

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**"DISEÑO DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO
DE FISICA: FUERZAS EN EQUILIBRIO"**

POR

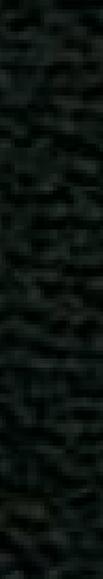
ING. ANTONIO IBARRA GARCIA

TESIS

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD
EN DISEÑO MECANICO**

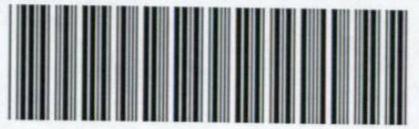
CD. UNIVERSITARIA

JUNIO DE 1998



“DISEÑO DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO DE FISICA:
FUERZAS EN EQUILIBRIO”

TM
QC41
I2
C.1



1080080856

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



"DISEÑO DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO
DE FISICA: FUERZAS EN EQUILIBRIO"

POR

ING. ANTONIO IBARRA GARCIA

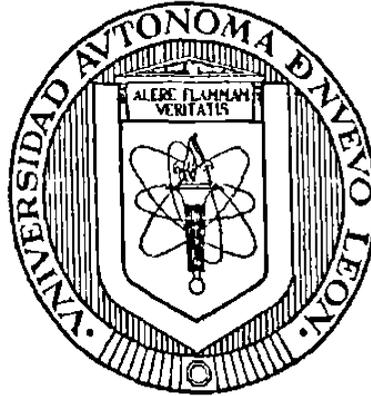
TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD
EN DISEÑO MECANICO

CD. UNIVERSITARIA

JUNIO DE 1998

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**“DISEÑO DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO
DE FÍSICA: FUERZAS EN EQUILIBRIO”**

POR

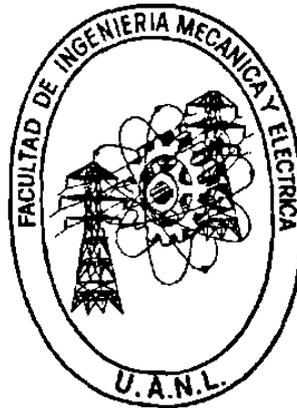
ING. ANTONIO IBARRA GARCÍA

TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE
INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN
DISEÑO MECÁNICO**

**CD. UNIVERSITARIA, SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.
JUNIO DE 1998**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**“DISEÑO DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO
DE FÍSICA: FUERZAS EN EQUILIBRIO”**

POR

ING. ANTONIO IBARRA GARCÍA

TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE
INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN
DISEÑO MECÁNICO**

**CD. UNIVERSITARIA, SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.
JUNIO DE 1998**

BURAI RANGEL Fitas
UANL
FONDO
TESIS
80054

BURAI RANGEL Fitas
UANL
FONDO
TESIS MAESTRIA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis "**Diseño de una practica de laboratorio de fisica : Fuerzas en equilibrio.**" realizada por el Ing. Antonio Ibarra Garcia sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Diseño Mecánico.

El comité de Tesis.



M.C. José Luis Castillo Ocañas.
Asesor.



M.C. Roberto Villarreal Garza
Coasesor

M.C. Luis Manuel Camacho
Coasesor



Vo.Bo.

M.C. Roberto Villarreal Garza
División de Estudios de Post-grado.

San Nicolas de los Garza, N. L. Junio de 1998

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por el apoyo, aliento y comprensión lo cual hizo posible llevar a feliz término mis estudios de maestría.

A mi asesor el Ing. José Luis Castillo Ocañas por su colaboración.

Un agradecimiento especial a mis compañeros Jesús, Norma, Jorge y Arturo por alentarme en la elaboración de mi tesis de maestría

PROLOGO

La Física es considerada como la ciencia que trata de explicar los fenómenos de la naturaleza. La Mecánica que es una de las partes de la Física históricamente mas antigua, estudia los estados de movimiento de la materia dividiendo tradicionalmente este estudio en dos partes, la Cinemática que describe las características de los estados de movimiento de los cuerpos y la Dinámica que investiga las causas de esos movimientos.

El desarrollo histórico de la Mecánica fue la fuente del desarrollo de un modo de trabajo que terminó por ser una pieza importante en la búsqueda de modelos que explicaran el comportamiento de la naturaleza.

Este modo de trabajo que ahora conocemos como el método científico experimental nace de la observación metódica de las características de los movimientos de los cuerpos.

El método científico es la manera de obtener de una serie de observaciones y mediciones un modelo teórico que pueda explicar y predecir con una determinada precisión un hecho experimental.

Esta es una relación histórica que generó un desarrollo acelerado en todos los ámbitos de la sociedad desde el punto de vista científico económico, político y social, pero hemos observado que esto no ha sido reproducido por nuestra Institución deseamos retomar el hecho de que un modelo teórico pueda explicar y predecir con determinada precisión un hecho experimental, que nosotros le presentemos a nuestros estudiantes en las prácticas que ellos realizan en su paso por esta Institución.

Este es un hecho que debemos resaltar por su importancia en la formación ingenieril de nuestros egresados, por el desarrollo hacia la investigación que pueden ser logrados retomando esta relación histórica.

ÍNDICE

	PAG.
SÍNTESIS	i
INTRODUCCIÓN	iii
CAPITULO I ANÁLISIS DEL PROBLEMA GENERAL	
1.1 ERRORES MAS FRECUENTES EN EL DISEÑO DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO	1
1.2 TIPOS Y FORMAS DE IMPARTICION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO	2
CAPITULO II EL MÉTODO CIENTÍFICO COMO APOYO A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	
2.1 DISEÑO DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO	6
2.2 INCERTIDUMBRE EN CANTIDADES CALCULADAS	7
CAPITULO III CASO PRACTICO	
3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	10
3.2 PROPUESTA METODOLOGICA	22
3.3 COMPARACIÓN ENTRE LA SITUACIÓN ACTUAL Y LA PROPUESTA METODOLOGICA	35
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38

BIBLIOGRAFÍA	39
LISTADO DE FIGURAS	41
APÉNDICE I	42
GLOSARIO DE TÉRMINOS	52
RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	54

SÍNTESIS

En esta tesis se analiza una práctica desarrollada de forma tradicional en los laboratorios del área de Física y sus resultados son comparados con un nuevo diseño así como un nuevo enfoque que es el establecer rangos de validez de los resultados obtenidos por los estudiantes durante la realización de la práctica, para una adecuada evaluación.

Encontramos que en el desarrollo tradicional de la práctica algunos resultados encontrados por los estudiantes se salían de los rangos de validez establecidos en el nuevo diseño (al que llamamos *propuesta metodológica*) y fueron calificados como resultados acertados y aun mas importante es señalar que los estudiantes no se dieron cuenta que estos están equivocados, dejando escapar la oportunidad de investigar las razones por las cuales estos resultados se salían de los rangos de validez establecidos.

Esta investigación fue realizada con los cálculos realizados por tres estudiantes que no tenían conocimiento de que sus resultados serían comparados con el nuevo diseño, de esta manera nos aseguramos de que ellos sean una muestra fiel de nuestra población de estudiantes.

En la propuesta metodológica del diseño de la práctica se consideraron las limitaciones del equipo utilizado y la exactitud de los aparatos de medición involucrados en la práctica, llegando de esta manera a establecerse un límite de validez específico para la práctica analizada.

La práctica analizada es "Sistema de Cuerpos en Equilibrio", esta es la práctica que se ajusto a la propuesta metodológica empleada y fue comparada con la práctica tradicional "Estática: Equilibrio de Fuerzas", obteniendo los resultados mencionados en los párrafos anteriores, en los que algunos resultados equivocados fueron considerados acertados.

Además en ningún momento en la práctica tradicional se establece la *relación que existe entre un modelo teórico y un hecho experimental*, generando una disociación entre el concepto teórico y el hecho experimental, dejando como resultado que no concuerden entre sí formando una idea falsa

en nuestros alumnos de que los resultados teóricos y experimentales no son congruentes.

INTRODUCCIÓN

En los años que llevamos de maestros nos llama la atención las diferencias en los resultados obtenidos teóricamente con los que resultan de la práctica experimental, inicialmente consideramos que esto se debe a las pequeñas aproximaciones en el trabajo matemático y que generalmente despreciamos, estas discrepancias fueron minimizadas por nosotros durante muchos años, siendo esta la respuesta a las diferencias que existen entre los resultados teóricos y los experimentales.

Hemos investigado y nos hemos dado cuenta que estas pequeñas variaciones no son la respuesta a las diferencias que existen entre los resultados teóricos y los experimentales.

Consientes de que debe existir una correspondencia directa entre los hechos experimentales y los teóricos lo anterior representa una disociación de estos conceptos generando dos posiciones entre los estudiantes: una que defiende ampliamente los hechos teóricos y la otra que defiende de igual manera los hechos experimentales.

Sabemos que los conceptos experimentales y teóricos se desarrollan paralelamente y creemos que es una obligación que nuestros maestros logren establecer en las prácticas de laboratorios una estrecha correspondencia entre los elementos teóricos y experimentales.

Nuestros alumnos, confiando en este criterio se han acostumbrado a que estas discrepancias sean comunes, haciendo del trabajo ingenieril un trabajo por aproximaciones, dejando a un lado la importancia de la exactitud en el cumplimiento de las leyes de la física en especial las leyes de la mecánica.

Esta inquietud durante muchos años se mantuvo latente, nos motivó a buscar una respuesta que nos permitiera conocer las causas de estas discrepancias para poder solucionarlas y así mostrar a nuestros estudiantes la naturaleza de la relación entre la teoría y la experimentación.

El objetivo de esta tesis de investigación pretende demostrar que existe un rango de exactitud entre los resultados de las prácticas y los resultados teóricos.

Para alcanzar el objetivo planteado presentamos la siguiente hipótesis: *Un mejor diseño de la práctica y el establecer un rango de exactitud en los resultados experimentales nos permite mostrar la naturaleza de la relación que existe entre los resultados experimentales y los teóricos.*

En el capítulo I presentaremos los errores mas comunes que se encuentran en las prácticas y en el capítulo II presentaremos la forma de diseño de prácticas de laboratorio.

Para verificar nuestra hipótesis nosotros analizaremos una práctica de laboratorio del Área de la Física.

Estudiaremos como actualmente se desarrolla y compararemos con las modificaciones que se realicen a esta práctica para cumplir con la hipótesis presentada, esperando confrontar los resultados para verificar su validez.

La importancia de esta investigación tiene como punto central el hacer confiable y congruente el conocimiento teórico con el experimental, siendo de esta manera un refuerzo para los alumnos en la confianza hacia las investigaciones teóricas para la solución de problemas y confiando que estas tengan repercusiones en la aplicación experimental de dichas soluciones.

CAPITULO I

ANÁLISIS DEL PROBLEMA GENERAL

1.1 ERRORES MAS FRECUENTES EN EL DISEÑO DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO.

Al analizar las practicas de los laboratorios hemos encontrado algunos errores que deseamos mostrar:

Los objetivos no están en función de quien ha de realizar la actividad, además están redactados de tal manera que se pide realizar muchas actividades, no es posible medir las habilidades que se pretenden lograr, no se indica el nivel de precisión o exactitud que se requiere para considerar que el estudiante ha logrado o no el objetivo, no llevan un orden o secuencia acorde al desarrollo del curso.

Las prácticas que realizan nuestros estudiantes son "recetas de cocina" en las cuales ellos solamente siguen una secuencia conductista de los acontecimientos, reaccionando solamente a los estímulos establecidos en la práctica, desechando la posibilidad de utilizar el método científico en la realización de la misma.

No se toman en cuenta los márgenes de error de los instrumentos de medición utilizados en las prácticas.

Los instrumentos utilizados para la medición son con frecuencia inadecuados.

1.2 TIPOS Y FORMAS DE IMPARTICION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO

Durante mucho tiempo no se estableció un tipo y forma estandarizado en la impartición de las prácticas de laboratorio, la necesidad de mejorar estas nos llevó a preguntarnos si existía una estandarización de ellas.

Encontramos que existe una estandarización en los tipos y formas de impartición de las prácticas de laboratorio teniendo cada una de ellas aspectos importantes a resaltar para lograr los objetivos trazados en cada una de ellas. A continuación mostramos los tipos y formas de impartición propuestos.

Cuando se habla de tipos y formas de las prácticas de laboratorio tenemos en cuenta dos aspectos :

1, La forma en que el maestro va a organizar a sus alumnos, en su interacción con las instalaciones del laboratorio.

2. Qué función didáctica va a cumplir la práctica de laboratorio que se va a impartir.

El primer aspecto se refiere a los tipos o formas organizativas de las prácticas de laboratorio. El segundo a los tipos y formas de acuerdo a su función didáctica.

Así pueden definirse formas organizativas como:

a) Laboratorio frontal: es aquel en el que todos los estudiantes realizan los mismos ejercicios al mismo tiempo, orientados por el profesor. Debe tenerse en cuenta la disponibilidad de suficiente equipo para todos los estudiantes. Presenta la ventaja de poderse llevar paralelo al curso de teoría, ya que todos los estudiantes realizan el estudio del mismo fenómeno, reafirmando los conocimientos del curso.

b) Laboratorio por ciclos: es aquel en el que los estudiantes realizan ejercicios experimentales diferentes, de modo que en cada sesión de trabajo, en el laboratorio, el estudiante va pasando de una instalación a otra. Está principalmente determinado por la falta de equipamiento, generalmente un

ejemplar de cada equipo y por ello solo una pareja o trío de estudiantes puede realizar un ejercicio a la vez. Desde el punto de vista de su sincronización con el curso teórico esta forma de laboratorio no es muy recomendable ya que se da el caso de que un estudiante realice un ejercicio del que aún no ha recibido las clases teóricas o de otro estudiante que realiza un ejercicio que ya hace mucho recibió las clases. Por otra parte permite un cierto ahorro de equipo de laboratorio. .

c) Laboratorio secuencial: es aquel en el cual en la misma sesión de laboratorio existen diferentes instalaciones, referidas a un tema de estudio y los grupos de estudiantes, van pasando de una a otra, de forma que todos los grupos de estudiantes pasan por todas las instalaciones en el curso del turno de clase de laboratorio. Nótese la diferencia con el tipo anterior, ya que aquí las diferentes instalaciones están relacionadas y además la rotación, de los estudiantes por los diferentes puestos, se produce en el mismo turno de clase.

d) Laboratorio equivalente: es aquel laboratorio donde existen instalaciones diferentes pero relacionadas con el mismo tema. Pueden ser instalaciones para el estudio de diferentes fenómenos del mismo tipo o diferentes aspectos del mismo fenómeno. Cada grupo de estudiantes realiza el ejercicio en una de las instalaciones, sin pasar por las otras, y luego al final de la clase se realiza una discusión colectiva entre todos los equipos, con la obtención de conclusiones. Esto permite un estudio más completo y una integración de los conocimientos obtenidos por los diferentes grupos de estudiantes. Se considera que este tipo de laboratorio es muy beneficioso por los aspectos de discusión e integración de los conocimientos que se realiza al final. Además permite un desarrollo del trabajo en grupo. Debe tenerse en cuenta que las diferentes instalaciones permitan el desarrollo de similares habilidades de medición y que los tiempos necesarios para la realización de cada ejercicio sean aproximadamente iguales. Nótese la diferencia con el tipo anterior, donde los estudiantes pasan por todos los puestos y en este tipo, al contrario, no se les permite observar qué hacen en los otros puestos, para que

la explicación la reciban de sus compañeros al final de la clase. A todos los alumnos se les exige conocer todos los fenómenos o aspectos vistos por todos los equipos de estudiantes, por lo cual unos a otros se van a exigir una explicación detallada. Son los propios estudiantes los que "califican" el trabajo de sus compañeros.

Otro aspecto a tener en cuenta en las formas de impartición es la función didáctica que va a cumplir la clase de laboratorio, o sea qué perseguirnos con la clase dada. De acuerdo a este criterio podemos definir las siguientes formas:

a) Laboratorio introductorio: es el laboratorio realizado con el objetivo de introducir un tema o fenómeno. Generalmente se asocian a la motivación que puede crear en el estudiante la observación directa de un nuevo fenómeno para posteriormente desarrollar su estudio. A veces se realiza el estudio del fenómeno en forma cualitativa, sin mediciones, solo para captar las características esenciales del fenómeno o sus regularidades principales.

b) Laboratorio de comprobación: es aquel donde el estudiante realizará una experiencia de la cual ya conoce el resultado, como puede ser comprobar una ley o una característica conocida de un fenómeno. Su función está relacionada con la reafirmación de los conocimientos ya impartidos y la relación entre la teoría impartida y la práctica. Aquí pueden comprobarse la validez de los modelos y teorías estudiados, en las condiciones reales del experimento. Muchos autores señalan que éste tipo de laboratorio es el más "pobre", ya que el estudiante conoce de antemano la respuesta a la interrogante que tiene. Sin embargo muchas veces este tipo de laboratorio es precisamente el más utilizado. Puede ser sin embargo un momento importante para discutir aspectos como la validez de los conocimientos impartidos' y los errores que se cometen en un proceso de medición. .

c) Laboratorio inductivo o de descubrimiento: es aquel laboratorio donde el estudiante debe por si mismo "descubrir" el nuevo conocimiento que se le presenta. Desde el punto de vista motivacional parece ser el tipo más beneficioso de laboratorio y el que más se asemeja al verdadero trabajo

científico, pues el estudiante no conoce lo que va a descubrir. Requiere de una adecuada planificación y un buen equipamiento, pues el descubrimiento de leyes "incorrectas" puede llevar a dificultades con el posterior aprendizaje. Asimismo el material que el estudiante tenga de guía debe ser confeccionado con cuidado pues un material demasiado detallado elimina la interrogante planteada y un material demasiado escueto no posibilita que el estudiante trabaje solo.

d) Laboratorio de ampliación: es aquel que se desarrolla para ampliar el estudio de un fenómeno o tema. Puede utilizarse con estudiantes aventajados, para los cuales la realización de los ejercicios normales resulta poco pues los realizan muy rápido. También pueden utilizarse para aumentar la motivación de ciertos grupos de estudiantes hacia el estudio de otros aspectos nuevos del fenómeno donde, por ejemplo, el modelo aplicado no "funcione" del todo bien para describir la situación estudiada.

CAPITULO II

EL MÉTODO CIENTÍFICO Y EL MANEJO DE LA INCERTIDUMBRE COMO APOYO A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

2.1 DISEÑO DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO

Para fundamentar el diseño de una práctica de laboratorio presentamos los aspectos a considerar en la elaboración de esta.

Pasos¹ para realizar el diseño de una práctica de laboratorio:

1) Conocimiento y entrenamiento con el equipo que se utilizará a fin de conocer sus posibilidades, exactitud, posibles errores y cuidados en la operación. Conocimiento del instructivo del equipo y manejo.

2) Planteamiento de los objetivos y habilidades de la práctica de laboratorio de acuerdo a:

- . Posibilidades del equipo
- . Objetivos y contenido del curso de Física.
- . Tiempo disponible para la práctica.
- . Tipo de laboratorio a desarrollar.
- . Relación en tiempo con el curso.
- . Situación en el semestre.

3) Definición del tipo de laboratorio (organizativo y didáctico) teniendo en cuenta el número de equipos disponibles y el número de alumnos. Definición de la metodología a utilizar.

4) Diseño de los ejercicios prácticos a realizar, por los alumnos, de forma que se cumplan los objetivos y habilidades planteados. Tener en cuenta la realización de algún ejercicio extra.

5) Realización de las mediciones, para comprobar la correspondencia con los objetivos, *posibilidades reales, tiempo de ejecución* , etc.

¹ M.C. Gabriel Martínez Alonso. Catedrático de la Universidad de Camagüey. Cuba.

- 6) Procesamiento de los resultados de las mediciones. Cálculo de errores. Tabulación de resultados posibles de la práctica.
- 7) Escritura del material a entregar a los alumnos.
- 8) Presentación y entrega del diseño de la práctica, con los resultados completos.

2.2 INCERTIDUMBRE EN CANTIDADES CALCULADAS

CONCEPTOS CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS

Los conceptos pueden clasificarse como cualitativos y cuantitativos; los primeros dependen de la apreciación personal porque todavía no existen escalas universales para medirlos; entre muchos ejemplos se pueden citar: *olor, sabor, neurosis, belleza, etc.* (aunque en los concursos de belleza se establezcan puntuaciones, no se puede negar que depende de la apreciación subjetiva de los jurados). En lo que se refiere a conceptos cuantitativos, son aquellos a los que se les puede asignar un valor por medio de una medición previa, como temperatura, humedad, fuerza, velocidad, etc.

Existen teorías que relacionan conceptos cualitativos, como la teoría de la evolución de las especies de Darwin; pero se prefieren aquellas que relacionan conceptos cuantitativos por medio de ecuaciones matemáticas.

Se dice que cuando se logra cuantificar un concepto, se tiene un gran avance en su comprensión; pasar del concepto cualitativo de temperatura, a su medición; permitió el nacimiento de la termodinámica. Este punto se dedicará a estudiar la manera en que se asignan valores numéricos a nuestros conceptos *cuantitativos*.

MEDIDAS E INCERTIDUMBRES

La parte central de un experimento consiste en medir las constantes y variables involucradas, junto con una estimación de nuestra confianza en los valores medidos. Siempre que se mide algo, lo que en realidad se está haciendo es comparar la magnitud de nuestra variable, con cierta magnitud

patrón. El resultado de una medida depende de lo que se está midiendo, con qué se está midiendo y quién está midiendo; y que la precisión requerida en la medida depende del uso que se le vaya a dar al resultado, de modo que es necesario considerar todo el proceso en conjunto. El resultado de toda medida es un intervalo dentro del cual esperamos se encuentre el valor "real" del objeto medido; dicho intervalo se expresa como un valor central m y una incertidumbre o error Δm , como semiancho del intervalo.

Debido a que una medida puede ser afectada por muchas causas, desde cambios de temperatura hasta errores numéricos, al escribir los datos, es necesario repetirla varias veces; se pueden distinguir dos tipos de resultados, los que repiten y los que no. Si al medir varias veces se obtiene siempre el mismo valor, el intervalo de incertidumbre dependerá del valor de la mínima división de la escala o de la exactitud garantizada por el fabricante. Si cada vez que se mide se obtiene un valor diferente, conforme aumenta el número de medidas se delimita un intervalo que las contiene a todas, dicho intervalo se llama máximo error posible. Puede lograrse que una medida repetitiva se convierta en una no repetitiva, aumentando la sensibilidad del equipo de medida, o sea que la repetibilidad es indicio de que estamos limitados por el instrumento, del cual no se podrá obtener mayor precisión.

Es responsabilidad del experimentador el hacer una estimación realista del ancho del intervalo de error o incertidumbre; ya que si lo da más grande de lo que es, no le está haciendo justicia a su experimento, y, si lo da más pequeño, quienes den por bueno su trabajo pueden desviar en dirección equivocada los trabajos posteriores que en él se basen.

Concretando, ninguna cantidad física puede medirse exactamente, lo cual hace indispensable determinar un intervalo dentro del cual, confiamos, se encuentra la magnitud medida. A dicho intervalo se le llama error experimental.

Para nuestra investigación utilizamos el cálculo de la incertidumbre en funciones de dos variables utilizando la ecuación²

² Experimentación Una Introducción a la teoría de Mediciones y al Diseño de experimentos. D.C. Baird

$$z = f(x, y)$$

la cantidad apropiada para calcular δz es la diferencial total dz , que está dada por:

$$dz = \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy$$

Tomaremos esta diferencial y la trataremos como una diferencia finita δz que se puede calcular a partir de las incertidumbres δx y δy . Esto es:

$$\delta z = \frac{\partial f}{\partial x} \delta x + \frac{\partial f}{\partial y} \delta y$$

CAPITULO III

CASO PRACTICO

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Tomaremos como referencia de investigación la siguiente práctica desarrollada en el Área de Física que actualmente se imparte "Equilibrio de Fuerzas".

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

INSTRUCTIVO DE LABORATORIO
FÍSICA I

PRACTICA No. 6

ESTÁTICA
(EQUILIBRIO DE FUERZAS)

NOMBRE: _____ No.MAT. _____

BRIGADA: _____ CATEDRATICO: _____

PRACTICA No. 6

ESTÁTICA : EQUILIBRIO DE FUERZAS.

OBJETIVO :

- 1.- Medir magnitudes y direcciones de varias fuerzas aplicadas a un cuerpo para mantenerlo en equilibrio.
- 2.- Comprobar los resultados experimentales por medio de un análisis teórico de suma de fuerzas.

CONCEPTOS Y DEFINICIONES :

La dinámica es la parte de la mecánica que estudia las causas del movimiento y el reposo.

La dinámica estudia los efectos que producen las fuerzas que actúan sobre un cuerpo. La fuerza es la acción que un cuerpo ejerce sobre otro y que normalmente le produce a este último, una aceleración o contrarresta el efecto de otras fuerzas que actúan también sobre el cuerpo, manteniéndolo en equilibrio.

La dinámica se rige básicamente con tres leyes, conocidas como las leyes de Newton.

La primera establece que si las sumas de las fuerzas (Fuerza resultante) que actúan sobre un cuerpo es cero, el cuerpo o se mantiene en reposo o se mueve con velocidad constante; según como se encontraba antes de que se le aplicaran las fuerzas.

INSTALACIÓN Y EQUIPO :

* *Mesa de fuerzas* : Es un disco de acero inoxidable montado sobre un soporte, también de acero inoxidable, que está atomillado a un tripie. El tripie cuenta con tres tornillos niveladores.

(Precaución : Al usar la mesa de fuerzas, estará ya nivelada, evite por lo tanto girar los tornillos niveladores).

* *Carátula graduada* : Es una hoja de papel en forma circular que tiene grabado un sistema de ejes rectangulares y una graduación de 0-360°. Esta carátula se monta sobre la mesa de fuerzas y sirve para trazar los vectores fuerza.

* *Portapolea* : Es el dispositivo que sostiene una polea. En su interior tiene un electroimán que al ser energizado permitirá, por medios magnéticos, que el portapolea quede sujeto a la mesa de fuerzas. Cada mesa cuenta con tres portapoleas numerados. Los números permiten conectar los cables de los portapoleas de manera adecuada al sistema de retención.

* *Sistema de retención* : Es un dispositivo electrónico que proporciona el voltaje adecuado a los electroimanes de los portapoleas para mantenerlos sujetos a la mesa de fuerzas.

En la parte posterior de este dispositivo se encuentran cuatro conexiones numeradas, en la que se conectan los cables de los portapoleas correspondientes. En la parte frontal cuenta con cuatro interruptores de botón numerados. Cuando uno de estos botones se oprime se corta la energía del portapoleas correspondiente, permitiendo cambiarlo a una nueva posición.

* *Anillo* : Anillo metálico sobre el que actuarán las fuerzas que lo mantendrán en equilibrio.

Este anillo se coloca en la espiga que sobresale en el centro de la mesa de fuerzas.

OPERACIONES :

1.- Inserte el anillo en la espiga que esta en el centro de la mesa de fuerzas.

2.- Fije el portapolea # 1 de manera que la cuerda que sostendrá las pesas concuerde con la marca 0° de la carátula graduada.

3.- Fije los portapoleas # 2 y # 3 en las posiciones (De la carátula graduada) En las que considere se lograra el equilibrio del anillo. En cada caso tome en cuenta las masas que se usaran.

4.- Coloque los ganchos de las cuerdas en el anillo y haga pasar estas por sus respectivas poleas.

5.- Coloque las masas, que en cada caso se indiquen, en los portapesas.

6.- Pruebe distintas posiciones para los portapoleas # 2 y # 3 hasta lograr el equilibrio del anillo.

(El anillo estará en equilibrio cuando no este en contacto con la espiga en la que se inserto).

DESARROLLO :

Realice las operaciones de la 1 a la 6 de la sección anterior en cada uno de los siguientes casos :

Caso # 1 : $M_1 = 0.05 \text{ kg.}$; $M_2 = 0.05 \text{ kg.}$; $M_3 = 0.05 \text{ kg.}$

Caso # 2: $M_1 = 0.15 \text{ kg;}$ $M_2 = 0.1 \text{ kg;}$ $M_3 = 0.1 \text{ kg}$

Caso # 3 : $M_1 = 0.2 \text{ kg;}$ $M_2 = 0.15 \text{ kg;}$ $M_3 = 0.1 \text{ kg}$

El subíndice numérico en las masas indica el número de la polea que sostendrá dichas masas, así M_1 es la masa que sostendrá la polea # 1 etc.

Para cada caso :

1.- Calcule las magnitudes de las fuerzas que logren el equilibrio del anillo. Se designaran como F_1 , F_2 y F_3 . (En Newton).

2.- Haga un diagrama de las fuerzas, haciendo coincidir la recta $0^\circ - 180^\circ$ con el eje "x" y la recta $90^\circ - 270^\circ$ con el eje "y".

3.- Mida e indique en el diagrama anterior las direcciones (ángulos) de las fuerzas. Los ángulos se designaran como θ_1 , θ_2 y θ_3 y serán los ángulos que las fuerzas forman con el eje X.

4.- Con los datos recabados compruebe analíticamente si se cumplen (aproximadamente) las condiciones de equilibrio :

Caso # 1.

Análisis Matemático.

Caso # 2.

Análisis Matemático.

Caso # 3.

Análisis Matemático.

Los resultados elaborados por alumnos de distintas brigadas que realizaron esta práctica los usaremos como referencia de nuestra investigación, fueron tomados al azar de la población de alumnos que tomaron el curso de Mecánica.

Los cálculos realizados por dichos estudiantes se encuentran en el **Apéndice I**.

A continuación presentaremos los cálculos para encontrar el porcentaje de error que obtuvieron los estudiantes al realizar su práctica utilizando los datos encontrados por ellos:

CASO A1.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$0.49 \text{ J} - 0.49 \text{ J} = 0$$

$$0 = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.49 \text{ Sen } 60^\circ - 0.49 \text{ Sen } 60^\circ = 0$$

$$0 = 0$$

CASO A2.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$0.98 \text{ J} - 1.12 \text{ J} = 0$$

$$-0.14 = 0$$

Error relativo = 14.28 %

$$\Sigma F_y = 0$$

$$1.47 \text{ Sen } 45^\circ = 0.98 \text{ Sen } 85^\circ$$

$$1.04 - 0.98 = 0$$

$$0.06 = 0$$

Error relativo = 6.12 %

CASO A3.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$1.11 - 1.26 + 0.13 = 0$$

$$1.11 - 1.26 = 0$$

$$-0.15 = 0$$

Error relativo = 13.51 %

$$\Sigma F_y = 0$$

$$1.96 \text{ Sen } 50^\circ - 1.47 \text{ Cos } 5^\circ = 0$$

$$1.50 - 1.46 = 0$$

$$0.04 = 0$$

Error relativo = 2.74 %

CASO B1.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$0.49 J - 0.5 J = 0$$

$$-0.01 = 0$$

Error relativo = 2.04 %

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.49 \text{ Sen } 58^\circ - 0.49 \text{ Sen } 61^\circ = 0$$

$$0.01 = 0$$

Error relativo = 2.38 %

CASO B2.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$0.98 J - 0.92 J = 0$$

$$-0.06 = 0$$

Error relativo = 6.5 %

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.98 \text{ Sen } 34^\circ = 0.49 \text{ Sen } 77^\circ$$

$$0.55 - 0.47 = 0$$

$$0.08 = 0$$

Error relativo = 17.02 %

CASO B3.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$1.96 - 0.58 - 1.22 = 0$$

$$1.96 - 1.8 = 0$$

$$- 0.16 = 0$$

Error relativo = 8.88 %

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.98 \text{ Sen } 54^\circ - 1.47 \text{ Sen } 34^\circ = 0$$

$$0.80 - 0.82 = 0$$

$$- 0.02 = 0$$

Error relativo = 2.5 %

CASO C1.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$0.49 \text{ J} - 0.49 \text{ J} = 0$$

$$0 = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.49 \text{ Sen } 60^\circ - 0.49 \text{ Sen } 60^\circ = 0$$

$$0 = 0$$

CASO C2.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$1.47 \text{ J} - 1.38 \text{ J} = 0$$

$$-0.09 = 0$$

Error relativo = 6.5 %

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.98 \text{ Sen } 45^\circ = 0.98 \text{ Sen } 45^\circ$$

$$0 = 0$$

CASO C3.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$1.96 - 1.20 - 0.63 = 0$$

$$1.96 - 1.83 = 0$$

$$-0.13 = 0$$

Error relativo = 7.10 %

$$\Sigma F_y = 0$$

$$1.47 \text{ Sen } 35^\circ - 0.98 \text{ Sen } 50^\circ = 0$$

$$0.84 - 0.75 = 0$$

$$-0.09 = 0$$

Error relativo = 12 %

Estos fueron los análisis del error relativo encontrado en los resultados obtenidos por cada uno de los tres estudiantes durante el desarrollo de la práctica.

Estos errores fueron calculados para posteriormente analizarlos y definir si nuestra hipótesis tiene validez o no. Estos alumnos no estaban enterados que sus resultados serían analizados esto nos permite confiar que esta es una muestra representativa de nuestros estudiantes que realizan esta práctica, representando un comportamiento estándar en la elaboración de la práctica.

3.2 PROPUESTA METODOLOGICA

Proponemos que esta práctica sea desarrollada bajo el siguiente esquema, para mostrar de forma contundente la relación que existe entre el modelo teórico y el sistema analizado.

PRACTICA # 5 **SISTEMA DE CUERPOS EN EQUILIBRIO.**

OBJETIVO: El Alumno verificará si las condiciones teóricas de equilibrio se cumplen en un caso práctico, estableciendo un error relativo de un **11.28%**.

HABILIDADES

GENERALES:

- * Realizar la observación de 3 objetos en equilibrio, unidos por un sistema de poleas y cuerdas.
- * Comparará el modelo de suma de fuerzas igual a cero (Primera Ley de Newton) contra los datos obtenidos en el sistema.
- * Discutirá los resultados obtenidos en el grupo.
- * Informará por escrito acerca del experimento realizado y los pasos desarrollados en el mismo.

PRACTICA:

- * Mediciones de masas de los cuerpos.
- * Mediciones de los ángulos de las cuerdas en condiciones de equilibrio.
- * Manejo correcto de la Mesa de Fuerzas.
- * Manejo correcto de la Balanza.
- * Manejo correcto del Sistema de Retención de las Poleas.
- * Recopilación de datos.
- * Procesamiento de datos experimentales.
- * Presentación de un informe por escrito.

* Elaboración de diagramas de Fuerza.

DE CONOCIMIENTO:

* Comprobar que el sistema se ajusta al modelo de Suma de Fuerzas igual a cero (Primera Ley de Newton)

EQUIPAMIENTO:

Mesa de Fuerzas: Es un disco de acero inoxidable montado sobre un soporte, también de acero inoxidable, que esta atornillado a un tripie. El tripie cuenta con tres tornillos niveladores. (Precaución: Al usar la mesa de fuerzas, estará ya nivelada, evite por lo tanto girar los tornillos niveladores).

1. Conjunto de Masas: Estas son discos de bronce de diferentes masas.

2. Sistema de Retención: Es un dispositivo electrónico que proporciona el voltaje adecuado a los electroimanes de los portapoleas para mantenerlos sujetos a la mesa de fuerzas. En la parte posterior de este dispositivo se encuentran cuatro conexiones numeradas, en la que se conectan los cables de los portapoleas correspondientes. En la parte frontal cuenta con cuatro interruptores de botón numerados. Cuando uno de estos botones se oprime se corta la energía del portapoleas correspondiente, permitiendo cambiarlo a una nueva posición.

3. Cuerdas: La cuerda tiene en un extremo un gancho que sujeta el anillo y en el otro extremo un portapesas en el que se insertan las masas.

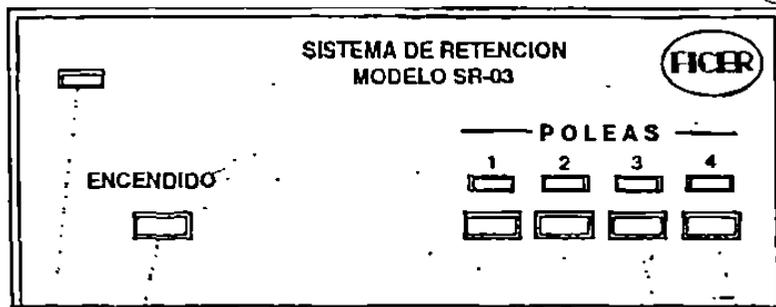
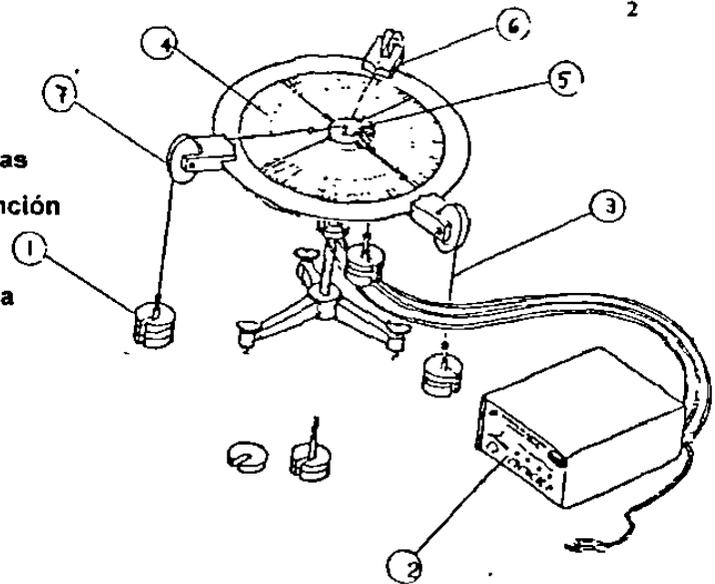
4. Plantilla graduada: Es una hoja de papel en forma circular que tiene grabado un sistema de ejes rectangulares y una graduación de 0° a 90° en cada cuadrante. Esta plantilla se monta sobre la mesa de fuerzas y sirve para trazar los vectores fuerza.

5. Anillo: Anillo metálico sobre el que actuarán las fuerzas que lo mantendrán en equilibrio. Este anillo se coloca en la espiga que sobresale en el centro de la mesa de fuerzas.

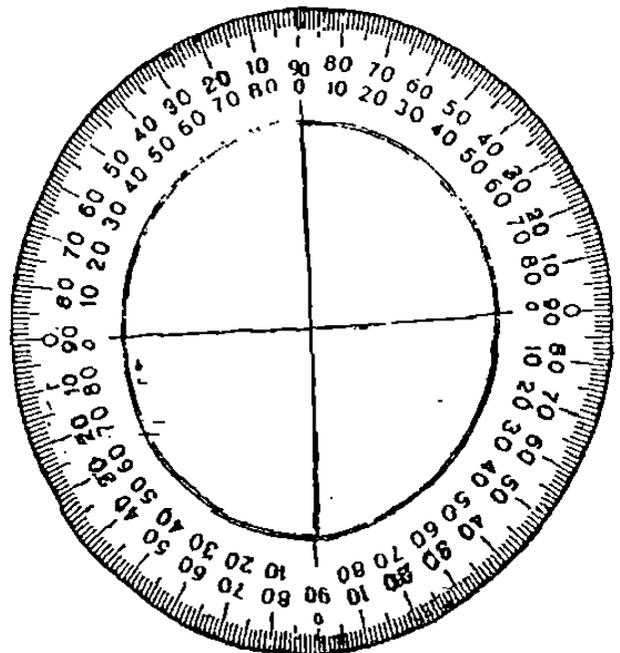
6. Portapolea: Es el dispositivo que sostiene una polea. En su interior tiene un electroimán que al ser energizado permitirá, por medios magnéticos, que el portapolea quede sujeto a la mesa de fuerzas. Cada mesa cuenta con tres portapoleas numerados. Los números permiten conectar los cables de los portapoleas de manera adecuada al sistema de retención.

7. Poleas: Usadas para cambiar la dirección de las cuerdas que sostienen las masas.

Balanza: Usada para medir las masas de los cuerpos con 0.1 gr. de error.

EQUIPAMIENTO:**Mesa de Fuerzas****1. Conjunto de Masas****2. Sistema de Retención****3. Cuerdas****4. Plantilla graduada****5. Anillo****6. Portapolea****7. Poleas****Balanza**

Vista frontal del Sistema de Retención.

Plantilla graduada.**FIGURA 3.2 EQUIPAMIENTO DE LA PRACTICA**

TIPO DE LABORATORIO:

Tipo Organizativo: Laboratorio Equivalente.

Función Didáctica: Laboratorio de Comprobación Tradicional con final Divergente.

METODOLOGÍA:

Se le mostrará el funcionamiento del equipo mediante una exposición de tipo introductorio, donde el maestro empleará 3 masas de la misma magnitud para lograr el equilibrio de las mismas.

En seguida, se dividirá el grupo en equipos, donde a cada equipo se le dará un conjunto de diferentes masas (3) y se le pedirá que logre el equilibrio de ellas registrando las condiciones para lograrlo.

Se discutirá en conjunto los resultados obtenidos por cada equipo, para concluir qué modelo describe el sistema.

Comprobará si el modelo es o no adecuado al sistema.

RELACIÓN DE LA PRACTICA 5 “EQUILIBRIO” CON EL CURSO DE FÍSICA:

Primera Ley de Newton.

PRACTICAS DEL LABORATORIO DE FÍSICA I.

1. Observación del movimiento uniforme con identificación de variables significativas.
2. Movimiento con aceleración constante, graficar y descubrir diferencias entre modelo y fenómeno.

3. Caída libre: mediciones con manejo de error. Para el sistema existe un modelo.
4. Proyectiles: Principio de superposición y elaboración de informe escrito.
5. Equilibrio: Comprobación de que el modelo se cumple en el sistema.
6. Segunda Ley de Newton: repite habilidades de 1 a 5
7. Sistema masa-resorte: dar hipótesis y que la comprueben.
8. Conservación de energía: experimento dado y que den hipótesis.
9. Choques: definan hipótesis y diseñen el experimento con el equipo proporcionado.

CONTENIDO DE LA PRACTICA 5 (EQUILIBRIO: Comprobación de que el modelo cumple con el sistema)

EJERCICIOS PLANTEADOS:

1. El primer ejercicio es el que realizará el maestro y lo hará con masas casi iguales.

Los siguientes ejercicios serán realizados por los alumnos:

2. Otro ejercicio tendrá 2 masas iguales y una diferente.
3. Este ejercicio tendrá las 3 masas diferentes.

MEDICIONES REALIZADAS:

Estas mediciones fueron realizadas para determinar el porcentaje de error permitido a los alumnos en la obtención de los resultados experimentales de la práctica.

Este análisis es para uso del maestro.

CASO 1. Masas casi iguales.

Masas (gr.)	Ángulo (grados)	Fuerza (dinas)
F_1		
50.8	0	49784
49.5	29	48510
50.9	30	49882

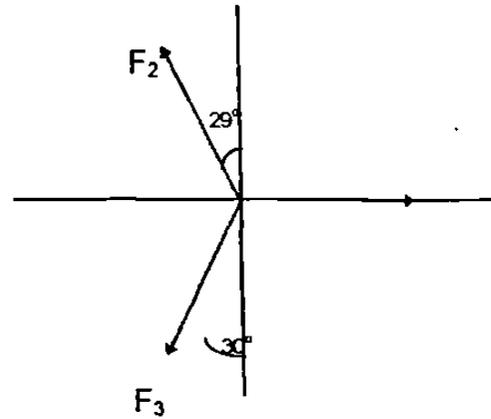


FIGURA 3.3 DIAGRAMA DE FUERZAS CASO 1

CASO 2. Dos masas iguales y una diferente.

Masas (gr.)	Ángulo (grados)	Fuerzas (dinas)
F_1		
100.0	0	98000
150.6	22	147588
150.6	19	147588

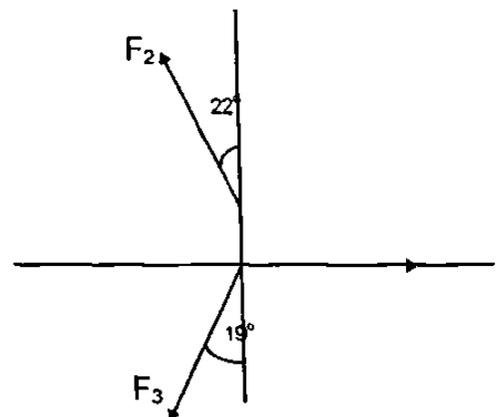


FIGURA 3.4 DIAGRAMA DE FUERZAS CASO 2

CASO 3. Masas diferentes.

Masas (gr.)	Ángulo (grados)	Fuerza (dinas)
152.1	0	149058
49.5	31	48510
102.5	15	100450

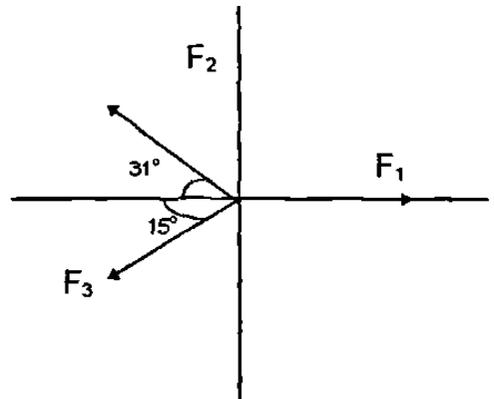


FIGURA 3.5 DIAGRAMA DE FUERZAS CASO 3

INCERTIDUMBRE DE LA MASA : 0.1 gr.

INCERTIDUMBRE DEL ÁNGULO: 1°

ERROR RELATIVO DE Fx

$$\frac{\delta F_x}{F_x} = \frac{\delta m}{m} + \operatorname{tg} \alpha \, d\alpha$$

ERROR RELATIVO DE Fy

$$\frac{\delta F_y}{F_y} = \frac{\delta m}{m} + \frac{d\alpha}{\operatorname{tg} \alpha}$$

Para calcular el error relativo máximo de la masa se sustituyó la masa menor, dado que las componentes F_x y F_y son dependientes entre sí y puesto que el error relativo del ángulo depende de la función tangente se decidió limitar el ángulo a valores no mayores de 45° . Estableciendo de esta manera los límites del sistema analizado.

ERROR RELATIVO DE Fx

$$\frac{\delta F_x}{F_x} = 0.0376$$

Este es el error calculado para cada componente en x, como en todos los casos se suman 3 componentes el error total es 0.1128 que expresado en porcentaje es de **11.28%**

ERROR RELATIVO DE Fy

$$\frac{\delta F_y}{F_y} = 0.0376$$

Este es el error calculado para cada componente en y, como en todos los casos se suman 2 componentes el error total es 0.0752 que expresado en porcentaje es un **7.52 %**

A continuación presentamos el cálculo de del error relativo para cada uno de los casos .

CASO 1.

$$\Sigma F_x (+) = \Sigma F_x (-)$$

$$49784 \text{ dinas} = 48459 \text{ dinas}$$

$$\text{Error relativo} = (49784 - 48459) / 48459 = 0.027$$

En términos de porcentaje para $\Sigma F_x = 2.7\%$

$$\Sigma Fy (+) = \Sigma Fy (-)$$

$$42427 \text{ dinas} = 43199 \text{ dinas}$$

$$\text{Error relativo} = (42427 - 43199) / 43199 = - 0.017$$

En términos de porcentaje el error relativo en la $\Sigma Fy = 1.7\%$

CASO 2.

$$\Sigma Fx (+) = \Sigma Fx (-)$$

$$98000 \text{ dinas} = 103336 \text{ dinas}$$

$$\text{Error relativo} = (98000 - 103336) / 98000 = - 0.054$$

En términos de porcentaje el error relativo en la $\Sigma Fx = 5.4\%$

$$\Sigma Fy (+) = \Sigma Fy (-)$$

$$136841 \text{ dinas} = 139547 \text{ dinas}$$

$$\text{Error relativo} = (136841 - 139547) / 136841 = - 0.019$$

En términos de porcentaje el error relativo en la $\Sigma Fy = 1.9\%$

CASO 3.

$$\Sigma Fx (+) = \Sigma Fx (-)$$

$$149058 \text{ dinas} = 138608 \text{ dinas}$$

$$\text{Error relativo} = (149058 - 138608) / 138608 = 0.075$$

En términos de porcentaje el error relativo en la $\Sigma Fx = 7.5\%$

$$\Sigma F_y (+) = \Sigma F_y (-)$$

$$24984 \text{ dinas} = 25998 \text{ dinas}$$

$$\text{Error relativo} = (24984 - 25998) / 24984 = -0.040$$

En términos de porcentaje el error relativo en la $\Sigma F_y = 4.0\%$

CONCLUSIONES:

1. Observando los resultados obtenidos en el experimento y tomando en cuenta los resultados de la incertidumbre concluimos que el sistema se ajusta al modelo.
2. Los errores de la masa y del ángulo se suman, pues ambos valores son significativos.
3. El error del ángulo es más susceptible a variación que el error de la masa debido a la función tangente, por esta razón se utilizaron ángulos menores o iguales a 45° .

EJERCICIOS EXTRAS A PLANTEAR A LOS ALUMNOS.

Estos ejercicios podrán ser asignados a aquellos alumnos que demuestren una capacidad mayor en la realización del experimento.

1. Repetir el caso de 2 masas iguales y una diferente colocando la referencia (0°) en una fuerza distinta a la indicada anteriormente.
2. Realice el experimento utilizando 4 masas, pero que sean pares, es decir, 2 masas iguales y las otras 2 diferentes a las primeras pero iguales entre sí.

MATERIAL PARA LOS ALUMNOS.

PRACTICA # 5

SISTEMA DE CUERPOS EN EQUILIBRIO.

Objetivo: El alumno verificará si las condiciones teóricas de equilibrio se cumplen en un caso práctico, estableciendo un error relativo de **11.28 %**.

En este caso se estudiará un sistema compuesto de tres cuerpos suspendidos de cuerdas que se encuentran atadas a un anillo y pasa cada una de ellas por una polea.

Se considerará que la masa de las cuerdas es despreciable con respecto a las masas de los cuerpos (no extensibles).

Las instrucciones de manejo de todos los equipos se encuentran en los instructivos correspondientes, por lo cual debe consultarlos en caso de dudas.

Mida las masas que componen el sistema.

Fije una de las poleas y deslice las otras dos hasta lograr el equilibrio del sistema.

Observe que el anillo quede centrado con respecto al vástago de la mesa de fuerzas, gire la plantilla para hacer coincidir una de las cuerdas con la marca 0° .

Los ángulos medidos sobre la plantilla no podrán ser mayores de 45° .

En el caso de dos masas iguales y una diferente, la cuerda de la masa diferente deberá coincidir con la masa de 0° de la plantilla.

PROCESAMIENTO:

Una vez hechas las mediciones de las masas y los ángulos, calcule las fuerzas del sistema y haga un diagrama vectorial de las mismas.

El modelo predice que la sumatoria de fuerzas de un sistema en equilibrio es igual a cero.

$$\Sigma F = 0$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

Verifique si el modelo es adecuado al sistema.

CONCLUSIONES:

Concluya acerca de la aproximación de los datos experimentales con el modelo teórico de un sistema en equilibrio.

¿Qué elementos comunes y diferentes encuentra en la exposición de resultados de los distintos equipos?

La presentación de los resultados finales de la práctica se entregará por escrito en la siguiente sesión para su evaluación.

RECOMENDACIONES:

Leer el capítulo 4 del libro "Experimentación" de D.C. Baird.

Aquí termina el material diseñado con las modificaciones propuestas para que sea proporcionado al estudiante, el cual utilizará para la realización de la práctica que se analiza en la presente tesis.

3.3 COMPARACIÓN ENTRE LA SITUACIÓN ACTUAL Y LA PROPUESTA METODOLOGICA.

Realizaremos un comparación entre los resultados obtenidos por tres estudiantes que fueron presentados en el punto 3.1 y el rango de error encontrado en el punto 3.2 donde mostraremos todos aquellos puntos que fueron pasados por alto en el diseño de la práctica y en su evaluación, además mostraremos algunas áreas de oportunidad donde su pueda desarrollar la actitud de investigación en nuestros estudiantes.

CASO A1.

En este caso reporta las masas y por lo tanto las fuerzas exactamente iguales algo difícil de lograr realmente, actualmente en esta práctica las masas no son medidas por el estudiante, se le dan de dato en el instructivo y no se incluye el rango de error que tienen. Aun así los ángulos (medidos) reportados son los que teóricamente se esperan. Parecería que el estudiante fuerza a los valores medidos. El resultado es que se comprueba exactamente la condición de equilibrio ($\sum F_x$ ó $\sum F_y = 0$) y el estudiante, aunque tal vez satisfecho no percibió la relación entre la teoría y los hechos experimentales.

Esto es, que la teoría es un modelo que dentro de un rango específico de error se ajusta en la realidad y la puede predecir.

Este es un concepto que no ha sido inducido en nuestros estudiantes.

CASO A2.

En la $\sum F_x = 0$, el error relativo = 14.28 % que se tiene, rebasa el límite de 11.28% calculado para las condiciones del sistema y el equipo de medición usado, siendo considerado este resultado como correcto aún cuando se sale de los márgenes de error establecidos. Este resultado se calificó como aceptable indicando, que el maestro desconoce el criterio preciso de cuando la

práctica se ha realizado, por los estudiantes, dentro de los límites aceptables de error. Es probable que el estudiante en este caso se quede con la idea de que "aproximadamente" el modelo se verifica en este sistema, perdiéndose la oportunidad de que se cuestione la similitud entre el modelo teórico propuesto y el sistema analizado.

CASO A3.

Este caso (caso 3), refuerza lo establecido en el caso 2 pues esto se repite de la misma manera el error relativo en X se sale de los límites de validez establecidos.

CASO B1.

En este caso los errores no rebasaron los límites propuestos pero observamos que los ángulos obtenidos por el estudiante difieren de los ángulos teóricos esperados esto no es considerado dentro del reporte de la práctica y es un área de oportunidad para que el estudiante desarrolle la investigación de este fenómeno, perdiéndose esta valiosa oportunidad.

CASO B2.

El error relativo en " y " encontrado por el alumno supera al error relativo propuesto reforzando de esta manera nuestra hipótesis.

CASO B3.

En algunos casos como este ninguno de los errores rebasa el límite propuesto pero aun así no es posible la comparación entre el modelo esperado y el sistema analizado.

CASO C1.

Este caso se analiza de la misma manera que el caso 1 del estudiante A1.

CASO C2.

Estos valores quedaron dentro del rango y se analizan como el caso B3.

CASO C3.

Este caso es similar al caso B2.

Después de analizar todos los casos observamos que cuando menos en un caso de cada estudiante sus resultados fueron tomados de forma correcta aun cuando rebasaron los límites de validez establecidos en nuestro análisis dejando ver una falta de conocimientos acerca de los modelos teóricos y su relación con los hechos experimentales dejando a un lado un área de oportunidad para desarrollar el análisis en la investigación por parte de nuestros estudiantes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de verificar las conclusiones del caso práctico con la propuesta metodológica, que es el diseño de la práctica, tomando como base el establecimiento de rangos de validez y un diseño más estructurado de los cálculos, para nuestros maestros que les permita verificar la validez de los resultados encontrados por los alumnos y evaluarlos de forma correcta en base a dichos rangos de validez.

Podemos concluir que nuestra hipótesis “un mejor diseño de la práctica y establecer un rango de exactitud en los resultados experimentales nos permite mostrar la naturaleza de la relación que existen entre los resultados experimentales y los teóricos”, se cumple.

Al concluir esta investigación pensamos que es posible que esto sea aplicado en cada una de las prácticas que se realicen no solo en los laboratorios del área de mecánica sino también en todas aquellas prácticas de laboratorios donde sea comparado un modelo teórico contra un hecho experimental.

Esta propuesta significa un gran avance en el desarrollo de investigación para nuestros maestros y alumnos, los primeros deberán verificar cada una de las prácticas estableciendo nuevos diseños y rangos de validez para cada una de ellas, esto es una labor ardua en donde la propuesta metodológica presentada puede servir como una guía para la elaboración de las nuevas prácticas.

Romper con las tradiciones establecidas durante muchos años significa un gran avance, siempre y cuando estos avances estén debidamente fundamentados como es este caso.

BIBLIOGRAFÍA

D. C. BAIRD

EXPERIMENTACIÓN. Una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos.

PRENTICE - HALL HISPANOAMERICANA

1996

FERDINAND P. BEER, E. RUSSELL JOHNSTON, JR

MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIEROS

McGRAW-HILL

1990

HECTOR G. RIVEROS, LUCIA ROSAS

EL MÉTODO CIENTÍFICO APLICADO A LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

TRILLAS

1991

JERRY D. WILSON

FÍSICA CON APLICACIONES

McGRAW-HILL

1991

RAYMOND A. SERWAY

FÍSICA

McGRAW - HILL

1996

RICARDO BIRMELE

EXCEL

PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S.A.

1996

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA	NOMBRE	PAG.
3.1	MESA DE FUERZAS	13
3.2	EQUIPAMIENTO DE LA PRACTICA	25
3.3	DIAGRAMA DE FUERZAS CASO 1	28
3.4	DIAGRAMA DE FUERZAS CASO 2	28
3.5	DIAGRAMA DE FUERZAS CASO 3	29

APÉNDICE I

**CÁLCULOS ORIGINALES
REALIZADOS POR EL
ESTUDIANTE “A”**

Caso #1

$$m_1 = 0.05 \text{ Kg.}$$

$$m_2 = 0.05 \text{ Kg}$$

$$m_3 = 0.05 \text{ Kg.}$$

$$F_1 = 0.49 \text{ N}$$

$$F_2 = 0.49 \text{ N .}$$

$$F_3 = 0.49 \text{ N.}$$

$$\theta_1 = 120^\circ$$

$$\theta_2 = 240^\circ$$

$$\theta_3 = 360^\circ$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.49 \text{ N} = 0.49 \text{ N}$$

$$0.42 \text{ N} = 0.42 \text{ N}$$

Caso # 2.

$$m_1 = 0.15 \text{ Kg.}$$

$$m_2 = 0.10 \text{ Kg}$$

$$m_3 = 0.10 \text{ Kg.}$$

$$F_1 = 1.47 \text{ N .}$$

$$F_2 = 0.98 \text{ N .}$$

$$F_3 = 0.98 \text{ N.}$$

$$\theta_1 = 135^\circ$$

$$\theta_2 = 265^\circ$$

$$\theta_3 = 360^\circ$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.98 \text{ N} = 1.12 \text{ N}$$

$$1.04 \text{ N} = 0.98 \text{ N}$$

Caso # 3.

$$m_1 = 0.20 \text{ Kg.}$$

$$m_2 = 0.15 \text{ Kg}$$

$$m_3 = 0.10 \text{ Kg.}$$

$$F_1 = 1.96 \text{ N .}$$

$$F_2 = 1.47 \text{ N .}$$

$$F_3 = 0.98 \text{ N.}$$

$$\theta_1 = 130^\circ$$

$$\theta_2 = 275^\circ$$

$$\theta_3 = 360^\circ$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$1.11 \text{ N} = 1.26 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$1.50 \text{ N} = 1.46 \text{ N}$$

**CÁLCULOS ORIGINALES
REALIZADOS POR EL
ESTUDIANTE “B”**

Caso #1

$$m_1 = 0.05 \text{ Kg.}$$

$$F_1 = 0.49 \text{ N}$$

$$\theta_1 = 0^\circ$$

$$m_2 = 0.05 \text{ Kg}$$

$$F_2 = 0.49 \text{ N}$$

$$\theta_2 = 122^\circ$$

$$m_3 = 0.05 \text{ Kg.}$$

$$F_3 = 0.49 \text{ N.}$$

$$\theta_3 = 241^\circ$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$0.49 \text{ N} = 0.50 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.42 \text{ N} = 0.43 \text{ N}$$

Caso # 2.

$$m_1 = 0.10 \text{ Kg.}$$

$$F_1 = 0.98 \text{ N}$$

$$\theta_1 = 0^\circ$$

$$m_2 = 0.10 \text{ Kg}$$

$$F_2 = 0.98 \text{ N}$$

$$\theta_2 = 146^\circ$$

$$m_3 = 0.05 \text{ Kg.}$$

$$F_3 = 0.49 \text{ N.}$$

$$\theta_3 = 257^\circ$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$0.98 \text{ N} = 0.92 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.55 \text{ N} = 0.47 \text{ N}$$

Caso # 3.

$$m_1 = 0.20 \text{ Kg.}$$

$$m_2 = 0.10 \text{ Kg}$$

$$m_3 = 0.15 \text{ Kg.}$$

$$F_1 = 1.96 \text{ N .}$$

$$F_2 = 0.98 \text{ N .}$$

$$F_3 = 1.47 \text{ N.}$$

$$\theta_1 = 0^\circ$$

$$\theta_2 = 126^\circ$$

$$\theta_3 = 214^\circ$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$1.96 \text{ N} = 1.80 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.80 \text{ N} = 0.82 \text{ N}$$

**CÁLCULOS ORIGINALES
REALIZADOS POR EL
ESTUDIANTE “C”**

Caso #1

$$m_1 = 0.05 \text{ Kg.}$$

$$m_2 = 0.05 \text{ Kg}$$

$$m_3 = 0.05 \text{ Kg.}$$

$$F_1 = 0.49 \text{ N}$$

$$F_2 = 0.49 \text{ N .}$$

$$F_3 = 0.49 \text{ N.}$$

$$\theta_1 = 0^\circ$$

$$\theta_2 = 120^\circ$$

$$\theta_3 = 240^\circ$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$0.49 \text{ N} = 0.49 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.42 \text{ N} = 0.42 \text{ N}$$

Caso # 2.

$$m_1 = 0.15 \text{ Kg.}$$

$$m_2 = 0.10 \text{ Kg}$$

$$m_3 = 0.10 \text{ Kg.}$$

$$F_1 = 1.47 \text{ N .}$$

$$F_2 = 0.98 \text{ N .}$$

$$F_3 = 0.98 \text{ N.}$$

$$\theta_1 = 0^\circ$$

$$\theta_2 = 135^\circ$$

$$\theta_3 = 225^\circ$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$1.47 \text{ N} = 1.38 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.69 \text{ N} = 0.69 \text{ N}$$

Caso # 3.

$$m_1 = 0.20 \text{ Kg.}$$

$$m_2 = 0.15 \text{ Kg}$$

$$m_3 = 0.10 \text{ Kg.}$$

$$F_1 = 1.96 \text{ N .}$$

$$F_2 = 1.47 \text{ N .}$$

$$F_3 = 0.98 \text{ N.}$$

$$\theta_1 = 0^\circ$$

$$\theta_2 = 145^\circ$$

$$\theta_3 = 230^\circ$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$1.96 \text{ N} = 1.83 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$0.84 \text{ N} = 0.75 \text{ N}$$

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Cinemática: Parte de la Mecánica que describe el movimiento.

Cualitativo: Que denota cualidad, el que investiga la naturaleza de los elementos que componen el cuerpo.

Cuantitativo: Perteneciente o relativo a la cantidad

Didáctica: Arte de enseñar.

Dinámica: Parte de la mecánica que estudia y calcula el movimiento y las fuerzas.

Error Absoluto: Límites dentro de los cuales se encuentra una medida. La medida con la que podemos juzgar la calidad del proceso de medición.

Error Relativo: Cociente de incertidumbre absoluta y valor medido

Error Sistemático: Error que aparece cuando algo afecta todas las lecturas de una serie en forma igual o consistente. Por ejemplo mal ajuste del cero en un voltímetro.

Estática: Parte de la mecánica que estudia el equilibrio de los cuerpos.

Laboratorio Divergente: o de final Abierto, por primera vez se aplicó en la Universidad de Denver Colorado. Se trataba de acercar el trabajo del laboratorio de Física a una investigación real, dándole al estudiante la posibilidad de investigar aquellos aspectos del fenómeno que le fueran más interesantes. Generalmente la práctica consistía en dos partes: Los ejercicios y los experimentos. En la parte de ejercicios los estudiantes cumplían un programa de ejercicios dados por el profesor, pero que le habían sido explicados ligeramente. El objetivo de esta parte era que todos los estudiantes conocieran el equipo de que se disponía y además estudiaran algunos aspectos que el profesor consideraba necesarios para todos. Luego de esta parte se pasaba a los experimentos donde era el estudiante lo que se planteaba que quería investigar sobre el fenómeno dado, qué mediciones quiere hacer y obtenga sus propias conclusiones. El profesor interviene sólo

cuando ve que el estudiante no puede y aun así solo sugiere algo. El estudiante discute con el maestro lo que va a realizar, para evitar proyectos mas ambiciosos o imposibles de realizar con el equipo que se dispone. La exigencia fundamental es que en todo momento el estudiante sepa que está haciendo y para que. Al final presenta un informe de lo que hizo, donde son mas importantes los pasos que siguió que los propios resultados. Se considera este tipo de laboratorio muy eficiente y motivante y desde que surgió la idea se aplica en muchas universidades y escuelas.

Laboratorio Equivalente: Es aquel laboratorio donde existen instalaciones diferentes pero relacionadas con el mismo tema.

Modelo: Abstracción idealizada de un objeto o de un evento en estudio.

Precisión: Es el error relativo expresado en porcentaje.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO.

ANTONIO IBARRA GARCÍA

CANDIDATO AL GRADO DE : MAESTRO EN CIENCIAS DE INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN DISEÑO MECÁNICO.

TESIS: "DISEÑO DE UNA PRÁCTICA DE LABORATORIO DE FÍSICA :FUERZAS EN EQUILIBRIO."

CAMPO DE ESTUDIO: MECÁNICA.

BIOGRAFÍA: NACIDO EN FRONTERA COAHUILA , EL 20 DE SEPTIEMBRE DE 1949, HIJO DE MIGUEL IBARRA Y ROMANA GARCÍA.

EDUCACIÓN: EGRESADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, EN 1972, OBTENIENDO EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA EN 1974.

EXPERIENCIA LABORAL: DOCENTE EN LA U.A.N.L. DE 1972. A LA FECHA.

