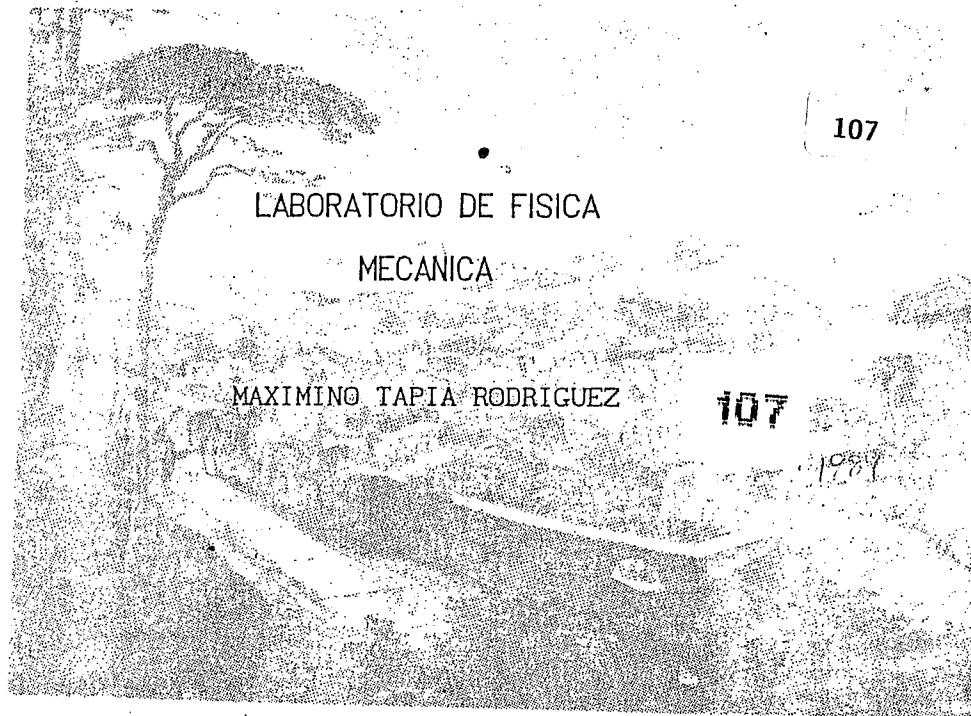


COMUNICACIONES DEL CIMAT



Quiero señalar, que mucho del material aquí presentado, fue elaborado en conjunto con la valiosa ayuda de Adolfo Sanchez V.

CENTRO DE INVESTIGACION EN MATEMATICAS

Apartado Postal 402

Guanajuato, Gto.

México

Tels. (473) 2-25-50

2-02-58

1

Laboratorio de Física
(Mecánica)

1. Sobre las fechas de las prácticas.

Las prácticas se realizarán en el Laboratorio de Física en las fechas en las que el profesor de la teoría lo disponga y serán dadas a conocer durante la segunda semana de clases.

2. Sobre el equipo experimental.

Solamente existe un equipo de trabajo en operación y esta integrado por

- un riel de aire,
- una bomba de aire,
- dos carros transmisores,
- dos carros sin transmisor,
- una tarjeta de reloj de tiempo real para PC,
- una tarjeta de puertos para PC
- un circuito acondicionador de señal para dos líneas de retardo,
- una computadora PC (cinco estrellas),
- accesorios: masas, balanzas, resortes, cables, herramienta, etc.

3. Sobre los grupos de trabajo.

Los grupos de trabajo serán a lo más de tres personas (pudiendo ser individual, a juicio del profesor de laboratorio y dependiendo también de la cantidad de alumnos inscritos en la materia).

4. Sobre las guías de las prácticas.

Al alumno se le entregará por anticipado una guía del experimento a realizar que explicará los puntos importantes del mismo, así como una serie de indicaciones acerca de la forma óptima de llevar a cabo el experimento. También se le proporcionará el paquete de software FISIMAT que genera archivos de disco en los que quedarán registradas las mediciones de los experimentos realizados.

3.- MANUAL DE OPERACION.

En los párrafos anteriores, en la descripción de la forma de trabajo, el inciso b menciona la puesta en marcha del equipo experimental. Este equipo (desconocido para los alumnos), incluye la instrumentación en el riel de aire, y el manejo del paquete FISIMAX. Esta sección tratará solamente la puesta en marcha del riel de aire (el paquete FISIMAX es de autoaprendizaje con menús y se tratara en otro documento).

A continuación se anexan los documentos entregados a los alumnos, referentes a esta sección.

LABORATORIO DE FISICA

mecánica

INDICE

- 1.- Presentación
- 2.- Forma de trabajo
- 3.- Manual de operación
- 4.- Las prácticas
- 5.- Conclusión

- g) Una tarjeta compatible con el acondicionador.
- h) Una balanza.
- i) Una computadora XT -cinco estrellas-
- j) Un disco flexible con el paquete FISIMAX.
- k) Un juego de accesorios (masas, resortes, cables, bobinas, etc.).

a) La incorporación de la computadora, como parte del instrumento de medida, y como elemento de proceso, análisis y exhibición de resultados.

b) La elaboración y redacción de prácticas para el laboratorio de mecánica.

c) La técnica de trabajo. Es decir la obtención de mediciones experimentales, y el tratamiento de la información obtenida.

2. Instalación del equipo.

Las figuras de las páginas siguientes muestran en forma detallada todas las partes del equipo, así como la forma correcta en que deben estar interconectadas.

La figura 2 muestra el acondicionador de señal; éste es un equipo electrónico que interpreta la señal enviada por el transmisor de cada carro y la *acondiciona* para entregársela a la computadora. En la figura se muestran cuatro vistas del equipo.

La figura 3 especifica la posición correcta de los carros en el riel.

La figura 4 ilustra la conexión entre el acondicionador de señal y la tarjeta de puertos.

Las figuras 5 y 6 muestran a la tarjeta de puertos; su función es introducir a la computadora las posiciones de los carros en datos digitales. Esta tarjeta se conecta al acondicionador de señales y se encuentra localizada en el interior de la computadora. En la misma figura se muestra también la tarjeta de reloj de tiempo real que marca el parámetro tiempo (sin consumir tiempo de máquina). De ahí se extraerán las medidas de la variable t .

La figura 7 es el esquema de un carro equipado con su transmisor.

La figura 8 especifica la forma de instalar las bobinas receptoras en las líneas de retardo del riel y muestra la forma de realizar las conexiones entre las

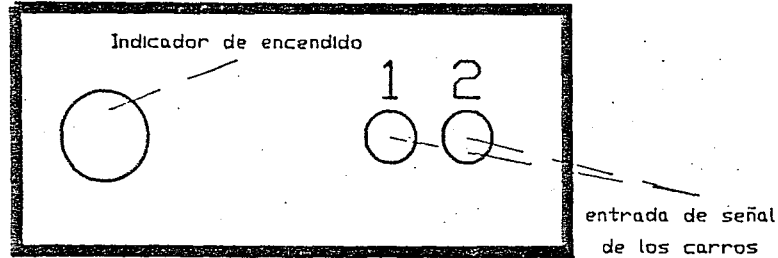
la computadora y obtendrá los resultados requeridos en cada experimento.

f) El alumno realizará un reporte por escrito de los experimentos realizados.

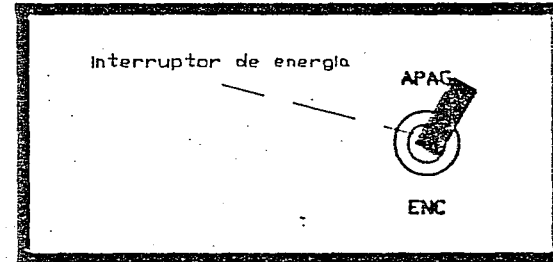
Los incisos a y b son previos a la sesión dedicada a la práctica, en el laboratorio. Los incisos c y d se relizaran durante la sesión de laboratorio. Los incisos e y f se realizaran fuera de la sesión de laboratorio.

A continuación se incerta un documento o información dada al alumno, al iniciar el curso.

Acondicionador de señal

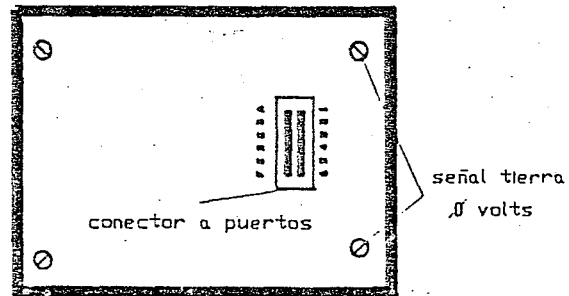


Vista de frente

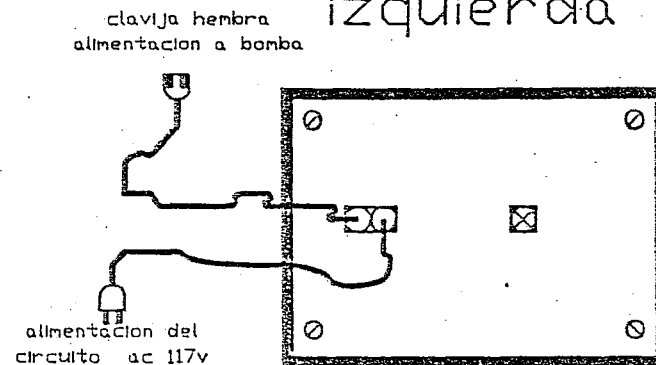


Vista posterior

Vista lateral derecha



Vista lateral izquierda



5. Sobre los reportes de los experimentos.

Al alumno se le pedirá un reporte por escrito (y por duplicado, de ser posible) que a más tardar tendrá que entregar diez días después de haberse realizado el experimento. Este plazo es improrrogable.

El reporte deberá incluir,

- (a) explicación y fundamentación teórica del experimento,
- (b) explicación del arreglo experimental,
- (c) programa del manejo de los datos arrojados por el experimento,
- (d) resultados del experimento (según el análisis de los datos).

6. Sobre los experimentos a realizar.

Las prácticas propuestas son las siguientes:

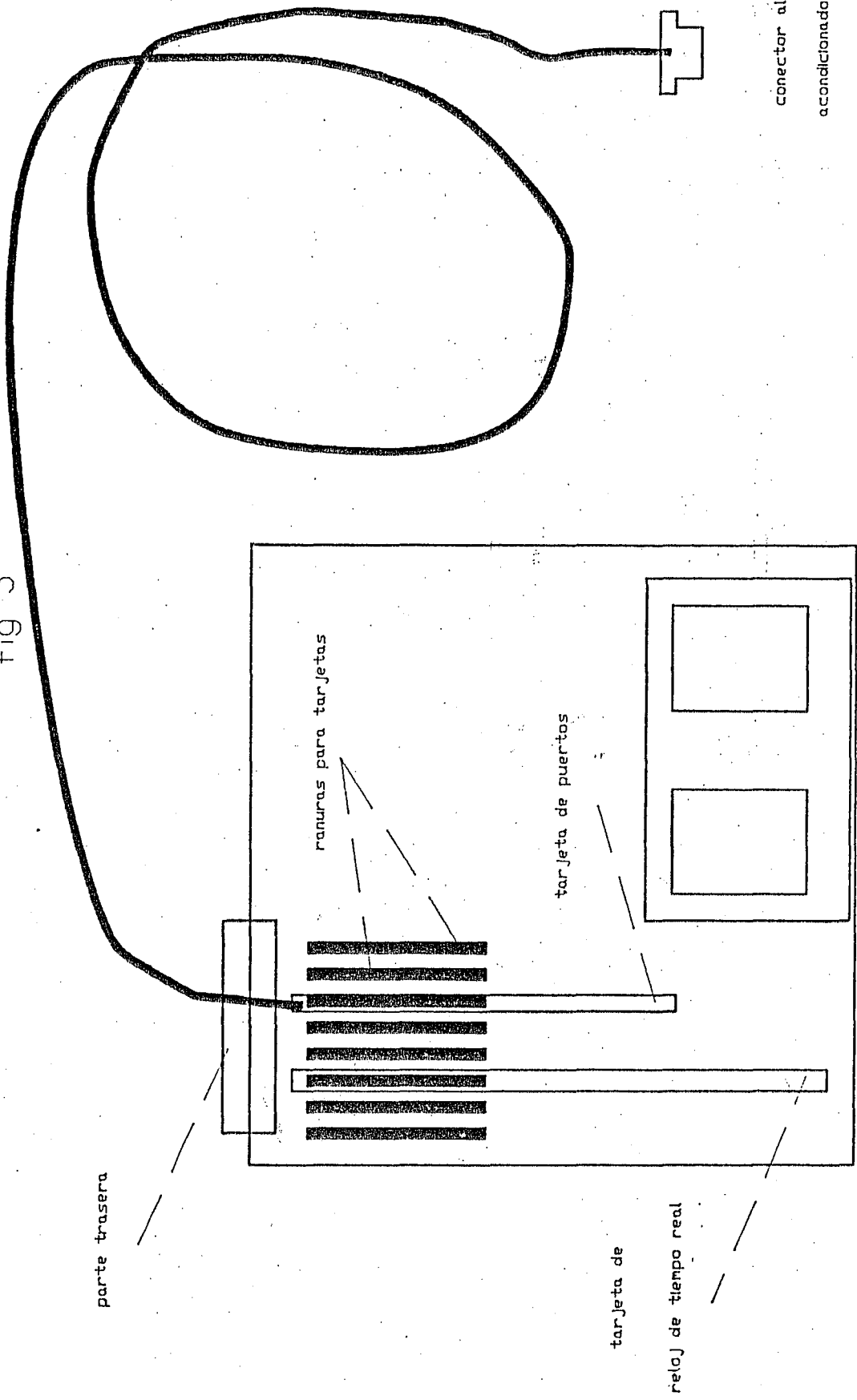
- 0. Riel de aire
- 1. Mediciones experimentales.
- 2. Movimiento rectilíneo uniforme.
- 3. Movimiento uniformemente acelerado (plano inclinado).
- 4. Caída libre y tiro parabólico.
- 5. Energía, fuerza y rozamiento.
- 6. Conservación del momento lineal.
- 7. Oscilaciones longitudinales
- 8. Variaciones de masa y oscilaciones forzadas.
- 9. Tema libre.

7. Sobre la calificación del laboratorio.

El profesor del laboratorio reportará una calificación final de las prácticas. Es necesario aprobar el laboratorio para tener derecho al examen final de la materia.

Instalación de las tarjetas

fig 5



la computadora vista de arriba

RIEL DE AIRE

(manual de operación)

El riel de aire es un equipo experimental, diseñado para estudiar el movimiento de partículas o cuerpos rígidos, en un medio libre de fuerzas; es decir, es un equipo capaz de reducir las fuerzas de rozamiento al mínimo. Su funcionamiento se basa en crear un "colchón de aire" que soporta al cuerpo rígido que se quiere observar. La figura 1 lo ilustra. El riel de aire es particularmente útil en el estudio de la dinámica de los cuerpos en movimiento en una sola dimensión.

El riel de aire de nuestro laboratorio ha sido instrumentado electrónicamente para que el cuerpo suspendido reporte su posición a lo largo de su trayectoria; aproximadamente, 800 veces por segundo. Esta información la pasa a una computadora mediante interrupciones programadas.

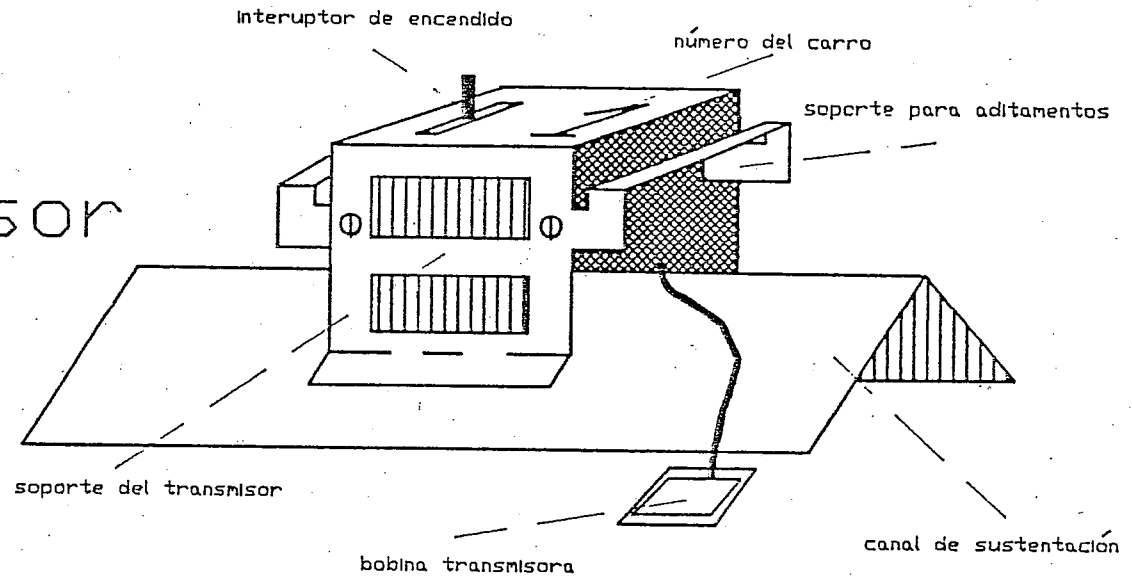
A continuación se describen las partes integrantes del equipo experimental, se dan instrucciones para instalar y operar el riel y se dan algunas recomendaciones para su uso adecuado.

1. Partes que integran el equipo.

- a) Un riel de aire de un metro de longitud.
- b) Dos carros transmisores, numerados #1, #2
- c) Dos carros sin transmisor ni numeración.
- d) Una bomba de aire o compresor.
- e) Un circuito acondicionador de la señal para dos líneas de retardo.
- f) Una tarjeta de reloj de tiempo real.

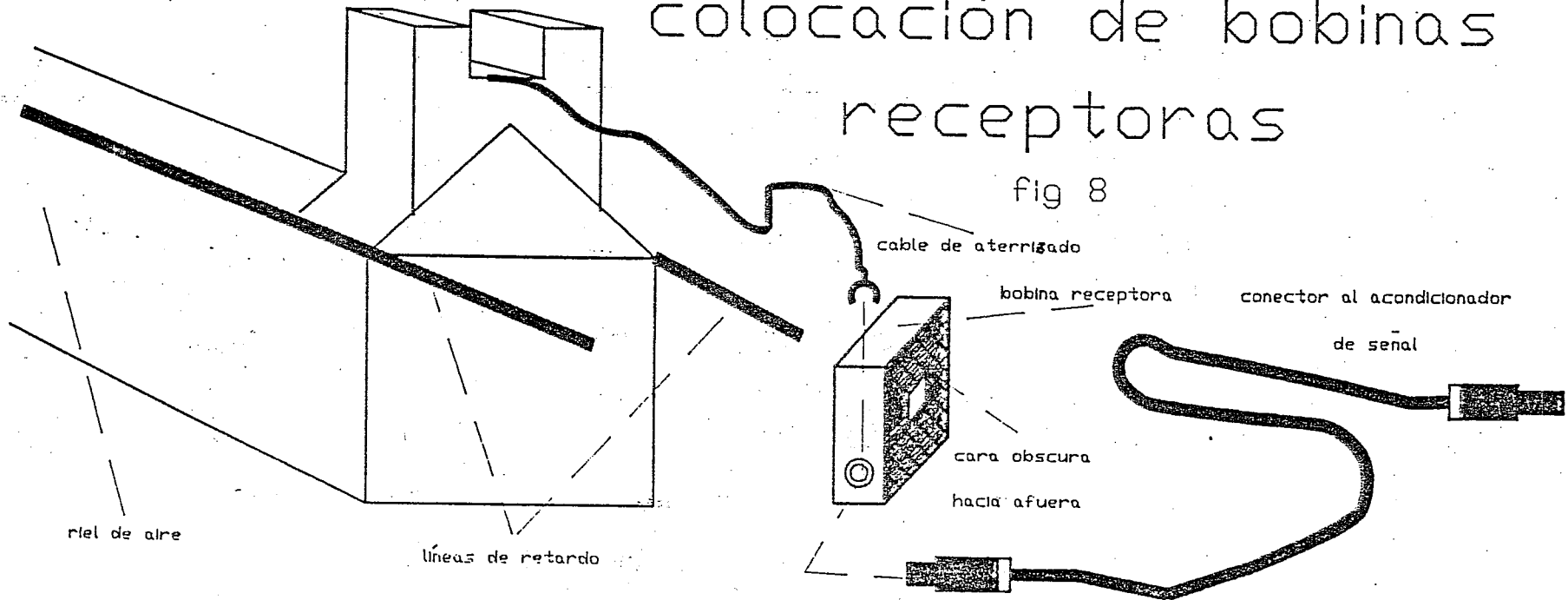
carro transmisor

fig 7



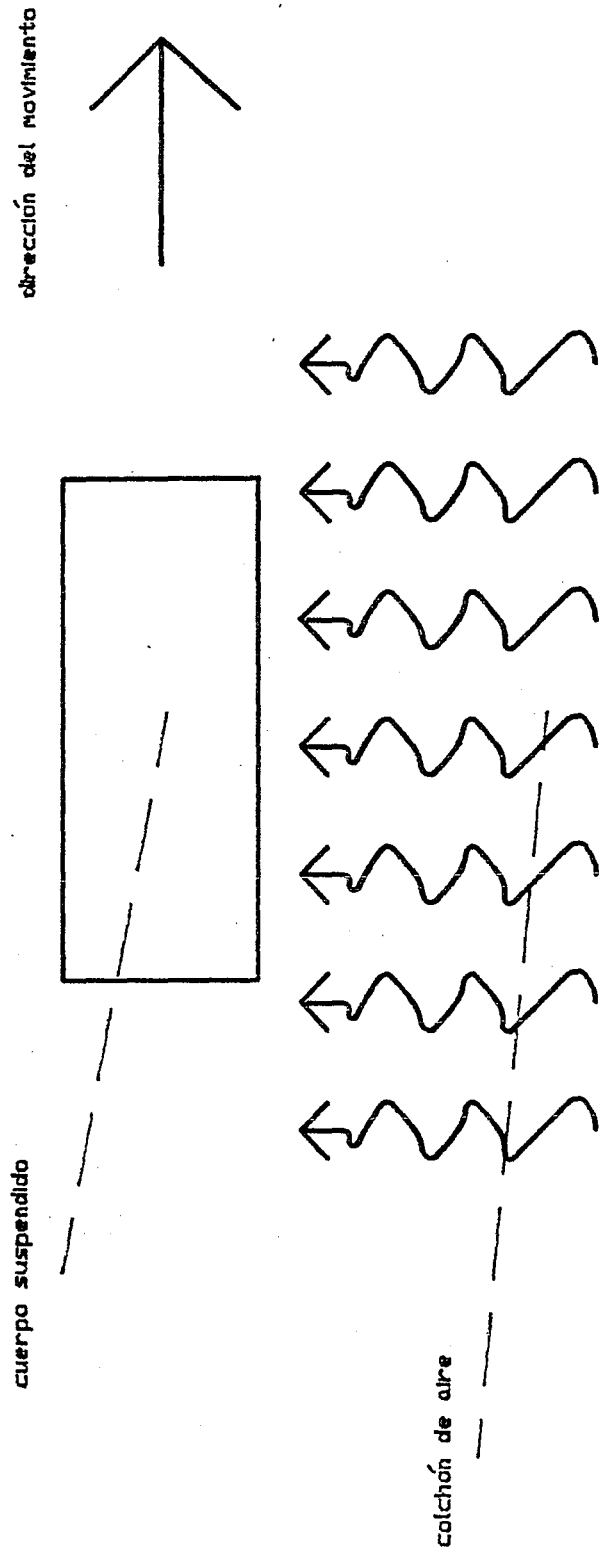
colocación de bobinas receptoras

fig 8



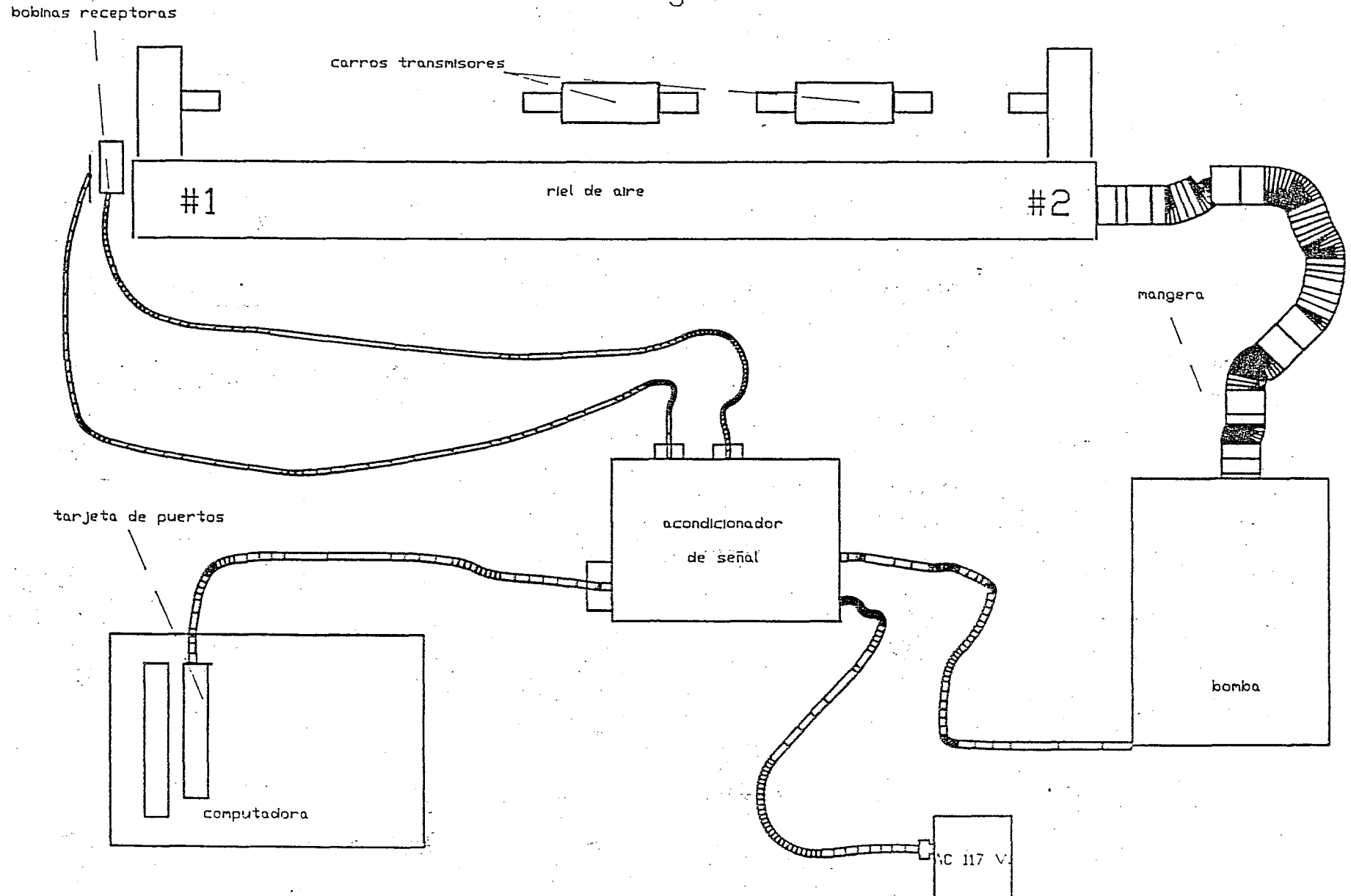
Principio de funcionamiento

fig 1



Esquema general de instalación

fig 10



bobinas receptoras y el acondicionador de señal.

La figura 9 es un diagrama para establecer la interconexión entre la bomba, el riel y el acondicionador de señal.

La figura 10 muestra la conexión, en forma global, de todas las partes del equipo.

- a) Dar tratamiento magnético a las líneas de retardo (esto es, pasar nuevamente el imán sobre ellas).
- b) Verificar el voltaje de las pilas.
- c) Verificar la conexión correcta de todo el equipo.
- d) Llamar a una persona calificada.

posición de los carros

fig 3

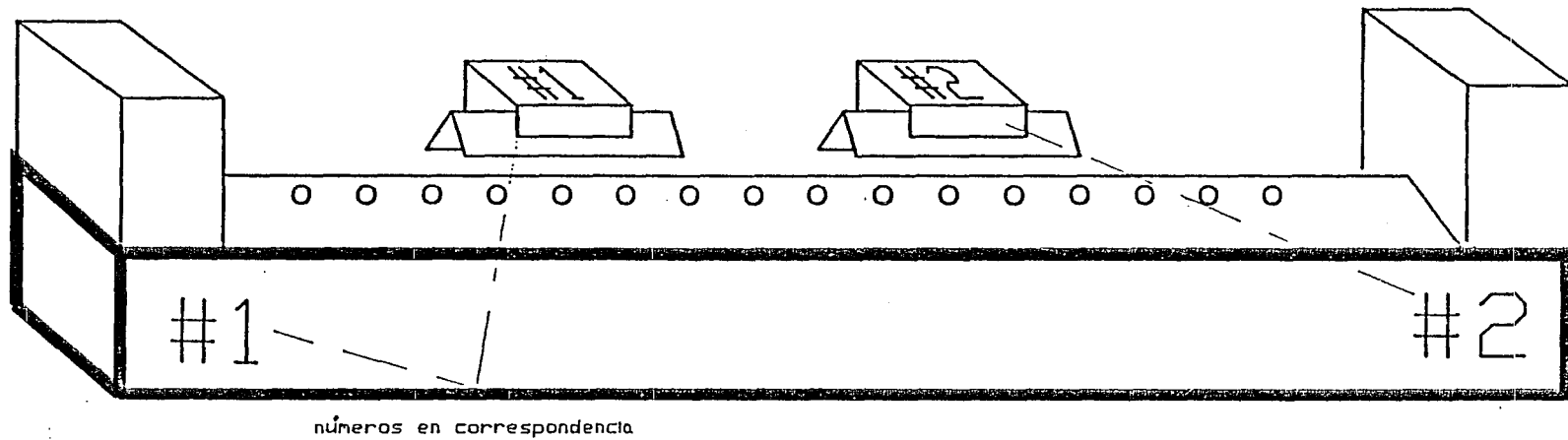
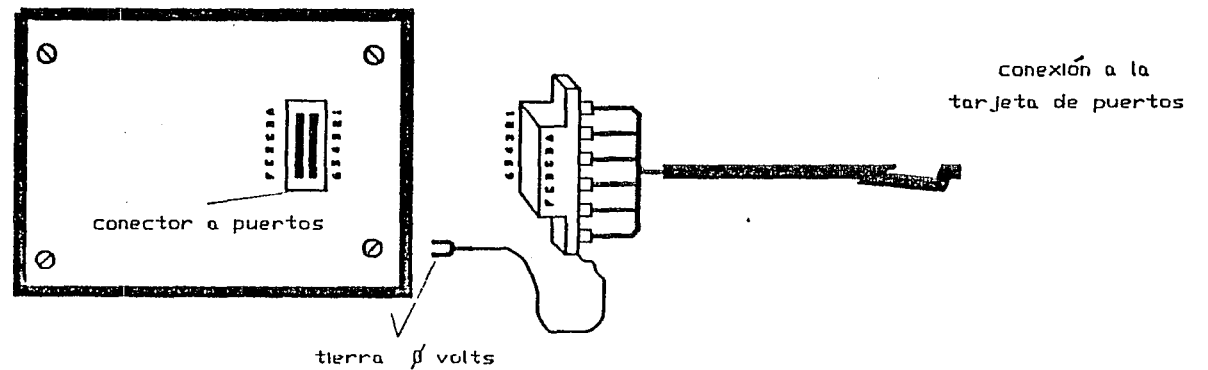


fig 4

enlace
acondicionador
-- puertos

vista lateral derecha
del acondicionador de señal



4.- Las prácticas

Se anexan los documentos entregados a los alumnos, para la realización de las prácticas, en la secuencia en que fueron realizadas, y que son:

Practica cero El riel de aire.

Practica uno Mediciones experimentales.

Practica dos Movimiento.

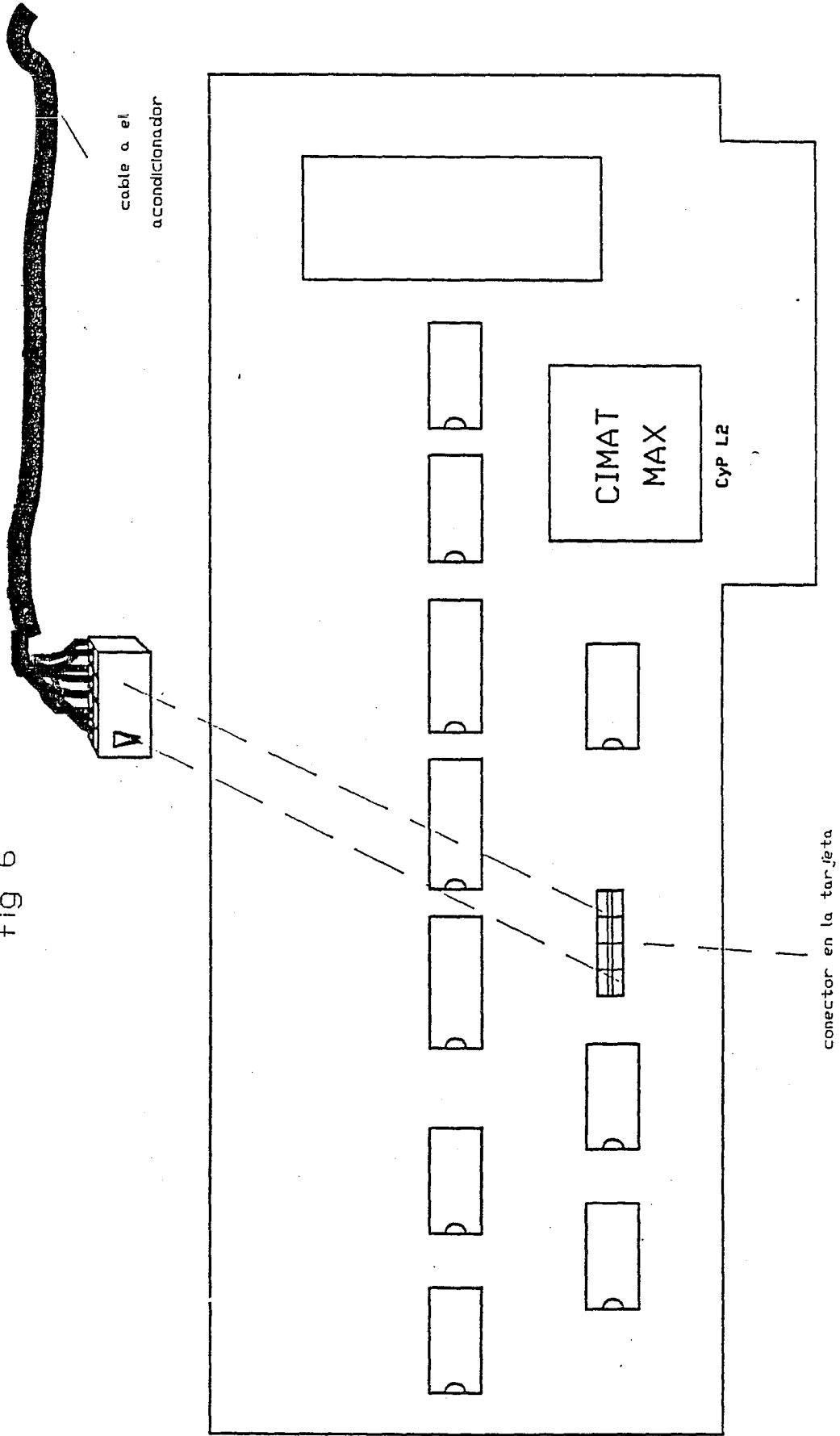
Practica tres Masa (vía segunda ley).

Practica cuatro Masa (vía conservación del momento lineal).

Practica cinco Oscilaciones.

tarjeta de puertos

fig 6



I.- PRESENTACION.

Este documento es una recopilación de lo realizado en el laboratorio de física, que complementa a la materia que se imparte en la facultad de matemáticas de la Universidad de Guanajuato, el tema que se estudia, es la mecánica clásica, y se impartió en el semestre agosto-diciembre de 1988.

El laboratorio, se desarrolló tomando en consideración los siguientes puntos:

a) En el curso se remarcará la naturaleza experimental de la física.

b) Los experimentos se realizarán (hasta donde sea posible), en el mismo periodo de tiempo, que la exposición en clase.

c) Los alumnos son de la licenciatura en matemáticas.

d) Los experimentos se uniformizan para realizarse, en un solo equipo experimental, conocido como "El riel de aire".

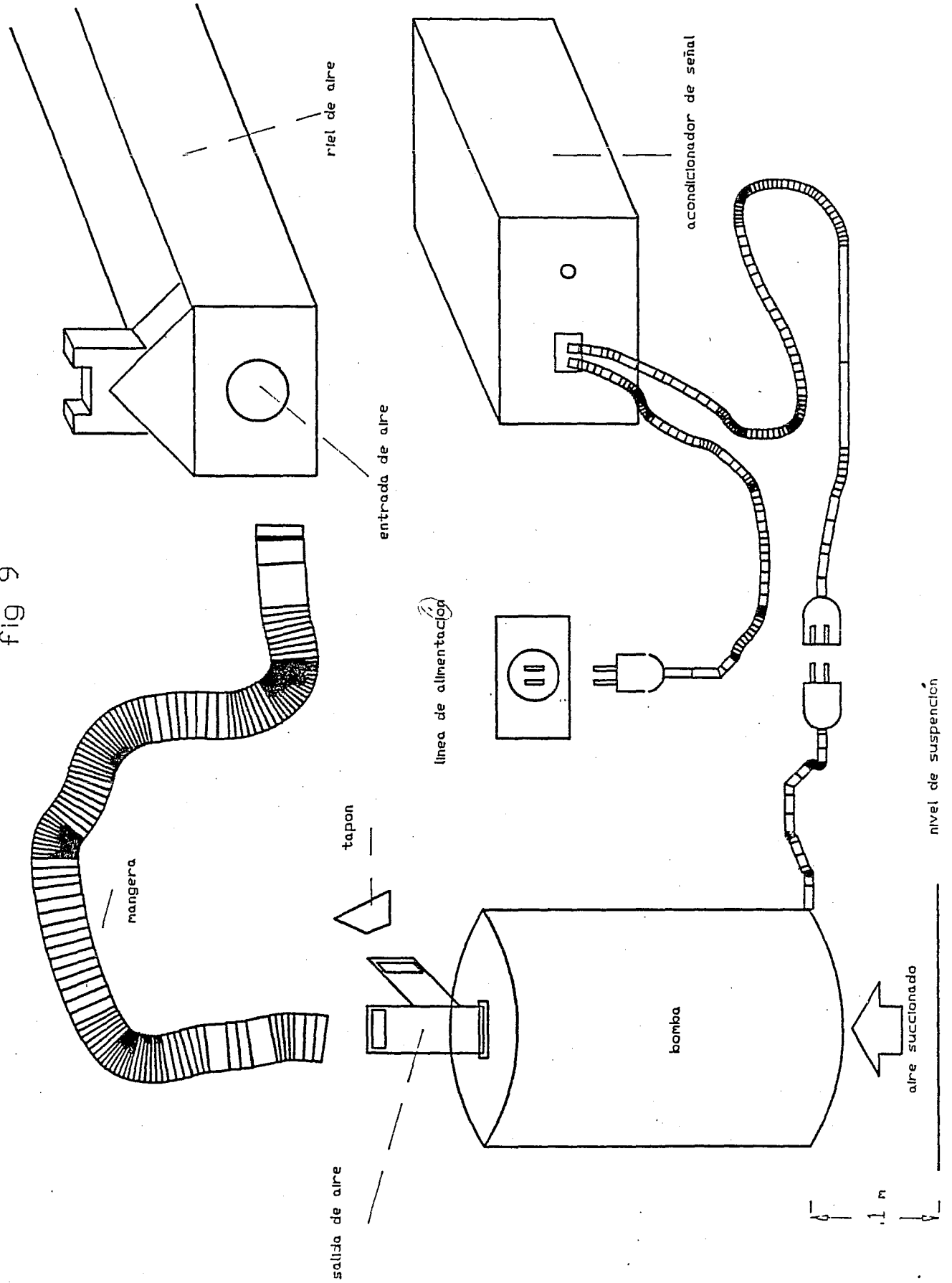
e) Se integra el uso de la computadora en todos los experimentos.

f) Los experimentos serán realizados utilizando el paquete FISIMAX.

Este laboratorio, tiene como objetivo principal, el de ayudar en la comprensión de los fenómenos físicos, a través de las mediciones experimentales de ellos. Este laboratorio tiene algunas características que no se encontraban en cursos anteriores, que son:

instalación de la bomba

fig 9



2.- FORMA DE TRABAJO

El tener instrumentación electrónica para obtener mediciones experimentales de fenómenos físicos, en esencia no cambia la forma de realizar los experimentos, que se pueden efectuar en la siguiente secuencia:

- a) Montar el equipo adecuado al experimento a realizar.
- b) Calibrar y tomar de una muestra de mediciones.
- c) Dar una estructura a los datos obtenidos.
- d) Procesar y analizar los datos obtenidos
- e) Obtener resultados y/o conclusiones.
- f) Redactar en forma clara un reporte del experimento.

La instrumentación electrónica (incluyendo la computadora), solo facilita las tareas mencionadas en los incisos b, c y d, y ayuda para los incisos d y f.

La forma de trabajo, en detalle, que se utilizó, en este laboratorio fue la siguiente:

- a) Fundamentación teórica (dada en clase de pizarrón).
- b) Entrega al alumno de una guía del proceso de la práctica.
- c) El alumno pondra en operación el equipo experimental (el riel de aire), y el paquete FISIMAX , con el experimento a realizar.
- d) El alumno manipulará el paquete FISIMAX, obteniendo un archivo de mediciones experimentales (AME), asociado a cada experimento.
- e) El alumno analizará y prosesará las muestras obtenidas, en

3. Operación.

Para operar el equipo en forma adecuada, proceda de acuerdo a las siguientes indicaciones.

- a) Conecte el equipo según se indicó en la sección anterior y verifique que todo esté correcto.
- b) Encienda el acondicionador de señal.
- c) Encienda la computadora (pero no corra aún el paquete FISIMAX).
- d) Retire los carros del riel de aire.
- e) Pase suavemente el imán proporcionado sobre el cristal de las líneas de retardo (con la flecha apuntando hacia arriba); hágalo desde las bobinas receptoras hacia la entrada de aire de la bomba, como lo ilustra la figura siguiente. Repita esta operación varias veces para ambas líneas de retardo.
- f) Coloque los carros sobre el riel de aire.
- h) Corra el paquete FISIMATX (con la opción de prueba) *
- i) Monte el experimento a realizar.
- j) Corra la opción "experimento" en el paquete FISIMAX.
- k) Ejecute la práctica.
- l) Apague, el transmisor del carro, la computadora y el acondicionador de señal, en este orden.

*Si la opción "prueba" reporta mal estado de las líneas de retardo, proceda a lo siguiente, en el orden indicado:

5.- ¿Es óptima la forma de los carros?. Si no lo es, ¿cuál sería una forma óptima?

6.- ¿Es complicado operar el equipo experimental? (¿por qué?).

7.- Exponer observaciones y conclusiones.

4. Recomendaciones.

La lista que se da a continuación contiene puntos importantes que deben tomarse en cuenta para garantizar la correcta operación de todo el equipo.

- a) Haga una copia para usted del paquete FISIMAX.
- b) El transmisor del carro está alimentado con una batería, por lo que debe estar encendido el menor tiempo posible; siempre que no se use, apáguelo.
- c) Cuando un carro transmisor no se use, colóquelo en una posición que no lastime su bobina transmisora (ver figura 6).
- d) No acerque discos flexibles al riel de aire, porque éste trabaja con campos magnéticos que pueden interactuar con el disco y dañarlo.
- e) Trate con cuidado el equipo.

limitada a la mitad de la mínima unidad de lectura posible. Para incrementar la exactitud es necesario subdividir la escala. Sin embargo, una escala demasiado fina trae consigo problemas de apreciación (o juicio) por parte de quien observa.

Por otra parte, todo instrumento de medida se *calibra* al construirlo o al ponerlo en operación, comparando las mediciones registradas por éste con las registradas por un instrumento de mayor exactitud. Usualmente el fabricante del instrumento indica la exactitud propia del instrumento por virtud de su calibración. Una vez calibrado el instrumento, las lecturas tomadas en una instancia particular pueden estar alteradas con respecto a las lecturas de calibración (porque las condiciones ambientales pueden no ser las mismas, por ejemplo). Por lo regular, el fabricante también indica el máximo error cometido debido a posibles variaciones respecto a las condiciones de calibración bajo el término "precisión".

En general, los errores cometidos en las mediciones por cuestiones de escala, calibración o reproducibilidad, se llaman *sistemáticos*. Básicamente son inherentes a las limitantes físicas de los instrumentos (defectos). Sin embargo, se infiere que se cometen más errores al medir; existen fluctuaciones difícilmente controlables en cualquier disposición experimental y al repetir medidas de una misma variable (en condiciones prácticamente iguales) se obtienen lecturas que van más allá de los márgenes de exactitud del instrumento. Los errores de esta clase se llaman *estocásticos* y su tratamiento se lleva a cabo en forma estadística.

Desarrollo : Con la instrumentación descrita en la práctica cero, se observa que al fijar un carro sobre el riel y leer su posición un cierto número de veces, las lecturas registradas a intervalos regulares de tiempo no coinciden. Se infiere que el

FACULTAD DE MATEMATICAS

Universidad de Guanajuato

Laboratorio de Mecánica

práctica cero : el riel de aire

Objetivos. Conocer y operar el riel de aire como equipo de experimentación. Conocer y operar el paquete FISIMAX para registrar mediciones en el riel de aire.

Introducción. La mayoría de las prácticas a desarrollar en este curso, emplean el riel de aire como equipo experimental. El riel está instrumentado electrónicamente para detectar las posiciones, de hasta dos carros que corran sobre él, en diferentes tiempos. Una peculiaridad de esta instrumentación es que una computadora personal forma parte integral de ella. Entre los múltiples beneficios que esto ofrece, resulta posible - mediante un simple comando - leer directamente de su pantalla las posiciones de los carros en los diferentes tiempos.

Desarrollo. Poner en operación el riel y realizar mediciones ilustrativas mediante el empleo del paquete FISIMAX.

Técnicas. Básicamente se reducen a consultar el manual de operación del riel de aire (adjunto) y utilizar el paquete FISIMAX en todas sus opciones para realizar experimentos ilustrativos y generar archivos de mediciones experimentales (AME).

Guía para la discusión.

- 1.- ¿Es la computadora un instrumento de medición? (¿por qué?). Si lo es, ¿qué mediciones realiza en los experimentos sobre el riel? Justifique sus argumentos.
- 2.- Si no se tuviera entre la instrumentación electrónica a la computadora, ¿cómo se mediría la posición de un carro?
- 3.- ¿Qué es un equipo experimental?. ¿Cuáles son sus requerimientos necesarios?
- 4.- ¿Se elimina completamente la fuerza de rozamiento en el riel de aire?. ¿Por qué?

procesar la información, de la velocidad del carro, etc. Llamaremos *error dinámico* al cometido al leer la posición de un carro cuando éste se encuentra en movimiento. Una manera de cuantificarlo consiste en tomar lecturas de un carro que se mueve libremente desde un extremo del riel hasta el otro, usando los intervalos de tiempo más cortos que el instrumento permita. La información obtenida será una serie de parejas ordenadas $(x_i \pm \bar{\sigma}, t_i \pm \delta)$, $i=1, \dots, m$, donde δ mide la exactitud del reloj. De estos datos se puede determinar la velocidad media \bar{v} en forma estadística calculando los cocientes $v_i = (x_{i+1} - x_i) / (t_{i+1} - t_i)$. (Se sugiere calcular también la desviación estándar que resulta de esta estadística y compararla con la media de los datos $2\{\bar{\sigma} + v_i \delta + \bar{\sigma} \delta / (t_{i+1} - t_i)\} / (t_{i+1} - t_i)$, $i=2, \dots, m-1$; ¿por qué estos datos?). Luego, si τ es el intervalo de tiempo más corto al cual la computadora puede leer la información del transmisor, $\bar{v} \tau$ es una primera aproximación al error dinámico determinado *ad hoc* para este experimento particular.

Guía para la discusión.

1. ¿Qué forma de distribución tienen las muestras tomadas y qué forma la de las desviaciones estándar de las muestras? ¿para qué sirve saber esto?
2. Justifique la estimación del error estático de medición obtenido como la media de las desviaciones estándar de las muestras. (Sugerencia: ¿qué significa la desviación estándar de una serie de muestras?)
3. Expresé el error del instrumento como un porcentaje de la escala total en milímetros, según la calibración dada en términos del vernier. ¿Es ésta una buena estimación de la exactitud del instrumento? Argumente su respuesta.
4. Compare el error dinámico con el estático y establezca criterios con las

FACULTAD DE MATEMATICAS

Universidad de Guanajuato

Laboratorio de Mecánica

práctica uno : mediciones experimentales

Objetivos. Comprender el significado y el manejo de las mediciones experimentales. Estimar la exactitud de un instrumento de medición. Calibrar el instrumento de medición que se utilizará en las prácticas subsecuentes.

Introducción. Realizar una medición es reportar el resultado de una operación humana llevada a cabo bajo condiciones controlables y reproducibles. Al reportar una medición se debe especificar con qué exactitud es posible repetirla. De ahí que en un reporte científico, cualquier lectura registrada, "L", siempre se acompañe con el calificativo adicional, " $\pm \Delta L$ "; ello indica que, de repetir la medición (observación de la misma variable, bajo circunstancias análogas y con los mismos dispositivos), el resultado no será menor que $L - \Delta L$, ni mayor que $L + \Delta L$.

La exactitud de una medición depende de muchos factores; la escala del instrumento de medición, el juicio y/o destreza del observador, la calibración del instrumento de medida, la reproducibilidad de las condiciones bajo las que se mide, etc. Todos estos factores están presentes cada vez que se toma una medida. Por ejemplo, al emplear un instrumento que posee una escala de lectura, la exactitud de cualquier medición queda

FACULTAD DE MATEMATICAS

Universidad de Guanajuato

Laboratorio de Mecánica

práctica dos : movimiento

Objetivo. Identificar experimentalmente las cantidades cinemáticas asociadas al movimiento de un cuerpo.

Introducción. El movimiento más general de un cuerpo se puede entender como una combinación de tres movimientos fundamentales: una traslación, una rotación y una deformación (teorema de Helmholtz).

Una *traslación* es un movimiento en el que todos los puntos de un cuerpo siguen trayectorias paralelas. Luego, basta conocer la de uno cualquiera de ellos.

Una *rotación* es un movimiento en el que todos los puntos sobre una línea recta que atraviesa (imaginariamente) al objeto, no se mueven (estos son, los puntos que definen al *eje de rotación*). La trayectoria de algún otro punto cualquiera es circular y ocurre en el plano perpendicular al eje de rotación que lo contiene. Luego, sólo hace falta conocer en qué plano se encuentra y a qué distancia del eje.

Una *deformación* es una variación de las distancias entre los diversos puntos del cuerpo (suponiendo que cada punto es identificable).

instrumento reporta fluctuaciones alrededor de cada posición posible; en otras palabras, se comete un error - que llamaremos *estático* - cada vez que se mide la posición de un carro que no se mueve.

Para cuantificar el error estático se propone obtener n lecturas ($n=200$, por ejemplo) con el carro fijo en una posición, digamos x_1 , graficar su distribución y calcular la media \bar{x}_1 y la desviación estándar σ_1 . Esta operación debe repetirse para N posiciones diferentes x_1, x_2, \dots, x_N , de las que se obtendrán las correspondientes medias $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_N$, y desviaciones estándar $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N$ ($N=16$, por ejemplo). La media, $\bar{\sigma}$, de los datos $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N$, es una estimación adecuada del error estático. Al reportar entonces una medición hecha sobre un carro estático en el riel, debe hacerse en la forma $L \pm \bar{\sigma}$, siendo L la lectura en el monitor.

Cabe señalar que para calibrar el instrumento, y por lo tanto, para interpretar las posiciones x_1, x_2, \dots, x_N en términos de las unidades métricas apropiadas para la escala del experimento (por ejemplo, centímetros), es preciso comparar las lecturas de posición leídas directamente del monitor de la computadora, con las registradas directamente con un vernier sobre el riel. En este sentido, la calibración consiste básicamente en multiplicar por una constante de proporcionalidad los datos con los que trabaja la computadora.

Finalmente, la mayoría de los experimentos a realizar en el curso requieren medir la posición de carros *en movimiento*. En principio, el error cometido al leer de la computadora la posición de un carro que se mueve, depende de variables adicionales; por ejemplo, de la exactitud del reloj de la computadora, de la velocidad de ésta para

$$v_{[t_1, t_3]} = \frac{x(t_3) - x(t_1)}{t_3 - t_1}$$

Escribiendo $t_3 = t_1 + h$ (donde, $h > 0$), el límite de la velocidad media $v_{[t_1, t_1+h]}$ cuando $h \rightarrow 0$, es lo que se define como *la velocidad instantánea del móvil en el instante t_1* . En otras palabras,

$$v(t_1) = x'(t_1).$$

De manera análoga se definen la *aceleración media en el intervalo $[t_1, t_3]$* ($t_1 < t_3$) y la *aceleración instantánea en el instante t_1* , respectivamente, como la razón del cambio en la velocidad durante dicho intervalo, a la duración del intervalo, la una, y el límite de ésta cuando $t_3 \rightarrow t_1$, la otra.

Desarrollo. Para cada uno de los siguientes experimentos, recoja un archivo de mediciones experimentales (AME). Luego, grafique, explique y comente el comportamiento del movimiento registrado con relación a las cantidades cinemáticas velocidad y aceleración.

- a) un experimento en el que el carro complete varias trayectorias a todo lo largo del riel.
- b) un experimento en el que después de que el carro ha realizado varias

magnitudes obtenidas.

5. ¿Cuál es el mínimo tiempo que existe entre dos observaciones consecutivas?
6. ¿Cuál es la velocidad máxima del carro para la cual se puede determinar su posición?
7. ¿Qué es el efecto Doppler? ¿Tiene relevancia tomarlo en consideración en este instrumento de medición? ¿Por qué?
8. Durante el transcurso de la práctica, todas las dimensiones de todos los objetos, se redujeron a la mitad. ¿Puede negar esta afirmación? (justifique su respuesta).
9. ¿Se puede saber el valor real de una variable física ? (justifique su respuesta).
10. Asegúrese de incluir en su reporte observaciones y conclusiones.

2. Encuentre una ecuación que aproxime un rebote del experimento del inciso f).
3. ¿Puede un cuerpo tener velocidad cero y sin embargo estar acelerando?
4. ¿Puede un cuerpo tener una velocidad hacia la derecha mientras está sujeto a una aceleración hacia la izquierda?
5. ¿Puede cambiar la dirección de la velocidad de un cuerpo cuando su aceleración es constante?
6. Si una partícula se pone en movimiento en el instante $t = 0$, partiendo del reposo ($v(0) = 0$) en el punto $x(0) = 0$, y la aceleración es constante e igual a α , la ecuación que describe su movimiento es,

$$x(t) = (1/2)\alpha t^2.$$

En particular, la partícula se encuentra en la posición x en dos instantes diferentes; a saber, $t = \sqrt{(2x)/\alpha}$ y $t = -\sqrt{(2x)/\alpha}$. ¿Cuál es el significado de la raíz negativa?

7.-¿Cómo se interpreta en las ecuaciones cinemáticas el efectuar la operación de *inversión de tiempo*?; esto es, el remplazo de t por $-t$.

8.- Observaciones y conclusiones.

Existen en la naturaleza objetos (llamados *rígidos*) que - bajo ciertas condiciones - no alteran sus dimensiones relativas, sin importar dónde y cuándo se les compare; son pues, *indeformables*. El movimiento más general de un tal objeto es entonces una combinación de su movimiento de traslación y su movimiento de rotación. Obsérvese que los carros que se emplean para las prácticas sobre el riel son - en muy buena aproximación - rígidos.

Además, si el movimiento de un objeto rígido se fuerza (de alguna manera) a que ninguno de sus puntos permanezca fijo, el movimiento resultante es puramente traslacional. Obsérvese que esta es precisamente la situación en el riel de aire; los carros están obligados a moverse a lo largo de la línea recta definida por el riel. El punto cuyo movimiento se observa es el transmisor (idealizando su tamaño al de un punto).

Cantidades cinemáticas. Las cantidades cinemáticas relevantes para la descripción del movimiento de un punto en el espacio son la *velocidad* y la *aceleración*; ambas son cantidades vectoriales: poseen magnitud, orientación y sentido. Si el movimiento tiene lugar a lo largo de una línea recta, entonces la descripción vectorial es prescindible.

Recordamos aquí que si $t \mapsto x(t)$ es la función que describe, en cada instante de tiempo, la posición de un punto que se mueve a lo largo de una línea recta (respecto a un origen fijo de antemano), su *velocidad media* en el intervalo de tiempo $[t_1, t_3]$ (donde, $t_1 < t_3$), se define como la razón del cambio en su posición durante dicho intervalo, a la duración del intervalo en cuestión:

FACULTAD DE MATEMATICAS

Universidad de Guanajuato

Laboratorio de Mecánica

práctica tres : masa (vía segunda ley)

Objetivo. Determinar experimentalmente la razón de las aceleraciones sufridas por diversos objetos a la de uno fijo, bajo la acción de diversas intensidades de un mismo agente externo y hacer una conclusión experimental importante acerca de la proporcionalidad entre la fuerza y la masa declarada por la segunda ley de Newton.

Introducción. La primera ley de Newton define un sistema de referencia inercial bajo la condición de que un cuerpo sobre el que no actúen agentes externos, conserve su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme. En otras palabras, *un sistema de referencia inercial es aquel para el que la siguiente proposición es válida:*

$$\sim(\text{fuerza}) \Rightarrow \sim(\text{aceleración}) \quad (\text{primera ley})$$

El postulado físico que permite invertir el sentido de esta implicación es la segunda ley de Newton. De manera más precisa, *en un sistema de referencia inercial, no sólo se tiene*

$$\text{fuerza} \Rightarrow \text{aceleración}, \quad (\text{segunda ley})$$

sino que, concretamente,

trayectorias completas, se interpone en su paso un trozo de plastilina fijo al riel.

c) un experimento en el que después de que el carro ha realizado varias trayectorias completas, se interrumpe de súbito el suministro de aire al riel.

d) un experimento en el que después de haber realizado varias trayectorias completas, el carro se golpea suavemente con una regla de madera, impulsándolo en la misma dirección de su movimiento.

e) el experimento del inciso anterior, pero impulsando el carro en dirección contraria a la de su movimiento.

f) con un extremo del riel levantado aproximadamente 15 cm., suelte el carro desde la posición mas alta.

g) el experimento del inciso anterior pero empujando el carro desde la posición más baja.

h) un experimento en el que un globo inflado ha sido adherido al carro y se deja escapar el aire para impulsarlo.

Guía para la discusión.

1. Encuentre una aproximación por mínimos cuadrados, para el movimiento obtenido en el experimento del inciso a) y explique qué significado tiene esta recta.

La medición de aceleraciones puede repetirse nuevamente sobre los mismos objetos cambiando esta vez la acción del agente externo; digamos, cambiando \vec{F}_1 por \vec{F}_2 . Lo que se obtiene es entonces la serie de igualdades

$$m_{12} a_{12} = m_{22} a_{22} = \dots = m_{i2} a_{i2} = \dots = m_{N2} a_{N2}$$

de donde es posible determinar las razones de todas las m_{i2} a m_{12} ,

$$m_{i2} \quad a_{i2}$$

$$m_{12} \quad a_{12}$$

El experimento puede repetirse así un cierto número n de veces; a saber, para la acción de $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$.

Técnica. Descripción del experimento j ($j=1, \dots, n$) en relación al objeto i ($i=1, \dots, N$). Sujetar el objeto (carro) i con un hilo a uno de los extremos del riel procurando que quede situado cerca de dicho extremo. Por el otro extremo del objeto atar, con otro hilo, un cuerpo (el agente externo j) de tal forma que el hilo vaya hasta el final del riel y se pueda pasar por una polea para que finalmente j cuelge libremente en dirección vertical. La situación se ilustra en la figura siguiente. Al cortar súbitamente el hilo en el punto P , el objeto i se acelera en la dirección definida por el riel y los detalles cinemáticos de su movimiento quedan registrados en un AME para su análisis posterior.

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

El miembro izquierdo de esta ecuación debe entenderse como la cuantificación de los agentes externos que producen la aceleración \vec{a} en un objeto dado. Un hecho sobresaliente es que *la cantidad m es independiente de los agentes externos*; se trata de una constante característica del objeto y se le refiere entonces como *su masa*.

Desarrollo. Para fines prácticos y dentro de los límites experimentales determinados en la práctica cero, el riel de aire usado en el laboratorio es un buen sistema de referencia inercial (¿por qué?). Luego, si se deja actuar un mismo agente externo \vec{F}_1 sobre N objetos diferentes, se obtendrá la serie de igualdades

$$m_{11} a_{11} = m_{21} a_{21} = \dots = m_{i1} a_{i1} = \dots = m_{N1} a_{N1}$$

donde el primer subíndice denota al objeto y el segundo - que en todos los casos es aquí 1 - sirve para indicar que esta serie de igualdades fué obtenida bajo la acción del agente externo \vec{F}_1 . Si se miden experimentalmente las aceleraciones, se pueden determinar las razones de todas las m_{i1} a una m_{j1} fija, digamos m_{11} , y obtener

$$m_{i1} \quad a_{i1}$$

$$m_{11} \quad a_{11}$$

inercial, no sólo se tiene

$$\text{fuerza} \Rightarrow \text{aceleración}, \quad (\text{segunda ley})$$

sino que, concretamente,

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

El miembro izquierdo de esta ecuación debe entenderse como la cuantificación de los agentes externos que producen la aceleración \vec{a} en un objeto dado. Un hecho sobresaliente es que *la cantidad m es independiente de los agentes externos*; se trata de una constante característica del objeto y se le refiere entonces como *su masa*.

Desarrollo. Para fines prácticos y dentro de los límites experimentales determinados en la práctica cero, el riel de aire usado en el laboratorio es un buen sistema de referencia inercial (¿por qué?). Luego, si se deja actuar un mismo agente externo \vec{F}_1 sobre N objetos diferentes, se obtendrá la serie de igualdades

$$m_{11} a_{11} = m_{21} a_{21} = \dots = m_{i1} a_{i1} = \dots = m_{N1} a_{N1}$$

donde el primer subíndice denota al objeto y el segundo - que en todos los casos es aquí 1 - sirve para indicar que esta serie de igualdades fué obtenida bajo la acción del agente externo \vec{F}_1 . Si se miden experimentalmente las aceleraciones,

FACULTAD DE MATEMATICAS

Universidad de Guanajuato

Laboratorio de Mecánica

práctica cuatro : masa

(vía conservación del momento lineal)

Objetivo. Determinar experimentalmente la razón de las velocidades adquiridas por diversos objetos a la de uno fijo, después de que una explosión imprime velocidades en direcciones opuestas a dos objetos distintos sobre los que originalmente no actúan fuerzas externas. El principio de conservación del momento lineal total de un sistema de partículas, garantiza entonces que dicha razón es inversa a la razón de las masas de los objetos en cuestión.

Introducción. El principio de conservación del momento lineal total de un sistema de partículas

La primera ley de Newton define un sistema de referencia inercial bajo la condición de que un cuerpo sobre el que no actúen agentes externos, conserve su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme. En otras palabras, *un sistema de referencia inercial es aquel para el que la siguiente proposición es válida:*

$$\sim(\text{fuerza}) \Rightarrow \sim(\text{aceleración}) \quad (\text{primera ley})$$

El postulado físico que permite invertir el sentido de esta implicación es la segunda ley de Newton. De manera más precisa, *en un sistema de referencia*

el hilo vaya hasta el final del riel y se pueda pasar por una polea para que finalmente j cuelge libremente en dirección vertical. La situación se ilustra en la figura siguiente. Al cortar súbitamente el hilo en el punto P , el objeto i se acelera en la dirección definida por el riel y los detalles cinemáticos de su movimiento quedan registrados en un AME para su análisis posterior.

se pueden determinar las razones de todas las m_{i1} a una m_{j1} fija, digamos m_{11} , y obtener

$$\frac{m_{i1}}{m_{11}} = \frac{a_{i1}}{a_{11}}$$

La medición de aceleraciones puede repetirse nuevamente sobre los mismos objetos cambiando esta vez la acción del agente externo; digamos, cambiando \vec{F}_1 por \vec{F}_2 . Lo que se obtiene es entonces la serie de igualdades

$$m_{12} a_{12} = m_{22} a_{22} = \dots = m_{i2} a_{i2} = \dots = m_{N2} a_{N2}$$

de donde es posible determinar las razones de todas las m_{i2} a m_{12} ,

$$\frac{m_{i2}}{m_{12}} = \frac{a_{i2}}{a_{12}}$$

El experimento puede repetirse así un cierto número n de veces; a saber, para la acción de $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$.

Técnica. Descripción del experimento j ($j=1, \dots, n$) en relación al objeto i ($i=1, \dots, N$). Sujetar el objeto (carro) i con un hilo a uno de los extremos del riel procurando que quede situado cerca de dicho extremo. Por el otro extremo del objeto atar, con otro hilo, un cuerpo (el agente externo j) de tal forma que

se plantea un compromiso entre la división del trabajo entre el alumno y la computadora, y surge la pregunta: ¿Hasta que punto se debe realizar el paquete de programas, para dividir las tareas efectuadas por este paquete y por el alumno?

Terminada esta experiencia con el material incluido en este documento, se tiene:

- a) El riel de aire, instrumentado con una computadora, facilita en gran medida las mediciones experimentales.
- b) El paquete FISIMAX debe ampliarse con más utilería.
- c) El profesor de la cátedra, debe proponer y realizar las prácticas, de acuerdo a su experiencia.

5.- CONCLUSIONES.

Los experimentos que se realizaron y los reportes entregados por los alumnos, permiten establecer los siguientes puntos.

1.- El equipo de medición, resulta fácil de operar y el montaje de las prácticas es muy simple.

2.- Se pueden implementar prácticas, para nivel de secundaria preparatoria y profesional (solo depende del paquete utilizado).

3.- En este caso con los alumnos de licenciatura de matemáticas, les resultó difícil de integrar, o tomar como un solo fenómeno los siguientes cuatro puntos.

- a) El fenómeno físico.
- b) El proceso de medición.
- c) El manejo y proceso de los datos obtenidos.
- d) La interpretación e interpolación de los resultados del experimento a otras aplicaciones y conceptos.

Un ejemplo es el manejo y proceso de la muestra de medición. Una vez obtenidos los datos, se enfrasca en su manejo a través de programas de computadora, logrando con dificultad la asociación con el fenómeno en sí.

Si el objetivo es utilizar este equipo experimental con instrumentación electrónica y una computadora, para realizar experimentos que ayuden a un mejor entendimiento de la mecánica clásica,