

---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS

**CUADERNO DE PRÁCTICAS DE  
LABORATORIO PARA CINEMÁTICA**



**AUTOR**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**FÍS. EDGAR RAYMUNDO LÓPEZ TÉLLEZ**

**EDICIÓN**

**CÉSAR MANUEL BÁEZ ROJANO**

**JUNIO DEL 2000**

---

## PRESENTACIÓN

La Facultad de Ingeniería ha decidido realizar una serie de ediciones provisionales de obras recientemente elaboradas por académicos de la institución, como material de apoyo para sus clases, de manera que puedan ser aprovechadas de inmediato por alumnos y profesores. Tal es el caso del *Cuaderno de prácticas de laboratorio para cinemática*, elaborado por Edgar Raymundo López Téllez.

Se invita a los estudiantes y profesores a que comuniquen a los autores las observaciones y sugerencias que mejoren el contenido de la obra, con el fin de que se incorporen en una futura edición definitiva.

## PRÓLOGO

El presente cuaderno de prácticas de laboratorio para Cinemática es producto del proyecto PAPIME, denominado "Implementación de Prácticas Computarizadas en el Laboratorio de Mecánica, en la Facultad de Ingeniería, UNAM".

En dicho proyecto se enfatiza el objetivo del Laboratorio de Mecánica dentro del proceso enseñanza-aprendizaje, teniendo como principal fin, el desarrollo de prácticas para la comprobación experimental de los conceptos teóricos de la Mecánica Clásica, y vinculadas con los contenidos de los programas vigentes de las asignaturas Estática, Cinemática y Dinámica.

Sin embargo, no se pueden dejar en el olvido a los principales pilares de que el laboratorio de Mecánica de la DCB exista y permanezca como parte importante de la infraestructura de nuestra Facultad. Empezando por el Ing. Luis Ordóñez Reyna, quien tuvo la fortuna de iniciar la formación del laboratorio, después el Ing. Hugo G. Serrano Miranda se encargó de la creación e implementación de todas las prácticas correspondientes para los laboratorios de Estática, Cinemática y Dinámica, las cuales han permitido cumplir con el objetivo del laboratorio de Mecánica. El gran esfuerzo del Ing. Hugo G. Serrano Miranda, y en colaboración con el Ing. Jaime Martínez Martínez, ha contribuido de manera fundamental para que este trabajo se pueda desarrollar.

Ahora, se presenta este primer cuaderno de prácticas, donde la computadora se utiliza como herramienta para poder observar, analizar y obtener resultados en tiempo real de algunos fenómenos en la Mecánica, pretendiendo así, reforzar los conceptos vistos en clase, de tal manera que se pueda lograr un aprendizaje significativo por parte de los alumnos que cursan la asignatura de Cinemática.

La idea inicial de que se tuvieran este tipo de prácticas fue del Ing. Jaime Martínez Martínez, teniendo el que suscribe, la enorme responsabilidad de desarrollarlas, ponerlas a prueba e implementarlas en el laboratorio, siempre con el compromiso de que éstas dieran a los alumnos el mayor beneficio posible mediante el uso de la tecnología de cómputo.

Además, se contó con el apoyo de la Lic. Claudia Loreto Miranda, quien es una persona especializada en el área de la Pedagogía y forma parte del personal de la Coordinación de Proyectos Académicos de la Facultad, la cual trabajó con el grupo de profesores del laboratorio y analizó el comportamiento de los grupos piloto.

En un principio, la meta era sólo tener tres prácticas de las seis que se presentan; sin embargo, se pudo lograr tener material suficiente para abarcar el semestre. Aunque no son abarcados todos los temas de la asignatura, las prácticas están ligadas, lo cual permite al alumno entender con mayor claridad los conceptos que son tratados; además, dan la posibilidad de realizar otros arreglos adicionales para analizar, que permitirían desarrollar la iniciativa y creatividad de los alumnos.

Agradezco profundamente a los alumnos que pertenecieron a los grupos piloto, ya que con ellos se lograron detectar las fallas en la redacción, pasos que se mencionan y deben seguirse en los formatos de las prácticas durante el desarrollo de las mismas.

También doy las gracias a todas las personas que de alguna manera apoyaron el desarrollo de este trabajo. Al Ing. Jaime Martínez Martínez, por la confianza depositada en mí para realizar el producto que ahora se presenta. En la instalación y preparación de equipo al Ing. Raúl Escalante Rosas. Para la elaboración del manual de importación y de graficación en Excel, a la Srita. Aida Lumbreras Castro. A los profesores que hicieron correcciones, comentarios y sugerencias a los formatos de las prácticas y observaciones para la implementación de las mismas.

En el diseño de la portada, del formato, captura y edición final del cuaderno al Sr. César Manuel Báez Rojano, estudiante de la facultad y alumno de servicio social, que le llevó horas de trabajo constante y paciencia con un servidor. Gracias por su empeño y dedicación.

A la Lic. Claudia Loreto Miranda, quien ha apoyado al proyecto desde el punto de vista Didáctico, haciendo ver a los profesores aspectos importantes durante el desarrollo de las prácticas, como lo son: el trabajo en equipo, motivación, apoyo a los alumnos, etc. Además, de que le agradezco las sugerencias y comentarios hechos durante el trabajo con los grupos piloto.

Así pues, los mejores críticos a este trabajo serán los alumnos y profesores, para quienes ha sido desarrollado. Por lo tanto, mediante sus comentarios se podrá enriquecer y mejorar el cuaderno de prácticas que hoy se presenta.

Edgar Raymundo López Téllez

# ÍNDICE

ALGUNOS ASPECTOS SOBRE EL TRABAJO EN EQUIPO .....	1
PRÁCTICA 1	
MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO (PARTE I) .....	3
PRÁCTICA 2	
MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO (PARTE II) .....	9
PRÁCTICA 3	
CUERPOS CONECTADOS .....	13
PRÁCTICA 4	
CAÍDA LIBRE. MAGNITUD DE LA ACELERACIÓN GRAVITATORIA TERRESTRE .....	17
PRÁCTICA 5	
TIRO PARABÓLICO .....	21
PRÁCTICA 6	
MOVIMIENTO OSCILATORIO DE UN PÉNDULO .....	25
MANUAL PARA IMPORTAR Y GRAFICAR DATOS .....	30
BIBLIOGRAFÍA .....	36



PUNTE  
9-B  
300  
-612040

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



\*612040\*

G-612040

## ALGUNOS ASPECTOS SOBRE EL TRABAJO EN EQUIPO

El laboratorio de Mecánica de la División de Ciencias Básicas tiene como objetivo general apoyar el aprendizaje significativo de los alumnos que cursan las asignaturas Estática, Dinámica y Cinemática, mediante actividades experimentales, las cuales se encuentran relacionadas directamente con los contenidos de los programas de estudio vigentes de éstas asignaturas.

Para lograr este objetivo, el trabajo que desarrollan los alumnos dentro del laboratorio se realiza en equipos integrados por cuatro o cinco estudiantes. Con el trabajo en equipo dentro de este laboratorio, se pretende que los alumnos aprendan a trabajar conjuntamente para fortalecer sus conocimientos, desarrollar su creatividad e intercambiar experiencias y puntos de vista, para llevar a cabo las prácticas.

En este contexto, un equipo de trabajo que se distinga por su adecuado desempeño, deberá reunir las siguientes características en cuanto a su forma de trabajo y de interrelación entre sus miembros:

1. Tener una alta **orientación a la tarea** como resultado de una **intensa motivación de sus integrantes**.
2. **Amplia participación de todos los integrantes**, no solo en la ejecución, sino en las deliberaciones, decisiones y elaboración de conclusiones.
3. **Intenso intercambio** de ideas, opiniones e información.
4. **Tolerancia a las diferencias** y desacuerdos.
5. Apertura de todos a la **crítica constructiva**.
6. Toma de **decisiones por consenso**, mas que por votación o imposición.
7. Desarrollar el trabajo en un **ambiente libre, relajado y espontáneo**, sin negar la disciplina.
8. Presencia de formas de **liderazgo compartido y móvil**.

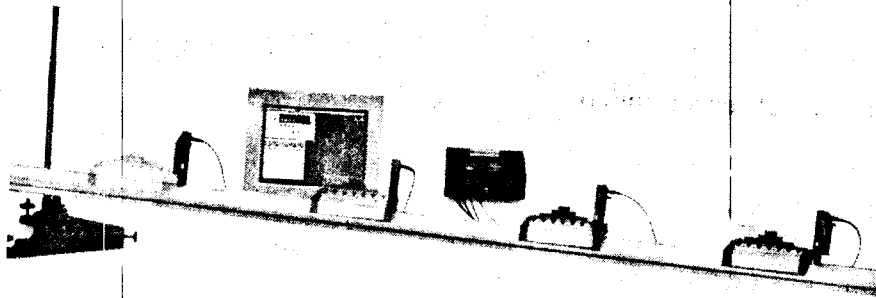
A continuación se presentan algunas ideas que pueden ser de utilidad al iniciar el trabajo de equipo en este laboratorio:

- ✓ Propiciar el conocimiento e integración de los miembros del equipo, teniendo siempre presente que cada integrante debe aportar algo al trabajo conjunto.
- ✓ Tomar un tiempo para revisar de manera conjunta, los objetivos de la práctica y las actividades a realizar, asignando quien se hará cargo de cada una.
- ✓ En las conclusiones de las prácticas, presentar un trabajo conjunto que haga evidente la discusión y análisis que realizaron sus integrantes para elaborarlas.



# MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO

## PARTE I



## PRÁCTICA 1

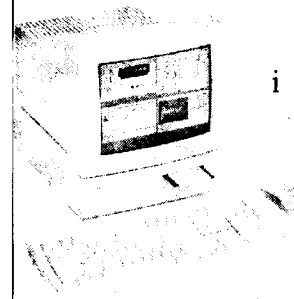
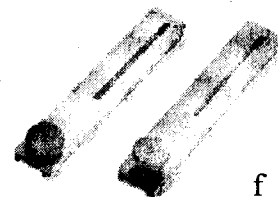
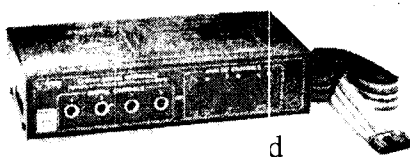
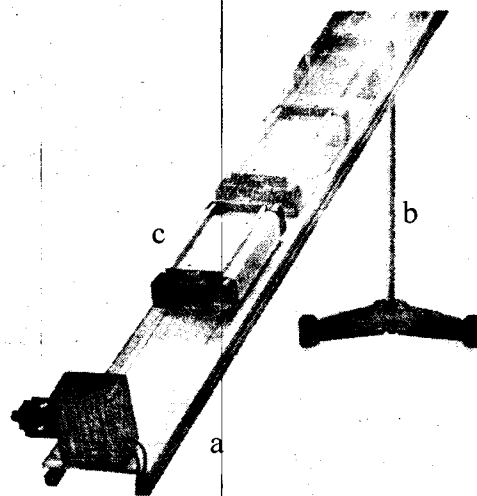


## OBJETIVOS

1. Determinar la magnitud de la aceleración de un cuerpo, en trayectoria rectilínea sobre un plano inclinado, utilizando equipo de cómputo y software instalado para la realización de la práctica.
2. Realizar las gráficas  $s$  vs  $t$ ,  $v$  vs  $t$  y  $a$  vs  $t$ , que representan el comportamiento del movimiento de dicho cuerpo.

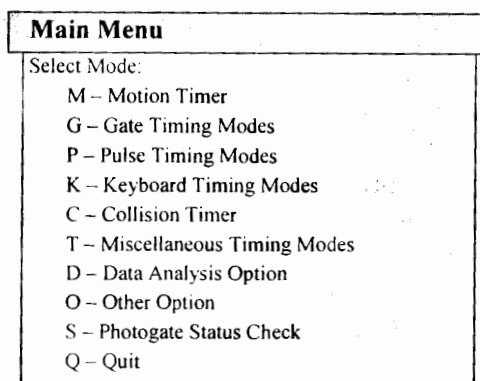
## EQUIPO A UTILIZAR

- a) Riel
- b) Soporte para Riel
- c) Carrito deslizable
- d) Interfase "Science Workshop"
- e) Sensor óptico
- f) Soporte para el sensor óptico
- g) Placa de Acrílico (semigraduada)
- h) Indicador de ángulo
- i) Computadora



## PARTE I

- I.1 Verifique, con ayuda de su profesor, que todo el equipo esté conectado adecuadamente.
- I.2 Cerciórese de que el sensor óptico esté conectado en el canal 1 de la Interfase Science Workshop.
- I.3 Encienda la computadora (CPU y monitor), y espere a que cargue totalmente el sistema.
- I.4 Haga doble click en el ícono "Precision Timer" y aparecerá el Menú Inicial.



Menú Inicial

- I.5 Verifique que el sensor óptico se encuentre activado mediante la opción <S> del menú inicial; y en caso de no detectarla, revise las conexiones correspondientes, y con <Esc> regrese al menú inicial.
- I.6 Ajuste el ángulo de inclinación  $\theta$  a  $10^\circ$ , acorde con el arreglo que muestra la figura 1.

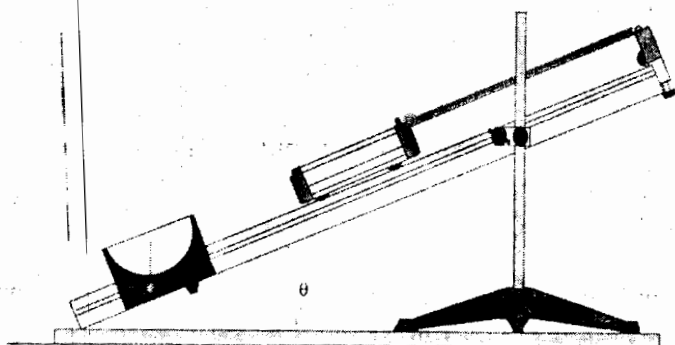


Figura 1

- I.7 En la placa de acrílico mida la longitud que abarcan una franja transparente y una oscura consecutivas. Considere la línea donde se tenga mayor número de ellas.

- I.8 El carrito debe fijarse tal que, se detecten las 13 marcas de la placa de acrílico, con el objeto de tener más datos y mejorar el experimento. Esto se verifica contando el número de veces que se enciende y apaga el foco del sensor óptico. En caso de que no suceda esto, se debe nivelar el sensor óptico, hasta lograr la detección correcta.
- I.9 Ya que se tienen los ajustes necesarios, coloque el carrito justo antes de que se detecte la primera marca, seleccione la opción "Motion Timer" del menú inicial y después suelte el carrito. Esto se hace para que por medio del sensor óptico, se registren los tiempos transcurridos durante el movimiento por cada pareja de franjas (obscura y transparente).
- I.10 Pulse <Enter> al terminar de pasar el carrito por el sensor óptico y observe que en la pantalla aparezcan los datos registrados. Realice esto hasta que la variación de los datos registrados entre uno y otro evento no cambie demasiado. Con la tecla <Esc> podrá regresar al menú inicial.
- I.11 Ya que se tenga una mejor precisión, pulse <Enter> y aparecerá el Menú de Análisis de Datos. Con el fin de tener los datos de posición y tiempo durante el movimiento, se tendrá que elegir la opción para graficar datos de este menú

Data Analysis Options:
T - Display Table of Data
P - Print Table of Data
L - Large Digit Data Table
D - Delete Data
S - Special Option
F - File Option
G - Graph Data
X - Return to Main Menu

#### Menú Análisis de Datos

- I.12 Teclee la opción <G> para graficar los datos. Seleccione <D> para graficar posición contra tiempo, posteriormente pulse nuevamente <D> para especificar la longitud medida (en metros) en el paso I.7, y pulse tres veces seguidas <Enter> para que aparezca la gráfica correspondiente.
- I.13 Con <Enter> regresará al menú anterior y pulse <T> para desplegar los datos de la gráfica. Anote en su cuaderno dichos datos y pulse <Enter>. Observe si el comportamiento de la gráfica es el esperado.
- I.14 Ahora con la opción <V> podrá grabar la información prestando atención a las indicaciones de su profesor. La información se grabará en un directorio especial y se recomienda que se utilice la extensión "xls" al nombre del archivo.
- I.15 Salga del paquete con la opción <Q> del menú inicial.

## PARTE II

- II.1 Con el fin de ajustar a una curva los datos obtenidos y de ahí obtener la magnitud de la aceleración, haga doble click en el ícono de Excel y siga las instrucciones de su profesor para importar los datos que fueron grabados.
- II.2 Realice la gráfica posición contra tiempo con los datos registrados. Es importante analizar el factor de correlación que se obtiene, ya que éste permite medir la confiabilidad del experimento.
- II.3 Interprete el significado físico de cada uno de los coeficientes de la ecuación obtenida. Determine el valor de la magnitud de la aceleración.
- II.4 Grabe su información con la ayuda de su profesor.

## CUESTIONARIO

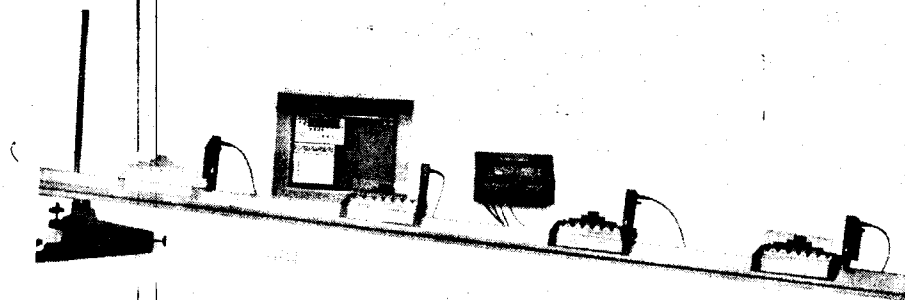
- 1. Reporte el valor de la magnitud de la aceleración y las ecuaciones obtenidas para:  
 $v = v(t)$   
 $s = s(t)$
- 2. Realice las gráficas  $s$  vs  $t$ ,  $v$  vs  $t$  y  $a$  vs  $t$ , y explique detalladamente si las gráficas obtenidas representan el comportamiento de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.
- 3. Con respecto a los valores obtenidos para la rapidez y posición iniciales, diga si estos son pequeños, si corresponden a los valores esperados acorde con las condiciones iniciales del experimento, etc.
- 4. Complete la siguiente tabla para los tiempos registrados

a = (m/s <sup>2</sup> )		
t (s)	v (m/s)	s (m)

5. Obtenga la diferencia entre el valor de la magnitud de la aceleración con el valor de la componente de la aceleración de la gravedad en la dirección de movimiento, y haga comentarios con respecto a dicha diferencia (porcentaje de diferencia, ¿por qué tal diferencia?, etc.).
6. Con el propósito de entender el significado físico de algunos elementos geométricos de las gráficas, haga lo siguiente:
  - 6.1 Con los datos registrados en el punto I.13 elabore la gráfica  $s$  vs  $t$  y trace una curva suave sobre los puntos obtenidos.
  - 6.2 Dibuje rectas tangentes a la curva en los puntos correspondientes a los datos registrados. Indique qué representa la pendiente de cada recta.
  - 6.3 Con los valores de las pendientes de las rectas y el tiempo correspondiente, elabore la curva  $v$  vs  $t$ , y por medio de mínimos cuadrados obtenga la recta de ajuste. así como la ecuación que determina la rapidez en función del tiempo.
  - 6.4 ¿Qué representa la pendiente de la recta de ajuste?
  - 6.5 De esa ecuación, obtenga el valor de la magnitud de la aceleración y elabore la gráfica  $a$  vs  $t$ .
7. Compare el valor de la magnitud de la aceleración de la gráfica en Excel, con el obtenido de la gráfica realizada a mano.

# MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO

## PARTE II



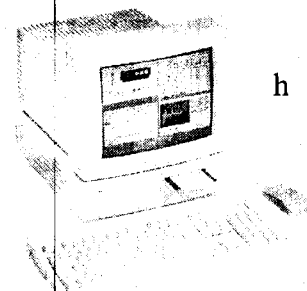
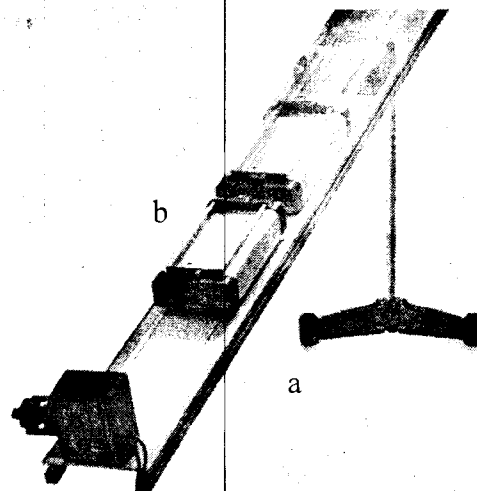
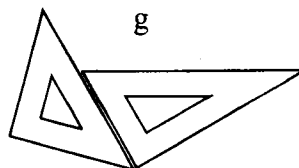
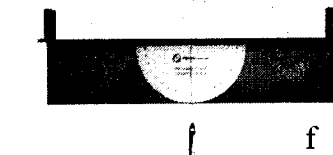
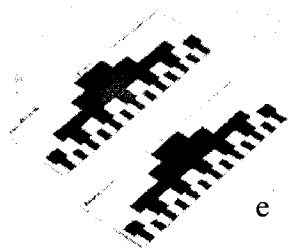
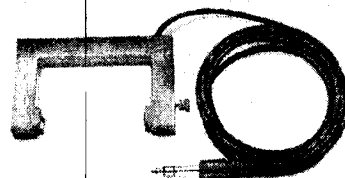
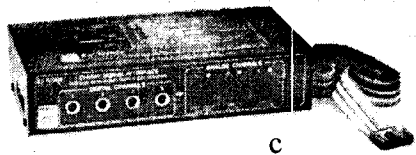
## PRÁCTICA 2

## OBJETIVOS

1. Determinar la magnitud de la aceleración de un cuerpo, en trayectoria rectilínea sobre un plano inclinado, utilizando software y equipo de cómputo instalado para la realización de la práctica.
2. Obtener el modelo matemático para la posición del cuerpo en cualquier instante.
3. Determinar el tiempo de recorrido por el cuerpo para ciertas distancias con dicho modelo matemático, y analizar la confiabilidad de éste, comparándolo con otra medición experimental.

## EQUIPO A UTILIZAR

- a) Riel con soporte
- b) Carrito deslizante
- c) Interfase "Science Workshop"
- d) Dos sensores óptico con soportes
- e) Placa de Acrílico (semigraduada)
- f) Indicador de ángulo
- g) Un juego de escuadras
- h) Computadora



## PARTE I

I.1 De la misma forma como se desarrollo la práctica 1, realice los pasos I.1 a I.4 de esa práctica para ángulos de  $10^\circ$  y  $15^\circ$ .

I.2 Ya grabados todos los eventos, salga del paquete con la opción <Q> del menú inicial.

## PARTE II

II.1 Haga doble click en el ícono de Excel y tal como lo realizó en la práctica 1, obtenga a partir de la gráfica de posición - tiempo, el valor de la magnitud de la aceleración para los ángulos considerados. Anote las expresiones obtenidas de las gráficas y expréselas en la forma:  $s = s(t)$

II.2 Con ayuda del modelo matemático obtenido para la posición, y con el valor de la magnitud de la aceleración para cada ángulo, determine el tiempo que se requiere para recorrer las diferentes distancias, a partir de un origen preestablecido, y regístrelo en las tabla 1 y 2, como t(ec.) para cada ángulo.

II.3 En este punto, agregue otro sensor óptico al arreglo inicial, conéctelo al canal 2 de la interfase, y fije la distancia inicial entre los sensores de 20 cm. Cerciórese que los dos sensores ópticos estén activados y haga los ajustes de nivelación adecuados. Este arreglo permite alcanzar el objetivo 3.

Nota: Los sensores no deben detectar las franjas de la placa de acrílico, se deberá agregar un saliente que sea el que permita activar los sensores.

$\theta = 10^\circ$		a =	
s	t (ec.)	t (exp.)	t (ec.) - t (exp.)
[cm]	[seg]	[seg]	[seg]
20			
30			
40			
50			

Tabla 1

II.4 Active nuevamente el PT, seleccione la opción <P> del menú inicial y presione la opción <A> del menú subsecuente, con el fin de poder registrar el tiempo de recorrido.

II.5 Tomando como origen el primer sensor, coloque el carrito justo antes de activarlo y pulse la opción <N> del menú que se presentará en la pantalla.



II.6 Suelte el carrito y repita 10 veces la medición y obtenga un promedio del tiempo obtenido, registrándolo en la tabla 1 como  $t(\text{exp.})$ . **Recuerde tratar de mantener todas las condiciones del experimento.**

II.7 Varíe la posición del segundo sensor óptico, y repita los pasos II.4 a II.6, registrando los datos hasta completar la tabla 1 para  $q = 10^\circ$ .

II.8 Ahora ajuste el sistema a  $15^\circ$ , y realice los pasos necesarios para completar la tabla 2.

$\theta = 15^\circ$		$a =$	
s	t (ec.)	t (exp.)	t (ec.) - t (exp.)
[cm]	[seg]	[seg]	[seg]
20			
30			
40			
50			

Tabla 2

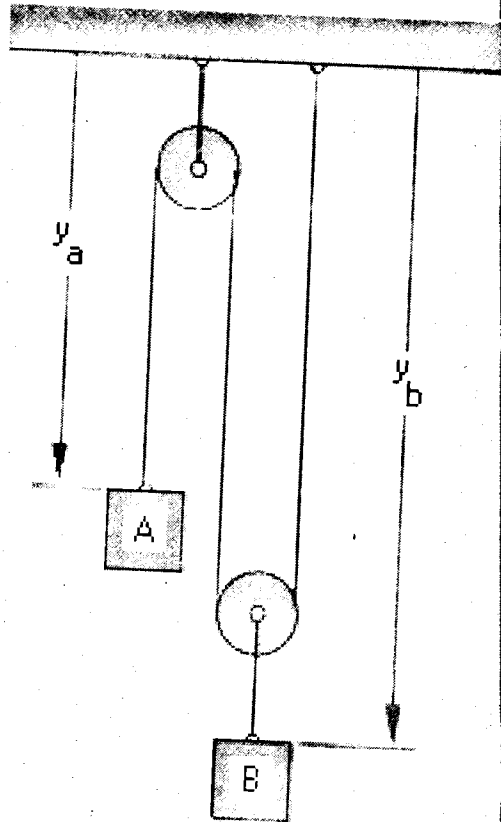
## CUESTIONARIO

1. Compare los tiempos obtenidos con los estimados y elabore sus conclusiones. Para esto, tome en consideración los errores porcentuales obtenidos entre los tiempos de las expresiones matemáticas y los tiempos medidos experimentalmente, así como las dificultades que se presentaron para medir estos últimos. Además, haga una evaluación con respecto a los objetivos planteados y los resultados obtenidos.
2. Realice las gráficas correspondientes para  $s$  vs.  $t$ ,  $v$  vs.  $t$  y  $a$  vs.  $t$ , para los dos ángulos. Compare y haga conclusiones entre los valores obtenidos de la magnitud de la aceleración y la componente de la aceleración de la gravedad en la dirección del movimiento.
3. Obtenga los intervalos de tiempo que predicen los modelos matemáticos para diferentes desplazamientos, desde una posición inicial a una posición final, tal y como lo muestra la tabla 3.
4. Considerando el equipo que utilizó para la práctica, qué experimento sugiere, para poder comprobar los valores obtenidos en la tabla 3.

	$\theta = 10^\circ$	$\theta = 15^\circ$
$\Delta s$ [cm]	$\Delta t$ [seg]	$\Delta t$ [seg]
[10, 20]		
[10, 30]		
[20, 40]		
[20, 50]		
[30, 50]		

Tabla 3

# CUERPOS CONECTADOS



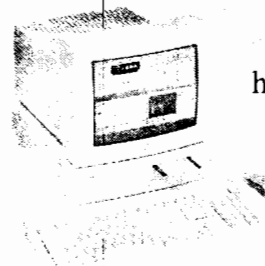
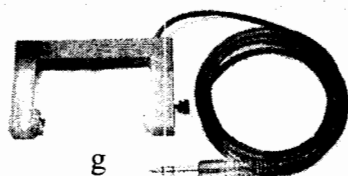
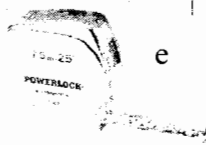
## PRÁCTICA 3

## OBJETIVO

1. Determinar las rapidezces de dos cuerpos conectados, midiendo experimentalmente la magnitud de la aceleración de uno de ellos.

## EQUIPO A UTILIZAR

- a) Dos poleas con accesorios
- b) Bloque de madera
- c) Masa de 50 gr
- d) Placa de Acrílico (semigraduada)
- e) Flexómetro
- f) Interfase "Science Workshop"
- g) Sensor óptico
- h) Computadora



## PARTE I

- I.1 Verifique, que todo el equipo esté conectado adecuadamente. El sensor óptico debe estar conectado al canal 1.
- I.2 Construya el arreglo que muestra la figura 1, colocando como bloque A una masa de 50gr, y como bloque B, el bloque de madera con la placa de acrílico. Se pretende que el bloque B sea el que descienda.
- I.3 Ajuste el sensor para poder registrar los datos al caer el bloque B. Los pasos a seguir son como en las prácticas anteriores para obtener la magnitud de la aceleración del bloque B. ¿Cómo se espera que sea dicha aceleración?

$$a_B = \underline{\hspace{2cm}}$$

- I.4 Teniendo el sistema en reposo, fije su nivel de referencia.
- I.5 Mida desplazamientos del bloque A y los correspondientes desplazamientos para el bloque B, registre los datos.

$h_A$	$h_B$	$V_B$	$V_{A1}$	$V_{A2}$
[cm]	[cm]			
5				
10				
15				
20				
25				
30				

Tabla 1

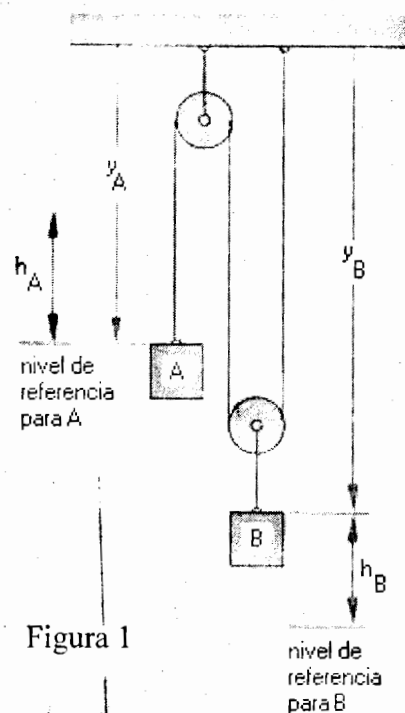


Figura 1

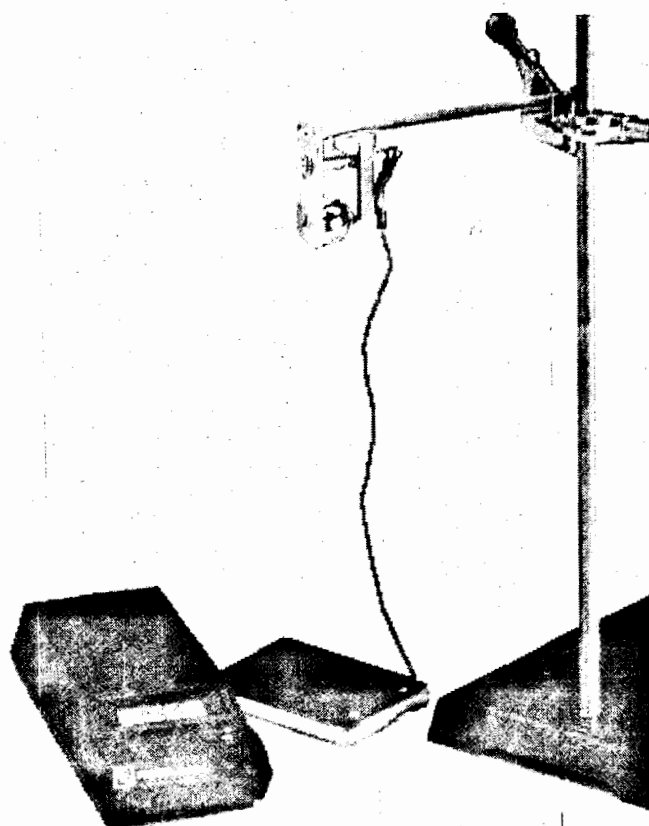
- I.6 Suelte el sistema y cuando tenga confiabilidad en los datos, grabe la información, realice la gráfica correspondiente en Excel y obtenga la magnitud de la aceleración del bloque B.

## CUESTIONARIO

1. ¿Qué tipo de movimiento tienen cada uno de los bloques?
2. Obtenga la relación de posiciones entre los cuerpos considerando el arreglo de la figura 1 y verifique si dicha relación se cumple con los datos de la tabla 1.
3. De esa relación obtenga las correspondientes relaciones de rapidez y magnitudes de aceleración.
4. Obtenga la magnitud de la aceleración del bloque A.  
 $a_A = \underline{\hspace{2cm}}$
5. Dado que se obtiene la magnitud de la aceleración del bloque B, determine la expresión para la rapidez del bloque B, acorde con las condiciones iniciales de movimiento del sistema.
6. Con la relación de rapidez, obtenga la expresión para la rapidez del bloque A ( $V_{A1}$ ).
7. Obtenga también la expresión para la rapidez del bloque A ( $V_{A2}$ ) con la magnitud de su aceleración (ver 4).
8. Calcule los valores de las rapidez de los bloques para los desplazamientos dados en la tabla 1.
9. Compare los valores de las rapidez de  $V_{A1}$  y  $V_{A2}$ , y haga los comentarios correspondientes a la diferencia obtenida entre ellos.
10. Diseñe otro sistema de cuerpos conectados y explique como llevaría a cabo las mediciones para poder obtener la rapidez de uno de los cuerpos.
11. Comente si este experimento le permitió entender mejor los conceptos vistos en teoría.

# CAÍDA LIBRE

## MAGNITUD DE LA ACELERACIÓN GRAVITATORIA TERRESTRE



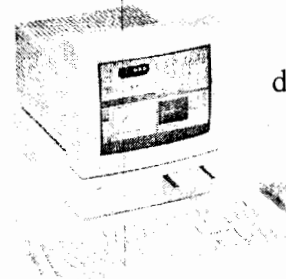
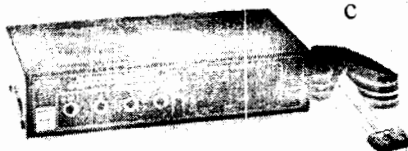
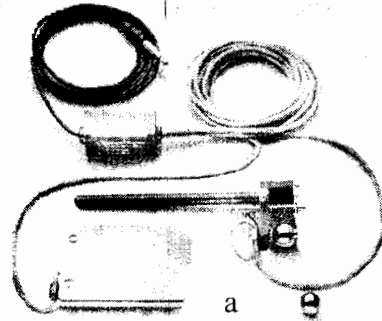
### PRÁCTICA 4

## OBJETIVO

1. Determinar la magnitud de la aceleración gravitatoria terrestre, al nivel de Ciudad Universitaria.

## EQUIPO A UTILIZAR

- a) Equipo de Caída Libre con accesorios
- b) Flexómetro
- c) Interfase "Science Workshop"
- d) Computadora



## PARTE I

G-612040

- I.1 Verifique que todo el equipo esté conectado adecuadamente. El adaptador de caída libre debe estar conectado al canal 1 de la Interfase.
- I.2 Encienda la computadora (CPU y monitor), y espere a que cargue totalmente el sistema.
- I.3 Active el software "Precision Timer".
- I.4 Coloque el balón en el mecanismo de sujeción, y fije dicho mecanismo a la distancia correspondiente acorde con la tabla 1. Mida esa distancia desde la parte inferior del balón hasta la parte superior del interruptor.
- I.5 El siguiente proceso permite registrar directamente el valor de la magnitud de la aceleración gravitatoria "g".
- Del Menú Inicial seleccionar la opción <T>, del nuevo menú, presione <Enter> en la opción <F>, posteriormente, pulse <Enter> en el modelo de adaptador "ME-9207A" y presione <Enter> en la opción <N>.
- I.6 Presione <Barra Espaciadora> y suelte el balón. En la pantalla aparecerá el tiempo registrado por el mecanismo.
- I.7 Es importante que trate de ajustar el equipo para obtener un mejor valor de g. Realice diferentes pruebas antes de continuar.
- I.8 Repita 10 veces el evento y presionar <Enter> al finalizar las lecturas.

NOTA: En caso de querer borrar algún registro, acuda a su profesor.

d	$g =  g $	Error %
[cm]	[m/seg ]	
10		
20		
30		
40		
50		

Tabla 1



FACULTAD DE INGENIERIA

- I.9 Del menú en pantalla elija la opción <S>, teclee el valor de la distancia considerada en metros y pulse <Enter> en la opción <No>.
- I.10 Aparecerán los valores correspondientes de la magnitud de la aceleración para cada evento, así como el promedio de dicha aceleración. Consigne este último valor en la tabla 1.



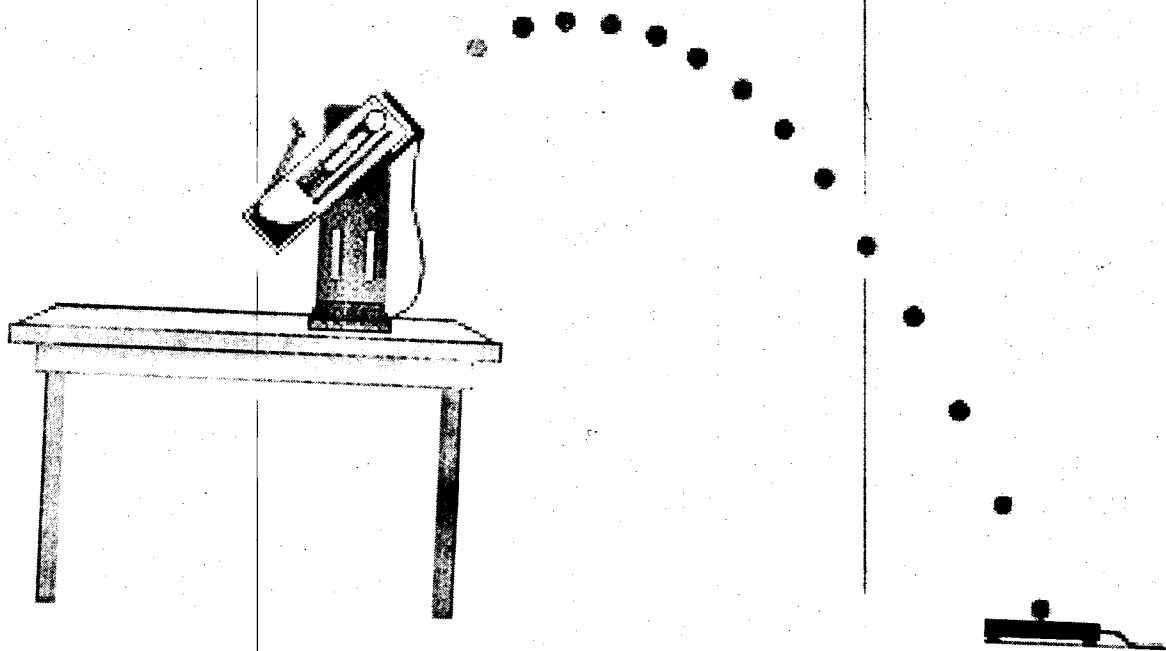
- I.11 Presione <Enter> y posteriormente <Esc> para regresar al menú inicial.
- I.12 Repita los pasos I.4 al I.10 para las distancias indicadas en la tabla 1.
- I.13 Considere  $g = 9.78 \text{ m/s}$ , calcule el error porcentual de los datos obtenidos con respecto a ese valor, y registre esos valores en la tabla 1.

## CUESTIONARIO

1. Mencione ¿qué tipo de movimiento es el que se analizó?, y el ¿por qué de dicha conclusión?
2. Describa las características físicas de una caída libre.
3. Escriba las ecuaciones de movimiento correspondientes para este tipo de movimiento, tomando en cuenta las condiciones iniciales del movimiento y el valor de  $g$  para  $d = 50 \text{ cm}$ .
4. Realice las gráficas correspondientes  $s \text{ vs. } t$ ,  $v \text{ vs. } t$  y  $a \text{ vs. } t$ , para la ecuación obtenida en el punto 3.
5. Analice el comportamiento de los valores obtenidos de  $g$ , conforme se varía la distancia y elabore sus conclusiones.
6. Si un cuerpo se suelta desde el reposo a gran altura, éste alcanza una rapidez terminal. Investigue dicho concepto explicando detalladamente la forma de calcular esa rapidez terminal.
7. Mencione en su reporte, cuáles pudieron ser las causas de las variaciones en las mediciones obtenidas e incluya sugerencias para mejorar el experimento.

LABORATORIO

# TIRO PARABÓLICO



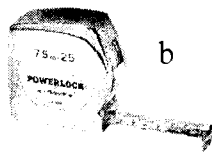
## PRÁCTICA 5

## OBJETIVO

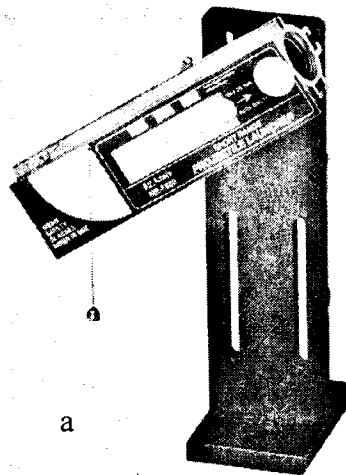
1. Verificar experimentalmente algunos aspectos relacionados con un tiro parabólico.

## EQUIPO A UTILIZAR

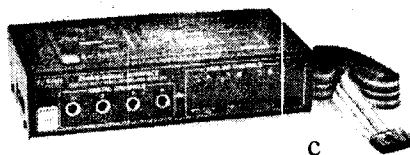
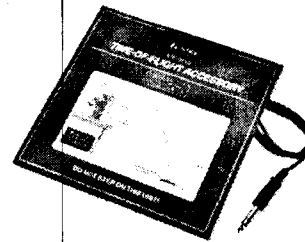
- a) Equipo de Tiro Parabólico con accesorios
- b) Flexómetro
- c) Interfase "Science Workshop"
- d) Sensor óptico
- e) Computadora



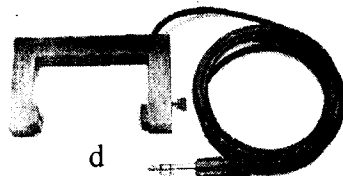
b



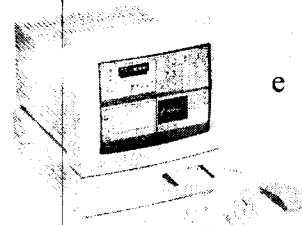
a



c



d



e

## PARTE I

I.1 Verifique, que todo el equipo esté conectado adecuadamente. El sensor óptico debe estar conectado al canal 1 y el receptor en el canal 2. Mida aproximadamente el diámetro del balón.

NOTA: Es importante que se utilicen los anteojos de seguridad para evitar accidentes.

I.2 Encienda la computadora (CPU y monitor) espere a que cargue totalmente el sistema y active el software "Precision Timer".

I.3 Mediante la opción <S> del menú inicial, verifique que el sensor óptico se encuentre activado y en caso de no detectarlo, revise las conexiones correspondientes y regrese al menú inicial.

I.4 Para medir el tiempo de vuelo del tiro parabólico, del Menú Inicial seleccione la opción <P> y posteriormente la opción <A>.

I.5 Con base en las ecuaciones para un tiro parabólico, construya los arreglos y realice las mediciones correspondientes para:

I.5.1 Determinar la rapidez inicial del proyectil para un ángulo de disparo fijo. Para esto, haga una serie de diez disparos y registre la posición horizontal "x" de cada disparo en la tabla 1, así como el tiempo de vuelo "t", el ángulo de disparo y la posición vertical "y" (ver figura 1).

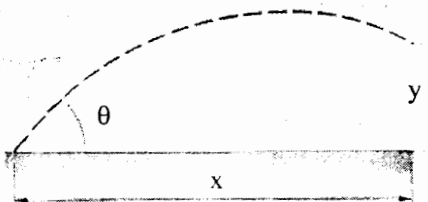


Figura 1

I.5.2 Obtener teórica y experimentalmente, para esos mismos valores, el valor del alcance máximo sobre el mismo nivel horizontal desde donde fue lanzado el proyectil.

	$\theta =$					$y =$					
	d-1	d-2	d-3	d-4	d-5	d-6	d-7	d-8	d-9	d-10	Prom.
x [m]											
t [s]											

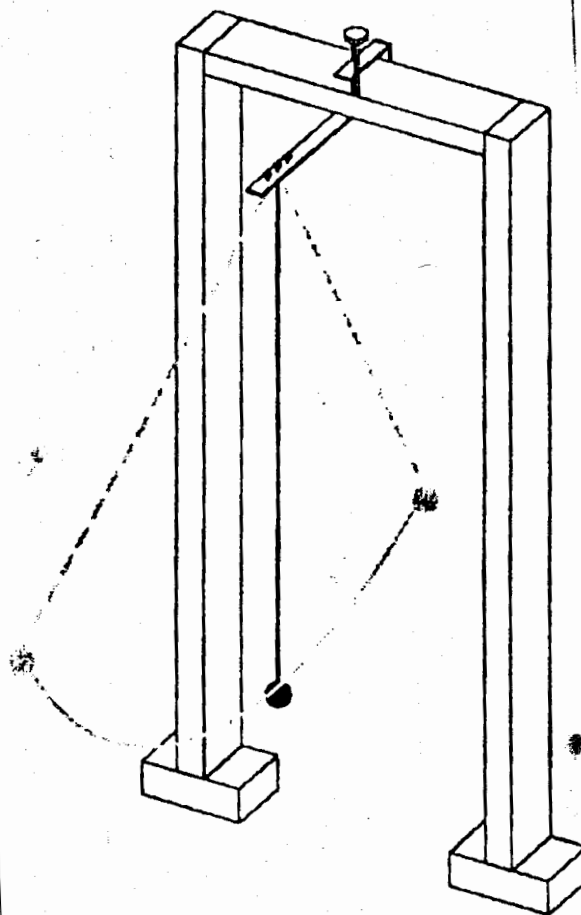
Tabla 1

## CUESTIONARIO

NOTA: Cada disparo corresponde a un tiro parabólico diferente, sin embargo, el rango de precisión (según el fabricante), está dentro de un círculo de 3.5 cm de diámetro para un disparo de 2 m de alcance horizontal.

1. En el papel donde se marcaron los disparos, estime el rango de precisión del disparador, considerando el diámetro del balín.
2. Obtenga teóricamente, cuál es el otro ángulo de disparo en que se debería colocar el disparador para llegar a la misma posición dada por " x ".
3. Determine la expresión teórica que determina la altura máxima alcanzada por el balín y con base en los datos obtenidos calcule dicho valor.
4. Con el promedio obtenido de la posición horizontal " x ", la posición en " y ", y el ángulo de disparo considerado, obtenga la función  $y = f(x)$ , y construya la gráfica de la misma.
5. Elabore sus conclusiones analizando los siguientes puntos:
  - a) La confiabilidad del disparador con base en la precisión obtenida, considerando los valores de " x " y " t ".
  - b) La diferencia obtenida para el alcance horizontal teórico y el experimental del punto I.5.2.
  - c) Si el experimento aclaró conceptos teóricos vistos en su clase de teoría, y si obtuvo algún conocimiento adicional.
  - d) Algún otro aspecto que considere conveniente mencionar.

# MOVIMIENTO OSCILATORIO DE UN PÉNDULO



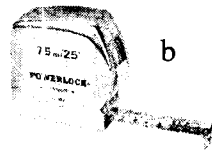
## PRÁCTICA 6

## OBJETIVOS

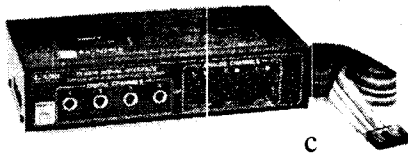
1. Mostrar que el período de oscilación de un péndulo simple depende solamente de su longitud.
2. Obtener el valor de la aceleración gravitatoria terrestre al nivel de Ciudad Universitaria.

## EQUIPO A UTILIZAR

- a) Péndulo simple
- b) Flexómetro
- c) Interfase "Science Workshop"
- d) Sensor óptico
- e) Computadora



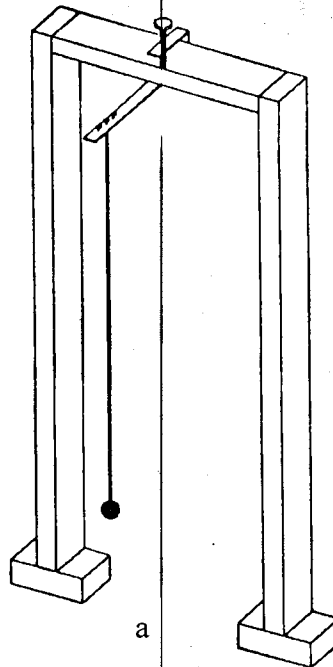
b



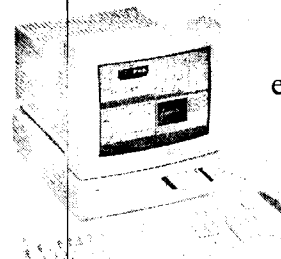
c



d



a



e

## PARTE I

- I.1 Verificar que todo el equipo esté conectado adecuadamente. El sensor óptico debe estar conectado al canal 1 de la Interfase.
- I.2 Encienda la computadora (CPU y monitor), active el software "Precision Timer". Verifique que el sensor óptico se encuentre activado.
- I.3 Mida la longitud que presenta el péndulo. Nivele el sensor óptico de tal manera que el balín pase por la línea de acción de dicho sensor (posición de equilibrio).
- I.4 Para medir el tiempo de cada oscilación haga lo siguiente.

Del Menú Inicial seleccione la opción <T> y presione <Enter>. Del nuevo menú, presione <Enter> en la opción <P>.

- I.5 Desplace el péndulo fuera de su posición de equilibrio, de tal manera que presente con respecto a esta, un ángulo arbitrario (ver figura 1).

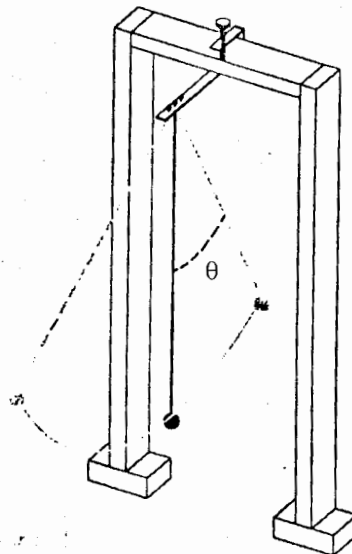


Figura 1

- I.6 Suelte desde el reposo y deje oscilar 2 veces el péndulo, con el fin de que se estabilice el movimiento.
- I.7 Presione <Enter> en la opción <N> y en la pantalla aparecerán los tiempos de las oscilaciones. Después de 10 oscilaciones nuevamente pulse <Enter>.



I.8 Presione <T> para que se muestren los datos registrados, al final de la lista aparecerá el tiempo promedio y consigne dicho valor en la tabla 1.

I.9 Disminuya o aumente la longitud del cable 10 cm y repita las actividades I.3 a I.8 hasta completar la tabla 1.

Evento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L [m]										
t <sub>prom.</sub>										

Tabla 1

I.10 Con el fin de obtener un valor óptimo para la magnitud de la aceleración gravitatoria terrestre, ajuste el equipo para la máxima longitud posible del péndulo y con un desplazamiento angular pequeño anote el periodo ( $T_p$ ) promedio y el valor de  $g$  que registre la computadora.

$$T_p = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$g = \underline{\hspace{2cm}}$$

## CUESTIONARIO

1. Elabore la gráfica  $L=f(t)$  y haga pasar una curva por todos los puntos. Como podrá observar, la gráfica que se obtiene no permite una identificación de la función correspondiente ya que es de la forma:

$$L = \alpha t^\beta \quad \dots (1)$$

3. Con base en los resultados anteriores determine la función

$$L = \alpha t^\beta$$

realizando un ajuste logarítmico para obtener los valores de  $\alpha$  y  $\beta$ .

4. De la expresión anterior deduzca la expresión que permita cuantificar el periodo del péndulo.

5. Utilizando la componente tangencial o transversal de la aceleración del balón, encuentre que la ecuación diferencial del péndulo queda expresada como:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L} \sin\theta \quad \dots (2)$$

6. Utilizando la expansión en serie de McLaurin de la función  $\sin\theta$ , justifique el hecho de que, para ángulos pequeños la ec. (2) se puede escribir de la siguiente forma:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L}\theta \quad \dots (3)$$

7. Esta ecuación representa el comportamiento de un movimiento armónico simple, donde el periodo está dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad \dots (4)$$

justifique éste hecho con referencia al papel que toma el cociente  $g/L$ , dentro de la solución general de la ec. (3).

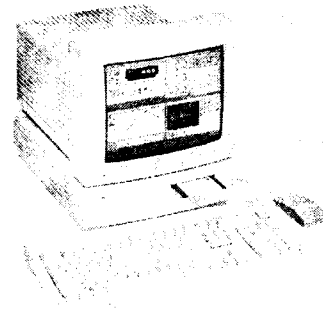
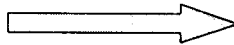
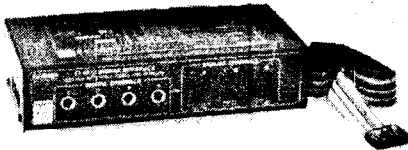
8. De la ec. (4) obtenga el valor de  $g$ , utilizando el periodo  $T_p$ .
9. También de la ec. (4) obtenga la expresión correspondiente para  $L$  y compare ésta con la dada en la ec. (1).

¿ A qué corresponden las constantes  $\alpha$  y  $\beta$  ?

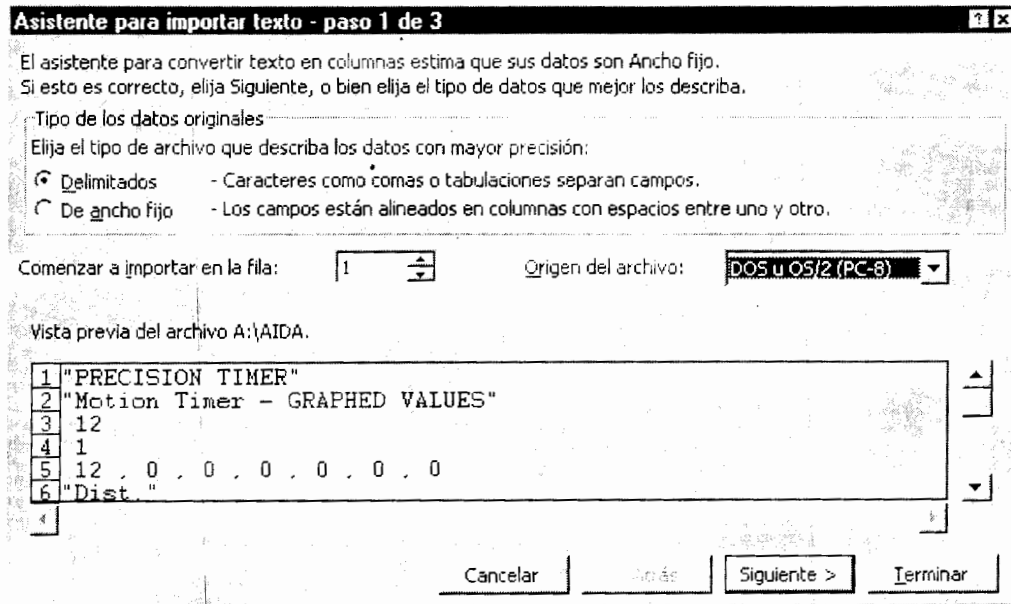
10. Elabore conclusiones y comentarios considerando:

- Si los datos obtenidos dan la gráfica esperada.
- El valor de  $g$  obtenido en el punto I.10 y de la ec. (4), comparados con el valor de  $g = 9.78 \text{ m/s}^2$
- Los valores de  $\alpha$  y  $\beta$  comparados en el punto 9.
- La dificultad para realizar la práctica.
- Si adquirió o reafirmo algún concepto teórico con la práctica.
- Algún otro aspecto que considere importante.

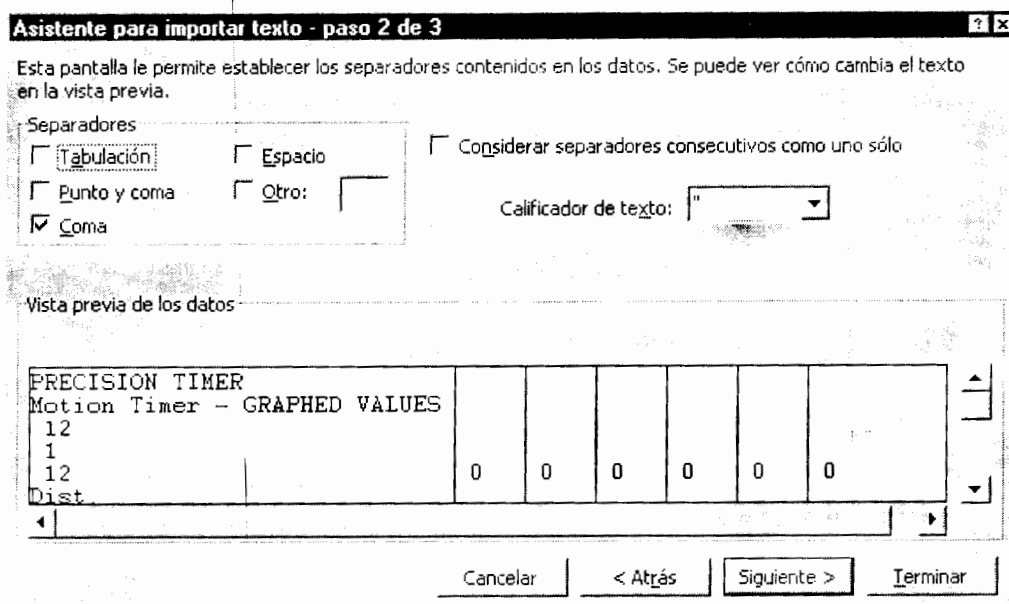
# MANUAL PARA IMPORTAR Y GRAFICAR DATOS



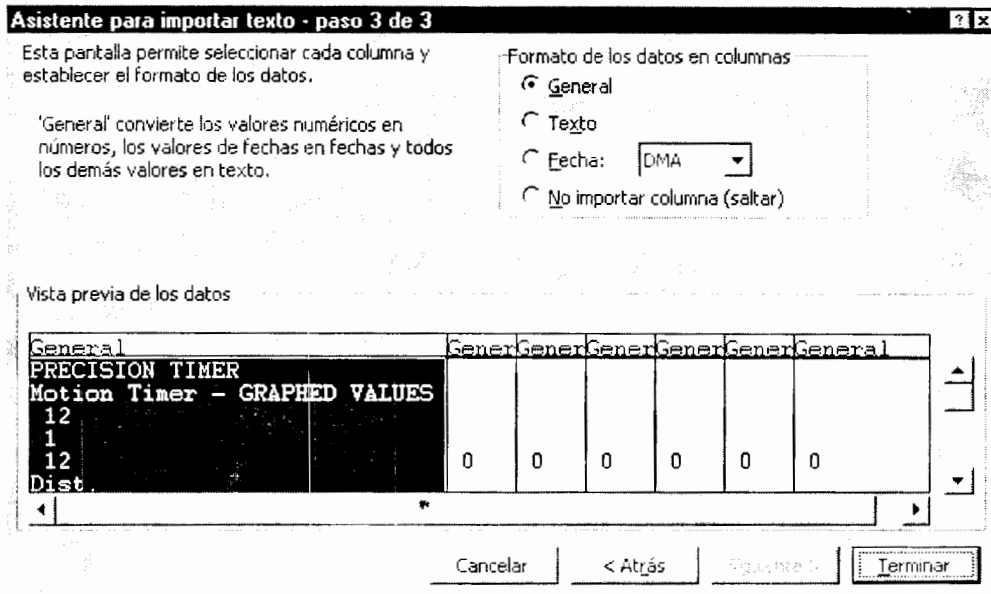
- Active Excel y en el menú **Archivo**, dar la opción **Abrir**, seleccione su archivo y presione **Aceptar**.
- Una vez que aparezca el **Asistente para Importar Texto** seleccione la opción **Delimitados** y presione **Siguiente**.



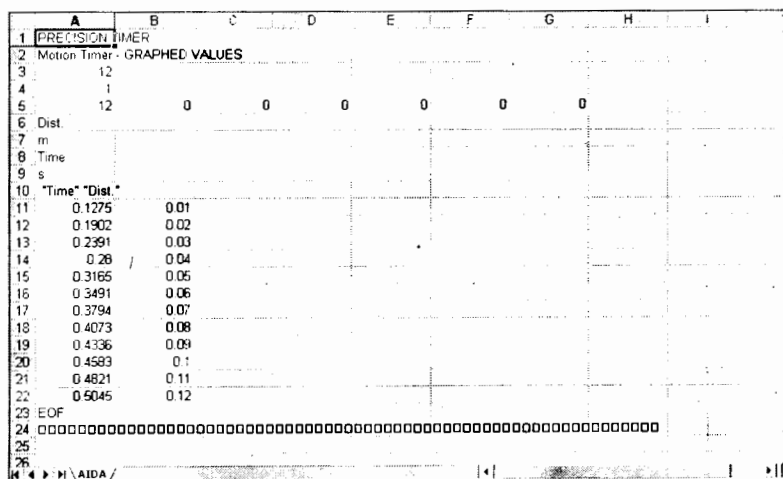
- En el **paso 2 de 3**, en la opción **Separadores** seleccione **Coma** y presione la tecla de **Siguiente**.



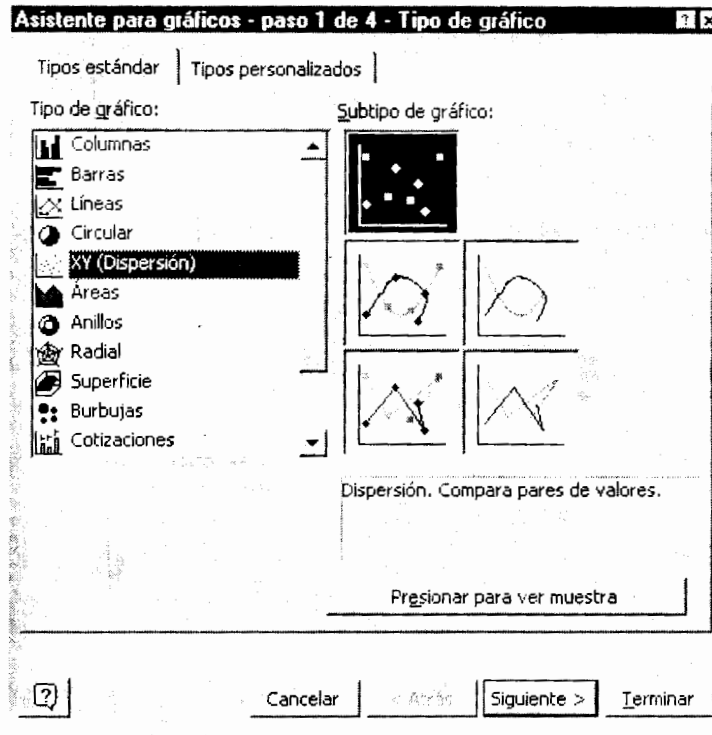
- En el **paso 3 de 3**, seleccione **Terminar**.



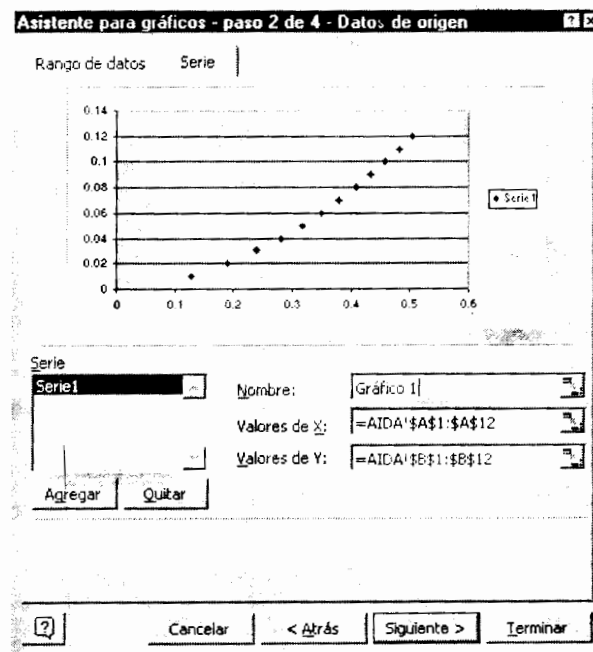
- Una vez que los datos aparezcan en pantalla elimine la “basura” que contenga y sólo deje sus valores numéricos.
- Seleccione con el mouse las columnas de sus datos.



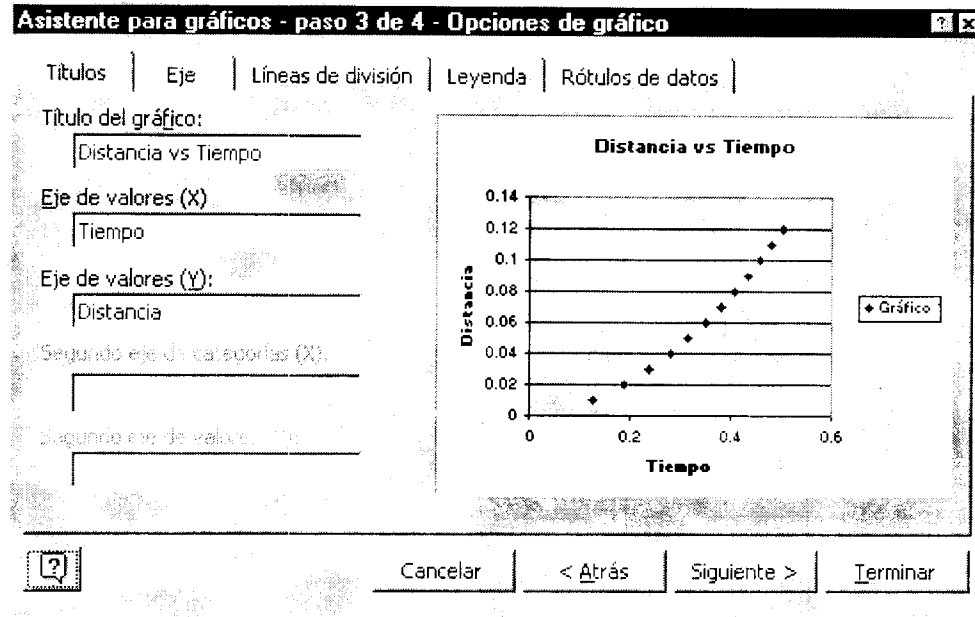
- Abra el **Asistente para Gráficos** y en la opción **Tipo de Gráfico** seleccione **XY (Dispersión)** y presione la tecla de **Siguiente**.



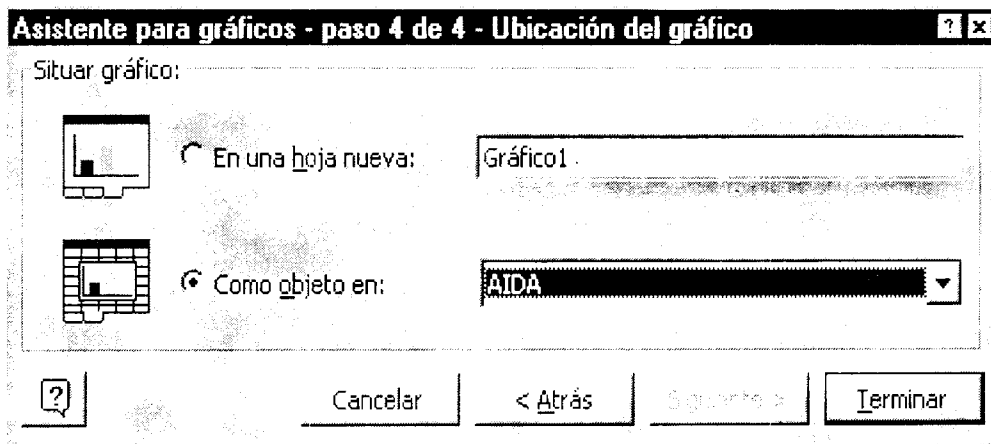
- En el **paso 2 de 4**, seleccione la opción **Serie**, escriba un nombre para su gráfico y presione la tecla de **Siguiente**.



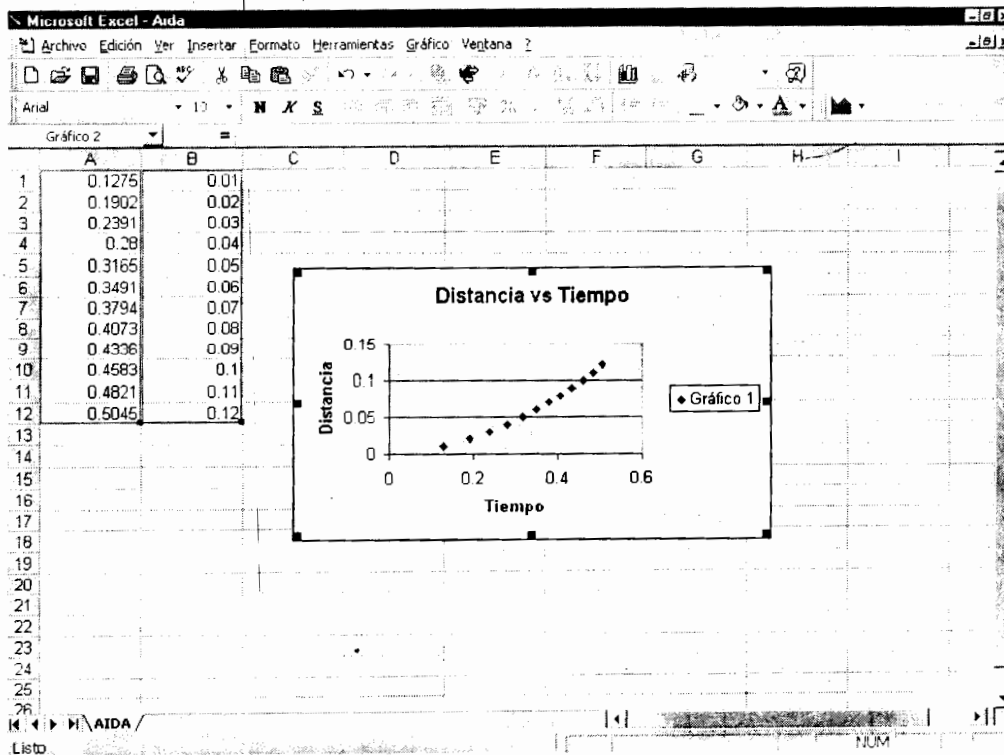
- En el **Paso 3 de 4**, escriba el título para el gráfico así como los nombres para los ejes X, Y, y presione **Siguiente**.



- En el **Paso 4 de 4**, sólo seleccione la opción **Como Objeto en** y presione **Terminar**.



- Finalmente deberán aparecer sus datos y la gráfica obtenida de los mismos.



- De un click con el mouse en alguno de los puntos de la gráfica y observe que todos son resaltados con otro color, posteriormente, de un click con el botón derecho del mouse y seleccione **Agregar línea de tendencia**.
- Seleccione el tipo de tendencia **Polinomial grado 2**, y en Opciones, elija **Presentar ecuación en el gráfico**, así como **Presentar el valor R .....**, y presione **Aceptar**.
- Aparecerá en pantalla la ecuación a interpretar en las prácticas correspondientes.



## BIBLIOGRAFÍA

BEDFORD, Anthony y FOWLER, Wallance L.  
"Dinámica, Mecánica para Ingeniería"  
Addison Wesley, edición en español  
México, 1996

BEER, Ferdinand y JOHNSTON, E. Russell  
"Mecánica Vectorial para Ingenieros, Dinámica"  
McGraw - Hill de México,  
México, 1992

HIBBELER, Russell C.  
"Mecánica para Ingenieros, Dinámica"  
Versión en español  
CECSA  
México, 1992

HUANG, T. C.  
"Mecánica para Ingenieros, Dinámica"  
Versión en español  
Representaciones y servicios de ingeniería, S. A.  
México, 1984

SOLAR G. Jorge  
"Cinemática y Dinámica Básicas para Ingenieros"  
Trillas - Facultad de Ingeniería, UNAM, 2a. edición  
México, 1998

APUNTE  
19-B

2000  
G.-612040

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



\*612040\*