2.16). La aceleración de la partícula es constante y está dada por la segunda ley de Newton, $F = ma$. Suponga que la rapidez cambia de v_1 a v_2 mientras la partícula sufre un desplazamiento $s = x_2 - x_1$ del punto x_1 al x_2 .”

Figura N° 2.16

Una fuerza neta constante \vec{F} efectúa trabajo sobre un cuerpo en movimiento.



Fuente: Trabajo y energía - Young. Freedman. Sears. Zemansky (2009), *Física universitaria vol.1*, Decimosegunda edición, México, pág. 187.

Usando una ecuación de aceleración constante, tenemos:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a_x s \quad (2.39)$$

$$a_x = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s} \quad (2.40)$$

Al multiplicar esta ecuación por m y sustituir ma_x por la fuerza neta F , obtenemos:

$$F = ma_x = m \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s} \quad (2.41)$$

$$F_s = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \quad (2.42)$$

El producto F_s es el trabajo efectuado por la fuerza neta F , por lo tanto, es igual al trabajo total W_{tot} efectuado por todas las fuerzas que actúan sobre la partícula, llamamos a la cantidad $\frac{1}{2}mv^2$ la energía cinética K de la partícula (definición de energía cinética):

$$k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.43)$$

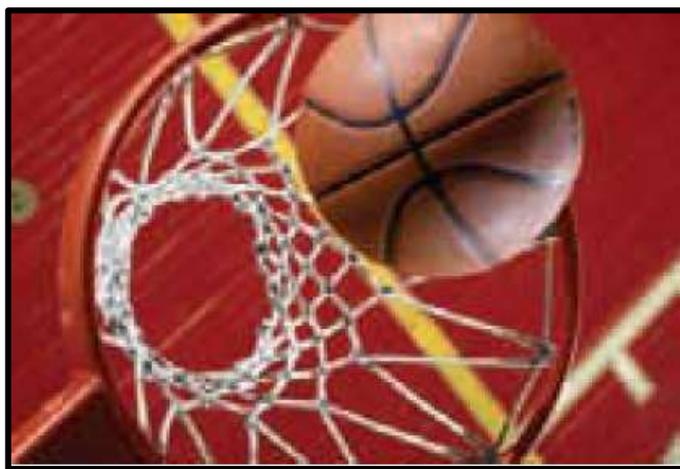
2.8.2 Energía potencial gravitacional.

Zemansky (2009, p.214) sostuvo que “En muchas situaciones, parece que se almacena energía en un sistema para recuperarse después. Por ejemplo, hay que efectuar trabajo para levantar una roca pesada sobre la cabeza. Parece razonable que, al levantar la roca en el aire, se está almacenando energía en el sistema, la cual se convierte después en energía cinética al dejar caer la roca.

El ejemplo señala a la idea de una energía asociada con la posición de los cuerpos en un sistema. La energía es una medida del potencial o posibilidad de efectuar trabajo. Al

levantar una roca, existe la posibilidad de que la fuerza de gravitación realice trabajo sobre ella, pero sólo si la roca se deja caer al suelo. Por ello, la energía asociada con la posición se llama energía potencial. Lo dicho sugiere que hay energía potencial asociada al peso de un cuerpo y a su altura sobre el suelo: la energía potencial gravitacional (Figura N° 2.17).

Figura N° 2.17
Energía potencial gravitacional.



Fuente: Energía potencial gravitacional - Young. Freedman. Sears. Zemansky (2009), *Física universitaria vol.1*, Decimosegunda edición, México, pág. 214.

Ahora tenemos dos formas de describir lo que sucede cuando un cuerpo cae sin resistencia del aire. Una forma consiste en decir que disminuye la energía potencial gravitacional y aumenta la energía cinética del cuerpo que cae. La otra forma, es que aumenta la energía cinética de un cuerpo que cae porque la fuerza de gravedad terrestre (el peso del cuerpo) realiza trabajo sobre el cuerpo.

Consideremos un cuerpo de masa m que se mueve en el eje y (vertical), como en la (Figura N° 2.18). Las fuerzas que actúan sobre él son su peso, de magnitud $w = mg$, y tal vez otras; llamamos a la suma vectorial (resultante) de todas las otras fuerzas.

Suponemos que el cuerpo permanece tan cerca de la superficie terrestre que el peso es constante. Queremos determinar el trabajo efectuado por el peso cuando el cuerpo cae de una altura y_1 sobre el origen a una altura menor y_2 (Figura N° 2.18a). El peso y el

desplazamiento tienen la misma dirección, así que el trabajo w_{grav} efectuado sobre el cuerpo por su peso es positivo;

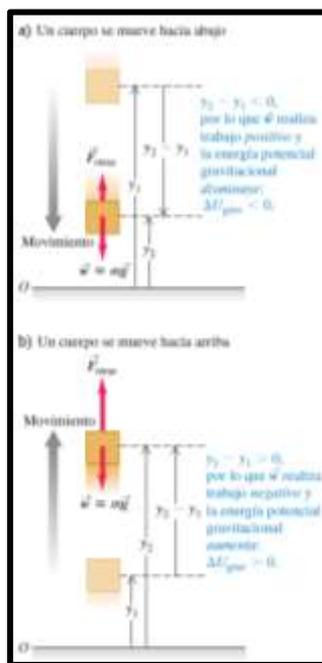
$$w_{grav} = F_s = w(y_1 - y_2) = mgy_1 - mgy_2 \quad (2.44)$$

La expresión también da el trabajo correcto cuando el cuerpo sube y y_2 es mayor que y_1 (Figura N° 2.18b). En tal caso, la cantidad $y_1 - y_2$ es negativa y w_{grav} es negativa porque el peso y el desplazamiento tienen direcciones opuestas.

La ecuación (2.44) muestra que podemos expresar w_{grav} en términos de los valores de la cantidad mgy al principio y al final del desplazamiento. Esta cantidad, el producto del peso mg y la altura y sobre el origen de las coordenadas, es la energía potencial gravitacional, U_{grav} .”

$$U_{grav} = mgy \quad (2.45)$$

Figura N° 2.18
Cuerpo que se mueve verticalmente de una altura y_1 a y_2 .



Fuente: Energía potencial gravitacional - Young. Freedman. Sears. Zemansky (2009), *Física universitaria vol.1*, Decimosegunda edición, México, pág. 214.

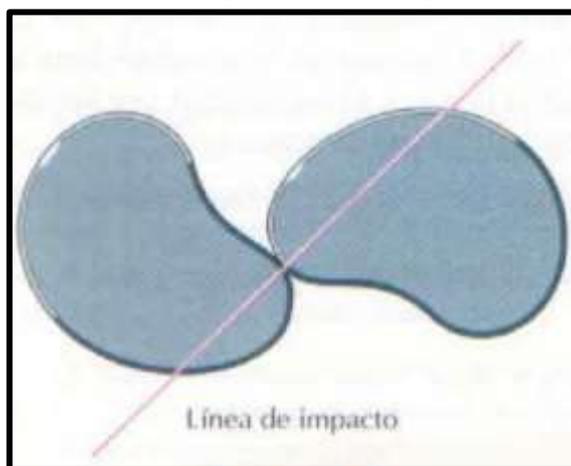
2.9 Colisiones.

2.9.1 Choques de cuerpos elásticos

Riley (1996, p.360) sostuvo que “Un impacto (choque entre dos cuerpos) es un suceso que suele tener lugar en un intervalo de tiempo muy corto. Suele ir acompañado de fuerzas de reacción entre los cuerpos relativamente intensas, lo que da lugar a fuertes cambios de velocidad de uno o ambos cuerpos. Las intensas fuerzas de reacción también originan una deformación considerable de los cuerpos en colisión y en consecuencia, la conversión de energía mecánica en sonido y calor.

Los sucesos de impacto se clasifican según la posición relativa de los centros de masa de los cuerpos, la velocidad relativa de los centros de masa y la línea de impacto: recta normal a las superficies en el punto de impacto (Figura N° 2.19).

Figura N° 2.19
Recta normal a las superficies en el punto de impacto.



Fuente: Choques de cuerpos elásticos - Riley William F. Sturges Leroy D (1996), *Ingeniería mecánica dinámica*, Editorial Reverté S.A, pág. 360.

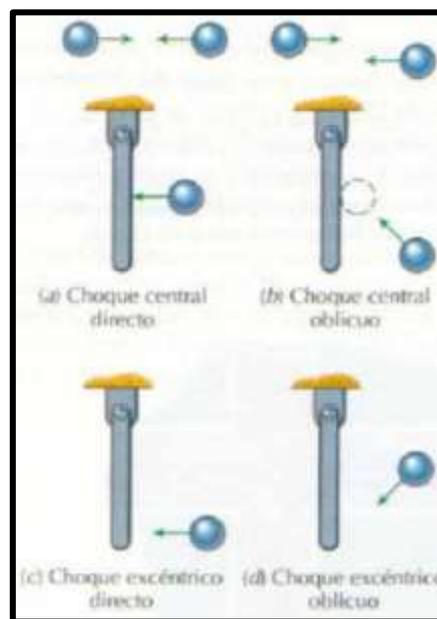
Cuando los centros de masa de ambos cuerpos se hallen sobre la línea de impacto, diremos que se trata de un choque central (Figura N° 2.20a,b). Cuando el centro de masa de uno o ambos cuerpos no se halle sobre la línea de impacto, diremos que se trata de un choque excéntrico (Figura N° 2.20c,d). Evidentemente, entre dos puntos materiales solo podrá

producirse choque central, ya que el tamaño y forma de los puntos se supone que no afectan al cálculo de su movimiento.

Otra clasificación se basa en la orientación de las velocidades de los cuerpos respecto a la línea de impacto. Cuando las velocidades iniciales de los cuerpos en colisión tengan la dirección de la línea de impacto, diremos que se trata de un choque directo (Figura N° 2.20a,c). El choque directo es una colisión frontal. Cuando las velocidades iniciales de los cuerpos en colisión no tengan la dirección de la línea de impacto, diremos que se trata de un choque oblicuo (Figura N° 2.20b,d).

El choque de dos cuerpos consta de dos fases: una fase de deformación o compresión seguida de otra de restauración o restitución y se acompaña de una generación de calor y sonido.”

Figura N° 2.20
Clases de choques elásticos.



Fuente: Choques de cuerpos elásticos - Riley William F. Sturges Leroy D (1996), *Ingeniería mecánica dinámica*, Editorial Reverté S.A, pág. 360.

2.9.2 Método experimental colisiones.

2.9.2.1 Conservación de la energía mecánica

Existe la costumbre de observar la transformación de un tipo de energía en otro: la potencial en cinética y viceversa; algunos ejemplos son la presa y el pilote donde la energía potencial se convierte en cinética, y el péndulo, donde los tipos de energía se transforman periódicamente uno en otro (Figura N° 2.21).

En todos los casos donde actúen fuerzas conservativas, la energía mecánica total, es decir, la energía cinética más la energía potencial en cualquier instante de la trayectoria es la misma; por ejemplo, la fuerza gravitacional, pues en cualquier trabajo que realice un cuerpo contra la fuerza de gravedad de la Tierra, la energía se recuperará íntegramente cuando el cuerpo descienda.

$$E_m = E_c + E_p \quad (2.46)$$

Donde E_m = energía mecánica total expresada en joules. Sustituyendo las expresiones de las energías:

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mgh \quad (2.47)$$

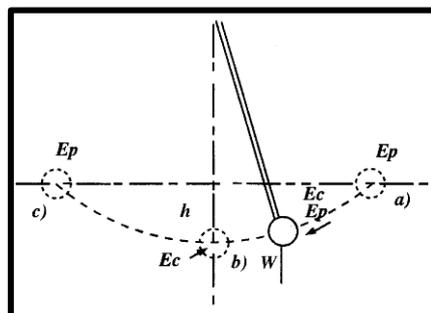
En resumen, “la energía existente en un sistema es una cantidad constante que no se crea ni se destruye, únicamente se transforma”.

Respecto de fuerzas no conservativas (por ejemplo la fricción) no podemos hablar de energía potencial; sin embargo, la conservación de la energía se mantiene en la forma:

$$E_m = E_c + Q \quad (2.48)$$

Donde Q es ahora el calor disipado al ambiente. En este caso la E_c disminuye siempre y eventualmente el calor transporta la energía a la atmósfera.

Figura N° 2.21
Péndulo.

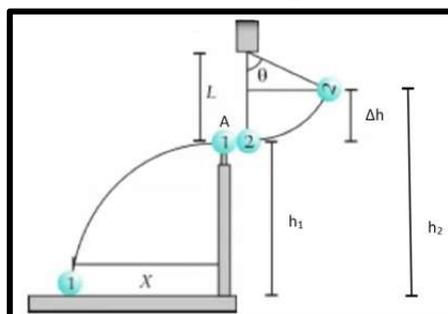


Fuente: Choques de cuerpos elásticos -
<http://www.usc.edu.co/laboratorios/files/ENERGIA%20POTENCIAL%20Y%20CINETICA.pdf>

Un péndulo es otro ejemplo de la conversión entre E_c y E_p . Al mover el péndulo hacia un lado antes de soltarlo se ha hecho un trabajo en contra de la gravedad, puesto que la masa ha sido levantada a una altura Δh . En la posición A tiene una cantidad de Ph de energía (P es el peso del cuerpo). Al ser soltado, el péndulo oscila hacia abajo y la E_p cambia a E_c al estar en el punto más bajo. Después de pasar este punto, la E_c vuelve a ser E_p ; y en caso de que no haya resistencia del aire, la masa volverá a subir la misma altura Δh .

Si tenemos en cuenta lo que sucede con el movimiento del péndulo en el punto más bajo dejamos al péndulo en libertad este seguirá la trayectoria conforme al esquema siguiente.

Figura N° 2.22
Movimiento del péndulo.



Fuente: Choques de cuerpos elásticos -
<http://www.usc.edu.co/laboratorios/files/ENERGIA%20POTENCIAL%20Y%20CINETICA.pdf>

Se observa que la velocidad es horizontal cuando el péndulo queda en libertad, por consiguiente, la llamamos V_x y la E_c se calcula mediante:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2x \quad (2.49)$$

La velocidad V_x se determinará por medio de:

$$V_x = \frac{x}{t} \quad (2.50)$$

Se ha comprobado que el tiempo que tarda un cuerpo en llegar al piso en caída libre es igual si se lanza en forma horizontal, con la misma condición, por lo tanto, el tiempo que tarda el péndulo en chocar con el suelo, recorriendo la distancia x , se calcula por medio de $t_2 = 2h_1 / g$; expresión que determina el tipo en la caída libre de un cuerpo, la cual se sustituirá en:

$$E_c = \frac{1}{2}m(x/t)^2 \quad \text{quedando} \quad \frac{1}{2}m(x^2g / 2h_1) \quad (2.51)$$

Las consideraciones anteriores nos permiten cuantificar la energía potencial del cuerpo y la energía cinética que alcanza en el momento de liberarse.

$$\text{Si } E_p = E_c \text{ y } E_p = mg(\Delta h), \quad E_c = \frac{1}{2}m(x^2g / 2h_1);$$

$$mg(\Delta h) = \frac{1}{2}m(x^2g / 2h_1) \quad (2.52)$$

Al simplificar tenemos:

$$\Delta h = \frac{x^2}{4h_1} \quad ; \quad x = \sqrt{\Delta h \ 4h_1} \quad (2.53)$$

[http://www.usc.edu.co/laboratorios/files/ENERGIA%20POTENCIAL%20Y%20CINETIC
A.pdf](http://www.usc.edu.co/laboratorios/files/ENERGIA%20POTENCIAL%20Y%20CINETIC%20A.pdf)

CAPITULO III

REALIZACIÓN DE PRÁCTICA EXPERIMENTAL



Universidad Tecnológica Equinoccial

Extensión Santo Domingo

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Ing. Electromecánica y Automatización / Automotriz

Física General

Santo Domingo de los Tsáchilas

Integrantes:

Grupo #:

Fecha:

Docente:

Nivel:

3.1 Práctica N° 1: Densidad de sólidos

3.1.1 Planteamiento del problema.

El propósito de la investigación es determinar experimentalmente la densidad de cuerpos sólidos mediante dos métodos y compararlos en tablas para determinar el error.

3.1.2 Introducción.

La densidad de una sustancia homogénea es una propiedad física que la caracteriza y está definida como el cociente entre la masa y el volumen de la sustancia que se examine. Esta propiedad depende de la temperatura, por lo que al medir la densidad de una sustancia se debe considerar la temperatura a la cual se realiza la medición. En el caso de sustancias no homogéneas lo que obtenemos al dividir la masa y el volumen es la densidad promedio.

Para determinar el volumen de los sólidos se debe tener en cuenta si se trata de un sólido regular (sólido geométrico), en cuyo caso se hará uso de las fórmulas geométricas conocidas. Si se trata de un sólido irregular (amorfo), su volumen se determinará por las cantidades de agua desplazadas por el sólido, cuyo volumen se requiere determinar, que viene a ser una aplicación del principio de Arquímedes.

En la práctica determinaremos la densidad del sólido mediante la utilización de dos métodos experimentales para lo cual debemos tener claro los conceptos para poder desarrollar una buena práctica.

3.1.3 Objetivos.

- Determinar la densidad de un sólido. Para ello vamos a utilizar dos métodos:

Método 1: Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida del empuje que experimenta al sumergir dicho cuerpo en un líquido de densidad conocida.

Método 2: Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida de las dimensiones de dicho cuerpo.

3.1.4 Marco teórico.

3.1.4.1 Determinación de la densidad de un sólido mediante el principio de Arquímedes.

La densidad de un sólido puede determinarse utilizando el principio fundamental de la Hidrostática o principio de Arquímedes, que dice:

Figura N° 3.1
Principio de Arquímedes



Fuente: Densidad de sólidos - <http://flahoz.webs.ull.es/itop/DensidadSolidos.PDF>

“Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical hacia arriba, igual al peso del fluido desalojado por dicho cuerpo”.

<http://flahoz.webs.ull.es/itop/DensidadSolidos.PDF>.

El montaje es como el de la figura N° 3.1. Matemáticamente se expresa como:

$$Peso_{\text{cuerpo sumergido en el fluido}} = Peso_{\text{cuerpo en aire}} - F_{\text{empuje}} \quad (3.1)$$

Para el agua, con una densidad de 1 g/cm^3 nos proporciona un método para determinar el volumen de un cuerpo sólido aún cuando no tenga una forma geométrica definida, así como su densidad. Según el Principio de Arquímedes,

$$F_{\text{empuje}} = \text{Volumen del cuerpo} \times \text{Densidad del agua} \times g \quad (3.2)$$

Según el principio de Arquímedes, “Todo cuerpo sumergido en un fluido, experimenta un empuje vertical E, de igual magnitud pero de sentido opuesto al peso del fluido que desplaza dicho cuerpo”.

El volumen del sólido sumergido puede escribirse como $V_{\text{sol}} = m_{\text{sol}} / \rho_{\text{sol}}$ siendo ρ_{sol} la densidad y m_{sol} la masa del sólido. El empuje E que actúa sobre el cuerpo vendrá dado por:

$$E = V_{\text{liq}} \rho_{\text{liq}} g = V_{\text{sol}} \rho_{\text{liq}} g = (\rho_{\text{liq}} / \rho_{\text{sol}}) m_{\text{sol}} g \quad (3.3)$$

En donde ρ_{liq} es la densidad del líquido y g la aceleración de la gravedad.

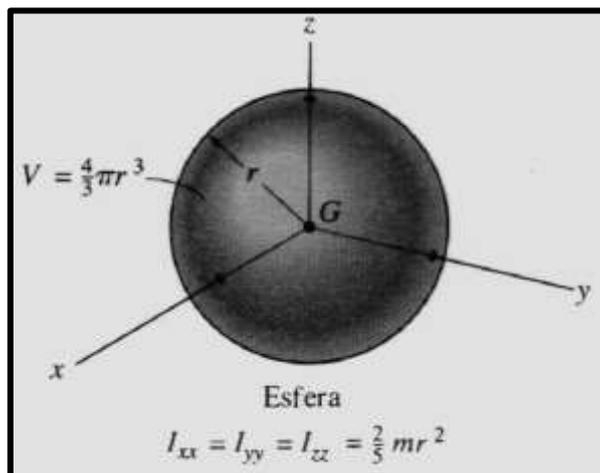
http://pendientedemigracion.ucm.es/info/fisatom/docencia/fisquimgradoF/laboratorio/Guion_Densidad-Solidos_Curso10-11.pdf

3.1.4.2 Determinación de la densidad de un sólido a partir de la medida de las dimensiones del objeto.

La determinación de la densidad de un cuerpo sólido puede simplificarse si el objeto presenta una forma definida, de tal forma que resulte fácil calcular su volumen.

En nuestro caso, utilizaremos una esfera, un calibrador, con el que se medirá el diámetro de la esfera, una balanza para determinar la masa de dicho cuerpo.

Figura N° 3.2
Volumen de esfera



Fuente: Volumen de esfera - Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México, pág. 637.

Para determinar el volumen de una esfera lo podemos calcular mediante la siguiente fórmula.

$$v = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (3.4)$$

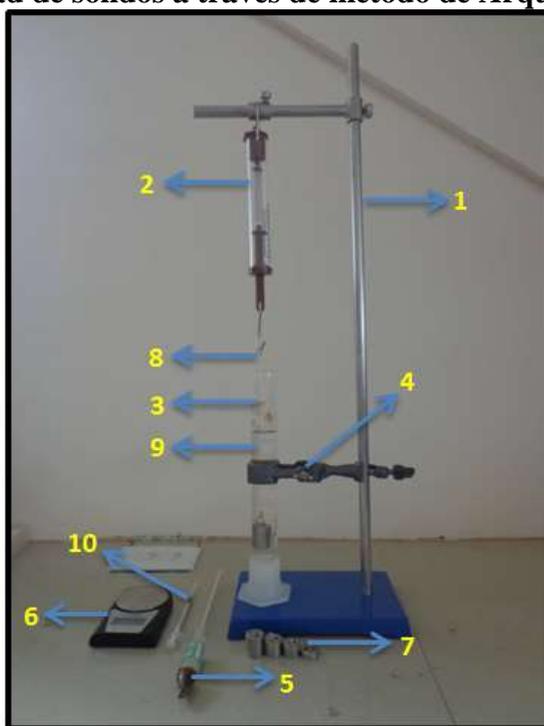
La fórmula para calcular la densidad es la siguiente:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3.5)$$

3.1.5 Esquema del laboratorio y materiales

- **Método 1:** Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida del empuje que experimenta al sumergir dicho cuerpo en un líquido de densidad conocida.

Figura N° 3.3
Densidad de sólidos a través de método de Arquímedes.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Soporte de acero inoxidable (1).
- Dinamómetro de 0 – 1N (2).
- Probeta de vidrio de 100 cm³ precisión 0.5cm³ (3).
- Pinza para probeta (4).
- Densímetro marca PROTON de 1000 a 1100 kg/m³ (5)
- Balanza digital marca CAMRY precisión de 0.01g máximo 100g (6).
- Cuerpos cilíndricos de acero inoxidable de diferente tamaño (7).
- Piola de nylon (8).
- Agua (9)
- Jeringa (10)

- **Método 2:** Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida de las dimensiones de dicho cuerpo.

Figura N° 3.4
Densidad de sólidos a través de las dimensiones del cuerpo.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Micrómetro marca KEX de 0 – 25 mm (1).
- Esferas metálicas de diferente tamaño (2).
- Balanza digital marca CAMRY precisión de 0.01g máximo 100g (3).

3.1.6 Procedimiento experimental.

3.1.6.1 Método 1.

Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida del empuje que experimenta al sumergir dicho cuerpo en un líquido de densidad conocida.

- Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación.

Figura N° 3.5
Materiales para práctica densidad de sólidos.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Verificar que la balanza se encuentre funcionando y en perfectas condiciones.

Figura N° 3.6
Funcionamiento de balanza digital.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Colocar el cuerpo cilíndrico encima de la balanza digital para determinar la masa en gramos y registrar el dato en la Tabla N° 3.1

Figura N° 3.7
Masa de cuerpo.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Medir la densidad del agua con el densímetro. Colocar agua en la probeta casi hasta el tope e introducir el densímetro en el agua con los perdigones de plomo hacia abajo dejando que flote, una vez que se estabilice visualizar en forma frontal la medida que indica el nivel de agua en la graduación del densímetro y registrar el valor en la Tabla N° 3.1

Figura N° 3.8
Medida de densidad de agua utilizando densímetro.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013

- Llenar de agua la probeta hasta el nivel deseado (90 cm^3).

Figura N° 3.9
Llenado de probeta con agua.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Suspender el cuerpo cilíndrico en el dinamómetro mediante una piola nylon y observar el valor de la fuerza F_1 (N), registrar el valor en la Tabla N° 3.1

Figura N° 3.10
Valor de fuerza F_1 utilizando el dinamómetro.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Realizar el montaje del dinamómetro y la probeta en el soporte de acero inoxidable.

Figura N° 3.11
Montaje experimental.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Suspender el cuerpo cilíndrico al dinamómetro mediante una piola nylon e introducirlo en la probeta con agua, sumergiéndole totalmente procurando que el cuerpo no toque las paredes de la probeta, observar el valor de la fuerza 2 (N), y obtener el valor de la fuerza de empuje restando el valor de la fuerza actual del valor de la fuerza 1 encontrada anteriormente. Registrar los valores en la Tabla N° 3.1

Figura N° 3.12
Valor de fuerza 2 utilizando el dinamómetro.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Tener en cuenta que para el siguiente sólido se debe completar el volumen de agua que el cuerpo anterior sustrae de la probeta al momento de sacarlo, para ello utilizar la jeringa, dejarlo en 90 cm^3 .

Figura N° 3.13
Completar volumen de agua con jeringa.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Con la fórmula $E = V_{\text{liq}} \rho_{\text{liq}} g = V_{\text{sol}} \rho_{\text{liq}} g = (\rho_{\text{liq}}/\rho_{\text{sol}}) m_{\text{sol}} g$ realizar los cálculos respectivos para determinar la densidad del cuerpo sólido. Registrar el valor en la Tabla N° 3.1

$$E = V_{\text{liq}} \rho_{\text{liq}} g = V_{\text{sol}} \rho_{\text{liq}} g = (\rho_{\text{liq}}/\rho_{\text{sol}}) m_{\text{sol}} g$$

$$E = (\rho_{\text{liq}}/\rho_{\text{sol}}) m_{\text{sol}} g$$

$$\rho_{\text{sol}} = (\rho_{\text{liq}} m_{\text{sol}} g)/E$$

$$\rho_{\text{sol}} = (1 * 55,18 * 9,8)/(0,07 * 1000)$$

$$\rho_{\text{sol}} = 7,72 \text{ g/cm}^3 \gg$$

- Con los demás cuerpos cilíndricos repetir los pasos anteriores.
- Con los datos de densidad registrados en la Tabla N° 3.1 calcular el error absoluto $E_{\text{Abs1.}} = \rho_{\text{teo}} - \rho_{\text{exp}}$ y el porcentaje de error $E\% = [(\rho_{\text{teo}} - \rho_{\text{exp}})/\rho_{\text{teo}}] * 100$ del cuerpo sólido. Ver tabla de densidad de cuerpos sólidos en Anexo N° 3.1

Cálculo de Error absoluto:

$$\begin{aligned}
 \text{E.Abs1.} &= \rho_{\text{teo}} - \rho_{\text{exp}} & \text{E.Abs2.} &= \rho_{\text{teo}} - \rho_{\text{exp}} & \text{E.Abs3.} &= \rho_{\text{teo}} - \rho_{\text{exp}} \\
 &= 7,8 - 7,72 & &= 7,8 - 7,39 & &= 7,8 - 8,63 \\
 &= 0,08 \gg & &= 0,41 \gg & &= -0,83 \gg \\
 \\
 \text{E.Abs4.} &= \rho_{\text{teo}} - \rho_{\text{exp}} & \text{E.Abs5.} &= \rho_{\text{teo}} - \rho_{\text{exp}} \\
 &= 7,8 - 8,21 & &= 7,8 - 7,44 \\
 &= -0,41 \gg & &= 0,36 \gg
 \end{aligned}$$

Cálculo de Error Porcentual:

Para calcular el error porcentual (E%) se considera la densidad experimental más próxima al valor de la densidad teórica, en este caso $7,72 \text{ g/cm}^3$

$$\begin{aligned}
 \text{E\%} &= [(\rho_{\text{teo}} - \rho_{\text{exp}}) / \rho_{\text{teo}}] * 100 \\
 &= [(7,8 - 7,72) / 7,8] * 100 \\
 &= 1,02 \% \gg
 \end{aligned}$$

- Dejar el área de trabajo limpia y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.1
Registro de valores experimentales y teóricos, método 1.

Cuerpo	m (g)	FUERZAS		EMPUJE	DENSIDAD EXP.LIQ.	DENSIDAD EXP.SOL.	DENSIDAD TEORICA SOL.	ERRORES	
		F1 (N)	F2 (N)	E = F1 - F2	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	E.Abs.	E. %
m1	55,18	0,54	0,47	0,07	1	7,72	7,8	0,08	1,02
m2	45,22	0,44	0,38	0,06	1	7,39	7,8	0,41	
m3	35,24	0,34	0,3	0,04	1	8,63	7,8	- 0,83	
m4	25,14	0,24	0,21	0,03	1	8,21	7,8	- 0,41	
m5	15,18	0,15	0,13	0,02	1	7,44	7,8	0,36	

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.1.6.2 Método 2

Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida de las dimensiones de dicho cuerpo.

- Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación.

Figura N° 3.14
Materiales para práctica densidad de sólidos.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Verificar que la balanza se encuentra funcionando y en perfectas condiciones.

Figura N° 3.15
Funcionamiento de balanza digital.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Colocar la esfera metálica encima de la balanza digital para determinar la masa en gramos y registrar el dato en la Tabla N° 3.3

Figura N° 3.16
Masa de esfera.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Medir las dimensiones de la esfera con el micrómetro y calcular el volumen con la fórmula $v = \frac{4}{3}\pi r^3$, registrar el dato en la Tabla N° 3.3

Figura N° 3.17
Dimensiones de esfera.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

$$D = 20,5 + 0,14 = 20,64 \text{ mm}$$

$$v = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$v = \frac{4}{3}\pi(10,32\text{mm})^3 \times \left(\frac{1\text{cm}}{10\text{mm}}\right)^3$$

$$v = 4,60 \text{ cm}^3 \gg$$

- Calcular la densidad de la esfera con la fórmula $\rho = \frac{m}{v}$, registrar el dato en la Tabla N° 3.3

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{35,80 \text{ g}}{4,60 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 7,78 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \gg$$

- Con las demás esferas repetir los pasos anteriores.
- Con los datos registrados en la Tabla N° 3.3, realizar en el software (Excel) una gráfica de la masa en función del volumen, dibujar la gráfica en la hoja.

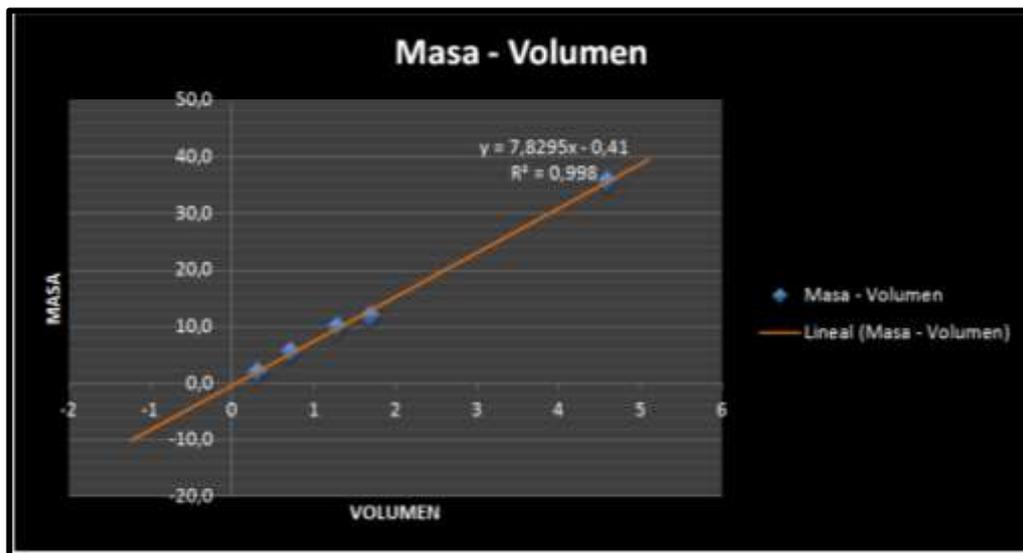
Tabla N° 3.2
Registro de valores masa en función del volumen.

VOLUMEN (cm ³)	MASA (gr)
0,31	2,04
0,72	5,59
1,29	10,12
1,70	11,89
4,60	35,80

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

Figura N° 3.18
Gráfica de la masa en función del volumen de los cuerpos sólidos.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- Con los datos de densidad registrados en la Tabla N° 3.3 calcular el error absoluto $E_{Abs.} = \rho_{teo} - \rho_{exp}$ y el porcentaje de error $E\% = [(\rho_{teo} - \rho_{exp}) / \rho_{teo}] * 100$ de las esferas. Ver tabla de densidad de cuerpos sólidos en Anexo N° 3.1

Cálculo de Error absoluto:

$$\begin{aligned} E.Abs1. &= \rho_{teo} - \rho_{exp} \\ &= 7,80 - 7,78 \\ &= 0,02 \gg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E.Abs2. &= \rho_{teo} - \rho_{exp} \\ &= 7,80 - 6,99 \\ &= 0,81 \gg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E.Abs3. &= \rho_{teo} - \rho_{exp} \\ &= 7,80 - 7,84 \\ &= -0,04 \gg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E.Abs4. &= \rho_{teo} - \rho_{exp} \\ &= 7,80 - 7,76 \\ &= 0,04 \gg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E.Abs5. &= \rho_{teo} - \rho_{exp} \\ &= 7,80 - 6,58 \\ &= 1,22 \gg \end{aligned}$$

Cálculo de Error Porcentual:

Para calcular el error porcentual (E%) se considera la densidad experimental más próxima al valor de la densidad teórica, en este caso $7,78 \text{ g/cm}^3$

$$\begin{aligned}
 E\% &= [(\rho_{\text{teo}} - \rho_{\text{exp}}) / \rho_{\text{teo}}] * 100 \\
 &= [(7,80 - 7,78) / 7,80] * 100 \\
 &= 0,25 \% \gg
 \end{aligned}$$

- Dejar el área de trabajo limpia y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.3
Registro de valores experimentales y teóricos, método 2.

Cuerpo	m (g)	D (mm)	r=D/2	V(cm ³)	DENSIDAD EXP.	DENSIDAD TEORICA	ERRORES	
					ρ (g/cm ³)	ρ (g/cm ³)	E.Abs.	E. %
m1	35,80	20,64	10,32	4,60	7,78	7,80	0,02	0.25
m2	11,89	14,80	7,40	1,70	6,99	7,80	0,81	
m3	10,12	13,50	6,75	1,29	7,84	7,80	-0,04	
m4	5,59	11,11	5,56	0,72	7,76	7,80	0,04	
m5	2,04	8,44	4,22	0,31	6,58	7,80	1,22	

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.1.7 Aplicaciones.

- En base a la metodología empleada y sin tener en cuenta la incertidumbre indicar cuál de los dos métodos empleados crees que nos dará un valor más próximo al real.

- Si la balanza tuviera un error sistemático de 1.5 g, ¿Afectaría el error a la determinación de la densidad del sólido? ¿Por qué?

- ¿Podría determinarse “mediante el experimento”, por el método del empuje, la densidad de un sólido menos denso que el agua? ¿Por qué?

- Piensa:

Se equilibra una balanza en el aire, con hierro colgando en uno de los platillos y aluminio colgando en el otro. Si se introducen ambos cuerpos en el agua, ¿Se desnivelará la balanza? ¿Por qué?

3.1.8 Conclusiones

- La densidad define la cantidad de masa que hay en un volumen determinado, es decir, mientras más masa halla en menos espacio la densidad es mayor y viceversa.
- La densidad está relacionada con la flotabilidad de una sustancia, si esta sustancia flota quiere decir que es menos densa que en la cual está flotando, y contrariamente pasa lo mismo.
- Nuestros resultados con respecto a la densidad del acero son aproximados a la densidad real especificadas en tablas.

3.1.9 Bibliografía.

- Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para Ingenieros*, Décima edición, México, pág. 637.
- Goldemberg, J “*Física general y experimental*” Vol. I. Edit. Interamericana S.A. México 1972
- Meiners, H., Eppenstein, W., Moore, K “*Experimento de física*” Edit. Limusa. México 1970
- Carpio, A., Corujo, J., Rochi, R. “*Módulo de física*”. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina, 1996.

Anexos.

Anexo N° 3.1 Densidad de cuerpos sólidos.

TABLA 5-1	
DENSIDAD DE METALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE PESAS ANALÍTICAS	
Metal	Densidad, g/ml
Aluminio	2.7
Latón	8.0
Oro	19.3
Platino	21.4
Acero inoxidable	7.8
Tántalo	16.6

Fuente: Densidad de sólidos - Douglas A. Skoog, Donald M, *Introducción a la química analítica*, pág. 88.

CAPITULO IV

ERRORES EN LAS MEDICIONES

4.1 Clases y tipo de error.

Pérez (2000, p.3-4) sostuvo que “Al medir y comparar el valor verdadero o exacto de una magnitud y el valor obtenido siempre habrá una diferencia llamada error de medición. Por tanto, al no existir una medición exacta debemos procurar reducir al mínimo el error, empleando técnicas adecuadas y aparatos o instrumentos cuya precisión nos permitan obtener resultados satisfactorios. Una forma de reducir la magnitud del error es repetir el mayor número de veces posible la medición, pues el promedio de las mediciones resultará más confiable que cualquiera de ellas.

4.1.1 Clases de error en las mediciones.

Los errores se dividen en dos clases:

4.1.1.1 Errores sistemáticos.

Se presentan de manera constante a través de un conjunto de lecturas realizadas al hacer la medición de una magnitud determinada. Las fuentes o causas de esta clase de errores son:

4.1.1.1.1 Defecto en el instrumento de medición.

Existen varios instrumentos de medición, un ejemplo es al determinar el tiempo con un cronómetro que marche más rápido o más lento de lo debido.

4.1.1.1.2 Error de paralaje.

Se comete por una incorrecta postura del observador, la cual le impide hacer una adecuada lectura de la medición.

4.1.1.1.3 Mala calibración del aparato o instrumento usado.

Se da por fallas de fabricación.

4.1.1.1.4 Error de escala.

Se produce por el rango de precisión del instrumento empleado, lo que provocará una incertidumbre en la medición.

4.1.1.2 Errores circunstanciales (estocásticos o aleatorios).

Se repiten regularmente de una medición a otra, sino que varían y sus causas se deben a los efectos provocados por las variaciones de presión, humedad y temperatura del ambiente sobre los instrumentos. Así, por ejemplo, con la temperatura la longitud de una regla puede variar ligeramente de una medición a otra; o una balanza sensible puede dar variaciones pequeñas al medir varias veces la masa de un cuerpo. Los errores circunstanciales pueden llamarse estocásticos, ya que son difíciles de apreciar debido a que son muy pequeños y se producen en forma irregular o estocástica de una medición a otra, es decir, azarosa.

También se les da el nombre de error aleatorio porque son el resultado de factores inciertos y, por lo tanto, tienen la misma posibilidad de ser positivos o negativos.

4.1.2 Tipos de error en las mediciones.

Con objeto de cuantificar el error que se comete al medir una magnitud, se consideran los siguientes tipos de error:

4.1.2.1 Error absoluto.

Es la diferencia entre el valor teórico (V_t) y el valor experimental (V_e), puede ser por exceso (error positivo) o puede ser por defecto (error negativo).

$$Error_{Absoluto} = V_t - V_e \quad (4.1)$$

4.1.2.2 Error relativo.

Es el cociente entre el error absoluto ($V_t - V_e$) y el valor teórico (V_t). Se expresa en valores absolutos sin importar el signo del error absoluto.

$$Error_{relativo} = \frac{V_t - V_e}{V_t} \quad (4.2)$$

4.1.2.3 Error porcentual.

Es el error relativo multiplicado por 100, con lo cual queda expresado en por ciento.”

$$Error \% = \frac{V_t - V_e}{V_t} * 100 \quad (4.3)$$

4.1.3 Ejemplo de cálculo de errores en experimentación densidad de sólidos.

En el sistema de prácticas montado en el laboratorio de física general existe una práctica donde se determina la densidad de los cuerpos sólidos, en el cual se determina el error absoluto y porcentual de la densidad teórica vs. la experimental. Como se detalla a continuación:

Con los datos de densidad registrados en la Tabla N° 4.1 calcular el error absoluto $E_{Abs.} = \rho_{teo} - \rho_{exp}$ y el porcentaje de error $E\% = [(\rho_{teo} - \rho_{exp}) / \rho_{teo}] * 100$ de las esferas.

Cálculo de Error absoluto:

$$\begin{aligned} E.Abs1. &= \rho_{teo} - \rho_{exp} \\ &= 7,80 - 7,78 \\ &= 0,02 \gg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E.Abs2. &= \rho_{teo} - \rho_{exp} \\ &= 7,80 - 6,99 \\ &= 0,81 \gg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E.Abs3. &= \rho_{teo} - \rho_{exp} \\ &= 7,80 - 7,84 \\ &= -0,04 \gg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E.Abs4. &= \rho_{teo} - \rho_{exp} \\ &= 7,80 - 7,76 \\ &= 0,04 \gg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E.Abs5. &= \rho_{teo} - \rho_{exp} \\ &= 7,80 - 6,58 \\ &= 1,22 \gg \end{aligned}$$

Cálculo de Error Porcentual:

Para calcular el error porcentual (E%) se considera la densidad experimental mas próxima al valor de la densidad teórica, en este caso 7.78 g/cm^3

$$\begin{aligned} E\% &= [(\rho_{teo} - \rho_{exp}) / \rho_{teo}] * 100 \\ &= [(7,80 - 7,78) / 7,80] * 100 \\ &= 0,25 \% \gg \end{aligned}$$

Tabla N° 4.1
Registro de valores experimentales y teóricos, método 2.

Cuerpo	m (gr)	D (mm)	r=D/2	V(cm ³)	DENSIDAD EXP.	DENSIDAD TEORICA	ERRORES	
					ρ (gr/cm ³)	ρ (gr/cm ³)	E.Abs.	E. %
m1	35,80	20,64	10,32	4,60	7,78	7,80	0,02	0.25
m2	11,89	14,80	7,40	1,70	6,99	7,80	0,81	
m3	10,12	13,50	6,75	1,29	7,84	7,80	-0,04	
m4	5,59	11,11	5,56	0,72	7,76	7,80	0,04	
m5	2,04	8,44	4,22	0,31	6,58	7,80	1,22	

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

4.2 Curva de ajuste, regresión y correlación.

4.2.1 Curva de ajuste.

Murray (1977, p.258-259) sostuvo que “Muy a menudo en la práctica se encuentra que existe una relación entre dos (o más) variables, y se desea expresar esta relación en forma matemática determinando una ecuación que conecte las variables.

Un primer paso es la colección de datos indicando los valores correspondientes de las variables.

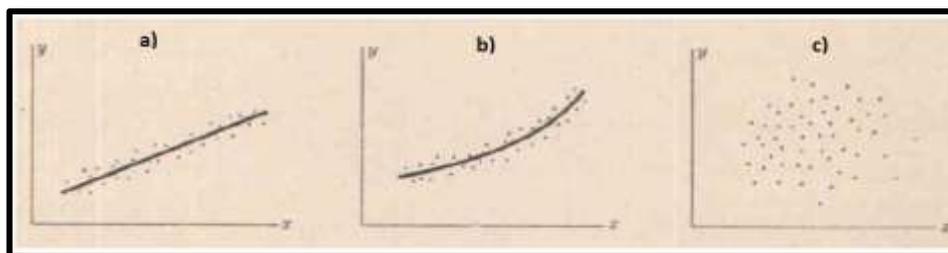
Por ejemplo, si (x) y (y) denotan la estatura y peso de un adulto; entonces una muestra de n individuos resultaría en las estaturas x_1, x_2, \dots, x_n y los pesos correspondientes y_1, y_2, \dots, y_n .

El paso siguiente es dibujar los puntos $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ en un sistema de coordenadas rectangulares. El conjunto resultante de puntos se llama a veces diagrama de dispersión.

Del diagrama de dispersión es posible frecuentemente visualizar una curva que se aproxime a los datos. Dicha curva se llama curva de aproximación. En la Figura N° 4.1a por ejemplo, se observa que los datos se aproximan bien por una recta y decimos que

existe una relación lineal entre las variables. Sin embargo, en la En la Figura N° 4.1b aunque existe una relación entre las variables ésta no es una relación lineal y por esto la llamamos relación no lineal. En la Figura N° 4.1c parece que no hay ninguna relación entre las variables.

Figura N° 4.1
Curva de ajuste.



Fuente: Curva de ajuste - Murray R. Spiegel (1977), *Probabilidad y estadística*, México, pág. 258.

El problema general de hallar ecuaciones de curvas de aproximación que se ajusten a conjuntos de datos dados se denomina curva de ajuste. En la práctica el tipo de ecuación se sugiere frecuentemente del diagrama de dispersión. Así para la Figura N° 4.1a podríamos utilizar una recta

$$y = a + bx \quad (4.4)$$

Mientras que para la Figura N° 4.1b ensayaríamos una curva cuadrática o parabólica

$$y = a + bx + cx^2 \quad (4.5)$$

Algunas veces conviene dibujar los diagramas de dispersión en términos de variables transformadas. Así por ejemplo, si $\log y$ vs. x conduce a una recta trataríamos $\log y = a + bx$ como ecuación para la curva de aproximación.

4.2.2 Regresión.

El análisis de regresión lineal es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre variables. Se adapta a una amplia variedad de situaciones. En Física se utiliza para caracterizar la relación entre variables o para calibrar medidas. Tanto en el caso de dos variables (regresión simple) como en el de más de dos variables (regresión múltiple), el análisis de regresión lineal puede utilizarse para explorar y cuantificar la relación entre una variable llamada dependiente o criterio (Y) y una o más variables llamadas independientes o predictoras (X_1, X_2, \dots, X_n), así como para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos. Además, el análisis lleva asociados una serie de procedimientos de diagnósticos (análisis de residuos, puntos de influencia) que informan sobre la estabilidad e idoneidad del análisis y que proporcionan pistas sobre cómo perfeccionarlo.

Uno de los propósitos principales de la curva de ajuste es estimar una de las variables (la variable dependiente) de la otra (la variable independiente). El proceso de estimación se conoce como regresión. Si y se va a estimar a partir de x por medio de alguna ecuación la llamamos ecuación de regresión de y sobre x y a la curva correspondiente curva de regresión de y sobre x .

4.2.3 Método de mínimos cuadrados.

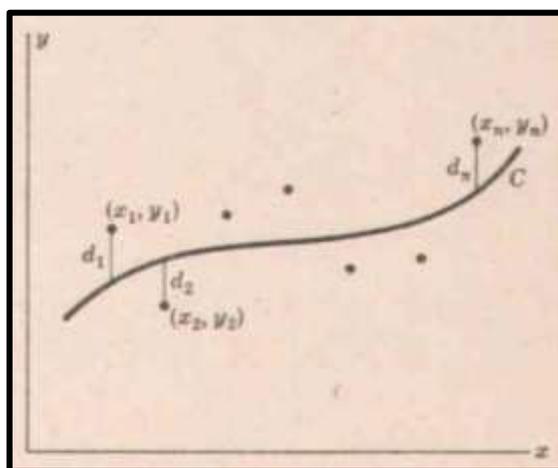
Generalmente, más de una curva de un tipo dado parece ajustar un conjunto de datos. Para evitar el juicio individual en la construcción de rectas, parábolas, u otras curvas de aproximación, es necesario obtener una definición de la "mejor recta de ajuste"; "mejor parábola de ajuste", etc.

Para motivar una posible definición considérese la Figura N° 4.2 en la cual los puntos de datos son $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$. Para un valor dado de x , por ejemplo x_1 , habrá una diferencia entre el valor de y_1 y el valor correspondiente determinado de la curva C . Denotamos esta diferencia por d_1 , que algunas veces se conoce como desviación, error, o residuo y puede

ser positivo, negativo o cero. Análogamente, correspondiendo a los valores x_2, \dots, x_n obtenemos las desviaciones d_2, \dots, d_n .

Una medida de la "bondad del ajuste" de la curva C- al conjunto de datos la suministra la cantidad $d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2$. Si la suma es pequeña el ajuste es bueno si es grande el ajuste es malo. Por tanto tomamos la siguiente

Figura N° 4.2
Curva de método de mínimos cuadrados.



Fuente: Curva de ajuste - Murray R. Spiegel (1977), *Probabilidad y estadística*, México, pág. 259.

Definición.: De todas las curvas de aproximación de un conjunto de puntos de datos dados, la curva que tenga la propiedad de que

$$d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2 = \text{un mínimo} \quad (4.6)$$

Es la mejor curva de ajuste.

Una curva con esta propiedad se dice que ajusta los datos en el sentido de mínimos cuadrados y se llama curva de regresión de mínimos cuadrados o simplemente curva de mínimos cuadrados. Por tanto una recta con esta propiedad se llama recta de mínimos cuadrados, una parábola con esta propiedad se llama parábola de mínimos cuadrados. etc.”

4.2.4 Ejemplo de gráfica de regresión lineal en experimentación densidad de sólidos.

En el sistema de prácticas montado en el laboratorio de física general existe una práctica donde se determina la densidad de los cuerpos sólidos, en el cual se realiza la gráfica de regresión lineal de la masa en función del volumen. Como se detalla a continuación:

Con los datos registrados en la Tabla N° 4.2, realizar en el software (Excel) una gráfica de la masa en función del volumen.

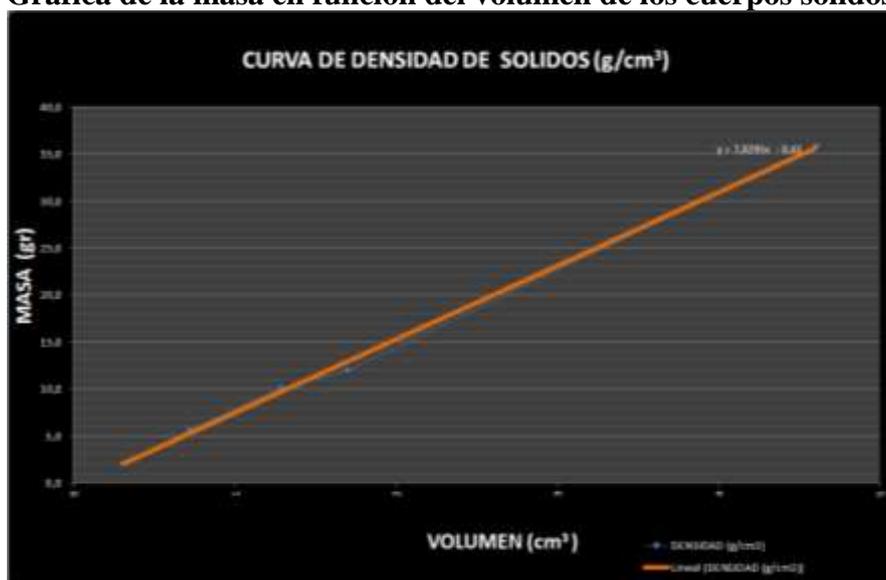
Tabla N° 4.2
Registro de valores masa en función del volumen.

VOLUMEN (cm ³)	MASA (gr)
0,31	2,04
0,72	5,59
1,29	10,12
1,70	11,89
4,60	35,80

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

Figura N° 4.3
Gráfica de la masa en función del volumen de los cuerpos sólidos.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- Se logró implementar un laboratorio y un sistema de prácticas para la asignatura de Física General, obteniendo resultados satisfactorios ya que se pudo demostrar mediante la experimentación lo teórico aprendido en clases, además servirá como herramienta de estudio para que el docente pueda impartir su cátedra de una manera entendible para el estudiante.
- Se obtuvo resultado satisfactorios ya que el error comprendido entre la parte teórica y la experimental estuvo dentro de los valores admisibles.
- Se realizó las correspondientes guías de prácticas para los estudiantes, las cuales se quedarán en el laboratorio de Física General como instrumento de apoyo para la realización de las experimentaciones planteadas.

5.2 Recomendaciones.

- Para la creación de un laboratorio de Física General se recomienda que sea implementado en un área libre de ruido, y la infraestructura debe ser lo más ergonómica posible de tal manera que no afecte la salud de los estudiantes y los resultados de la experimentación.
- Se recomienda que se lea la guía de prácticas antes de la experimentación, con el fin de evitar cualquier eventualidad innecesaria.
- Se recomienda poner énfasis en la toma de datos ya que como se manejan magnitudes pequeñas, cualquier variación que se produzca por una toma de datos inadecuada, nos dará un resultado erróneo y la experimentación no reflejará resultados similares a los teóricos.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Alvarenga, Máximo (1983), *Física general con experimentos*, Harla, México.
- 2) Bedford, A.; Fowler, W(2008), *Mecánica para ingeniería. estática*, Pearson Educación. Quinta edición, México. ISBN 978-970-26-1215-5.
- 3) Bedford, A.; Fowler, W(2008), *Mecánica para ingeniería. dinámica*, Pearson Educación. Quinta edición, México. ISBN 978-970-26-1278-0.
- 4) Bueche Frederick J., Hecht Eugene. (2007), *Física general (décima ed.)*, México: McGraw-Hill.
- 5) Burbano Santiago, *Física general*, Editorial Tébar. S.L
- 6) Ferdinand P. Beer (2007), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Octava edición, McGraw-Hill, México.
- 7) Frank Blatt (1995), *Fundamentos de física*, 3ª edición México D.F. Prentice Hall
- 8) Gómez Héctor, Gómez Rafael. (2010), *Física con enfoque en competencias (primera ed., vol. 1 y 2)*, México: Cengage Learnig.
- 9) Goldemberg, J (1972), *Física general y experimental”* Vol. I. Edit. Interamericana S.A. México.
- 10) Giancoli Douglas C. (2008), *Física para ciencias e ingeniería (cuarta ed, vol. 1 y 2)*, México: Pearson Educación.
- 11) Hewitt Paúl. (2007), *Física conceptual (décima ed.)*, México: Pearson Educación.
- 12) Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México.

- 13) Kirkpatrick Larry D., FRANCIS GREGORY E. (2011), *Física una mirada al mundo (sexta ed.)*, México: Cengage Learnig.
- 14) M. Alonso, E. J. Finn (1986), *Física vol. I: MECÁNICA*, Fondo Educativo Interamericano, México.
- 15) Maibaum Gert (1988), *Teoría de probabilidades de estadística*, Pueblo y educación, Alemania.
- 16) Montiel (2000), *Física general*, Decima quinta reimpresión, México.
- 17) Meiners, H., Eppenstein (1970), W., Moore, K “*Experimento de física*” Edit. Limusa. México.
- 18) Mott, Robert L (1996), *Mecánica de fluidos aplicada*, Prentice Hall Hispanoamericana, 4ª Edición.
- 19) Murray R. Spiegel (1977), *Probabilidad y estadística*, México.
- 20) Paul L. Meyer (1992), *Probabilidades y aplicaciones estadísticas*, Segunda Edición, Addison Wesley Iberoamericana.
- 21) Riley William F. Sturges Leroy D (1996), *Ingeniería mecánica dinámica*, Editorial Reverté S.A.
- 22) Serway Raymond A., Jewett Jhon W. Jr. (2008), *Física para ciencias e ingenierías*, (Séptima ed., Vol. 1 y 2), México: Cengage Learnig.
- 23) Serway Raymond A., Vuille Chris (2013), *Fundamentos de física (novena ed)*, México: Cengage Learning.
- 24) Serway R (1997), *Física vol. I*, Cuarta Edición, Editorial McGraw Hill Interamericana: México

- 25) Shames Irving H. (1995), *Mecánica de fluidos*, Tercera edición, McGraw-Hill, Colombia.
- 26) Shaum (1999), *Física moderna*, Segunda edición, McGraw-Hill, México.
- 27) Slisko Josip. (2010), *Física el gimnasio de la mente / competencias para la vida (segunda ed., vol. 1 y 2)*, México: Pearson.
- 28) Tippens Paúl E (2007), *Física conceptos y aplicaciones (séptima ed.)*, Chile: McGraw- Hill.
- 29) Tipler Paul, Mosca Gene. (2010), *Física para la ciencia y la tecnología (sexta ed., vol. 1 y 2)*, España: Editorial Reverte.
- 30) Wilson Jerry D., Buffa Anthony J., Lou Bo, *Física (sexta ed.)*, México:Pearson Educación.
- 31) Young. Freedman. Sears. Zemansky (2009), *Física universitaria vol.1*, Decimosegunda edición, México.

ANEXOS

ANEXO N°1
SÍLABO DE LA ASIGNATURA DE
FÍSICA GENERAL

PROGRAMA ANALÍTICO (SÍLABO)

INFORMACIÓN GENERAL

FACULTAD / DEPARTAMENTO: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA	
CARRERA: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Asignatura/Módulo: FÍSICA GENERAL	Código:
Prerrequisitos: FUNDAMENTOS DE FÍSICA. <ol style="list-style-type: none"> 1) Fuerzas, definición de momento de una fuerza, condiciones de equilibrio. 2) Conceptos de desplazamiento, velocidad, aceleración, ecuaciones cinemáticas de MRU y MRUA. 3) Concepto de trabajo mecánico, energía mecánica, teorema del trabajo y la energía, ley de conservación de la energía mecánica. 4) Cantidad de movimiento, ley de conservación de la cantidad de movimiento. MATEMÁTICA BÁSICA <ol style="list-style-type: none"> 1) Vectores 2) Trigonometría 3) Derivadas 4) Integrales 	Número de Créditos: 4
Corequisitos: MATEMÁTICA SUPERIOR <ol style="list-style-type: none"> 1) Funciones lineales, cuadráticas, trigonométricas, exponenciales, logarítmicas. 	

<p>2) Límites, derivadas, integrales.</p> <p>TRIGONOMETRÍA Y GEOMETRÍA ANALÍTICA.</p> <p>1) Resolución de triángulos oblicuángulos.</p> <p>2) Definición y notación de las funciones trigonométricas.</p> <p>3) Identidades trigonométricas.</p> <p>4) Vectores</p> <p>METROLOGÍA.</p> <p>1) Aplicación de sistemas de unidades y factores de conversión. Leyes de Newton, ley de la Gravitación Universal. Peso.</p> <p>2) Teoría de errores en las medidas.</p>		
Área Académica: CIENCIAS BÁSICAS	Nivel: 2	
Período académico:		
DOCENTE:		
Nombre:	Grado académico o título profesional:	
e-mail:		
Breve reseña de la actividad académica y/o profesional		

PLAN MICROCURRICULAR

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

La asignatura guiará al estudiante en la adquisición de una base sólida en los aspectos básicos de trabajo, energía, principio de conservación de energía, potencia, impulso, cantidad de movimiento lineal, colisiones, momento de torsión, equilibrio rotacional, rotación del sólido rígido, hidrostática e hidrodinámica. Se pretende formar al estudiante en la adquisición y aplicación de conocimientos en el ámbito de actuación del ingeniero electromecánico. La base creada garantizaría abordar con éxito otras asignaturas del plan de estudios en niveles superiores. Se pretende que el alumno sea capaz de identificar, modelar y resolver situaciones que involucren a estos dos campos de la Física para la resolución de problemas relacionados con su ingeniería. El curso y los problemas propuestos están concebidos de forma que el alumno se familiarice e incorpore a su forma de trabajo la metodología científica.

2. OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA O MÓDULO

Los estudiantes serán capaces de conceptualizar y resolver problemas trabajo, energía, principio de conservación de energía, potencia, impulso, cantidad de movimiento lineal, colisiones, momento de torsión, equilibrio rotacional, rotación del sólido rígido, hidrostática e hidrodinámica.

3. RESULTADOS DE APRENDIZAJE (OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE APRENDIZAJE)

Resultado del Aprendizaje <i>(objetivos específicos)</i>	Nivel	Forma de evidenciarlo
Aplicar los conceptos de trabajo, energía, potencia, conservación de energía mecánica para la resolución de problemas.	M	Deberes, talleres y/o trabajos, y/o pruebas escritas(individual y/o grupales)
Aplicar los conceptos de impulso, cantidad de movimiento, conservación de cantidad de movimiento y coeficientes de restitución en la resolución de problemas físicos.	M	Deberes, talleres y/o trabajos, y/o pruebas escritas(individual y/o grupales)
Aplicar la primera y segunda condición de equilibrio en la resolución de problemas físicos.	M	Deberes, talleres y/o trabajos, y/o pruebas escritas(individual y/o grupales)
Aplicar la segunda ley de Newton, energía cinética rotacional, trabajo rotacional, potencia rotacional y cantidad de movimiento angular en la resolución de problemas físicos relacionados con el sólido rígido.	M	Deberes, talleres y/o trabajos, y/o pruebas escritas(individual y/o grupales)
Resolver problemas relacionados con la hidrostática mediante la aplicación de principios, teoremas o modelos matemáticos de sólidos y fluidos para abordar situaciones reales y teóricas propias de la ingeniería.	M	Deberes, talleres y/o trabajos, y/o pruebas escritas(individual y/o grupales)
Comprender y aplicar los principios y modelos matemáticos de la hidrodinámica en la resolución de problemas reales y teóricas propios de la ingeniería.	M	Deberes, talleres y/o trabajos, y/o pruebas escritas(individual y/o grupales)

Nivel: (B= básico, M= medio, A= alto)

(Es el nivel alcanzado en el resultado del aprendizaje.)

4. METODOLOGÍA:

a. Estrategias metodológicas:

La metodología empleada en el curso será participativa, complementando la exposición del docente con la intervención de los alumnos en forma individual o grupal para la resolución de problemas de diversos grados de dificultad.

Durante el desarrollo de la materia se utilizarán las siguientes estrategias metodológicas:

Magistral dialogada.

Trabajo de grupo.

Resolución de problemas.

Exposición de estudiantes.

b. Orientaciones metodológicas:

- El profesor actuará como un facilitador, por lo tanto, es obligación de los estudiantes traer preparados los temas correspondientes a cada sesión, de manera que puedan establecerse intercambio de opiniones sobre los temas tratados.
- En los trabajos enviados fuera de clase, se deberán incluir las citas y referencias de los autores consultados (de acuerdo a normativas aceptadas, v. g. APA).
- Los estudiantes deberán documentar todas las actividades de aprendizaje, pruebas, trabajos, lecciones, deberes, etc., mediante un portafolio.

5. COMPORTAMIENTO ÉTICO:

- Se exige puntualidad, para lo cual se constatará la asistencia con un factor de tolerancia de 10 minutos.

- La copia de exámenes será severamente castigada, inclusive podría ser motivo de la pérdida automática del semestre (código de ética de la universidad).
- Respeto en las relaciones docente- alumno y alumno-alumno será exigido en todo momento, esto será de gran importancia en el desarrollo de las discusiones en clase.
- Los casos y trabajos asignados deberán ser entregados el día correspondiente. No se aceptarán solicitudes de postergación.
- Los celulares deben estar apagados en clase, ya que distrae la atención y concentración en él, o, los temas que se están tratando.

6. RECURSOS:

- Marcadores
- Libros
- Guía metodológica
- Calculadora
- Plataforma virtual

7. EVALUACIÓN:

FORMAS DE EVALUACIÓN	%
Participación en clase - control de lecturas	20
Talleres o trabajos grupales en clase	20
Resolución de problemas propuestos	20
Exámenes	40
TOTAL	100%

8. BIBLIOGRAFÍA:

BÁSICA:

- Serway Raymond A., Vuille Chris (2013). *Fundamentos de Física (Novena ed)*. México: Cengage Learning.

COMPLEMENTARIA:

- Bueche Frederick J., Hecht Eugene. (2007). *Física General (Décima ed.)*. México: McGraw-Hill.
- Sears Francis W., Zemansky Mark W., Young, Hugh, Freedman D., Roger A. (2009). *Física Universitaria. (Décimo Segunda ed., Vol. 1 y 2)*. México: Pearson Educación.
- Serway Raymond A., Jewett Jhon W. Jr. (2008). *Física Para ciencias e ingenierías, (Séptima ed., Vol. 1 y 2)*. México: Cengage Learnig.
- Tippens Paúl E. *Física conceptos y aplicaciones (Séptima ed.)*. Chile: McGraw- Hill. 2007.
- Hewitt Paúl. (2007). *Física conceptual (Décima ed.)*. México: Pearson Educación.
- Giancoli Douglas C. (2008). *Física para ciencias e ingeniería (Cuarta ed., Vol. 1 y 2)*. México: Pearson Educación.
- Halliday David, Resnick Robert. (2011). *Fundamentos de Física (Octava ed., Vol. 1 y 2)*. México: Grupo Editorial Patria.

- Tipler Paul, Mosca Gene. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología (Sexta ed., Vol. 1 y 2)*. España: Editorial Reverte.
- Wilson Jerry D., Buffa Anthony J., Lou Bo. *Física (Sexta ed.)*. México: Pearson Educación.
- The California Institute of Technology and Intelcom. (1985). DVD – Colección Entire Series. *The Mechanical Universe...And Beyond*. Caltech and INTELECOM Intelligent Telecommunications 1985.

RECOMENDADA:

- Bedford, A.; Fowler, W. *Mecánica para ingeniería. Estática*. Pearson Educación. Quinta edición. 2008. México. ISBN 978-970-26-1215-5.
- Bedford, A.; Fowler, W. *Mecánica para ingeniería. Dinámica*. Pearson Educación. Quinta edición. 2008. México. ISBN 978-970-26-1278-0.
- Kirkpatrick Larry D., Francis Gregory E. (2011). *Física. Una Mirada al mundo (Sexta ed.)*. México: Cengage Learnig.
- Slisko Josip. (2010). *Física el gimnasio de la mente / competencias para la vida (Segunda ed., Vol. 1 y 2)*. México: Pearson.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS:**• Básicas**

- Curso Interactivo de Física en Internet. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>
- Laboratorio virtual de física. <http://www.encia.org/taylor/lv.htm>
- Applets de Física . <http://www.walter-fendt.de/ph14s/>
- Experiencias de Física. http://dfists.ua.es/experiencias_de_fisica/index1.html

• Recomendadas

- Simulador. <http://maloka.org/fisica2000/>

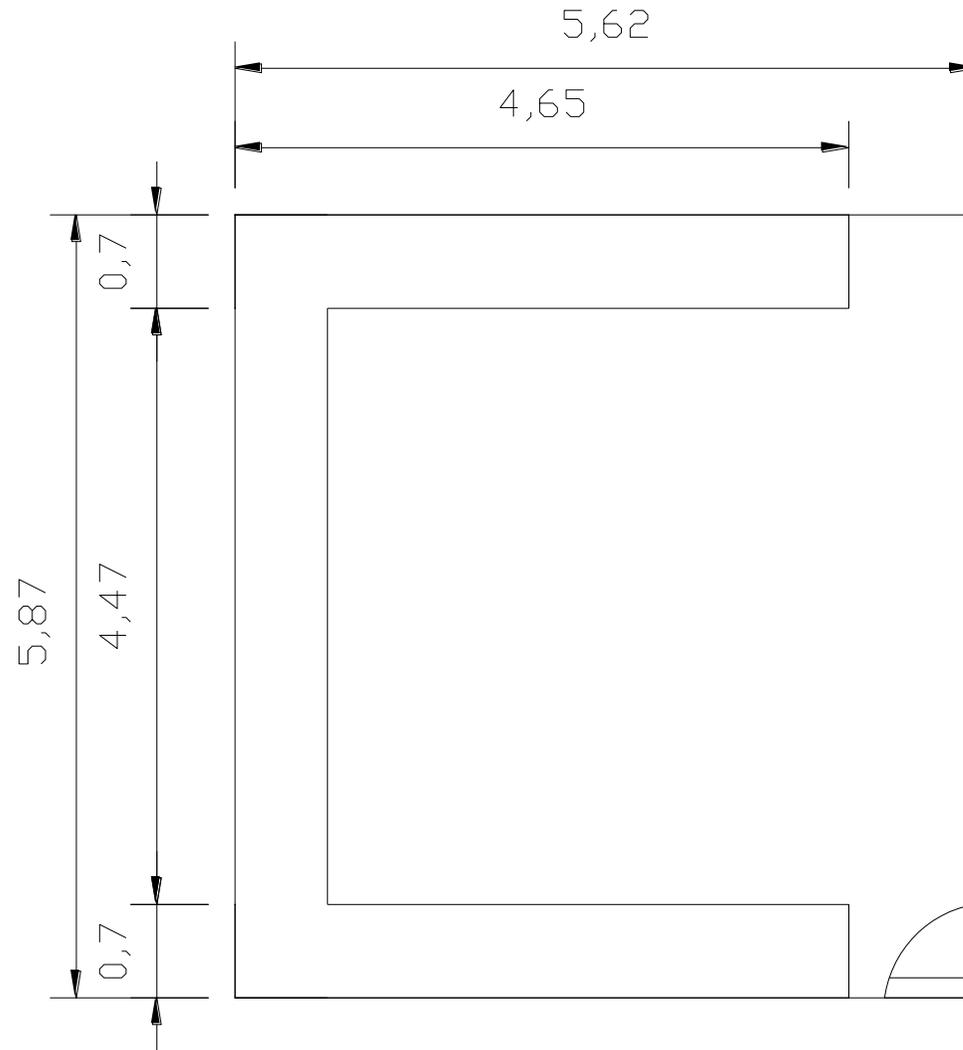
9. PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

CONTENIDOS	SESION (Hora Clase)	TAREAS PREVIAS / LECTURAS OBLIGATORIAS <i>(Que el estudiante debe realizar antes de la sesión.)</i>
Presentación de contenidos de la asignatura, y del sistema de evaluación. Unidad 1.- <u>TRABAJO, ENERGÍA Y POTENCIA.</u> 1. Trabajo efectuado por una fuerza constante.	S01 2h	
2. Trabajo realizado por una fuerza variable.	S02 2h	Lectura: Texto Guía. Sección 5.1 Pág. 124 a 129 y Sección 5.7 Pág. 152 a 154.
3. Energía cinética y teorema trabajo – energía.	S03 2h	Lectura: Texto Guía. Sección 5.2 Pág. 129 a 132.
4. Energía potencial gravitacional y energía potencial elástica.	S04 2h	Lectura: Texto Guía. Sección 5.3 y 5.4 Pág. 132 a 145.
5. Sistemas y conservación de la energía. Potencia.	S05 2h	Lectura: Texto Guía. Sección 5.5 y 5.6 Pág. 145 a 152.
6. Problemas de aplicación.	S06 2h	
Prueba 1.	S07 2h	
Unidad 2.- <u>IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO.</u> 1. Cantidad de movimiento e impulso.	S08 2h	Lectura: Texto Guía. Sección 6.1 Pág. 167 a 172.
2. Conservación de la cantidad de	S09	Lectura: Texto Guía. Sección 6.2

movimiento.	2h	Pág. 172 a 175.
3. Colisiones.	S10 2h	Lectura: Texto Guía. Sección 6.3 a 6.4 Pág. 175 a 184.
4. Problemas de aplicación	S11 2h	
Unidad 3.- <u>MOMENTO DE TORSIÓN Y EQUILIBRIO ROTACIONAL.</u>	S12 2h	Lectura: Texto Guía. Sección 8.1 Pág. 236 a 239.
1. Torque.		
2. Equilibrio de los cuerpos rígidos y centro de gravedad.	S13 2h	Lectura: Texto Guía. Sección 8.2 y 8.3 Pág. 240 a 244.
3. Problemas de aplicación.	S14 2h	Lectura: Texto Guía. Sección 8.4 Pág. 244 a 247
Prueba 2.	S15 2h	
Prueba 3. General acumulativa.	S16 2h	
Unidad 4. <u>ROTACIÓN DE CUERPOS RÍGIDOS.</u>	S17 2h	Lectura: Texto Guía. Sección 8.5 Pág. 247 a 254.
1. Definición de sólido rígido.		
2. Relación entre el torque y la aceleración angular de un cuerpo rígido.		
3. Problemas de aplicación	S18 2h	
4. Energía cinética rotatoria y momento angular.	S19 2h	Lectura: Texto Guía. Sección 8.6 y 8.7 Pág. 254 a 261.
5. Problemas de aplicación	S20 2h	

Prueba 4.	S21 2h	
Unidad 5.- <u>HIDROSTÁTICA.</u>	S22	Lectura: Texto Guía. Sección 9.2
1. Densidad y Presión	2 h	Pág. 279 a 282
2. Variación de la presión con la profundidad. Principio de Pascal.	S23 2 h	Lectura: Texto Guía. Sección 9.4. Pág. 288 a 292.
3. Mediciones de la presión.	S24 2 h	Lectura: Texto Guía. Sección 9.5 Pág. 292 a 293.
4. Principio de Arquímedes.	S25 2 h	Lectura: Texto Guía. Sección 9.6. Pág. 293 a 299.
Unidad 6.- <u>HIDRODINÁMICA.</u>	S26	Lectura: Texto Guía. Sección 9.7.
1. Fluidos en movimiento.	2 h	Pág. 299 a 302.
2. Ecuación de Continuidad.		
3. Ecuación de Bernoulli.	S27 2 h	Lectura: Texto Guía. Sección 9.7 Pág. 302 a 305.
4. Principales aplicaciones de la Ecuación de Bernoulli. (Teorema de Torricelli, Efecto Venturi)	S28 2 h	Lectura: Texto Guía. Sección 9.7 Pág. 302 a 305.
5. Problemas de aplicación	S29 2 h	Lectura: Texto Guía. Sección 9.8 Pág. 305 a 308.
6. Viscosidad. Ley de Poiseuille. Número de Reynolds.	S30 2 h	Lectura: Texto Guía. Sección 9.9 Pág. 312 a 315.
Prueba 5. General acumulativa.	S31 2h	
Proyecto integrador.	S32 2h	

ANEXO N°2
INFRAESTRUCTURA
LABORATORIO DE FÍSICA
GENERAL



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

DIMENSIONES LABORATORIO
DE FISICA GENERAL
(VISTA DE PLANTA)

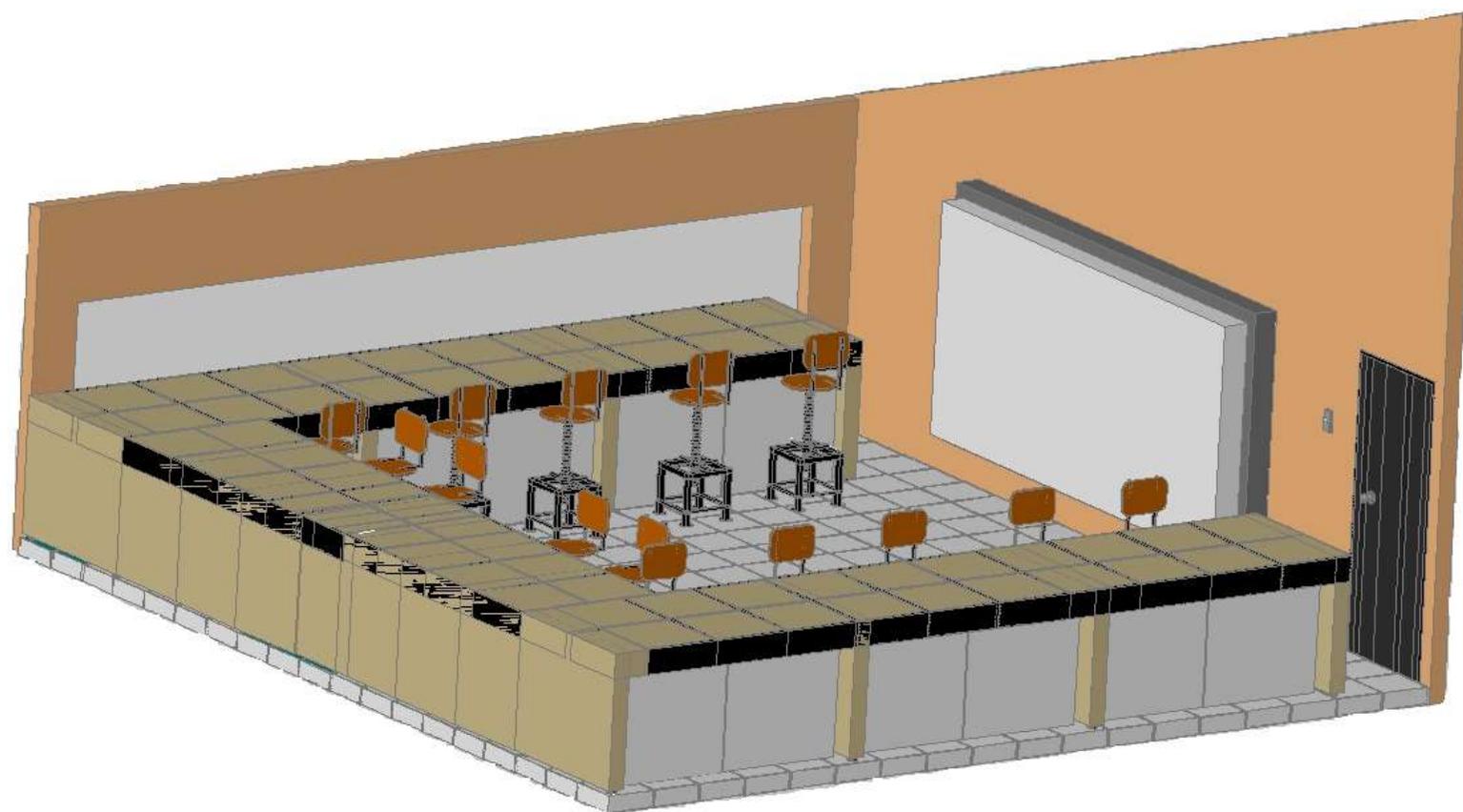
INTEGRANTES: PAZMIÑO LUIS
VALENCIA DIEGO

FECHA:

COD: PLVD

REVISIÓN:

LÁMINA Nº 1



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

INFRAESTRUCTURA LABORATORIO
DE FISICA GENERAL

INTEGRANTES: PAZMIÑO LUIS
VALENCIA DIEGO

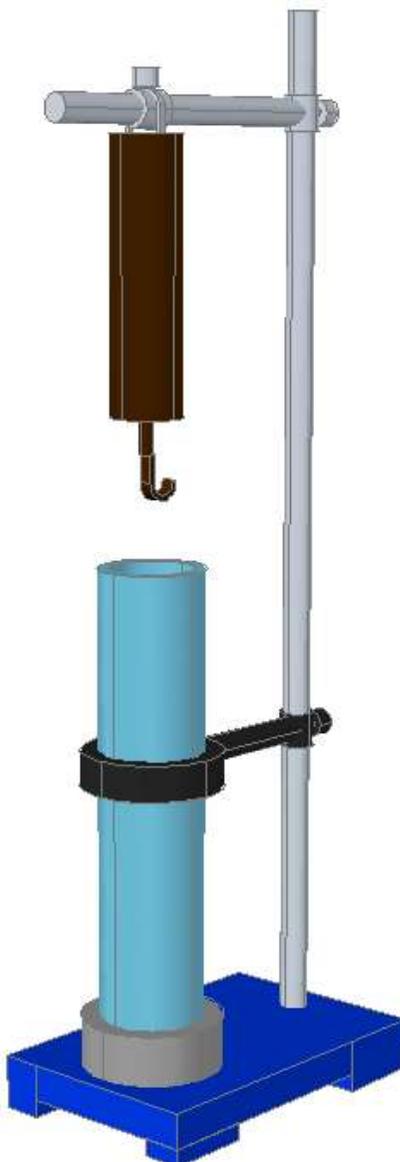
FECHA:

REVISIÓN:

COD: PLVD

LÁMINA Nº 2

ANEXO N°3
ESQUEMA ISOMÉTRICO DE
PRÁCTICAS



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

PRACTICA Nº 1
DENSIDAD DE SOLIDOS
(METODO 1)

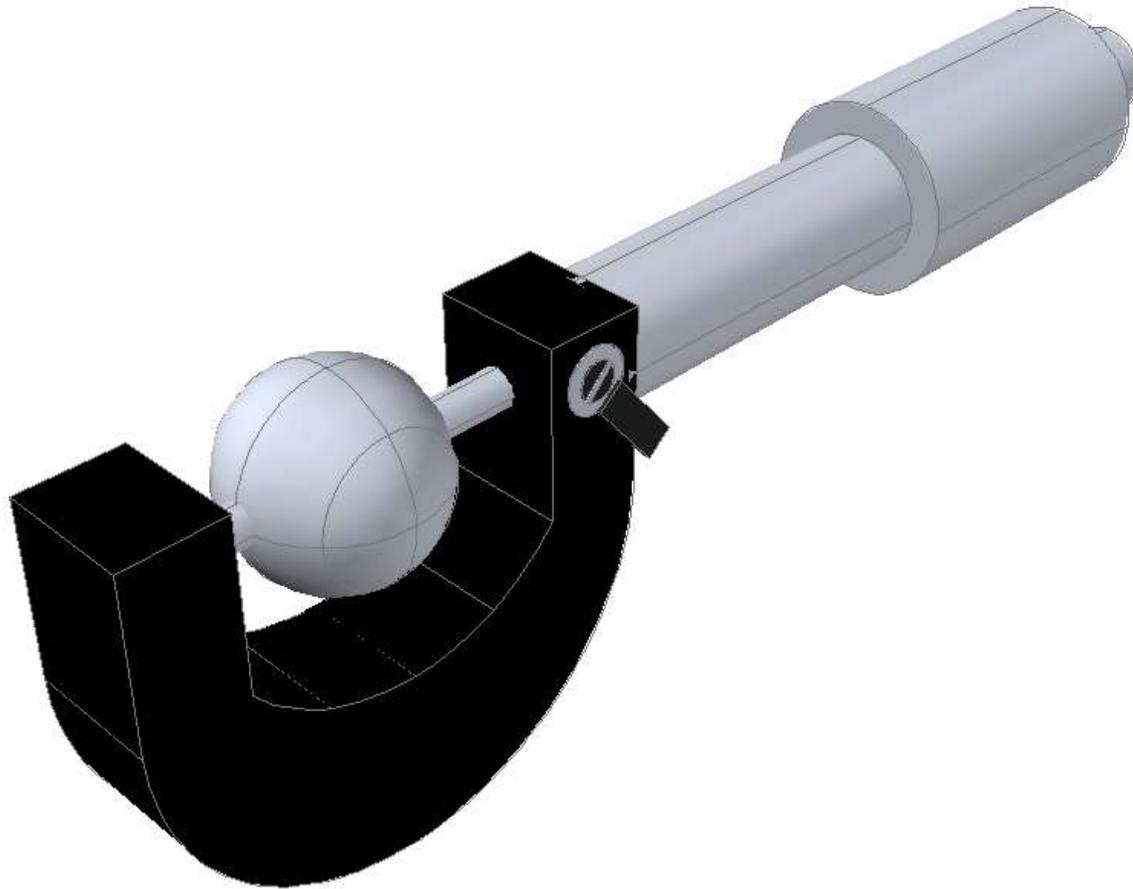
INTEGRANTES: PAZMIÑO LUIS
VALENCIA DIEGO

FECHA:

REVISIÓN:

COD: PLVD

LÁMINA Nº 1



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

PRACTICA Nº 1
DENSIDAD DE SOLIDOS
(METODO 2)

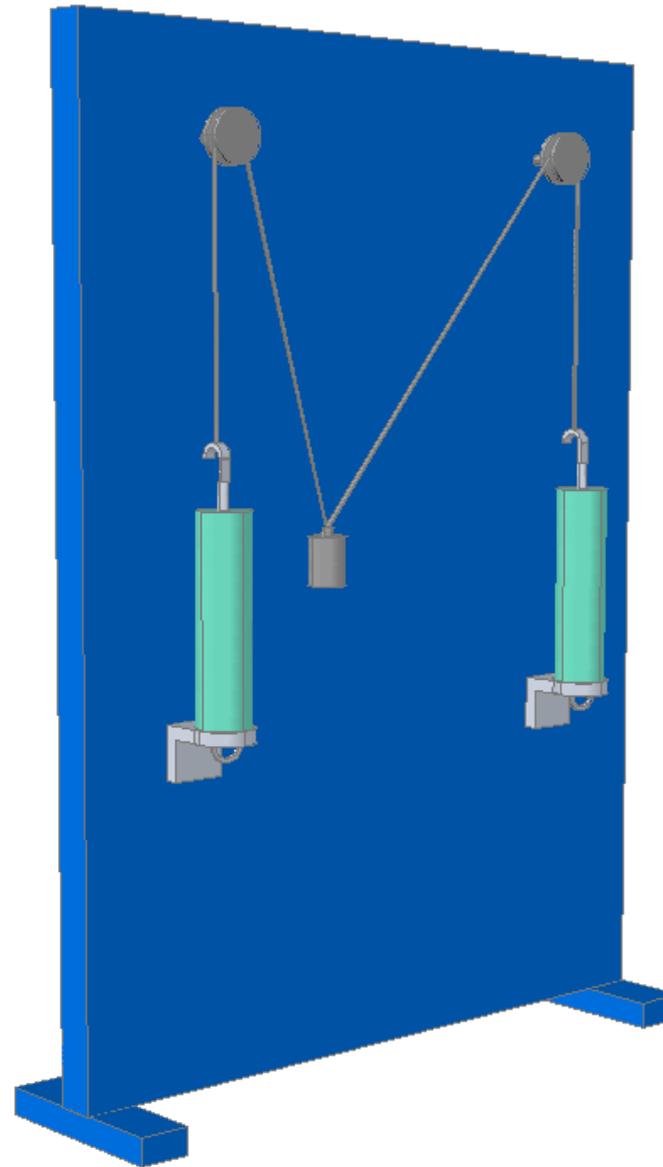
INTEGRANTES: PAZMIÑO LUIS
VALENCIA DIEGO

FECHA:

REVISIÓN:

COD: PLVD

LÁMINA Nº 2



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

PRACTICA N° 2
EQUILIBRIO DE LA PARTICULA

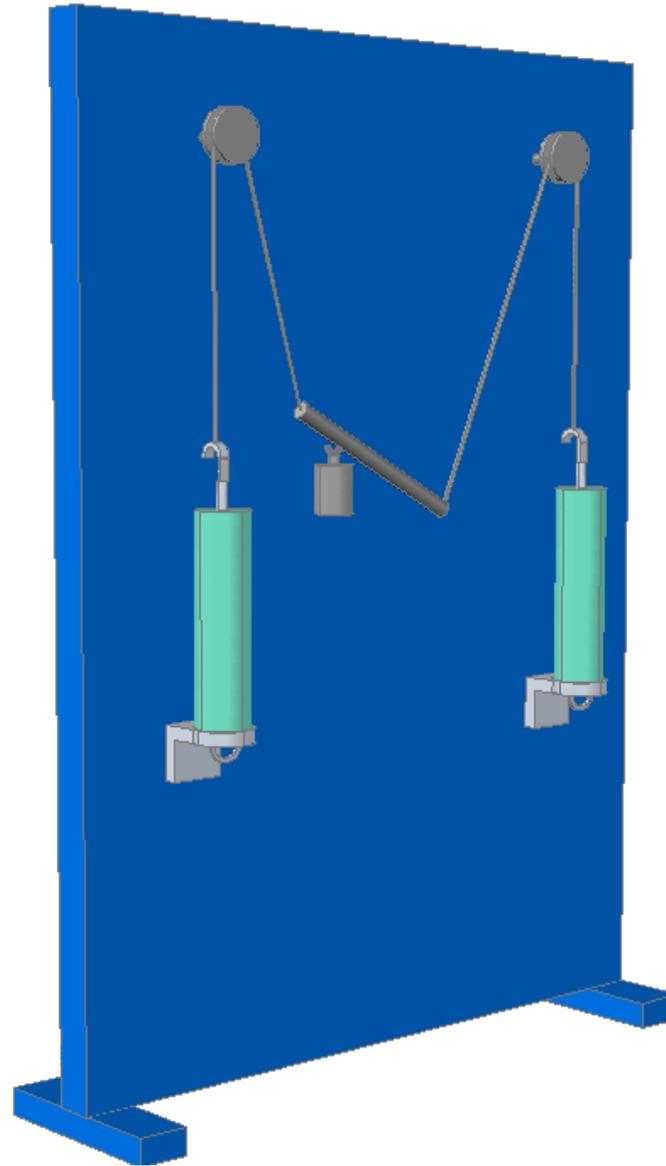
INTEGRANTES: PAZMIÑO LUIS
VALENCIA DIEGO

FECHA:

REVISIÓN:

COD: PLVD

LÁMINA N° 3



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

PRACTICA Nº 2
EQUILIBRIO DEL SOLIDO RIGIDO

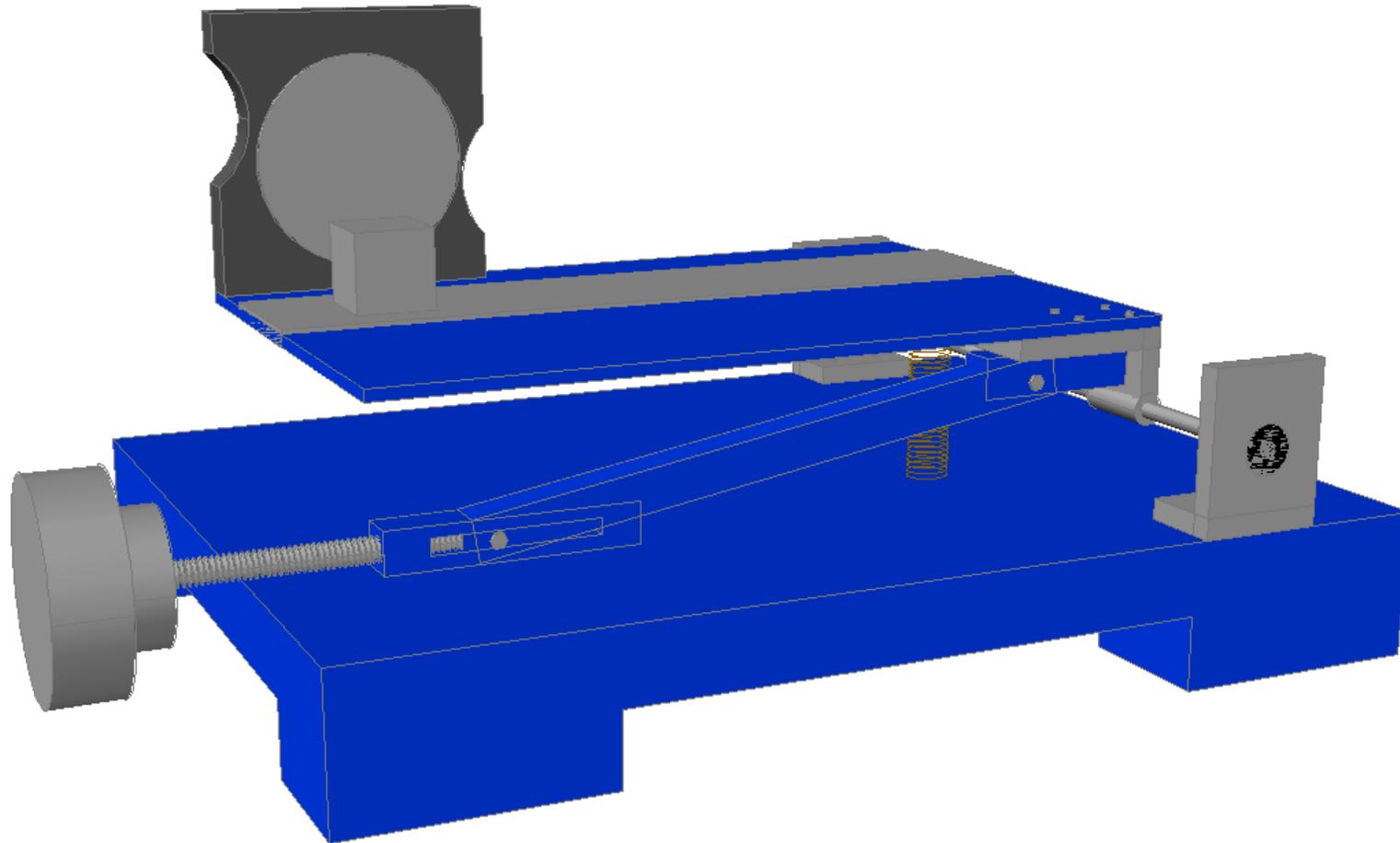
INTEGRANTES: PAZMIÑO LUIS
VALENCIA DIEGO

FECHA:

REVISIÓN:

COD: PLVD

LÁMINA Nº 4



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

PRACTICA Nº 3
COEFICIENTE DE FRICCIÓN

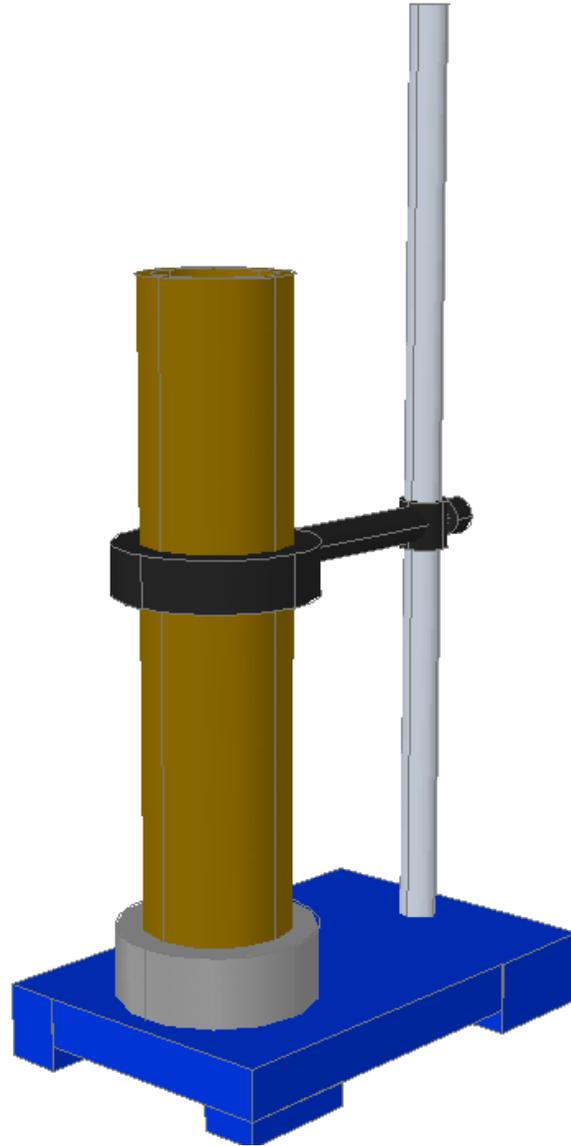
INTEGRANTES: PAZMIÑO LUIS
VALENCIA DIEGO

FECHA:

REVISIÓN:

COD: PLVD

LÁMINA Nº 5



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

PRACTICA Nº 4
COEFICIENTE DE VISCOSIDAD DE ACEITES

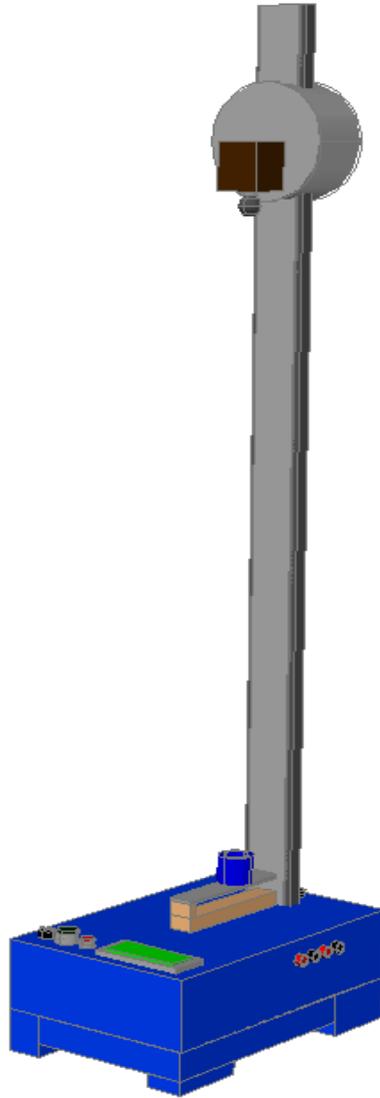
INTEGRANTES: PAZMIÑO LUIS
VALENCIA DIEGO

FECHA:

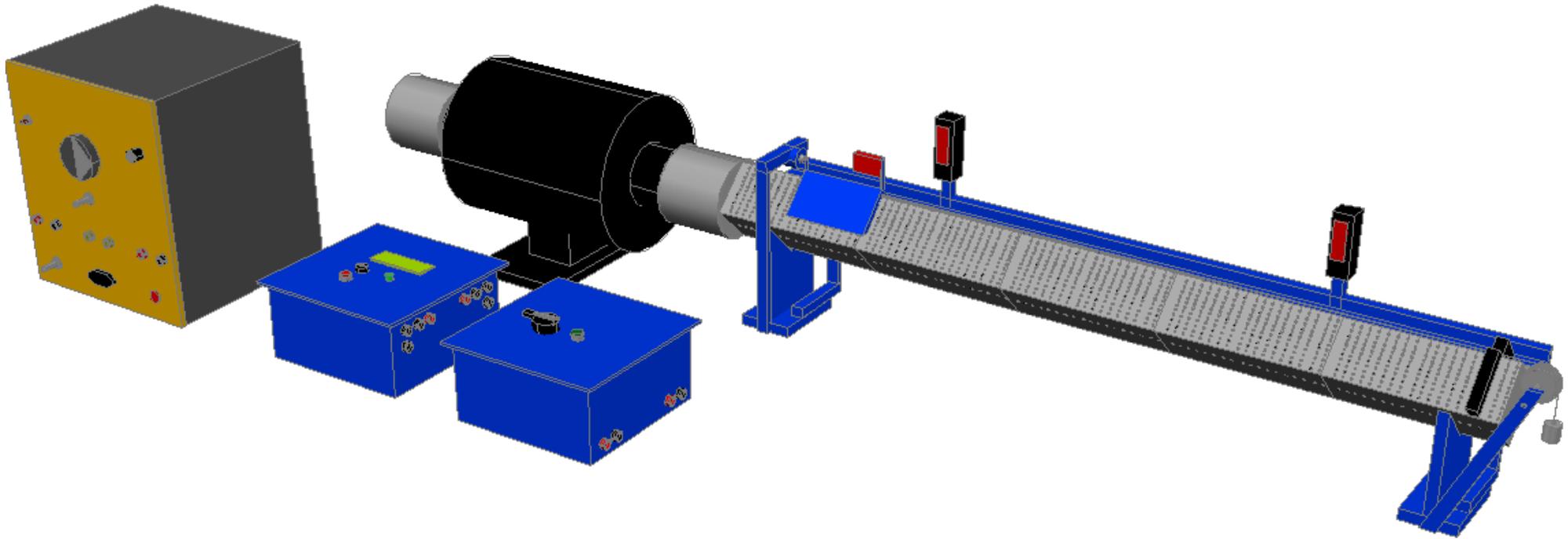
COD: PLVD

REVISIÓN:

LÁMINA Nº 6



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	PRACTICA Nº 5 Y 7 CAIDA LIBRE TRABAJO Y ENERGIA	INTEGRANTES: PAZMIÑO LUIS VALENCIA DIEGO	
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		FECHA:	REVISIÓN:
TESIS DE GRADO		COD: PLVD	LÁMINA Nº 7



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

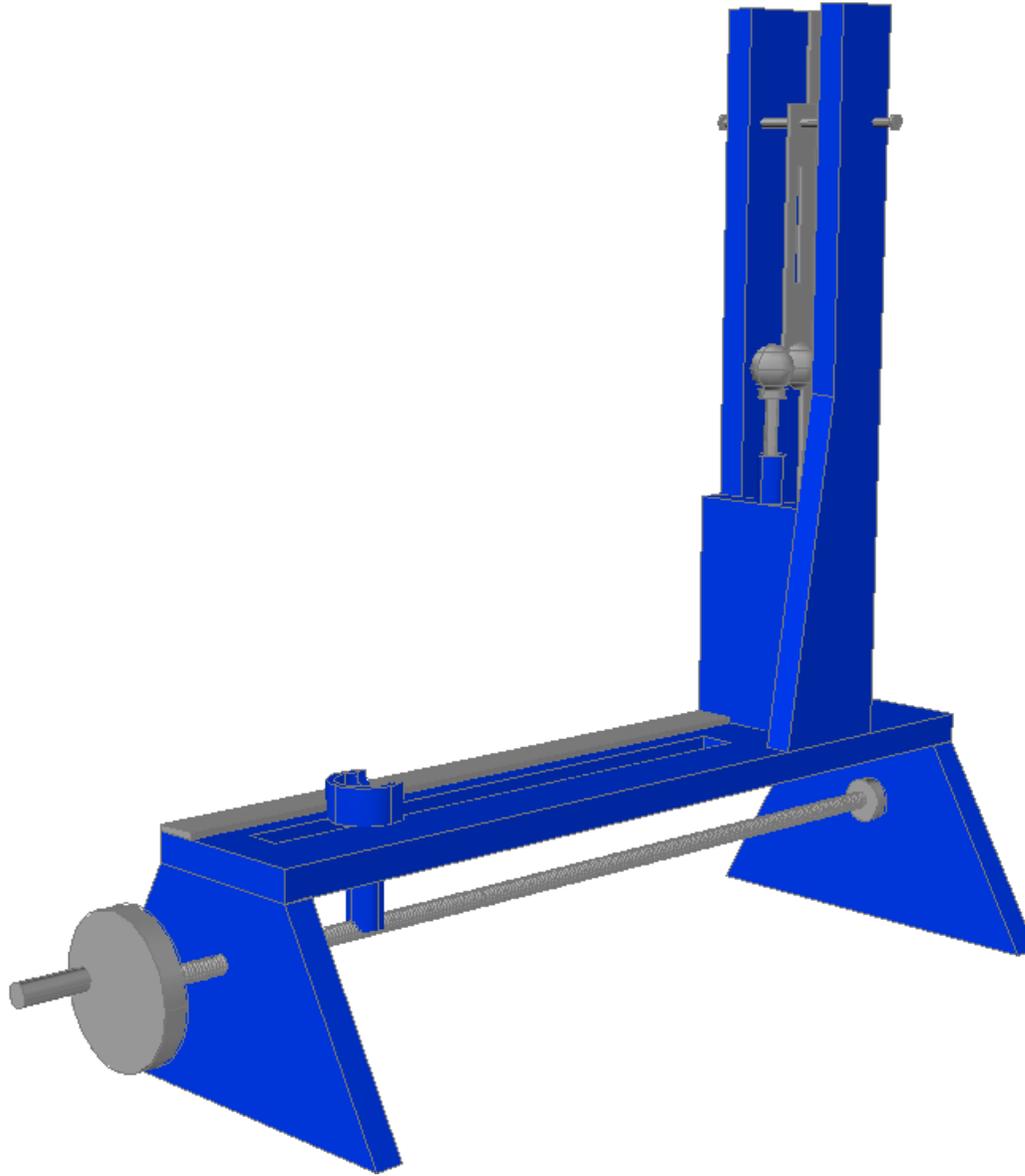
PRACTICA Nº 6
SEGUNDA LEY DE NEWTONINTEGRANTES: PAZMIÑO LUIS
VALENCIA DIEGO

FECHA:

REVISIÓN:

COD: PLVD

LÁMINA Nº 8



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL	PRACTICA Nº 8 COLISIONES	INTEGRANTES: PAZMIÑO LUIS VALENCIA DIEGO	
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		FECHA:	REVISIÓN:
TESIS DE GRADO		COD: PLVD	LÁMINA Nº 9

ANEXO N°4
FORMATO DE GUÍAS DE
PRÁCTICAS



Universidad Tecnológica Equinoccial
Extensión Santo Domingo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ing. Electromecánica y Automatización / Automotriz
Física General
Santo Domingo de los Tsáchilas

Integrantes:

Grupo #:

Fecha:

Docente:

Nivel:

3.1 Práctica N° 1: Densidad de sólidos

3.1.1 Planteamiento del problema.

El propósito de la investigación es determinar experimentalmente la densidad de cuerpos sólidos mediante dos métodos y compararlos en tablas para determinar el error.

3.1.2 Introducción.

La densidad de una sustancia homogénea es una propiedad física que la caracteriza y está definida como el cociente entre la masa y el volumen de la sustancia que se examine. Esta propiedad depende de la temperatura, por lo que al medir la densidad de una sustancia se debe considerar la temperatura a la cual se realiza la medición. En el caso de sustancias no homogéneas lo que obtenemos al dividir la masa y el volumen es la densidad promedio.

Para determinar el volumen de los sólidos se debe tener en cuenta si se trata de un sólido regular (sólido geométrico), en cuyo caso se hará uso de las fórmulas geométricas conocidas. Si se trata de un sólido irregular (amorfo), su volumen se determinará por las cantidades de agua desplazadas por el sólido, cuyo volumen se requiere determinar, que viene a ser una aplicación del principio de Arquímedes.

En la práctica determinaremos la densidad del sólido mediante la utilización de dos métodos experimentales para lo cual debemos tener claro los conceptos para poder desarrollar una buena práctica.

3.1.3 Objetivos.

3.1.3.1 Determinar la densidad de un sólido. Para ello vamos a utilizar dos métodos:

Método 1: Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida del empuje que experimenta al sumergir dicho cuerpo en un líquido de densidad conocida.

Método 2: Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida de las dimensiones de dicho cuerpo.

3.1.4 Marco teórico.

3.1.4.1 Determinación de la densidad de un sólido mediante el principio de Arquímedes.

<http://flahoz.webs.ull.es/itop/DensidadSolidos.PDF>.

http://pendientedemigracion.ucm.es/info/fisatom/docencia/fisquimgradoF/laboratorio/Guion_Densidad-Solidos_Curso10-11.pdf

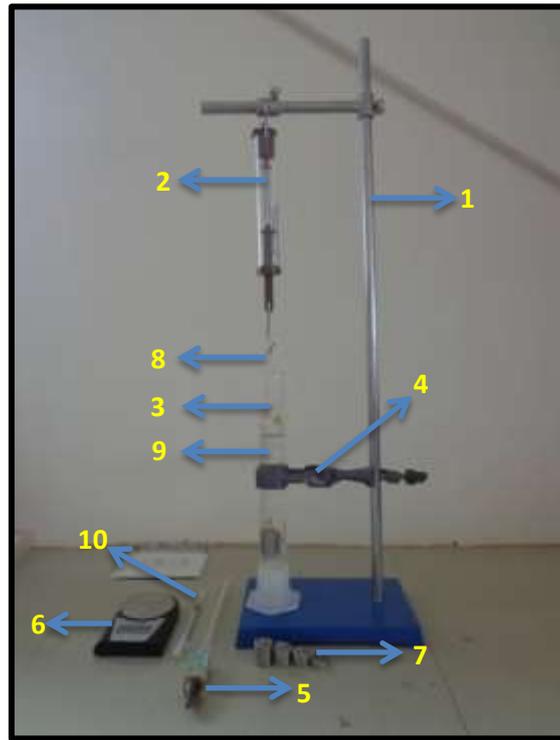
3.1.4.2 Determinación de la densidad de un sólido a partir de la medida de las dimensiones del objeto.

Hibbeler (2004, p. 637)

3.1.5 Esquema del laboratorio y materiales

3.1.5.1 Método 1: Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida del empuje que experimenta al sumergir dicho cuerpo en un líquido de densidad conocida.

Figura N° 3.3
Densidad de sólidos a través de método de Arquímedes.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

- 3.1.5.1.1 Soporte de acero inoxidable (1).
- 3.1.5.1.2 Dinamómetro de 0 – 1N (2).
- 3.1.5.1.3 Probeta de vidrio de 100 cm³ precisión 0.5cm³ (3).
- 3.1.5.1.4 Pinza para probeta (4).
- 3.1.5.1.5 Densímetro marca PROTON de 1000 a 1100 g/cm³ (5)
- 3.1.5.1.6 Balanza digital marca CAMRY precisión de 0.01g máximo 100g (6).
- 3.1.5.1.7 Cuerpos cilíndricos de acero inoxidable de diferente tamaño (7).
- 3.1.5.1.8 Piola de nylon (8).
- 3.1.5.1.9 Agua (9)
- 3.1.5.1.10 Jeringa (10)

3.1.5.2 Método 2: Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida de las dimensiones de dicho cuerpo.

Figura N° 3.4
Densidad de sólidos a través de las dimensiones del cuerpo.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.1.5.2.1 Micrómetro marca KEX de 0 – 25 mm (1).

3.1.5.2.2 Esferas metálicas de diferente tamaño (2).

3.1.5.2.3 Balanza digital marca CAMRY precisión de 0.01g máximo 100g (3).

3.1.6 Procedimiento experimental.

3.1.6.1 Método 1: Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida del empuje que experimenta al sumergir dicho cuerpo en un líquido de densidad conocida.

- 3.1.6.1.1** Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación.
- 3.1.6.1.2** Verificar que la balanza se encuentre funcionando y en perfectas condiciones.
- 3.1.6.1.3** Colocar el cuerpo cilíndrico encima de la balanza digital para determinar la masa en gramos y registrar el dato en la Tabla N° 3.1
- 3.1.6.1.4** Medir la densidad del agua con el densímetro. Colocar agua en la probeta casi hasta el tope e introducir el densímetro en el agua con los perdigones de plomo hacia abajo dejando que flote, una vez que se estabilice visualizar en forma frontal la medida que indica el nivel de agua en la graduación del densímetro y registrar el valor en la Tabla N° 3.1
- 3.1.6.1.5** Llenar de agua la probeta hasta el nivel deseado (90 cm^3).
- 3.1.6.1.6** Suspender el cuerpo cilíndrico en el dinamómetro mediante una piola nylon y observar el valor de la fuerza 1 (N), registrar el valor en la Tabla N° 3.1
- 3.1.6.1.7** Realizar el montaje del dinamómetro y la probeta en el soporte de acero inoxidable.
- 3.1.6.1.8** Suspender el cuerpo cilíndrico al dinamómetro mediante una piola nylon e introducirlo en la probeta con agua, sumergiéndole totalmente procurando que el cuerpo no toque las paredes de la probeta, observar el valor de la fuerza 2 (N), y obtener el valor de la fuerza de empuje restando el valor de la fuerza actual del valor anotado en el paso 3.1.6.1.6. Registrar los valores en la Tabla N° 3.1
- 3.1.6.1.9** Tener en cuenta que para el siguiente sólido se debe completar el volumen de agua que el cuerpo anterior sustrae de la probeta al momento de sacarlo, para ello utilizar la jeringa, dejarlo en 90 cm^3 .
- 3.1.6.1.10** Con la fórmula $E = V_{\text{liq}} \rho_{\text{liq}} g - V_{\text{sol}} \rho_{\text{liq}} g = (\rho_{\text{liq}}/\rho_{\text{sol}}) m_{\text{sol}} g$ realizar los cálculos respectivos para determinar la densidad del cuerpo sólido. Registrar el valor en la Tabla N° 3.1
- 3.1.6.1.11** Con los demás cuerpos cilíndricos repetir los pasos del 3.1.6.1.3 al 3.1.6.1.10.
- 3.1.6.1.12** Con los datos de densidad registrados en la Tabla N° 3.1 calcular el error absoluto $E_{\text{Abs1}} = \rho_{\text{teo}} - \rho_{\text{exp}}$ y el porcentaje de error $E\% = [(\rho_{\text{teo}} - \rho_{\text{exp}})/\rho_{\text{teo}}] * 100$ del cuerpo sólido. Ver tabla de densidad de cuerpos sólidos en Anexo N° 3.1
- 3.1.6.1.13** Dejar el área de trabajo limpia y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.1
Registro de valores experimentales y teóricos, método 1.

Cuerpo	m (g)	FUERZAS		EMPUJE	DENSIDAD EXP.LIQ.	DENSIDAD EXP.SOL.	DENSIDAD TEORICA SOL.	ERRORES	
		F1 (N)	F2 (N)	E = F1 - F2	ρ (g/cm ³)	ρ (g/cm ³)	ρ (g/cm ³)	E.Abs.	E. %
m1									
m2									
m3									
m4									
m5									

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.1.6.2 Método 2: Cálculo de la densidad de un cuerpo a partir de la medida de las dimensiones de dicho cuerpo.

3.1.6.2.1 Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación.

3.1.6.2.2 Verificar que la balanza se encuentra funcionando y en perfectas condiciones.

3.1.6.2.3 Colocar la esfera metálica encima de la balanza digital para determinar la masa en gramos y registrar el dato en la Tabla N° 3.3

3.1.6.2.4 Medir las dimensiones de la esfera con el micrómetro y calcular el volumen con la fórmula $v = \frac{4}{3}\pi r^3$, registrar el dato en la Tabla N° 3.3

3.1.6.2.5 Calcular la densidad de la esfera con la fórmula $\rho = \frac{m}{v}$, registrar el dato en la Tabla N° 3.3

3.1.6.2.6 Con las demás esferas repetir los pasos del 3.1.6.2.3 al 3.1.6.2.5.

3.1.6.2.7 Con los datos registrados en la Tabla N° 3.3, realizar en el software (Excel) una gráfica de la masa en función del volumen, dibujar la gráfica en la hoja.

3.1.6.2.8 Con los datos de densidad registrados en la Tabla N° 3.3 calcular el error absoluto $E_{Abs.} = \rho_{teo} - \rho_{exp}$ y el porcentaje de error $E\% = [(\rho_{teo} - \rho_{exp}) / \rho_{teo}] * 100$ de las esferas. Ver tabla de densidad de cuerpos sólidos en Anexo N° 3.1

3.1.6.2.9 Dejar el área de trabajo limpia y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.3
Registro de valores experimentales y teóricos, método 2.

Cuerpo	m (g)	D (mm)	r=D/2	V(cm ³)	DENSIDAD EXP.	DENSIDAD TEORICA	ERRORES	
					ρ (g/cm ³)	ρ (g/cm ³)	E.Abs.	E. %
m1								
m2								
m3								
m4								
m5								

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.1.7 Aplicaciones.

3.1.7.1 En base a la metodología empleada y sin tener en cuenta la incertidumbre indicar cuál de los dos métodos empleados crees que nos dará un valor más próximo al real.

3.1.7.2 Si la balanza tuviera un error sistemático de 1.5 g, ¿Afectaría el error a la determinación de la densidad del sólido? ¿Por qué?

3.1.7.3 ¿Podría determinarse “mediante el experimento”, por el método del empuje, la densidad de un sólido menos denso que el agua? ¿Por qué?

3.1.7.4 Piensa:

Se equilibra una balanza en el aire, con hierro colgando en uno de los platillos y aluminio colgando en el otro. Si se introducen ambos cuerpos en el agua, ¿Se desnivelará la balanza? ¿Por qué?

3.1.8 Conclusiones

3.1.9 Bibliografía.

3.1.9.1Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para Ingenieros*, Décima edición, México, pág. 637.

3.1.9.2 Goldemberg, J “*Física general y experimental*” Vol. I. Edit. Interamericana S.A. México 1972

3.1.9.3Meiners, H., Eppenstein, W., Moore, K “*Experimento de física*” Edit. Limusa. México 1970

3.1.9.4Carpio, A., Corujo, J., Rochi, R. “*Módulo de física*”. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina, 1996.

Anexos.

Anexo N° 3.1
Densidad de cuerpos sólidos.

Metal	Densidad, g/ml
Aluminio	2.7
Latón	8.0
Oro	19.3
Platino	21.4
Acero inoxidable	7.8
Tántalo	16.6

Fuente: Densidad de sólidos - Douglas A. Skoog, Donald M, *Introducción a la química analítica*, pág. 88.



Universidad Tecnológica Equinoccial
Extensión Santo Domingo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ing. Electromecánica y Automatización / Automotriz
Física General
Santo Domingo de los Tsáchilas

Integrantes:

Grupo #:

Fecha:

Docente:

Nivel:

3.2 Práctica N° 2: Objetos en equilibrio.

3.2.1 Planteamiento del problema.

El propósito de la investigación es determinar experimentalmente las fuerzas que intervienen en condiciones de equilibrio en partículas y sólido rígido, aplicando las ecuaciones estudiadas en estática.

3.2.2 Introducción.

El estudio del equilibrio de los cuerpos bajo la acción de un sistema de fuerzas es el objeto de la estática, que es una parte de la física de real importancia en aspectos tales como la determinación de la estabilidad de una construcción metálica, el diseño de un puente colgante o el cálculo de cualquier estructura de una obra civil.

El manejo de los sistemas de fuerzas, incluyendo las del peso y las de reacción, y el cálculo de la magnitud momento constituyen elementos esenciales de esta ciencia del equilibrio mecánico.

Cuando un sistema de fuerzas es tal que cancelan mutuamente sus efectos, se tiene una situación de equilibrio.

Un cuerpo se puede estar moviendo en línea recta con velocidad constante o girando uniformemente alrededor de un eje y, sin embargo, hallarse en equilibrio. Es entonces la ausencia de aceleración y no la ausencia de velocidad lo que define en física la noción de equilibrio.

3.2.3 Objetivos.

3.2.3.1 Estudiar las fuerzas que intervienen en diferentes situaciones de equilibrio estático de la partícula y del sólido rígido.

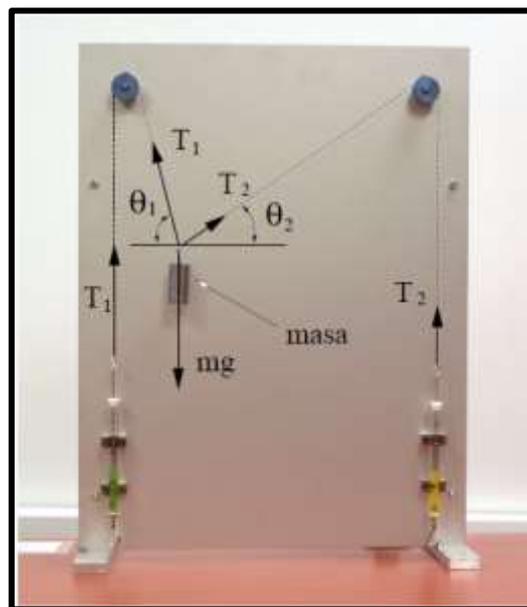
3.2.4 Marco teórico.

Una partícula permanecerá en equilibrio estático si la suma de las fuerzas externas aplicadas es cero:

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (3.6)$$

En la práctica se intentará verificar la validez de la experimentación mediante el montaje experimental mostrado en la Figura N°3.19

Figura N°3.19
Panel para el estudio de la estática de la partícula



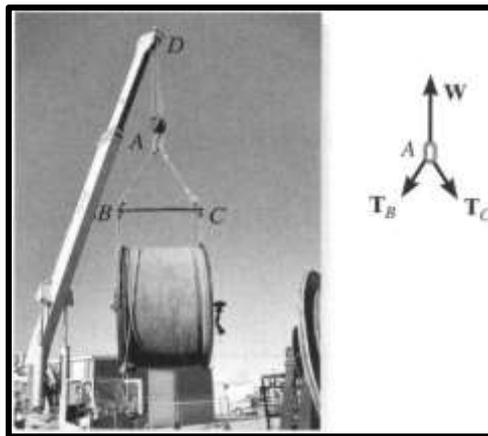
Fuente: Estática de la partícula - <http://aransa.upc.es/fisica1/laboratorio/guiones/estatica.pdf>

Hibbeler (2004, p.193-194) sostuvo que “Para construir un diagrama de cuerpo libre para una partícula, son necesarios los siguientes tres pasos:

- *Trace la forma delineada:* Suponga que la partícula está aislada o "liberada" de su entorno trazando su forma delineada.

- *Muestre todas las fuerzas:* Indique sobre ese croquis todas las fuerzas que actúan sobre la partícula. Pueden ser fuerzas activas las cuales tienden a poner la partícula en movimiento, o fuerzas reactivas, que son el resultado de las restricciones o soportes que tienden a prevenir el movimiento. Para tomar en cuenta todas esas fuerzas, puede ser conveniente delimitar los alrededores de la partícula, señalando cuidadosamente cada fuerza que actúa sobre ella.
- *Identifique cada fuerza:* Las fuerzas que son conocidas deben ser rotuladas con sus propias magnitudes y direcciones. Para representar las magnitudes y direcciones de las fuerzas desconocidas se usan letras.”

Figura N° 3.20
Diagrama de cuerpo libre de la partícula.



Fuente: Diagrama de cuerpo libre - Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México, pág. 83.

En el caso de un sólido rígido, la condición anterior es necesaria pero no suficiente para garantizar el equilibrio del cuerpo. Debemos exigir también que se anule la suma de los momentos de las fuerzas externas aplicadas sobre el sólido rígido:

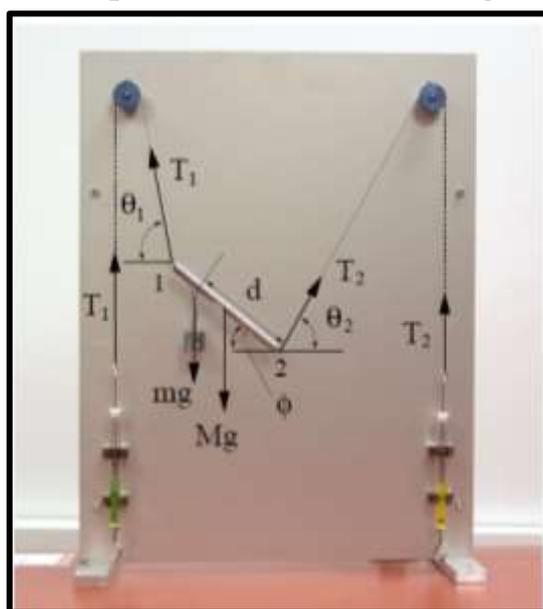
$$\sum \vec{F} = 0 \quad (3.7)$$

$$\sum \vec{M} = 0 \quad (3.8)$$

Para verificar la validez de las expresiones, realizaremos diferentes mediciones con un sólido rígido (una barra) dispuesto como muestra la Figura N° 3.21

<http://aransa.upc.es/fisica1/laboratorio/guiones/estatica.pdf>

Figura N° 3.21
Panel para el estudio del sólido rígido.



Fuente: Estática del sólido rígido - <http://aransa.upc.es/fisica1/laboratorio/guiones/estatica.pdf>

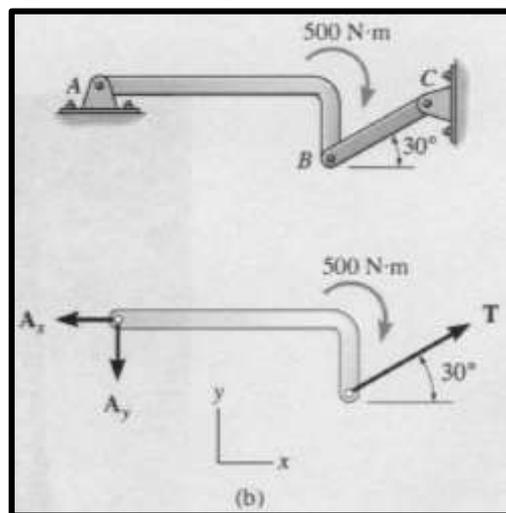
Hibbeler (2004, p.195-201) sostuvo que “Para construir un diagrama de cuerpo libre para un cuerpo rígido o grupo de cuerpos considerados como un solo sistema, deben llevarse a cabo los siguientes pasos:

- *Trazar el contorno:* Imagine al cuerpo aislado o recortado "libre" de sus restricciones y conexiones, y delinee (un croquis) su contorno.
- *Muestre todas las fuerzas y los momentos de par:* Identifique todas las fuerzas externas y los momentos de par que actúan sobre el cuerpo. Las encontradas generalmente son debidas a (1) cargas aplicadas, (2) reacciones que ocurren en los soportes o en puntos de contacto con otros cuerpos. Para tomar en cuenta todos los efectos, puede ser de ayuda

trazar sobre los límites, señalando cuidadosamente cada fuerza o momento de par que actúa en ellos.

- *Identifique cada carga y de las dimensiones:* Las fuerzas y los momentos de par que son conocidos deben rotularse con sus propias magnitudes y direcciones. Se usan letras para representar las magnitudes y los ángulos de dirección de fuerzas y momentos de par que sean desconocidos. Establezca un sistema coordenado x , y de manera que las incógnitas, A_x , B_y , etc., puedan ser identificadas. Indique las dimensiones del cuerpo necesarias para calcular los momentos de las fuerzas.”

Figura N° 3.22
Diagrama de cuerpo libre del sólido rígido.

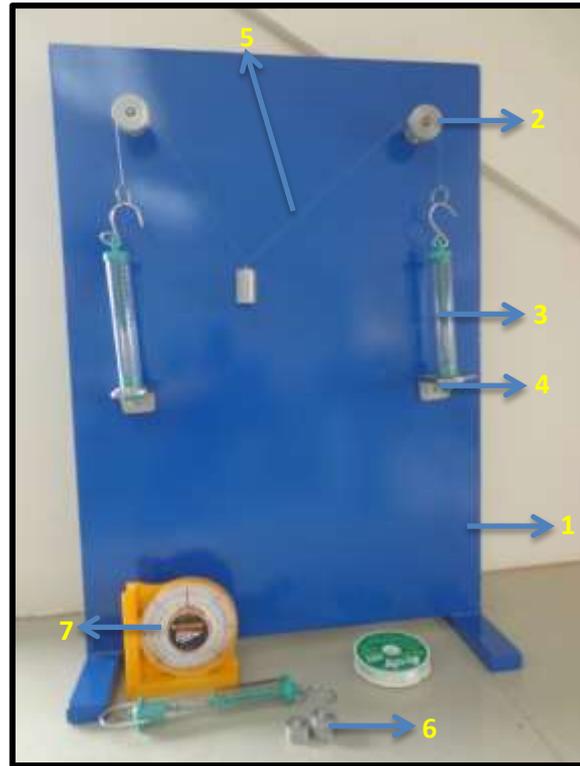


Fuente: Diagrama de cuerpo libre - Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México, pág. 206.

3.2.5 Esquema del laboratorio y materiales.

3.2.5.1 Estática de la partícula.

Figura N° 3.23
Estática de la partícula.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.2.5.1.1 Panel vertical (1).

3.2.5.1.2 Poleas (2).

3.2.5.1.3 Dinamómetros 0 – 5N (3).

3.2.5.1.4 Soporte para los dinamómetros (4).

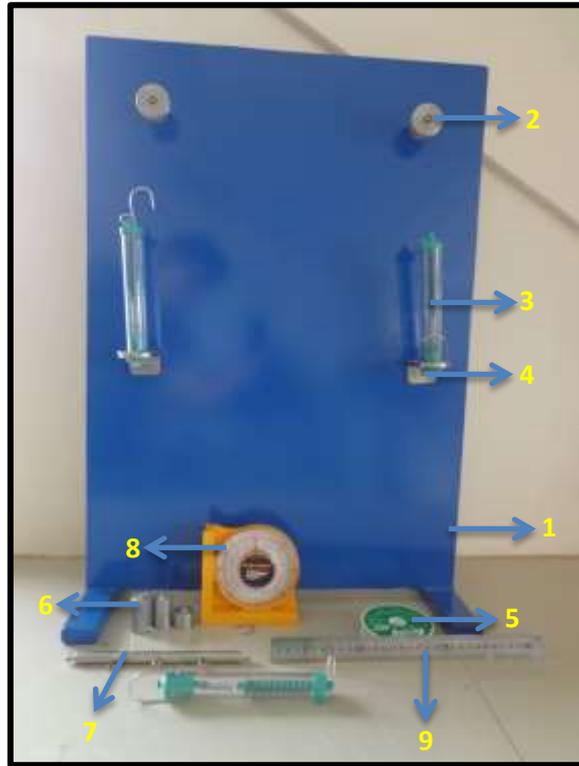
3.2.5.1.5 Cuerda de nylon (5).

3.2.5.1.6 Juego de pesas (6).

3.2.5.1.7 Graduador (7).

3.2.5.2 Estática del sólido rígido.

Figura N° 3.24
Estática del sólido rígido.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.2.5.2.1 Panel vertical (1).

3.2.5.2.2 Poleas (2).

3.2.5.2.3 Dinamómetros 0 – 5N (3).

3.2.5.2.4 Soporte para los dinamómetros (4).

3.2.5.2.5 Cuerda de nylon (5).

3.2.5.2.6 Juego de pesas (6).

3.2.5.2.7 Barra de acero (7).

3.2.5.2.8 Graduador (8).

3.2.5.2.9 Regla de acero (9).

3.2.6 Procedimiento experimental.

3.2.6.1 Estática de la partícula

3.2.6.1.1 Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación.

3.2.6.1.2 Medir la masa del cuerpo cilíndrico con el dinamómetro y registrar el valor en la Tabla N° 3.4

3.2.6.1.3 Realizar el montaje mostrado en la Figura N° 3.19, utilizando el cuerpo cilíndrico anterior y una combinación adecuada de cuerdas de modo que los ángulos θ_1 y θ_2 varíen apreciablemente.

3.2.6.1.4 Medir los valores de las tensiones T1 y T2 mostrados en los dinamómetros, registrar los valores obtenidos en la Tabla N° 3.4

3.2.6.1.5 Medir los ángulos θ_1 y θ_2 con el graduador, registrar los valores obtenidos en la Tabla N° 3.4

3.2.6.1.6 Resolver teóricamente el problema de estática estudiado obteniendo la expresión algebraica de T1 y T2 en función de m, θ_1 y θ_2 , registrar los valores obtenidos en la Tabla N° 3.4

3.2.6.1.7 Sin cambiar el par de cuerdas repetir los pasos del 3.2.6.1.2 al 3.2.6.1.6, para una masa de 45 y 25 g respectivamente.

3.2.6.1.8 Dejar el área de trabajo limpia y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.4

Registro de valores experimentales y teóricos de estática de la partícula.

	ANGULOS		TENSION EXPERIMENTAL		TENSION TEORICA	
	θ_1 (°)	θ_2 (°)	T1 (N)	T2 (N)	T1 (N)	T2 (N)
m1= 55g						
m2= 45g						
m3= 25g						

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.2.6.2 Estática del sólido rígido

- 3.2.6.2.1** Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación.
- 3.2.6.2.2** Medir la masa del cuerpo cilíndrico con el dinamómetro y registrar el valor en la Tabla N° 3.5
- 3.2.6.2.3** Medir la masa de la barra de acero con el dinamómetro y registrar el valor en la Tabla N° 3.5
- 3.2.6.2.4** Medir la longitud de la barra de acero (D) longitud total y (d) longitud del punto 2 hasta donde está colocada la pesa, registrar los valores obtenidos en la en la Tabla N° 3.5
- 3.2.6.2.5** Realizar el montaje mostrado en la Figura N° 3.21, utilizando el cuerpo cilíndrico anterior, una combinación adecuada de cuerdas de modo que los ángulos θ_1 y θ_2 varíen apreciablemente, y una barra de acero.
- 3.2.6.2.6** Medir los valores de las tensiones T1 y T2 mostrados en los dinamómetros, registrar los valores obtenidos en la Tabla N° 3.5.
- 3.2.6.2.7** Medir los valores de los ángulos θ_1 , θ_2 y ϕ con el graduador, registrar los valores obtenidos en la Tabla N° 3.5
- 3.2.6.2.8** Resolver teóricamente el problema de estática estudiado obteniendo la expresión algebraica de T1 y T2 en función de las magnitudes medidas según la nomenclatura mostrada en la Figura N° 3.21, registrar los valores obtenidos en la Tabla N° 3.5
- 3.2.6.2.9** Sin cambiar el par de cuerdas repetir los pasos del 3.2.6.2.2 al 3.2.6.2.8, para una masa colgante de $m= 45$ y $m= 25$ g respectivamente.
- 3.2.6.2.10** Dejar el área de trabajo limpia y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.5
Registro de valores experimentales y teóricos del sólido rígido.

	BARRA			ANGULOS			TENSION EXPERIMENTAL		TENSION TEORICA	
	D (cm)	d (cm)	m _B (g)	θ ₁ (°)	θ ₂ (°)	φ (°)	T1 (N)	T2 (N)	T1 (N)	T2 (N)
m ₁ = 55g										
m ₂ = 45g										
m ₃ = 25g										

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

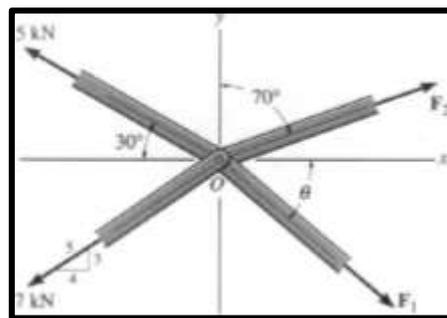
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.2.7 Aplicaciones.

3.2.7.1 Las barras de una armadura están articuladas en el nudo O. Determine la magnitud de F₁ y su ángulo Θ por equilibrio. Considere F₂ = 6 kN.

Respuesta: **F₁ = 4,31 kN** , **Θ = 4,69 °**

Figura N° 3.39
Gráfico de problema 3.2.7.1

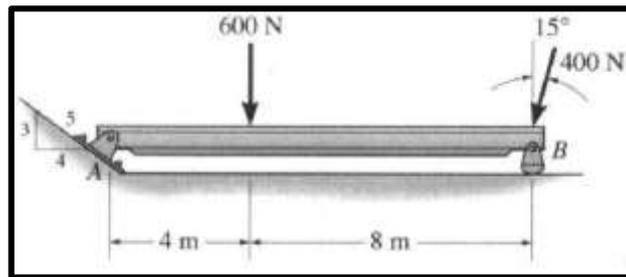


Fuente: Problemas - Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México, pág. 91.

3.2.7.2 Determine la magnitud de las reacciones sobre la viga en A y B. Ignore el espesor de la viga.

Respuesta: $B_y = 586 \text{ N}$, $F_A = 413 \text{ N}$

Figura N° 3.40
Gráfico de problema 3.2.7.2



Fuente: Problemas - Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México, pág. 221.

3.2.8 Conclusiones.

3.2.9 Bibliografía.

3.2.9.1 Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México.

3.2.9.2 Paúl Tippens (1990), *Física básica*, México D.F. McGraw Hill.

3.2.9.3 Frank Blatt (1995), *Fundamentos de física*, 3ª edición México D.F. Prentice Hall.

3.2.9.4 Marcelo Alonso (1994), *Física*, Buenos Aires, Addison Wesley.

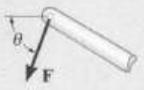
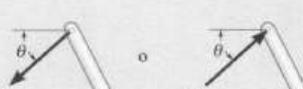
3.2.9.5 Aucallanchi Velásquez (2001), *Física*, Edit. San Marcos.

3.2.9.6 Beiser (1990) *Física aplicada*, Arthur. Edit. McGraw Hill Book Co. 2da. Ed.

Anexos

Anexo N° 3.2

Soportes para cuerpos rígidos.

TABLA 5-1 • Soportes para cuerpos rígidos sometidos a sistemas bidimensionales de fuerza		
Tipos de conexión	Reacción	Número de incógnitas
(1)  cable		Una incógnita. La reacción es una fuerza de tensión que actúa alejándose del miembro en la dirección del cable.
(2)  eslabón sin peso		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa a lo largo del eje del eslabón.
(3)  rodillo		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicularmente a la superficie en el punto de contacto.
(4)  rodillo o pasador confinado en una ranura lisa		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicularmente a la ranura.
(5)  mecedora		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicularmente a la superficie en el punto de contacto.
(6)  superficie de contacto lisa		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicularmente a la superficie en el punto de contacto.
(7)  miembro conectado mediante un pasador a un collar sobre una barra lisa		Una incógnita. La reacción es una fuerza que actúa perpendicularmente a la barra.

Fuente: Diagrama de cuerpo libre - Hibbeler R.C (2004), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Décima edición, México, pág. 196



Universidad Tecnológica Equinoccial
Extensión Santo Domingo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ing. Electromecánica y Automatización / Automotriz
Física General
Santo Domingo de los Tsáchilas

Integrantes:

Grupo #:

Fecha:

Docente:

Nivel:

3.3 Práctica N° 3: Coeficiente de fricción.

3.3.1 Planteamiento del problema.

El propósito de la investigación es determinar experimentalmente el coeficiente de fricción existente entre cuerpos sólidos de diferente material en una superficie inclinada.

3.3.2 Introducción.

El conocimiento de los fenómenos de fricción, desgaste y lubricación son de vital importancia en la formación de profesionales ya que estos son una de las causas principales de fallas en la industria. Cuando un cuerpo se mueve sobre una superficie o a través de un medio viscoso, como el aire o el agua, hay una resistencia al movimiento debido a que el cuerpo interactúa con sus alrededores. Dicha resistencia recibe el nombre de fuerza de fricción.

Si se inyecta velocidad a un cuerpo para que se deslice sobre una superficie, entonces después de cierto tiempo se detendrá. Este comportamiento se explica por la presencia de una fuerza, debida al contacto entre las superficies, que actúa en sentido contrario a la velocidad, su efecto es disminuir progresivamente la velocidad hasta hacer que el cuerpo quede en reposo. Dicha fuerza se conoce como fuerza de fricción cinética o fuerza de rozamiento cinético. Si un cuerpo se coloca en un plano inclinado, sin que actúen otras fuerzas sobre él, no se desplazará a no ser que el ángulo de inclinación del plano sea mayor que cierto ángulo mínimo llamado ángulo crítico; para ángulos menores al ángulo crítico el cuerpo permanece en reposo sobre el plano porque la componente del peso ($m \cdot g \cdot \sin\theta$) que tiende a hacerlo deslizar es anulada por una fuerza de contacto entre las superficies llamada fuerza de fricción estática o fuerza de rozamiento estático.

3.3.3 Objetivos.

3.3.3.1 Determinar los coeficientes de fricción estática experimentales para ciertos cuerpos sólidos a lo largo de una superficie inclinada.

3.3.3.2 Comparar los resultados obtenidos mediante el método experimental y el método teórico.

3.3.4 Marco teórico.

3.3.4.1 Leyes de la fricción seca. Coeficientes de fricción.

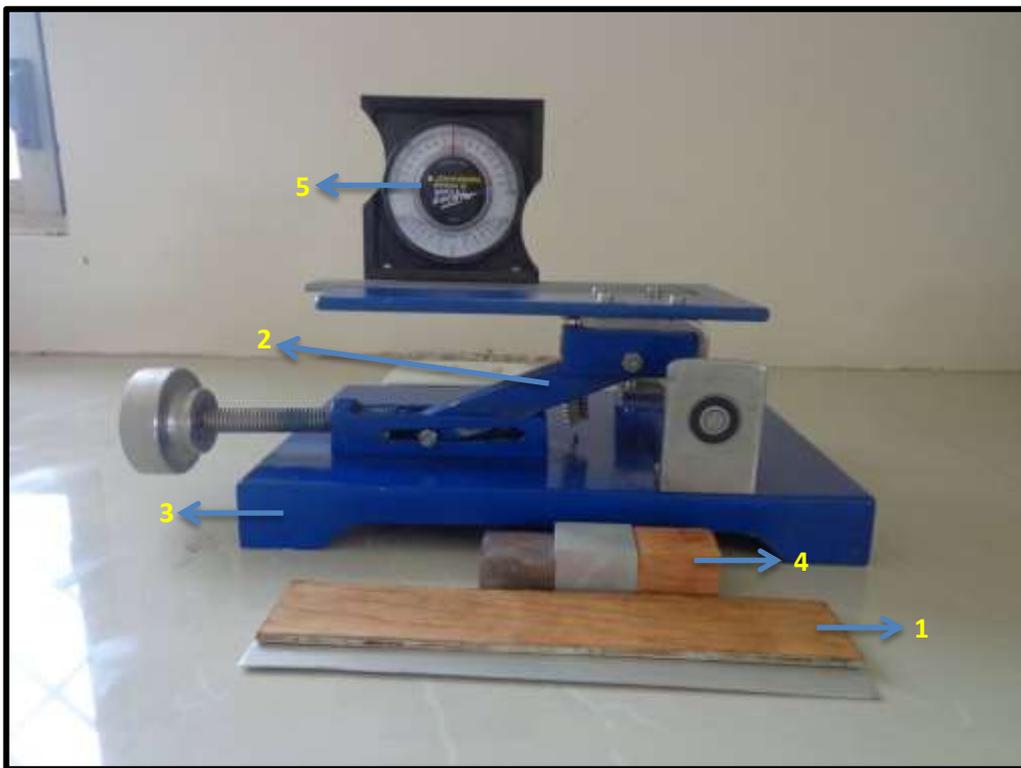
Johnston (2007, p.415)

3.3.4.2 Ángulos de fricción.

Johnston (2007, p.417)

3.3.5 Esquema del laboratorio y materiales.

Figura N° 3.43
Coefficiente de fricción de diferentes materiales sólidos.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.3.5.1 Plano inclinado de diferentes materiales (1).

3.3.5.2 Mecanismo (2).

3.3.5.3 Base (3).

3.3.5.4 Cuerpos de diferentes materiales (4).

3.3.5.5 Graduador (5).

3.3.6 Procedimiento experimental.

3.3.6.1 Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación.

3.3.6.2 Realizar el montaje mostrado en la (Fig. N° 3.43).

3.3.6.3 Colocar el plano en un ángulo igual a cero grados e insertar la superficie de acero.

3.3.6.4 Colocar encima del plano el cuerpo de acero.

3.3.6.5 Dar manivela hasta que el cuerpo se empiece a mover y tomar la medida del ángulo correspondiente, realizarlo por 5 veces y sacar el valor promedio, registrar los valores en la Tabla N° 3.7

3.3.6.6 Resolver teóricamente el problema de estática obteniendo el coeficiente de fricción (acero-acero), registrar los valores obtenidos en la Tabla N° 3.7

3.3.6.7 Repetir los pasos del 3.3.6.3 al 3.3.6.6 para los siguientes cuerpos y planos.

3.3.6.8 Con los datos registrados en la Tabla N° 3.7, realizar en el software (Excel) la gráfica de los eventos en función del ángulo, dibujar la gráfica en la hoja.

3.3.6.9 Dejar el área de trabajo limpia y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.7
Registro de valores experimentales y teóricos del coeficiente de fricción.

Materiales	ANGULO					Promedio	COEFICIENTE DE FRICCIÓN	
	1	2	3	4	5		Teórico	Experimental
Acero - Acero								
Acero - madera								
Madera - madera								

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

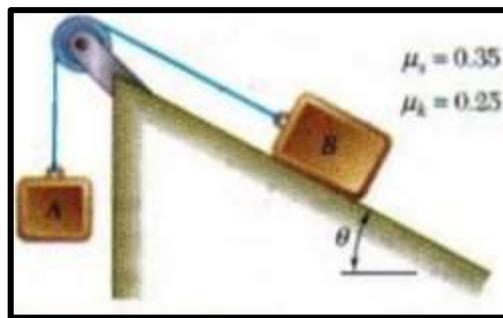
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.3.7 Aplicaciones

3.3.7.1 Si $W_A = 25 \text{ lb.}$ y $\theta = 30^\circ$, determine a) el valor mínimo de W_B para que el sistema esté en equilibrio, b) el valor máximo de W_B para que el sistema esté en equilibrio.

Respuesta: a) 31,1 lb. b) 127,0 lb.

Figura N° 3.51
Gráfico de problema 3.3.7.1



Fuente: Leyes de fricción seca - Ferdinand P. Beer (2007), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Octava edición, McGraw-Hill, México, pág. 425.

3.3.8 Conclusiones.

3.3.9 Bibliografía.

3.3.9.1 Ferdinand P. Beer (2007), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Octava edición, McGraw-Hill, México.

3.3.9.2 Serway R (1997), *Física vol. I*, Cuarta Edición, Editorial McGraw Hill Interamericana: México

3.3.9.3 Tipler, P (1985), *Física vol. I*, segunda edición. Editorial Reverte: España.

3.3.9.4 Sears, Z. Young y Feedman (1996), *Física universitaria vol. I*, Novena Edición. Editorial Adison Wesley Longman: México.

Anexos

Anexo N° 3.3
Valores aproximados de los coeficientes de fricción estática

Metal sobre metal	0.15-0.60
Metal sobre madera	0.20-0.60
Metal sobre piedra	0.30-0.70
Metal sobre cuero	0.30-0.60
Madera sobre madera	0.25-0.50
Madera sobre cuero	0.25-0.50
Piedra sobre piedra	0.40-0.70
Tierra sobre tierra	0.20-1.00
Hule sobre concreto	0.60-0.90

Fuente: Leyes de fricción seca - Ferdinand P. Beer (2007), *Mecánica vectorial para ingenieros*, Octava edición, McGraw-Hill, México, pág. 416.



Universidad Tecnológica Equinoccial
Extensión Santo Domingo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ing. Electromecánica y Automatización / Automotriz
Física General
Santo Domingo de los Tsáchilas

Integrantes:

Grupo #:

Fecha:

Docente:

Nivel:

3.4 Práctica N° 4: Coeficiente de viscosidad de aceites

3.4.1 Planteamiento del problema.

El propósito de la investigación es determinar experimentalmente el coeficiente de viscosidad del aceite de motor de combustión interna utilizando el método de Stokes.

3.4.2 Introducción.

La viscosidad es la propiedad física de los fluidos por la cual tienden a adherirse al contorno de los cuerpos con los que se ponen en contacto.

Desde el punto de vista aerodinámico, la viscosidad es la resistencia que presentan los fluidos en movimiento, a que una capa de los mismos se deslice sobre otras.

De acuerdo a ésta última definición, puede considerarse como la resistencia de rozamiento interno, por ello un fluido perfecto sería aquel en el cual las fuerzas de la viscosidad fueran constantemente nulas, pero en cambio todos los fluidos reales son viscosos.

3.4.3 Objetivos.

3.4.3.1 Determinar experimentalmente el valor del coeficiente de viscosidad η del aceite de motor de combustión interna mediante la ley de Stokes.

3.4.4 Marco teórico.

Sobre cualquier cuerpo que se mueve dentro de un líquido actúa una fuerza de resistencia debido al fenómeno viscosidad. La fuerza de resistencia o fricción del líquido fue calculada teóricamente por Stokes, usando el método hidrodinámico para un cuerpo esférico que se mueve en un líquido. La fuerza de rozamiento aparece entre la superficie del cuerpo y las moléculas del líquido que están en contacto. Si la esfera se mueve uniformemente en un líquido, la fuerza calculada por Stokes es:

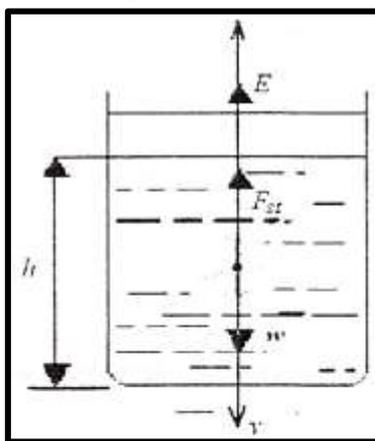
$$F_{st} = 6\pi\eta Rv \quad (3.15)$$

Donde R es el radio de la esfera, η el coeficiente de viscosidad del líquido, v es la velocidad de la esfera. La dirección de la fuerza de Stokes F_{st} es opuesta a la velocidad de la esfera v .

Determinemos analíticamente el movimiento de una esfera, que cae libremente dentro de un líquido. La (Figura N° 3.52) está demostrando el diagrama de fuerzas para el movimiento de la esfera.

<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/552/Fluidos/Viscosidad.pdf>

Figura N° 3.52
Diagrama de fuerzas para el movimiento de la esfera.



Fuente: Viscosidad - <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/552/Fluidos/Viscosidad.pdf>

Sobre una esfera que se mueve en un líquido actúan las siguientes fuerzas: su peso w , la fuerza de empuje E , y la fuerza de fricción de Stokes F_{st} , que son iguales a:

$$w = mg \quad \text{que es} \quad w = \rho_{es} V_{es} g \quad (3.16)$$

$$E = w_{liq} \quad \text{que es} \quad E = \rho_{liq} V_{liq} g \quad (3.17)$$

Donde ρ_{es} es la densidad de la esfera, V_{es} es volumen de la esfera, V_{liq} es volumen de líquido desalojado, ρ_{li} es la densidad del líquido y w_{li} es el peso del líquido desalojado. La

fuerza de Stokes F_{st} , está dada en la ecuación (3.15). El volumen de la esfera es igual al volumen de líquido desalojado

$$V_{es} = V_{liq} \quad (3.18)$$

Cuando el movimiento de la esfera al caer se estabiliza y la velocidad de bajada se vuelve constante $v = \text{cte}$ esta velocidad se llama velocidad límite y la ecuación de movimiento es:

$$\begin{aligned} \Sigma F_{liq} &= 0 \\ w - E - F_{st} &= 0 \\ w &= E + F_{st} \\ \rho_{es} V_{es} g &= \rho_{liq} V_{liq} g + 6\pi\eta R v \end{aligned} \quad (3.19)$$

El volumen de una esfera es $V = 4/3 \pi R^3$. Hallamos η de la ecuación (3.19), reemplazamos V_{es} y obtenemos:

$$\eta = \frac{2 R^2 (\rho_{es} - \rho_{liq}) g}{9v} \quad (3.20)$$

Como el movimiento es uniforme, la velocidad límite de la esfera se puede calcular como:

$$v = \frac{h}{t} \quad (3.21)$$

Donde t es el tiempo y h es la altura de la caída de la esfera.

En el sistema de unidades CGS, la unidad de viscosidad es el poise, que corresponde a 1 g/cms. El centipoise es 1/100 de un poise. La unidad SI para la viscosidad es 1 kg/ms.

3.4.5. Esquema del laboratorio y materiales.

Figura N° 3.53
Coefficiente de viscosidad de aceite motor de combustión interna.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.4.5.1 Soporte de acero inoxidable (1).

3.4.5.2 Probeta de vidrio de 250 ml precisión ± 1 ml (2).

3.4.5.3 Pinza para probeta (3).

3.4.5.4 Esferas de acero de 0.79mm (4).

3.4.5.5 Aceite de motor Kendall SAE 20w-50 (5).

3.4.5.6 Cronómetro digital (6)

3.4.5.7 Recogedor magnético flexible (7).

3.4.5.8 Densímetro marca PROTON de 0.800 a 0.900 g/cm³ (8).

3.4.6 Procedimiento experimental.

- 3.4.6.1** Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación.
- 3.4.6.2** Realizar el montaje experimental de la probeta en el soporte de acero.
- 3.4.6.3** Colocar el aceite en la probeta hasta un nivel específico (250 ml).
- 3.4.6.4** Esperar aproximadamente 5 minutos o el tiempo necesario para que el aceite se estabilice en la probeta.
- 3.4.6.5** Teniendo en cuenta que el diámetro de la esfera es 0,79mm puede calcularse el radio mediante la fórmula $R = D/2$, registrar el valor en la Tabla N° 3.8
- 3.4.6.6** Medir la densidad del aceite con el densímetro. Introducir el densímetro en el aceite con los perdigones de plomo hacia abajo dejando que flote, una vez que se estabilice visualizar en forma frontal la medida que indica el nivel de agua en la graduación del densímetro.
- 3.4.6.7** Dejamos caer una esfera dentro de la probeta con aceite.
- 3.4.6.8** Observamos que el movimiento de la esfera se estabiliza entre los rangos de 130ml a 30ml dando una altura de 10cm, en ese punto la esfera empieza a bajar con una velocidad constante. Calculamos esta velocidad límite de la siguiente forma: medimos la altura del movimiento uniforme h y el tiempo de caída t por medio de un cronómetro. Calculamos la velocidad con la fórmula $v = \frac{h}{t}$. Registramos los valores obtenidos en la Tabla N° 3.8
- 3.4.6.9** Repetimos 5 veces los pasos del 3.4.6.7 al 3.4.6.8 con esferas del mismo radio y registramos los valores obtenidos en la Tabla N° 3.8
- 3.4.6.10** Calcular el valor promedio de las velocidades de caída obtenidas en los 5 intentos, registrar el valor obtenido en la Tabla N° 3.8
- 3.4.6.11** Calcular el valor de la viscosidad del aceite con la fórmula $\eta = \frac{2 R^2 (\rho_{es} - \rho_{liq}) g}{9v}$ utilizando los datos experimentales y los datos teóricos mostrados en el Anexo N° 3.4, registrar el valor obtenido en la Tabla N° 3.8
- 3.4.6.12** Con el valor del coeficiente de viscosidad teórico y experimental calcular el error absoluto y el porcentaje de error, registrar el valor obtenido en la Tabla N° 3.8
- 3.4.6.13** Retirar las esferas con el recogedor magnético flexible.
- 3.4.6.14** Retirar el aceite y limpieza de la probeta.

3.4.6.15 Dejar el área de trabajo limpia y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.8

Registro de valores experimentales y teóricos del coeficiente de viscosidad de aceites.

N° Eventos	ESFERA				v (Promedio)	ACEITE		ERRORES	
	R(m)	h(m)	t(s)	v(m/s)		η Teórico (kg/ms)	η Experimental (kg/ms)	E. Abs	E. %
1									
2									
3									
4									
5									

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.4.7 Aplicaciones.

3.4.7.1 ¿Qué es fuerza de empuje?

3.4.7.2 ¿Por qué razón hay que repetir el experimento 5 veces?

3.4.7.3 ¿Por qué razón es necesario esperar cinco minutos para que el aceite se estabilice después de colocarlo en la probeta?

3.4.8 Conclusiones.

3.4.9 Bibliografía.

- 3.4.9.1** Shames Irving H. (1995), *Mecánica de fluidos*, Tercera edición, McGraw-Hill, Colombia.
- 3.4.9.2** Mott, Robert L (1996), *Mecánica de fluidos aplicada*. Prentice Hall Hispanoamericana, 4ª Edición.
- 3.4.9.3** F.Sears et al. (1999), *Física universitaria*, vol. I, Addison Wesley Longman, México.

Anexos.

Anexo N° 3.4 Propiedades de líquidos a 1 atm y 20°C.

Líquido	Viscosidad μ		Viscosidad cinemática ν		Módulo de elasticidad volumétrica κ		Tensión superficial σ	
	kg / (m · s)	slug / (pie · s)	m ² / s	pie ² / s	GPa	lb / pulg ²	N / m	lb / pie
Alcohol (etilico)	1.2×10^{-3}	2.51×10^{-5}	1.51×10^{-6}	1.62×10^{-5}	1.21	1.76×10^5	0.0223	1.53×10^{-3}
Gasolina	2.9×10^{-4}	6.06×10^{-6}	4.27×10^{-7}	4.59×10^{-6}	...	...	...	...
Mercurio	1.5×10^{-3}	3.14×10^{-5}	1.16×10^{-7}	1.25×10^{-6}	26.20	3.80×10^6	0.514	3.52×10^{-2}
Aceite (Lubricante)	0.26	5.43×10^{-3}	2.79×10^{-4}	3.00×10^{-3}	...	...	0.036	2.47×10^{-3}
Agua	1.005×10^{-3}	1.67×10^{-5}	0.804×10^{-6}	8.65×10^{-6}	2.23	3.23×10^5	0.0730	4.92×10^{-3}

Fuente: Leyes de fricción seca - Shames Irving H. (1995), *Mecánica de fluidos*, Tercera edición, McGraw-Hill, Colombia, pág. 11.



Universidad Tecnológica Equinoccial
Extensión Santo Domingo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ing. Electromecánica y Automatización / Automotriz
Física General
Santo Domingo de los Tsáchilas

Integrantes:

Grupo #:

Fecha:

Docente:

Nivel:

3.5 Práctica N° 5: Caída libre

3.5.1 Planteamiento del problema.

El propósito de la investigación es demostrar experimentalmente que la aceleración en caída libre es la misma independiente de la altura de donde se deje caer el cuerpo.

3.5.2 Introducción.

Hace 400 años cuando todos pensaban que los cuerpos pesados caían con más rapidez que los ligeros en la superficie terrestre, Galileo demostró que en el vacío todos los cuerpos caerían al mismo tiempo, por supuesto en esa época no tenía un vacío pero se lo imaginó y empezó a realizar experimentos por medio de planos inclinados y basándose en las mediciones de distancia y tiempo, que el desplazamiento de un objeto que inicialmente está en reposo es proporcional al cuadrado del tiempo en el que el objeto está en movimiento, demostrando de este modo que la aceleración de los objetos que caen en caída libre no cambia y dicha aceleración es equivalente $9,8 \text{ m/s}^2$ que es el valor de la gravedad de la tierra a nivel del mar.

Cabe notar que si un cuerpo cae en el vacío, de modo que la resistencia del aire no afecte su movimiento, se puede decir que los objetos independientes de su peso, tamaño o composición, caen con la misma aceleración; la aceleración, denotada por el símbolo \vec{a} se llama aceleración en caída libre y su movimiento es descrito por la segunda ley del movimiento de Newton que estableció en su Ley de Gravitación Universal que los objetos se atraen entre sí de forma directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

3.5.3 Objetivos.

3.5.3.1 Obtener experimentalmente el valor de la aceleración de la gravedad (g); a través de medidas de tiempo de caída y de distancias recorridas en el eje vertical.

3.5.4 Marco Teórico.

3.5.4.1 Cuerpos en caída libre.

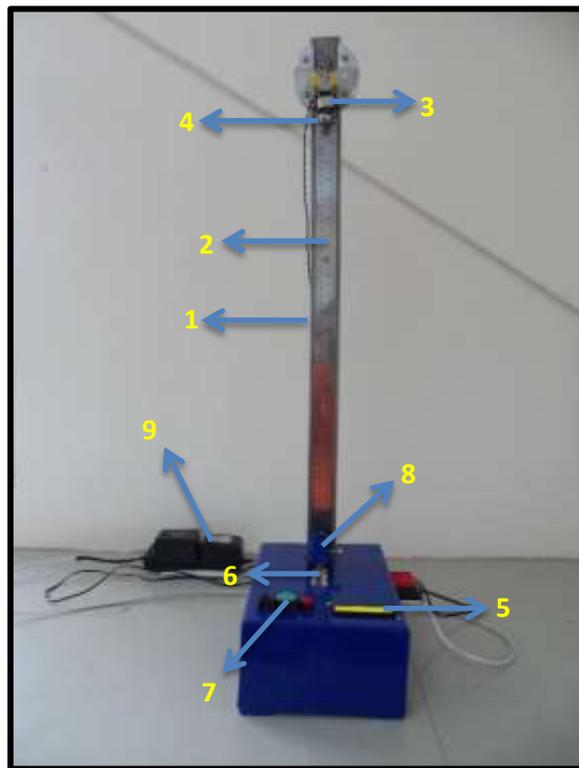
Zemansky (2009, p.53)

3.5.4.2 Movimiento de proyectiles.

Zemansky (2009, p.80)

3.5.5 Esquema del laboratorio y materiales.

Figura N° 3.64
Caída libre



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.5.5.1 Soporte (1).

3.5.5.2 Regla de acero graduada (2).

3.5.5.3 Electroimán 24 VDC (3).

- 3.5.5.4 Esfera de acero (4).
- 3.5.5.5 Cronómetro digital (5).
- 3.5.5.6 Final de carrera (6)
- 3.5.5.7 Pulsadores (7).
- 3.5.5.8 Recipiente para esfera (8)
- 3.5.5.9 Alimentación 24 VDC. (9)

3.5.6. Procedimiento experimental.

- 3.5.6.1 Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación.
- 3.5.6.2 Conectar los cargadores desde el tomacorriente hasta la caja de control para alimentar el electroimán y el cronómetro.
- 3.5.6.3 Conectar los terminales del electroimán a la caja de control.
- 3.5.6.4 Con el selector S1 principal energizar el equipo.
- 3.5.6.5 Probar el electroimán y ajustar con la esfera a una altura de 60cm.
- 3.5.6.6 Colocar la esfera en el electroimán.
- 3.5.6.7 Con el pulsador P1 dar marcha al cronómetro y el electroimán soltará la esfera.
- 3.5.6.8 Una vez que la esfera caiga en el recipiente activará un contacto del final de carrera el cual detendrá el cronómetro, tomar el dato del tiempo mostrado en el display registrarlo en la Tabla N° 3.10
- 3.5.6.9 Con el pulsador P2 resetear el valor mostrado en el display para realizar una nueva lectura.
- 3.5.6.10 Repetir 5 veces los pasos del 3.5.6.6 al 3.5.6.9 registrar los valores obtenidos del tiempo en la Tabla N° 3.10
- 3.5.6.11 Calcular el valor promedio de los tiempos obtenidos en la experimentación y registrarlo en la Tabla N° 3.10
- 3.5.6.12 Calcular la aceleración de la gravedad mediante la fórmula $h = \frac{1}{2} g t^2$ y registrarlo en la Tabla N° 3.10
- 3.5.6.13 Repetir los pasos del 3.5.6.6 al 3.5.6.12 para una altura de 50, 40, 30 y 20 cm respectivamente, registrar los valores obtenidos en la Tabla N° 3.10

- 3.5.6.14** Calcular el valor promedio de la aceleración de la gravedad y registrarlo en la Tabla N° 3.10
- 3.5.6.15** Con los datos de la aceleración de la gravedad registrados en la Tabla N° 3.10 calcular el error absoluto $E_{Abs.} = g_{teo} - g_{exp}$ y el porcentaje de error $E\% = [(g_{teo} - g_{exp}) / g_{teo}] * 100$ de la aceleración de la gravedad de la esfera en caída libre.
- 3.5.6.16** Realizar una gráfica de $y(m)$ en función de $t^2(s^2)$.
- 3.5.6.17** Con el selector S1 principal desenergizar el equipo.
- 3.5.6.18** Desconectar la alimentación.
- 3.5.6.19** Dejar el área de trabajo limpia y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.10
Registro de valores experimentales de la caída libre de una esfera desde diferentes alturas.

Altura y(m)	Tiempo					t (Promedio)	Gravedad(m/s ²)
	t1 (seg)	t2 (seg)	t3 (seg)	t4 (seg)	t5 (seg)		
0,6							
0,5							
0,4							
0,3							
0,2							
						g (Promedio)	

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

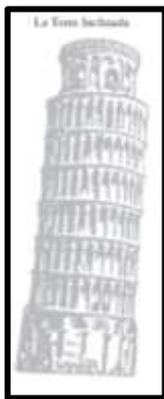
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013

3.5.7 Aplicaciones.

3.5.7.1 Se deja caer una moneda de un euro desde la Torre Inclinada de Pisa; parte del reposo y cae libremente. Calcule su posición y su velocidad después de a) 1(s), b) 2(s) y c) 3(s).

Respuesta: a) $t= 1(s)$; $y= -4,9m$; $v_y= -9,8m/s$ b) $t= 2(s)$; $y= -19,6m$; $v_y= -19,6m/s$
c) $t= 3(s)$; $y= -44,1m$; $v_y= -29,4m/s$

Figura N° 3.77
Gráfico de problema 3.5.7.1



Fuente: Caída libre - Young. Freedman. Sears. Zemansky (2009), *FÍSICA UNIVERSITARIA VOL.1*, Decimosegunda edición, México, pág. 54.

3.5.8 Conclusiones.

3.5.9 Bibliografía

3.5.9.1 Young. Freedman. Sears. Zemansky (2009), *Física universitaria*, VOL.1, Decimosegunda edición, México.

3.5.9.2 Schoch F. and Winiger W. (1991), *How to measure g easily with $\approx 10^{-4}$ precision in the beginners' LAB*, The Physics Teacher, February, 98-101

3.5.9.3 Serway, Raymond A. y Jewett, Jhon W. (2005), *Física I Y II*, Texto basado en cálculo, 6a Ed. Editorial Thomson.



Universidad Tecnológica Equinoccial
Extensión Santo Domingo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ing. Electromecánica y Automatización / Automotriz
Física General
Santo Domingo de los Tsáchilas

Integrantes: _____

Grupo #: _____

Fecha: _____

Docente: _____

Nivel: _____

3.6 Práctica N° 6: Segunda ley de Newton.

3.6.1 Planteamiento del problema.

El propósito de la investigación es demostrar experimentalmente la segunda ley de Newton utilizando un carril de aire.

3.6.2 Introducción.

Durante el experimento de la Segunda Ley de Newton, se busca demostrar que la aceleración es directamente proporcional a la fuerza neta aplicada a un sistema e inversamente a la masa del mismo.

La primera ley de Newton establece que para que un objeto permanezca en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, la fuerza neta que actúa sobre él debe ser igual a cero.

Cuando una fuerza no equilibrada actúa sobre un objeto, le imprime una aceleración. Isaac Newton, en su segunda ley, estableció que la fuerza que actúa sobre un objeto y la aceleración que le provoca son directamente proporcionales, siendo:

$$F = m a \quad (3.28)$$

Donde m es una constante de proporcionalidad, característica del objeto en cuestión, denominada masa inercial.

3.6.3 Objetivos.

3.6.3.1 Demostrar experimentalmente la relación que existe entre la fuerza aplicada, masa y aceleración de un cuerpo para verificar la segunda ley de Newton.

3.6.4 Marco teórico.

3.6.4.1 Segunda ley de Newton.

3.6.4.1.1 Enunciado de la segunda ley de Newton.

Zemansky (2009, p.117)

3.6.4.1.2 Movimiento con aceleración constante.

Zemansky (2009, p.47-49)

3.6.5 Esquema del laboratorio y materiales.

Figura N° 3.79
Segunda ley de Newton.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013

- 3.6.5.1 Soportes (1).
- 3.6.5.2 Carril de acero inoxidable (2).
- 3.6.5.3 Electroimán 24 VDC (3).
- 3.6.5.4 Cuerpo de acero (4).
- 3.6.5.5 Regla graduada (5).
- 3.6.5.6 Polea (6).
- 3.6.5.7 Juego de pesas (7).
- 3.6.5.8 Caja de control: - Cronómetro digital (8).
 - Pulsadores (9)
 - Selector (10)
- 3.6.5.9 Sensores fotoeléctricos 24vdc (11).
- 3.6.5.10 Air Blower 120 VCA (12).
- 3.6.5.11 Balanza digital precisión de 0.01g máximo 200g (13).
- 3.6.5.12 Piola nylon (14).
- 3.6.5.13 Fuente reguladora de voltaje (15).
- 3.6.5.14 Cables de alimentación (16).
- 3.6.5.15 Multímetro (17).
- 3.6.5.16 Topes (18).

3.6.6 Procedimiento experimental.

3.6.6.1 Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación. En el sistema experimental lo que se pretende demostrar es la segunda ley de Newton, se debe deslizar un cuerpo sobre un carril de aire con un peso suspendido en el otro extremo del cuerpo unido por una cuerda, tomar el tiempo que demora el cuerpo en recorrer una distancia determinada, repetir el mismo proceso 5 veces para calcular así la aceleración experimental y la tensión de la cuerda, repetir todo el procedimiento para 4 cuerpos colgantes más con diferente masa. Al final graficar la tensión en función de la aceleración y la pendiente tiene que ser la masa del cuerpo deslizante, ahí se demuestra la segunda ley de Newton; es decir que hay una dependencia lineal entre la tensión aplicada y la aceleración.

- 3.6.6.2** Medir la cantidad de masa del cuerpo m_2 y registrar el valor obtenido en la Tabla N° 3.12
- 3.6.6.3** Medir la cantidad de masa del portapesas m_1 , además colocamos las pesas al otro lado del hilo tener en cuenta el peso del gancho que sujeta al cuerpo colgante, registrar el valor obtenido en la Tabla N° 3.12
- 3.6.6.4** Energizar la fuente reguladora, color amarillo.
- 3.6.6.5** Regular la fuente a 24 VDC con el multímetro.
- 3.6.6.6** Alimentar la caja de control 1 con la fuente reguladora de 24 VDC.
- 3.6.6.7** Alimentar la entrada a 120 VAC de la caja de control 1 desde el tomacorriente del mesón.
- 3.6.6.8** Conectar los sensores fotoeléctricos en sus respectivos puntos de conexión de la caja de control 1.
- 3.6.6.9** Alimentar las entradas a 120 VAC de la caja de control 2 desde el tomacorriente del mesón.
- 3.6.6.10** Alimentar el Blower con 120 VAC desde la caja de control 2.
- 3.6.6.11** Conectar el electroimán con 24 VDC desde la caja de control 2.
- 3.6.6.12** Encender todo el sistema para verificar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico.
- 3.6.6.13** Verificamos el funcionamiento de los sensores colocando la mano cerca de cada uno de ellos y verificando el conteo y parada del cronómetro.
- 3.6.6.14** Sujetar el carro al electroimán.
- 3.6.6.15** Ajustar el sensor fotoeléctrico 1 a casi la misma distancia del cuerpo en el carril de aire de tal manera que la velocidad inicial del carro sea cero, es decir movemos el sensor despacio y una vez que le cense al carro lo fijamos un milímetro antes.
- 3.6.6.16** Fijar el sensor fotoeléctrico 2 a una distancia deseada y anotar dicho valor en la Tabla N° 3.12
- 3.6.6.17** Con el selector S2 energizar el cronómetro.
- 3.6.6.18** Con el selector S1 energizar el Blower.
- 3.6.6.19** Con el pulsador P1 desenergizar el electroimán que sostiene al carro.
- 3.6.6.20** Una vez que el sensor 1 detecta al carro, envía una señal al cronómetro y empieza a contar el tiempo.

- 3.6.6.21** Una vez que el sensor 2 detecta al carro, envía una señal al cronómetro y detiene el conteo, tomar el dato del tiempo mostrado en el display registrarlo en la Tabla N° 3.12
- 3.6.6.22** Con el pulsador P2 resetear el valor mostrado en el display para realizar una nueva lectura.
- 3.6.6.23** Repetimos 5 veces los pasos del 3.6.6.19 al 3.6.6.22 registrar los valores obtenidos del tiempo en la Tabla N° 3.12
- 3.6.6.24** Calcular el valor promedio de los tiempos obtenidos en la experimentación y registrarlo en la Tabla N° 3.12
- 3.6.6.25** Calcular la aceleración experimental mediante la fórmula $a = \frac{2x}{t^2}$ y registrarlo en la Tabla N° 3.12
- 3.6.6.26** Calcular la Tensión mediante la fórmula $T = \frac{m_1 * g}{(1 + \frac{m_1}{m_2})}$ y registrarlo en la Tabla N° 3.12
- 3.6.6.27** Repetimos los pasos del 3.6.6.19 al 3.6.6.26 para cuatro masas más, colocarlos en el portapesas, registrar los valores obtenidos en la Tabla N° 3.12
- 3.6.6.28** Realizar una gráfica de la tensión en función de la aceleración por regresión lineal.
- 3.6.6.29** Con el selector S2 desconectar el cronómetro.
- 3.6.6.30** Con el selector S1 desconectar el Blower.
- 3.6.6.31** Desconectar toda la alimentación.
- 3.6.6.32** Dejar el área de trabajo limpia y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.12
Registro de valores experimentales de la segunda ley de newton

Masa colgante m1 =							
Eventos	Cuerpo m2 (kg)	Colgante m1 (kg)	Distancia x (m)	Tiempo (s)	Tiempo prom. (s)	Aceleración experimental m/s ²	Tensión (N)
1							
2							
3							
4							
5							
Masa colgante m1 =							
Eventos	Cuerpo m2 (kg)	Colgante m1 (kg)	Distancia x (m)	Tiempo (s)	Tiempo prom. (s)	Aceleración experimental m/s ²	Tensión (N)
1							
2							
3							
4							
5							
Masa colgante m1 =							
Eventos	Cuerpo m2 (kg)	Colgante m1 (kg)	Distancia x (m)	Tiempo (s)	Tiempo prom. (s)	Aceleración experimental m/s ²	Tensión (N)
1							
2							
3							
4							
5							
Masa colgante m1 =							
Eventos	Cuerpo m2 (kg)	Colgante m1 (kg)	Distancia x (m)	Tiempo (s)	Tiempo prom. (s)	Aceleración experimental m/s ²	Tensión (N)
1							
2							
3							
4							
5							
Masa colgante m1 =							
Eventos	Cuerpo m2 (kg)	Colgante m1 (kg)	Distancia x (m)	Tiempo (s)	Tiempo prom. (s)	Aceleración experimental m/s ²	Tensión (N)
1							
2							
3							
4							
5							

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

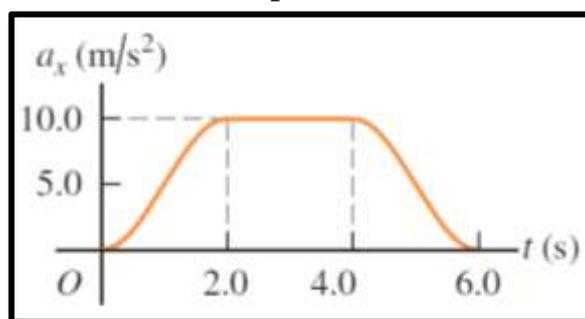
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013

3.6.7 Aplicaciones.

3.6.7.1 Un carrito de juguete de 4.50 kg sufre una aceleración en línea recta (el eje x). La grafica de la Figura N° 3.103 muestra esta aceleración en función del tiempo. *a)* Calcule la fuerza neta máxima sobre este carrito. .Cuando ocurre esta fuerza máxima? *b)* En que instantes la fuerza neta sobre el carrito es constante? *c)* .Cuando la fuerza neta es igual a cero?

Respuesta: a) 45N $t= 2(s)$ a $4(s)$ b) $2(s)$ a $4(s)$ c) 0,6 (s)

Figura N° 3.103
Gráfico de problema 3.6.7.1



Fuente: Segunda ley de Newton - Young. Freedman. Sears. Zemansky (2009), *Física universitaria vol.1*, Decimosegunda edición, México, pág. 132.

3.6.8 Conclusiones.

3.6.9 Bibliografía.

3.6.9.1 Young. Freedman. Sears. Zemansky (2009), *Física universitaria, vol.1*, Decimosegunda edición, México.

3.6.9.2 Hecht, E. (1987), *Física en perspectiva*, México: Addison Wesley Iberoamericana.

3.6.9.3 Hewitt, P. G. (2007), *Física conceptual (10 ed.)*, México, Addison Wesley Longman.

3.6.9.4 Kittel, CH., Knight, W. y Ruderman, M. (1969), *Berkeley physics course*, Barcelona: Reverte.



Universidad Tecnológica Equinoccial
Extensión Santo Domingo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ing. Electromecánica y Automatización / Automotriz
Física General
Santo Domingo de los Tsáchilas

Integrantes:

Grupo #:

Fecha:

Docente:

Nivel:

3.7 Práctica N° 7: Trabajo y energía.

3.7.1 Planteamiento del problema.

El propósito de la investigación es determinar experimentalmente los conceptos de energía mediante la experimentación de un cuerpo en caída libre.

3.7.2 Introducción

La energía es una propiedad que está relacionada con los cambios o procesos de transformación en la naturaleza. Sin energía ningún proceso físico, químico o biológico sería posible.

La forma de energía asociada a las transformaciones de tipo mecánico se denomina energía mecánica y su transferencia de un cuerpo a otro recibe el nombre de trabajo. Ambos conceptos permiten estudiar el movimiento de los cuerpos de forma más sencilla que usando términos de fuerza y constituyen, por ello, elementos clave en la descripción de los sistemas físicos.

El estudio del movimiento atendiendo a las causas que lo originan lo efectúa la dinámica como teoría física relacionando las fuerzas con las características del movimiento, tales como posición y velocidad. Es posible, no obstante, describir la condición de un cuerpo en movimiento introduciendo una nueva magnitud, la energía mecánica, e interpretar sus variaciones mediante el concepto de trabajo físico. Ambos conceptos surgieron históricamente en una etapa avanzada del desarrollo de la dinámica y permiten enfocar su estudio de una forma por lo general más simple.

El movimiento, el equilibrio y sus relaciones con las fuerzas y con la energía, define un amplio campo de estudio que se conoce con el nombre de mecánica. La mecánica engloba la cinemática o descripción del movimiento, la estática o estudio del equilibrio y la dinámica o explicación del movimiento. El enfoque en términos de trabajo y energía viene a cerrar, pues, una visión de conjunto de la mecánica como parte fundamental de la Física.

3.7.3 Objetivos.

3.7.3.1 Analizar y comprobar el concepto de energía cinética y potencial mediante la experimentación de un cuerpo en caída libre.

3.7.4 Marco Teórico

3.7.4.1 Energía cinética.

Zemansky (2009, p.186-187)

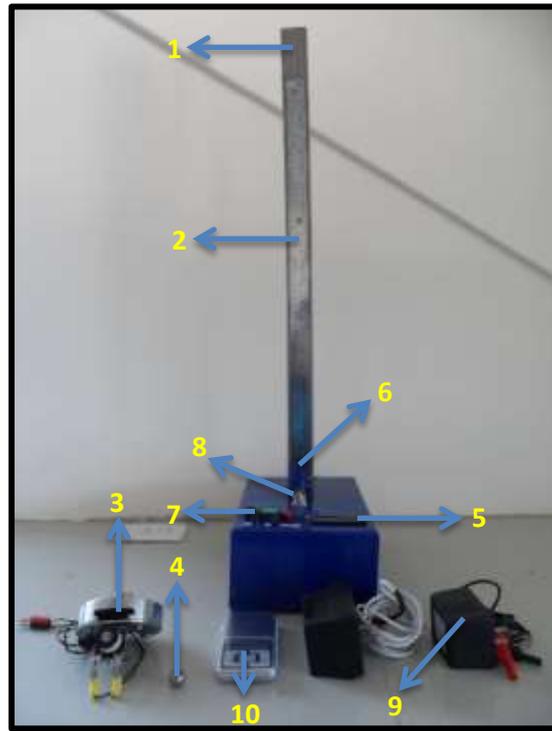
3.7.4.2 Energía potencial gravitacional.

Zemansky (2009, p.214)

3.7.5 Esquema del laboratorio y materiales

Para la realización de ésta práctica se utilizará el montaje de la práctica de caída libre para determinar el trabajo y energía de la bola de acero al caer de cierta altura.

Figura N° 3.107
Trabajo y energía



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.7.5.1 Soporte (1).

3.7.5.2 Regla de acero graduada (2).

3.7.5.3 Electroimán 24 VDC (3).

3.7.5.4 Esfera de acero (4).

3.7.5.5 Cronómetro digital (5).

3.7.5.6 Final de carrera (6)

3.7.5.7 Pulsadores (7).

3.7.5.8 Recipiente para esfera (8)

3.7.5.9 Alimentación 24 VDC. (9)

3.7.5.10 Balanza digital (10)

3.7.6 Procedimiento experimental

- 3.7.6.1** Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación.
- 3.7.6.2** Con la balanza medir la masa de la esfera y anotar el valor en la Tabla N° 3.13
- 3.7.6.3** Conectar los cargadores desde el tomacorriente hasta la caja de control para alimentar el electroimán y el cronómetro.
- 3.7.6.4** Conectar los terminales del electroimán a la caja de control.
- 3.7.6.5** Con el selector S1 principal energizar el equipo.
- 3.7.6.6** Probar el electroimán y ajustar con la esfera a una altura de 60cm.
- 3.7.6.7** Colocar la esfera en el electroimán.
- 3.7.6.7** Con el pulsador P1 dar marcha al cronómetro y el electroimán soltará la esfera.
- 3.7.6.8** Asumir que la esfera es receptada de tal forma que la altura final de la esfera con respecto a la base, es de 9cm.
- 3.7.6.9** Ignorando la fricción del aire, calcule la energía potencial (U) de la esfera antes de soltarla, anotar el valor en la Tabla N° 3.13
- 3.7.6.10** Ignorando la fricción del aire, calcule la energía cinética (K) de la esfera justo antes de que sea receptada a una distancia de 9cm, anotar el valor en la Tabla N° 3.13
- 3.7.6.11** Ignorando la fricción del aire, calcule la velocidad (v) de la esfera al llegar a la distancia de recepción de 9cm, anotar el valor en la Tabla N° 3.13
- 3.7.6.12** Con el pulsador P2 resetear el valor mostrado en el display.
- 3.7.6.13** Repetimos los pasos del 3.7.6.7 al 3.7.6.12 para una altura de 0,50 y 0,40m respectivamente, registrar los valores obtenidos en la Tabla N° 3.13
- 3.7.6.14** Con el selector S1 principal desenergizar el equipo.
- 3.7.6.15** Desconectar la alimentación.
- 3.7.6.16** Dejar el área de trabajo limpio y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.13

Registro de valores experimentales del cálculo de energía en un sistema de caída libre.

	ESFERA	ENERGIA		ESFERA
ALTURA	m (kg)	U (J)	K(J)	v (m/s)
0, 60 m				
0, 50 m				
0, 40 m				

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013

3.7.7 Aplicaciones

3.7.1 La masa de un protón es 1836 veces la masa de un electrón. a) Un protón viaja con rapidez V . ¿Con qué rapidez (en términos de V) un electrón tendría la misma energía cinética que un protón? b) Un electrón tiene energía cinética K . Si un protón tiene la misma rapidez que el electrón, ¿cuál es su energía cinética (en términos de K)?

Respuesta: a) $42,85 V$ b) $1836 K$

3.7.8 Conclusiones

3.7.9 Bibliografía

3.7.9.1 Heitt (1992.), *Conceptos de física*, Limusa, México.

3.7.9.2 Murphy / Smoot (1991), *Física*, principios y problemas. CECOSA, México.

3.7.9.3 Pérez Montiel (1992.), Héctor, *Física general*, Publicaciones Cultural, México.

3.7.9.4 Stollerg/Hill (1981), *Fundamentos y fronteras*, Publicaciones Cultura, México.



Universidad Tecnológica Equinoccial
Extensión Santo Domingo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Ing. Electromecánica y Automatización / Automotriz
Física General
Santo Domingo de los Tsáchilas

Integrantes:

Grupo #:

Fecha:

Docente:

Nivel:

3.8 Práctica N° 8: Colisiones.

3.8.1 Planteamiento del problema.

El propósito de la investigación es analizar experimentalmente el choque elástico que se produce entre dos esferas mediante un péndulo.

3.8.2 Introducción.

La energía tiene infinidad de aplicaciones en la vida: tecnológicas, industriales y domésticas. Se explota una amplia variedad de recursos energéticos, desde combustibles fósiles hasta el átomo. Por desgracia no es posible aprovechar la mayor parte de la energía ya que durante el proceso de uso tiene grandes pérdidas; la energía con la que se dispone es limitada.

La ley de la conservación de la energía es uno de los principios más importantes de la Física, ya que a partir de esta se establecen formas respecto a su conservación y utilización.

En mecánica, relatividad, gravitación, termodinámica, electromagnetismo, Física atómica o Física nuclear, la ley de la conservación de la energía es de suma importancia, lo que se comprobará con el estudio de la energía mecánica.

Con base en las características del trabajo mecánico y su relación con la energía, se analizará las características de la energía mecánica para establecer la ley de la conservación de la energía mecánica y qué sucede con la energía potencial y cinética en las colisiones, además se comprenderá en qué condiciones se cumple la ley de la conservación de la energía mecánica para establecer el concepto de energía de configuración de un sistema (análisis de los choques elásticos).

3.8.3 Objetivos.

3.8.3.1 Analizar el sistema experimental de choque elástico y comprobar la transformación de la energía potencial a energía cinética mediante el movimiento de un péndulo.

3.8.4 Marco teórico.

3.8.4.1 Conservación de la energía mecánica

Existe la costumbre de observar la transformación de un tipo de energía en otro: la potencial en cinética y viceversa; algunos ejemplos de este tipo son la presa y el pilote donde la energía potencial se convierte en cinética, y el péndulo, donde los tipos de energía se transforman periódicamente uno en otro (Figura N° 3.120).

En todos los casos donde actúen fuerzas conservativas, la energía mecánica total, es decir, la energía cinética más la energía potencial en cualquier instante de la trayectoria es la misma; por ejemplo, la fuerza gravitacional, pues en cualquier trabajo que realice un cuerpo contra la fuerza de gravedad de la Tierra, la energía se recuperará íntegramente cuando el cuerpo descienda.

$$E_m = E_c + E_p \quad (3.38)$$

Donde E_m = energía mecánica total expresada en joules. Sustituyendo las expresiones de las energías:

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mgh \quad (3.39)$$

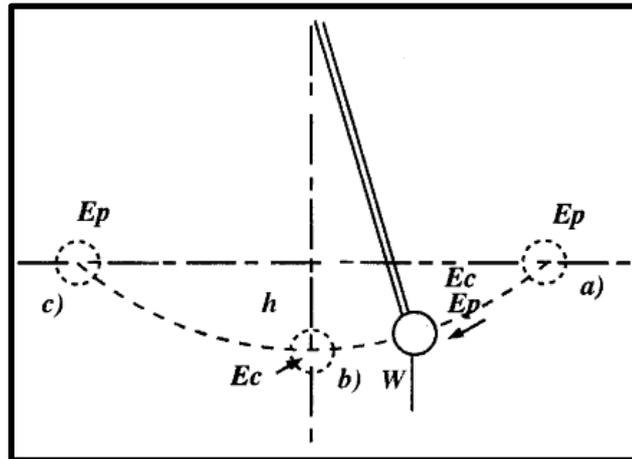
En resumen, “la energía existente en un sistema es una cantidad constante que no se crea ni se destruye, únicamente se transforma”.

Respecto de fuerzas no conservativas (por ejemplo la fricción) no podemos hablar de energía potencial; sin embargo, la conservación de la energía se mantiene en la forma:

$$E_m = E_c + Q \quad (3.40)$$

Donde Q es ahora el calor disipado al ambiente. En este caso la E_c disminuye siempre y eventualmente el calor transporta la energía a la atmósfera.

Figura N° 3.120
Péndulo.

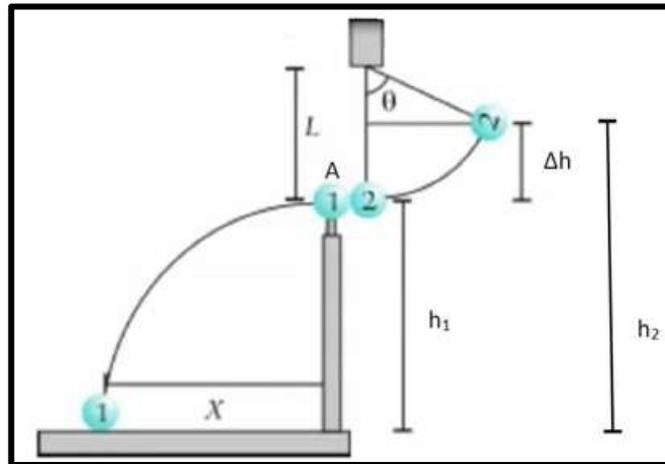


Fuente: Choques de cuerpos elásticos - <http://www.usc.edu.co/laboratorios/files/ENERGIA%20POTENCIAL%20Y%20CINETICA.pdf>

Un péndulo es otro ejemplo de la conversión entre E_c y E_p . Al mover el péndulo hacia un lado antes de soltarlo se ha hecho un trabajo en contra de la gravedad, puesto que la masa ha sido levantada a una altura Δh . En la posición A tiene una cantidad de Ph de energía (P es el peso del cuerpo). Al ser soltado, el péndulo oscila hacia abajo y la E_p cambia a E_c al estar en el punto más bajo. Después de pasar este punto, la E_c vuelve a ser E_p , y en caso de que no haya resistencia del aire, la masa volverá a subir la misma altura Δh .

Si tenemos en cuenta lo que sucede con el movimiento del péndulo en el punto más bajo dejamos al péndulo en libertad este seguirá la trayectoria conforme al esquema siguiente.

Figura N° 3.121
Movimiento del péndulo.



Fuente: Choques de cuerpos elásticos -
<http://www.usc.edu.co/laboratorios/files/ENERGIA%20POTENCIAL%20Y%20CINETICA.pdf>

Se observa que la velocidad es horizontal cuando el péndulo queda en libertad, por consiguiente, la llamamos V_x y la E_c se calcula mediante:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2x \quad (3.41)$$

La velocidad V_x se determinará por medio de:

$$V_x = \frac{x}{t} \quad (3.42)$$

Se ha comprobado que el tiempo que tarda un cuerpo en llegar al piso en caída libre es igual si se lanza en forma horizontal, con la misma condición, por lo tanto, el tiempo que tarda el péndulo en chocar con el suelo, recorriendo la distancia x , se calcula por medio de $t_2 = 2h_1 / g$; expresión que determina el tipo en la caída libre de un cuerpo, la cual se sustituirá en:

$$E_c = \frac{1}{2}m(x/t)^2 \quad \text{quedando} \quad \frac{1}{2}m(x^2g/2h_1) \quad (3.43)$$

Las consideraciones anteriores nos permiten cuantificar la energía potencial del cuerpo y la energía cinética que alcanza en el momento de liberarse.

$$\text{Si } E_p = E_c \text{ y } E_p = mg(\Delta h), \quad E_c = \frac{1}{2}m(x^2g/2h_1);$$

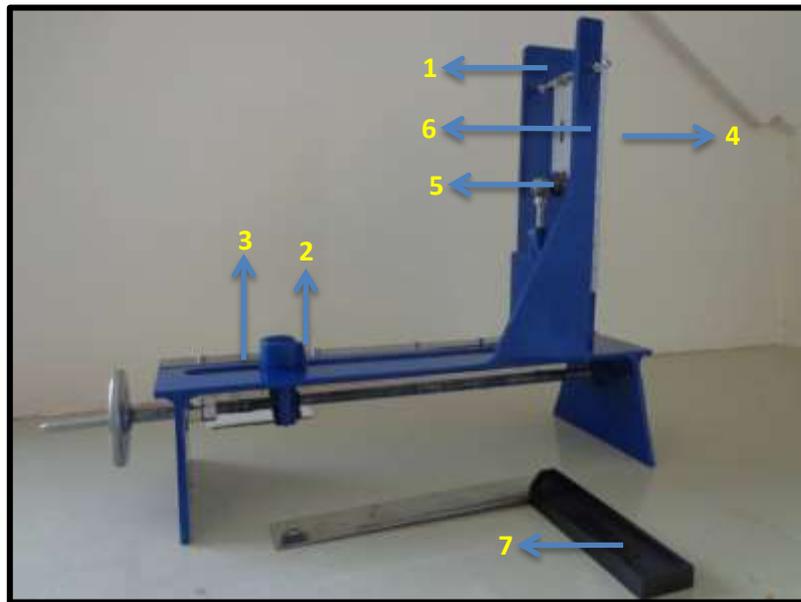
$$mg(\Delta h) = \frac{1}{2}m(x^2g/2h_1) \quad (3.44)$$

Al simplificar tenemos:

$$\Delta h = \frac{x^2}{4h_1} \quad ; \quad x = \sqrt{\Delta h \ 4h_1} \quad (3.45)$$

3.8.5 Esquema del laboratorio y materiales.

Figura N° 3.122
Colisión de dos esferas.



Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.
Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.8.5.1 Estructura (1).

3.8.5.2 Canasta (2).

3.8.5.3 Regla de acero graduada en centímetros (3).

3.8.5.4 Escala graduada en cm (4).

3.8.5.5 Dos esferas de acero (5).

3.8.5.6 Péndulo (6).

3.8.5.7 Escuadra (7).

3.8.6 Procedimiento experimental.

3.8.6.1 Solicitar al docente los materiales necesarios que constan en la guía para realizar la experimentación.

3.8.6.2 Realizar el montaje experimental.

3.8.6.3 Medimos la altura h_1 desde la base hasta el centro de la esfera 1 y anotar el valor en la Tabla N° 3.14

3.8.6.4 Calcular la distancia de desplazamiento horizontal $x = \sqrt{\Delta h \ 4h_1}$ a la cual se debe colocar la canasta para que la esfera 1 se deposite dentro, tomar en cuenta para el cálculo $\Delta h = 12\text{cm}$, anotar el valor en la Tabla N° 3.14

3.8.6.5 Desplazar el péndulo con la esfera 2 hasta una altura $\Delta h = 12\text{cm}$ que deberá medirse a partir del valor referencia de 15cm que es el valor de h_1 .

3.8.6.6 Cuando el péndulo con la esfera 2 esté a una altura $\Delta h = 12\text{cm}$, proceder a soltarlo para que choque con la esfera 1, y ésta se deposite dentro de la canasta.

3.8.6.7 Repetir los pasos del 3.8.6.4 al 3.8.6.6 para $\Delta h = 8\text{cm}$ y 5cm respectivamente, registrar los datos en la Tabla N° 3.14

3.8.6.8 Dejar el área de trabajo limpio y realizar la entrega de los materiales al docente para colocarlos en su respectivo lugar.

Tabla N° 3.14
Registro de valores experimentales y teóricos de colisiones

Eventos	Altura h_1 (cm)	Altura Δh (cm)	<i>Desplazamiento x(cm)</i>
1			
2			
3			

Fuente: Laboratorio de Física General / UTE 2013.

Responsables: Luis Pazmiño, Diego Valencia / 2013.

3.8.7 Aplicaciones.

Anota en el paréntesis la letra cuya opción consideras correcta.

3.8.7.1 ¿Qué sucede a la energía cinética en un choque inelástico? ()

- a) Es constante
- b) Aumenta
- c) No es constante
- d) Disminuye

¿Por qué?

3.8.7.2 En un choque elástico es posible predecir el comportamiento de los cuerpos ()

- a) No
- b) Posiblemente
- c) Dependiendo de los cuerpos
- d) Sí

¿Por qué?

3.8.8 Conclusiones.

3.8.9 Bibliografía.

3.8.9.1 Alvarenga, Máximo (1983), *Física general con experimentos*. Harla, México,

3.8.9.2 Blackwood (1988), Kelly y Bell, *Física general*, CECSA, México.

3.8.9.3 Blatt, Frank J (1991), *Fundamentos de física*, 3^a. ed, Prentice-Hall Hispanoamericana, México.

3.8.9.4 Cetto, Ana María y Tambutti Romilio (1987), *El mundo de la física*, Trillas, México.

3.8.9.5 Oyarzábal, Félix y Velasco (1987), *Lecciones de física*, CECSA, México.

3.8.9.6 Riley William F. Sturges Leroy D (1996), *Ingeniería mecánica dinámica*, Editorial Reverté S.A.