

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EQUIPO ELECTRÓNICO PARA MEDICIÓN EN
PRÁCTICAS DE CINEMÁTICA:
DISEÑO Y ANÁLISIS**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA POR
EDGARDO LOUKOTA CASTELLANOS
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, JULIO DE 1,999

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley Orgánica de la Universidad San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**Equipo electrónico para medición en prácticas de cinemática:
diseño y análisis**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica con fecha 14 de mayo de 1,998 No. Ref. EIME.122.98

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Edgardo Loukota Castellanos".

Edgardo Loukota Castellanos

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1º	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL 2º	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL 3º	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL 4º	Br. Mauricio Grajeda Mariscal
VOCAL 5º	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
EXAMINADOR	Ing. Edwin Alberto Solares Martínez
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Adolfo Villeda Vásquez
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

Ciudad de Guatemala, 04 de Marzo de 1999

Señor Director
Ing. Roberto Urdiales Contreras
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica
Facultad de Ingeniería

Estimado Señor Director,

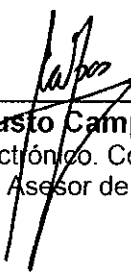
Por este medio me dirijo a usted para informarle que he asesorado el trabajo de Tesis titulado: **EQUIPO ELECTRÓNICO PARA MEDICIÓN EN PRÁCTICAS DE CINEMÁTICA, DISEÑO Y ANÁLISIS**, del estudiante Edgardo Loukota Castellanos, previo a optar al título de Ingeniero Electrónico.

Le comunico que luego de efectuadas la revisión y correcciones pertinentes, encuentro satisfactorio el trabajo, por lo que lo remito a usted para el trámite correspondiente.

El autor de esta tesis y mi persona, nos responsabilizamos por su contenido y sus conclusiones.

Sin otro particular, se suscribe de usted con toda deferencia,

Atentamente,



MSc. Augusto Campos Montenegro
Ing. Electrónico. Colegiado 4,429.
Asesor de Tesis.



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 6 de abril de 1,999

Señor Director
Ing. Roberto Urdiales Contreras
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.


Señor Director.

Me permito dar aprobación al trabajo de tesis titulado: Equipo electrónico para medición en prácticas de cinemática: Diseño y análisis, desarrollado por el señor Edoardo Loukota Castellanos, por considerar que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio Cesar Solares Peñate
Coordinador Area Electrónica

JCSP/edem.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de tesis del estudiante Edgardo Loukota Castellanos, titulada: Equipo electrónico para medición en prácticas de cinemática diseño y análisis, procede a la autorización del mismo.

Ing. Roberto Urdiales Contreras

Director



Guatemala, 15 de abril de 1,999.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis: Equipo electrónico para medición en prácticas de cinemática, diseño y análisis, del estudiante Edgardo Loukota Castellanos, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Herbert René Miranda Barrios

Decano



ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES Dr. Rodolfo Loukota Soler
Licda. Perla Castellanos Ramos de Loukota

A MIS ABUELOS Carmen Ramos Valle de Castellanos (Q.E.P.D.)
Adelaida Soler y Pérez de Loukota
Heriberto Castellanos Ayala (Q.E.P.D.)
Juan Loukota Marroquín (Q.E.P.D.)

A MIS HERMANOS Pedro Pablo Loukota Castellanos
Rodolfo Loukota Castellanos

A MI FAMILIA

A MIS AMIGOS Dra. Sonia García de Rodríguez
Dr. Eduardo Rodríguez Zea
MSc. Augusto Campos Montenegro
Victor Manuel Andrino Valdiviezo

A MI COMPLEMENTO Ingrid Salomé Rodríguez García

TESIS QUE DEDICO

A MI PAÍS

GUATEMALA

A MI UNIVERSIDAD

SAN CARLOS DE GUATEMALA

A MI FACULTAD

INGENIERÍA

**A TODOS AQUELLOS QUE DE UNA U OTRA FORMA ME HAN AYUDADO
A LO LARGO DE MI VIDA.**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IV
LISTA DE SÍMBOLOS.....	V
GLOSARIO.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	IX
1. ANTECEDENTES DE LOS LABORATORIOS DE FÍSICA GENERAL.....	1
1.1 Descripción de temas cubiertos por el curso.....	1
1.1.1. Las mediciones.....	1
1.1.2. Los vectores.....	2
1.1.3. Movimiento en una dimensión.....	2
1.1.4. Movimiento en dos dimensiones.....	2
1.1.5. Dinámica de las partículas.....	3
1.1.6. Trabajo y energía.....	3
1.1.7. Conservación del ímpetu.....	4
1.2 Descripción de las prácticas actuales de Laboratorio.....	4
1.3. Descripción del equipo usado actualmente durante las prácticas.....	5
1.3.1. Equipo de simulación.....	6
1.3.2. Equipo de medición.....	6
1.4. Distribución del tiempo de los laboratorios de Física Básica.....	8
1.5 Criterios fundamentales para la elaboración de prácticas y equipo de laboratorio.....	10
1.5.1. Incerteza en las mediciones.....	13
1.5.2. Complejidad del equipo.....	15
1.5.3 Complejidad en lectura y calibración del equipo.....	16
2. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE VARIABLES CINEMÁTICAS EMPLEADOS ACTUALMENTE.....	19
2.1. El cronómetro.....	20
2.1.1. Configuración y características del sistema a cronómetro básico.....	20
2.1.2. Medición de la eficiencia del cronómetro.....	21
2.1.3. Desventajas del sistema a cronómetro.....	23
2.2. El ticómetro.....	24

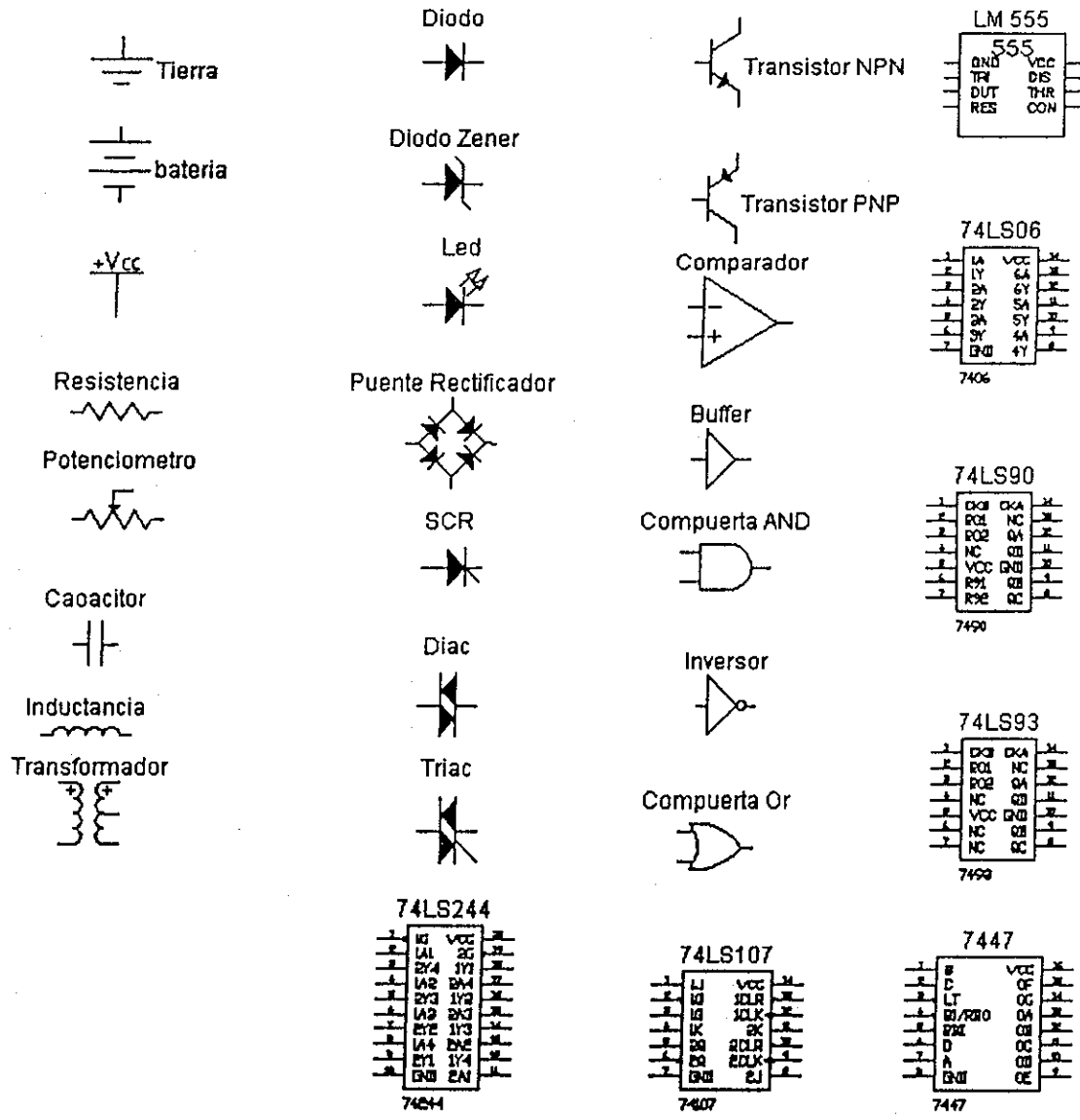
2.2.1.	Configuración y características básicas del ticómetro.....	24
2.2.2.	Medición de la eficiencia del ticómetro.....	27
2.2.3.	Desventajas e inconvenientes del ticómetro.....	30
3.	DISEÑOS PROPUESTOS DE EQUIPO.....	33
3.1.	Equipo electrónico para mediciones de cinemática.....	33
3.1.1.	Diagrama en bloques y características necesarias en el aparato. ...	33
3.1.2.	Objetivos directos del aparato.....	36
3.2	Diseño del equipo con la utilización de una PC en el laboratorio.....	37
3.2.1.	Interfaces disponibles al usuario en la computadora personal.....	38
3.2.2.	Análisis del circuito propuesto con una computadora.....	42
3.2.3.	Estructura básica de un programa de computadora, acorde al sistema.....	46
3.3.	Diseño del equipo independiente de la computadora.....	47
3.3.1	Análisis del circuito propuesto.....	49
3.4.	Sensores propuestos.....	55
3.4.1.	Sensores de tipo electromecánico.....	58
3.4.2.	Sensores de tipo optoelectrónico.....	59
4.	UTILIZACIÓN PROPUESTA PARA EL EQUIPO.....	63
4.1.	Operación del equipo.....	63
4.1.1.	Manejo del equipo independiente de la computadora.....	64
4.1.2.	Operación del equipo con computadora.....	65
4.2.	Prácticas propuestas con el cronómetro automático.....	65
4.2.1.	Práctica de exactitud, precisión, incertezas y errores de medida.....	65
4.2.2.	Movimiento uniformemente acelerado.....	67
4.2.3.	Segunda Ley de Newton.....	69
4.2.4.	Conservación de la energía mecánica.....	70
4.2.5.	Colisiones.....	72
4.2.6.	Fuerza de fricción.....	74
4.2.7.	Movimiento circular uniformemente acelerado.....	75
5.	COSTOS DE REALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	77
5.1.	Costos de implementación del equipo sin computadora.....	77

5.2. Análisis económico de la implementación del proyecto mediante la utilización de computadoras.....	78
5.3 Análisis comparativo entre los tres métodos.	79
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES.....	82
BIBLIOGRAFÍA.....	83
ANEXOS	85
A. Comportamiento estadístico de los errores humanos en la operación del cronómetro.	85
B. Generalidades físicas del protocolo EIA RS-232-C.	86
APÉNDICE.....	87
A. Diagrama de los conectores DB-25 y DB-9 para puerto serial	87
B...Diagrama del conector DB-25 del puerto paralelo IBM.....	88

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura	Título	Página
1	Algoritmo para la elaboración y diseño de las prácticas de laboratorio	11
2	Ticómetro actualmente utilizado en los Laboratorios de Física	26
3	Ticómetro producido en el taller del proyecto USAC-UTRECHT	26
4	Error de sobre impresión al inicio de una cinta	31
5	Unidades que conforman el sistema	34
6	Diagrama general a bloques	35
7	Cronómetro automático con una computadora personal	45
8	Algoritmo del programa para el equipo con computadora	47
9	Cronómetro automático independiente	54
10	Unidad de visualización	57
11	Sensor optoelectrónico por interrupción de luz	61
12	Fuente de alimentación del equipo	62
13	Disposición del equipo para la práctica de incertezas en la medida	66
14	Movimiento uniformemente acelerado	68
15	Segunda Ley de Newton	70
16	Colisiones y fuerza de fricción	73
17	Adaptación del equipo para las prácticas de cinemática rotacional	76
Tabla I	Períodos predefinidos del puerto serial RS-232.	41

LISTA DE SÍMBOLOS



GLOSARIO

Baudio	Unidad de velocidad de señalización igual al número de intervalos por segundo, el cual podría ser igual a la cantidad de datos en bits por segundo, en lógica binaria.
BCD	Del inglés binary decimal codified, corresponde a números decimales de 0 a 9, codificados en números binarios de 4 bits.
Bit	Dígito binario, el elemento más pequeño del sistema de información binario.
Byte	Conjunto de 8 bits binarios.
Ciclo de fuerza	Se refiere a la proporción, en una señal eléctrica rectangular, entre el periodo de tiempo de un pulso alto, con el periodo de tiempo de un pulso bajo.
Comparador	Dispositivo electrónico que compara dos señales eléctricas, produciendo una salida dependiendo de las diferencias de voltajes de ambas.
Compuerta AND	Dispositivo electrónico, cuya función es efectuar la operación de lógica binaria Y (AND).
Condensador	Componente electrónico cuya función es almacenar energía por medio de campos electrostáticos.
Contador binario	Dispositivo electrónico cuya función es efectuar una cuenta progresiva o regresiva de números binarios.
Diodo	Componente electrónico, cuya característica principal es la de conducir corriente eléctrica en una sola dirección.
Eficacia	Es la característica de un sistema de cumplir con el objetivo para el cual fue creado.
Eficiencia	Es la característica de un sistema de lograr el objetivo para el cual fue creado, utilizando la menor cantidad de recursos.

Exactitud	Característica de un instrumento de medición que indica que tanto se acerca el valor de una medición, al valor real de la variable medida.
Flip-flop	Elementos de memoria que se usan en los circuitos secuenciales de reloj, tienen la capacidad de almacenar un bit.
Fotosensor	Transductor capaz de producir cambios de una señal eléctrica, al recibir cambios de una señal luminosa.
Frecuencia	Cantidad de oscilaciones por minuto de una onda electromagnética.
Hardware	Cantidad de circuitos y dispositivos físicos que constituyen un sistema electrónico.
Interrupción	Estado en el que un microprocesador ejecuta un procedimiento alterno, debido a requerimientos externos no establecidos en su secuencia de operaciones.
Inversor	Dispositivo electrónico capaz de ejecutar la operación lógica no (NOT).
Lógica combinacional	Sistema de diseño de circuitos electrónicos digitales, en el cual, las salidas no dependen en ningún momento de los valores de entradas anteriores.
Lógica negativa	Sistema de representación de la lógica binaria en circuitos electrónicos, en el cual un cero binario se representa por un nivel de voltaje alto, y un uno binario se representa por un nivel de voltaje igual a cero voltios.
Lógica secuencial	Sistema de diseño de circuitos electrónicos digitales, en el cual las salidas dependen de todos los valores de las variables de entrada, en momentos anteriores.
Memoria	Dispositivo electrónico capaz de almacenar números binarios.
Monoestable	Oscilador electrónico capaz de producir un impulso de un periodo determinado, pero que siempre tiende a regresar a

	un estado inicial.
Multivibrador	Dispositivo electrónico capaz de producir oscilaciones Binarias
Multiplicación	Sistema de transmisión de señales, mediante el cual varias señales son transmitidas por un mismo canal o medio.
Nivel alto	Se refiere a una señal de voltaje equivalente a un uno lógico.
Nivel bajo	Se refiere a una señal de voltaje equivalente a un cero lógico.
Palabra	Refiérase aquí, a una palabra binaria o Byte, equivalente a un conjunto de ocho bits, los cuales pueden tener 256 combinaciones posibles.
Paralelaje	Error común en dispositivos de medición con aguja indicadora, en el cual se produce una incerteza, por la separación de la aguja del indicador, debido a la inclinación con que sea observada por el operador.
PC	Se refiere a las abreviaturas del inglés Personal Computer.
Pin	Terminal de conexión de un dispositivo electrónico.
Precisión	Característica de un instrumento de medición, que indica la repetitividad de una medición, es decir que si esta se hiciera varias veces con un mismo instrumento, indicaría cuantas veces se obtendría un mismo valor.
Puerto paralelo	Interface de computadora a través del cual se comunica la computadora con una impresora, con una transmisión de datos en forma paralela.
Puerto serial	Interface de computadora, a través de la cual se comunica la computadora con un módem, para la transmisión de datos serialmente.
RAM	Abreviatura del inglés Radom Access Memory, memoria de acceso aleatorio.

INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de las especialidades de la ingeniería, por no decir su totalidad, utilizan como base cierto conjunto de conocimientos básicos, mínimos, que se agrupan dentro del pensum de estudios de ingeniería en lo que se conoce con el nombre de Area Común.

Dentro de estos cursos, quizá uno de los más importantes es el de Física Básica. Dependiendo de la forma en que el estudiante adquiera los conocimientos básicos del área de física, así será su desarrollo o eficiencia en la gran cantidad de cursos posteriores y derivados de éste.

Para mejorar el aprendizaje de la física, las nuevas corrientes pedagógicas, tratan de acercar al estudiante a los conocimientos, mediante la práctica experimental de los mismos, método aplicado dentro de la Universidad por medio de Laboratorios.

Se puede decir que el curso de Física Básica, constituye uno de los cursos más importantes de la Facultad de Ingeniería por muchas razones, entre las que se destaca el hecho, de ser el primer curso en el que el estudiante desarrolle un laboratorio práctico, y que el estudiante deberá de utilizar todos los conocimientos adquiridos en el curso, para la gran mayoría de cursos que reciba posteriormente.

El hecho de que el curso sea llevado por todos los estudiantes de cualquier carrera de Ingeniería, lo coloca en el curso más impartido de la facultad, con una población estudiantil, que oscila entre los ochocientos y novecientos estudiantes, semestralmente.

Sin embargo, no obstante a su importancia académica, el desarrollo de sus laboratorios, se ha topado con obstáculos bastante grandes, como lo son la sobrepoblación estudiantil, y la falta de capacidad en cuanto a infraestructura y recursos para enfrentarla, ocasionando los mismos, una reducción académica efectiva, en el desarrollo de los laboratorios.

Los laboratorios de Física Básica, se encuentran equipados muchas veces, con equipos y sistemas de medición, no contribuyen en mucho, al aumento en la eficiencia con que se desarrollan las practicas, tanto en cuanto a la simplicidad con que los estudiantes captan los conocimientos, como en cuanto al tiempo con que se desarrollen los experimentos, incidiendo muchas veces, en un bajo nivel académico.

Por medio de esta tesis, se busca encontrar y diseñar por medio de la electrónica, un sistema de medición adecuado a los laboratorios de Física Básica, que mejore la precisión y exactitud que presentan los equipos actualmente usados en el laboratorio, así como también, reducir el tiempo de preparación y realización de las practicas, para mayor cobertura del pensum de estudios necesario para el contenido del curso.

Para mejorar la eficiencia académica del equipo diseñado, se necesita también centrar el máximo posible de la atención del estudiante, en el experimento efectuado, y no en el equipo a emplear.

De ser posible, se debe de diseñar un sistema flexible, que se pueda adecuar a distintas practicas, de distintos laboratorios.

Finalmente, tratando de ser realistas, para poder considerar la implementación de un sistema nuevo de medición dentro de los laboratorios de física, se debe de presentar una opción viable, económicamente, que si

bien puede ser de un costo mayor, al sistema actualmente empleado, la diferencia de costos, no debe de sobrepasar las ventajas en cuanto a capacidad se refiere del equipo nuevo.

Como un resultado más amplio del proyecto, se presentan dos alternativas para su implementación, de sistemas que llenan todos los requisitos planteados para su operación dentro de la Universidad.

1. ANTECEDENTES DE LOS LABORATORIOS DE FÍSICA GENERAL

1.1. Descripción de temas cubiertos por el curso

El curso Física Básica debe de consistir en un resumen de los conocimientos preliminares de física, que un estudiante universitario debería tener, previo al ingreso a la Universidad. Como no existe realmente una igualdad de nivel académico entre los cientos de centros educativos que operan en el país, se debe de impartir este curso, que básicamente es una nivelación de conocimientos.

El curso Física Básica está conformado por siete temas principales, algunos de los cuales incluyen otros temas con base en sus aplicaciones. Estos siete temas son: Las mediciones, vectores, movimiento en una dimensión, movimiento en dos dimensiones, dinámica de las partículas, trabajo y energía y finalmente el ímpetu.

1.1.1. Las mediciones

El tema de las mediciones, generalmente es el de menor duración durante el curso, consiste en una breve explicación al estudiante, de lo que es en sí el estudio de la física, seguido por una explicación de las distintas cantidades físicas, los patrones y las unidades de medición. Este tema finaliza con la enumeración de los sistemas de medida más utilizados. Generalmente, se incluye en él una explicación de lo que son cifras significativas, exactitud e incertezas.

1.1.2. Los vectores

Complementando al tema de las mediciones, el de vectores, presenta al estudiante en un inicio la diferencia entre los tipos de cantidades físicas, las unidades escalares, y las unidades vectoriales. Posteriormente, adiestra al estudiante en la ejecución de las principales operaciones con vectores, la descomposición en componentes, la suma y resta de vectores, y los distintos tipos de productos vectoriales.

1.1.3. Movimiento en una dimensión

En esta área del curso, se presenta al estudiante, lo que es en sí la Cinemática. El tema comienza a partir del estudio de los vectores del tema anterior. Primero se presenta al estudiante el desplazamiento de un cuerpo, como un vector, luego se muestra la relación entre un desplazamiento constante, como una velocidad, a una variación constante de velocidad, como una aceleración constante. Es decir, que se presentan todas las relaciones entre desplazamiento, velocidad y aceleración, para una sola dimensión.

1.1.4. Movimiento en dos dimensiones

El movimiento en dos dimensiones, es una mezcla del movimiento en una dimensión, con el tema de Vectores. Aquí, se presenta al estudiante la velocidad, desplazamiento y aceleración total, como el resultado de la suma de todas sus componentes vectoriales. Se encuentran las ecuaciones que describen el movimiento de una partícula en caída libre, y en movimiento circular. El tema finaliza con una explicación de la aceleración centrípeta.

1.1.5. Dinámica de las partículas

Hasta los temas anteriores, se había estudiado en si lo que era la cinemática, pues únicamente se analizaba el movimiento en sus distintas características, velocidad y aceleración; es decir, solamente se hacia un análisis de los desplazamientos con relación a tiempos, y el cambio de los mismos con relación al tiempo.

En este nuevo tema, se debe hacer un análisis más a fondo con relación a las aceleraciones y las fuerzas que lo originan. La columna vertebral de este tema, la constituye la explicación de las tres leyes de Newton. Se explica el concepto de la fuerza resultante sobre un cuerpo y su relación con la aceleración total.

Se hace el redescubrimiento de la aceleración gravitacional, y su transformación en Fuerza gravitacional al combinarse con la masa.

El tema concluye con un estudio de otras fuerzas que pueden influir en un cuerpo como lo son los tipos de fricción existentes.

1.1.6. Trabajo y energía

El tema trabajo y energía, consiste en la introducción al estudiante hacia lo que es el concepto de energía. Se hace en él la distinción entre la energía potencial y energía cinética, y los distintos tipos de fuerza que pueden producir cada una, sistemas de masas y resortes.

También se hace la distinción entre energía y trabajo, la energía mecánica como una resultante de la energía potencial y cinética de un sistema.

El tema finaliza con la aplicación de la Ley de la Conservación de la energía mecánica.

1.1.7. Conservación del ímpetu

Este tema es una explicación de lo que constituye en sí el ímpetu de una partícula. Empieza a partir de la explicación de la energía cinética, y finaliza mostrando de manera análoga a la conservación de la energía, la conservación del ímpetu en un sistema de partículas. Muestra lo que es una colisión, y los distintos tipos de colisiones posibles.

El tema finaliza, mostrando lo que es un sistema de partículas, y la definición de centro de masa.

1.2. Descripción de las prácticas actuales de Laboratorio

Las prácticas de física, están actualmente estructuradas de la siguiente forma:

- I. Introducción
- II. Trabajo preliminar en casa
- III. Planteamiento del problema
- IV. Equipo
- V. Montaje
- VI. Sugerencias y comentarios
- VII. Reporte

La primera parte de la práctica, la introducción, enmarca el problema que se va a estudiar. La segunda parte, el trabajo preliminar en casa, debe contener

todos los aspectos del tema, que el estudiante debe de comprender antes de ejecutar la práctica.

La tercera parte, solamente plantea el problema que se va a estudiar. La cuarta y quinta parte, muestran y dan al estudiante las indicaciones necesarias para la elaboración del experimento. La sexta parte, indica posibles soluciones, o recomendaciones, para la solución de los problemas más frecuentes en la elaboración de la práctica.

La última parte, es el reporte que el estudiante debe de elaborar, para destacar sus resultados.

1.3. Descripción del equipo usado actualmente durante las prácticas

El equipo usado actualmente en el desarrollo de las prácticas de laboratorio de Física Básica, se puede dividir en dos grandes grupos, de acuerdo al tipo de función que desempeñan en el mismo, equipos de simulación, y equipos de medición.

Los equipos de simulación, se caracterizan, por ser elementos básicos del sistema, que solamente se van a utilizar en la práctica para recrear o reproducir el fenómeno físico que se va a estudiar.

En esta categoría de equipos entran los carros de laboratorio, cincos de metal, cuerdas, planos inclinados, etc.

Los equipos de medición, en cambio, son los que se usan dentro del laboratorio, para medir, cuantificar u obtener las características de los fenómenos físicos que se van a estudiar en la práctica.

A esta categoría de equipos o implementos pertenecen las reglas, balanzas, cronómetros, ticómetros, etc.

1.3.1. Equipo de simulación

El equipo de simulación está conformado por un plano inclinado, consistente en una tabla de madera de aproximadamente 36 centímetros de ancho por dos metros de largo, la cual los estudiantes inclinan de acuerdo a la medición que efectúan, y a los objetivos que la práctica requiera.

Para sujetar el plano, se requiere un juego de pedestales de laboratorio, un juego de prensas de mano, de uso común en carpintería, y generalmente cuando se requieran, se usan topes consistentes en pequeños trozos de madera.

Entre los objetos de prueba se utilizan frecuentemente una esfera de metal de aproximadamente dos centímetros de diámetro, y un carro de laboratorio. El carro de laboratorio se conforma por un pequeño bloque de madera, con cuatro ruedas metálicas, y una pequeña base incorporada, por medio de la cual se le puede incrementar gradualmente su masa, agregándole bloques de plomo.

1.3.2. Equipo de medición

Como equipo de medición, se utiliza una regla de madera de un metro de largo, con la escala graduada en centímetros y milímetros para medir

distancias. Para medir masas, se utiliza una balanza de laboratorio, con un juego completo de masas patrones.

Cuando es necesario medir fuerzas se utilizan dinamómetros conformados por resortes de 15 cm. de largo aproximadamente, y con una constante de elasticidad variable, siendo parte de las prácticas, efectuar la calibración de los mismos, encontrando la constante de cada resorte.

Para medir tiempos se utiliza un cronómetro con una exactitud de una centésima de segundo.

Para medir tiempos relacionados con distancias, pero en periodos muy estrechos se utiliza el ticómetro o intervalómetro consiste en un pequeño aparato que imprime pequeños impactos sobre una cinta de papel que se desplaza con la trayectoria en estudio. Este equipo también requiere de calibración por medio de un cronómetro, y por ser fundamental en el estudio de esta tesis, su análisis detallado se hará más profundamente en capítulos posteriores.

Todo el equipo descrito, es el utilizado con más frecuencia por un grupo de trabajo de cinco personas, en las prácticas de Física Básica a lo largo de un semestre, generalmente en un mismo salón, se colocan de cuatro a cinco grupos de trabajo, y simultáneamente se labora en dos o tres salones, lo que da una idea del equipo necesario para efectuar una sola práctica.

No todo el equipo es utilizado constantemente, sino solamente el apropiado para cada práctica.

1.4. Distribución del tiempo de los laboratorios de Física Básica

El curso de Física Básica, está creado para ser impartido durante un semestre universitario. Su laboratorio, debe de ser impartido en un tiempo similar, con algunas limitantes.

La primera de las limitantes radica, en el hecho de que es necesario que los estudiantes hallan estudiado previamente los temas necesarios para la comprensión de la práctica a ejecutarse en el laboratorio, esto, junto con la necesidad de organizar al personal que se encargara de impartir los laboratorios hace que el inicio de los mismos, se atrase por lo general un periodo de dos a tres semanas, después del inicio de las clases regulares.

La segunda de las limitantes se debe al hecho de que los resultados de laboratorio deben de ser conocidos por el estudiante y catedrático, mucho antes de la fecha del examen final, para que se pueda constatar si el estudiante tiene derecho a efectuar el mismo.

Independientemente del tiempo que se invierte en la organización de los laboratorios de física, y el que se resta por la entrega y publicación de las notas, existe un problema más serio que ocasiona una reducción efectiva del tiempo destinado a los laboratorios de Física Básica, "la superpoblación estudiantil".

Debido a la cada vez mayor población de estudiantes que llevan el curso de Física Básica con su laboratorio, se presenta un fenómeno de insuficiencia de espacio y docentes dentro de los laboratorios que obliga a dividir a los

estudiantes en dos grupos de trabajo, los que se intercalan para que cada grupo haga una práctica cada quince días.

Este último factor, es el responsable de una reducción de un cincuenta por ciento de las prácticas de laboratorio que podría hacer cada estudiante.

El hecho de que exista una menor disponibilidad de tiempo en los primeros semestres de cada año, debido a los recesos estudiantiles, ocasiona que el número de prácticas de laboratorio que ejecuta cada estudiante oscile entre cinco para los primeros semestres, y seis para los segundos semestres de cada año.

Puede observarse la cifra total de prácticas de laboratorio ejecutados es bastante pobre, comparada con el número de prácticas que deberían ejecutarse de acuerdo al instructivo actual de laboratorio.

Además de las pérdidas de tiempo que reducen el número de prácticas a ejecutarse en el laboratorio, existe otro factor trascendental en cuanto a la eficiencia del laboratorio de Física Básica, y este es el aprovechamiento del tiempo dentro del mismo.

Los laboratorios duran un tiempo de cien minutos, equivalentes a dos periodos de clase. Por lo general, existe un margen de unos cinco minutos, que es el tiempo que tardan los estudiantes en ingresar al laboratorio e iniciar la práctica.

Debido a la falta de correlación entre el curso y el laboratorio, existe un tiempo de unos veinte a treinta minutos, que debe de ser empleado por el

instructor de laboratorio, para explicar a todos los estudiantes, el contenido y procedimiento de la práctica.

Terminada toda la orientación al estudiante, este toma aproximadamente unos diez a quince minutos, solamente en la instalación del equipo que se empleará en la práctica.

En prácticas de cinemática, como la del movimiento uniformemente acelerado, y la de la segunda ley de Newton, existe la necesidad de hacer mediciones previas a la práctica, como lo es la calibración del ticómetro que se empleara para realizar el experimento.

La calibración del ticómetro, suele consumir hasta unos veinte minutos, dejando solamente un pequeño tiempo para que el estudiante ejecute la práctica en sí.

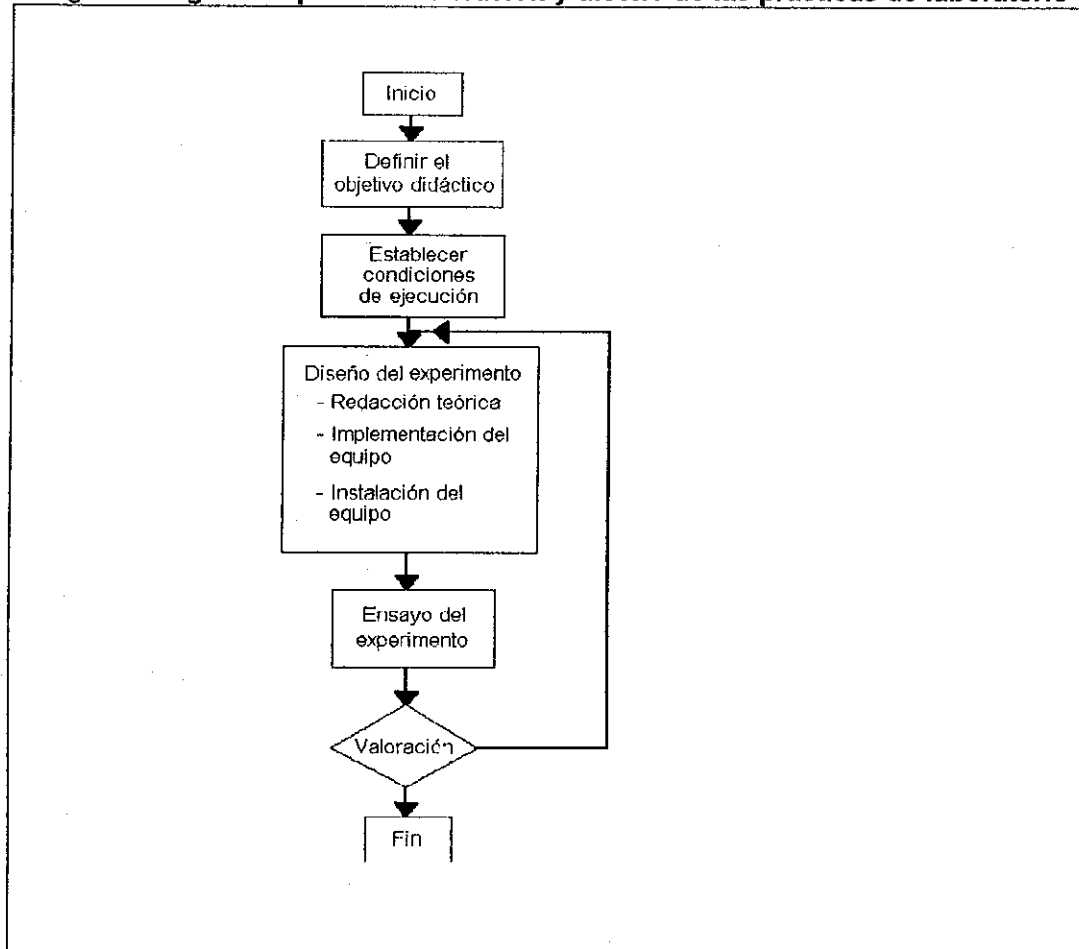
La forma en que está constituido el laboratorio ocasiona que sea la parte más importante de una práctica de laboratorio, la simulación y observación de un fenómeno físico, la que menos tiempo relativo recibe por parte del estudiante.

1.5. Criterios fundamentales para la elaboración de prácticas y equipo de laboratorio

Para la selección, programación y diseño de las prácticas de laboratorio, existe una secuencia de pasos a seguir, para asegurar que los resultados obtenidos de las prácticas programadas, sean de lo más satisfactorios posibles.

A continuación se presenta el algoritmo a seguir para la elaboración y diseño de prácticas de laboratorio.

Figura 1. Algoritmo para la elaboración y diseño de las prácticas de laboratorio



El definir un objetivo didáctico significa enfocar o delimitar el conjunto de conocimientos que se pretende demostrar o enseñar al estudiante al realizar la práctica. Con esto se logra producir experimentos de laboratorio que no abarquen muchos temas, pero que si profundicen en los temas que cubren.

Es uno de los requisitos fundamentales para no producir experimentos de laboratorio muy extensos.

Seguido de este paso, se deben de fijar las condiciones de ejecución. Estas, proporcionan una idea básica del ambiente en que se realizarán las prácticas, y por lo tanto de las restricciones que se presentan para su ejecución, ya sean estas restricciones de tiempo, espacio o recursos.

Cuando ya se definió el objetivo didáctico, y se fijaron las condiciones de ejecución, se puede pasar en sí a lo que comprende el diseño del experimento.

El diseño del experimento comprende tres fases, la redacción teórica de todo lo que es necesario saber para ejecutar el experimento, la implementación del equipo para su realización, y finalmente, la instalación del mismo.

Al finalizar el diseño del experimento, se debe de ensayar el mismo, para confirmar si cumple con los requisitos para los que fue diseñado, o en su defecto, evaluar los puntos en los que requiere cambios, para cumplir a cabalidad con el objetivo didáctico, condiciones y tiempo de ejecución, para las que fue diseñado.

De esta forma se logra concluir con una práctica de laboratorio que seguramente llenara con éxito, todas las expectativas didácticas para las que fue creada.

Respecto a la implementación del equipo, existe también una serie de requisitos básicos o parámetros fundamentales con los cuales se puede evaluar el desempeño del mismo.

De entre una serie de equipos de distinto desempeño, se debe de seleccionar siempre el equipo con el mejor desempeño para la actividad en que será usado.

Los parámetros básicos de un equipo de mediciones para prácticas de laboratorio, son la incerteza de las mediciones, la complejidad del equipo, y la complejidad en la lectura y calibración del mismo, aunque no sea este precisamente el orden de importancia, se debe de recalcar, que dependiendo de la aplicación que se le dé al equipo, así será el parámetro que más se debe de cuidar en su diseño.

1.5.1. Incerteza en las mediciones

La incerteza es una característica muy importante que acompañara todas las mediciones que los estudiantes ejecuten en todas las prácticas de laboratorio, tanto de Física Básica, como de otros cursos que se deban llevar posteriores a éste.

La incerteza de una medición puede deberse a muchos factores, pero todos ellos se pueden clasificar en tres grandes grupos.

El primer grupo y quizá el más importante, en cuanto a los objetivos de esta tesis, es el conjunto de incertezas ocasionadas por el equipo de medición que se utiliza. Estas incertezas dependen únicamente de la precisión y exactitud del equipo que se usa, y son reducibles únicamente usando equipos más exactos y precisos.

El segundo grupo lo constituyen las incertezas ocasionadas por el hombre, al ser este quien manipula los equipos de medición. Dentro de estas incertezas se incluyen las producidas por una mala operación del equipo disponible. Por ejemplo, los tiempos de retardo que se ocasionan en un cronómetro, se deba al retardo en la reacción del operador.

Este tipo de incertezas se puede reducir, disminuyendo o evitando la intervención del ser humano en los procesos críticos en que se pueda introducir algún error de medición. Un ejemplo de este es la sustitución de medidores analógicos de aguja, en los que se pueden presentar errores como el paralelaje, por medidores digitales de medida directa.

El tercer grupo de incertezas, y quizá el más difícil de cuantificar es el ocasionado aleatoriamente por cambios en el ambiente. El tipo de errores ocasionados por el ambiente, por ser aleatorios no son siempre medibles. Sin embargo, para definir los mismos, se pueden calcular las incertezas que se podrían generar por cambios extremos en el ambiente, y en base a estas definir los límites máximos de las mismas.

Existe una relación entre la incerteza de un equipo de medición y su coste y complejidad. Sin embargo, se puede asumir que el nivel de equilibrio mínimo recomendable para los equipos de medición para prácticas didácticas es aquel en el que se fija un grado de incerteza lo suficientemente pequeño, para que los estudiantes puedan apreciar los fenómenos físicos para los que fue elaborada la práctica, y confirmar las leyes sobre los mismos.

1.5.2. Complejidad del equipo

Dentro del algoritmo para el diseño de las prácticas de laboratorio, se encuentra un punto muy importante que consiste en definir las condiciones de ejecución.

Dentro de las condiciones de ejecución, se encuentran las limitantes tanto de espacio como de tiempo y recursos, para la elaboración de la práctica.

Para tratar de lograr un éxito en cuanto al equipo de laboratorio que se debe de utilizar, se debe perseguir que el mismo se instale en la forma más sencilla y correcta posible. Con esto se logra que el estudiante ocupe menos tiempo efectivo en la preparación de la práctica, que el que se emplea en la ejecución de la misma.

Otra razón importante por la que se debe de lograr la simplicidad en el equipo de laboratorio, es el hecho de que con un equipo de instalación más sencilla, se atrae más atención del estudiante hacia el fenómeno que se pretende estudiar, y no hacia la preparación de los implementos para producirlo.

Junto con la complejidad del equipo, se debe analizar la transparencia del mismo, que aunque son dos aspectos bastante parecidos, no son iguales.

Con la transparencia de un equipo se trata de lograr que el estudiante comprenda la forma en que el equipo opera u obtiene las mediciones. De esta forma el estudiante tendrá una idea más clara sobre la forma en que se desarrolla el fenómeno estudiado y la forma en que se desarrolla la medición.

El hecho de que el estudiante comprenda la forma en que se realiza la medición, le permite en determinado momento identificar y cuantificar posibles fuentes de incerteza.

1.5.3. Complejidad en lectura y calibración del equipo

Las mediciones que se efectúen dentro de un laboratorio, para el análisis de un fenómeno, se pueden dividir en dos grandes grupos, las mediciones directas y las indirectas.

Las mediciones directas son las que se efectúan cuando se cuenta con un instrumento adecuado para la medición del parámetro que se pretende medir, y este proporciona directamente el valor de dicho parámetro.

Sin embargo, cuando existe un parámetro que se desea medir, pero no se cuenta con el instrumento adecuado, a menudo se deben de medir otros parámetros interdependientes de este, y a partir de estos deducir el valor del parámetro que nos interesaba medir en un principio, está es la que se constituye en sí como una medida indirecta.

En equipos didácticos, es muy importante tratar de constituir la mayoría de las mediciones necesarias, por mediciones directas. De esta forma los estudiantes aprecian directamente todas las variables que tienen importancia en un fenómeno, y deducen a partir de las mediciones, las interrelaciones que tienen entre sí.

La complejidad en la lectura de un equipo, no solamente esta constituida en el tipo de medición que el instrumento proporciona. Si no también, en todo el

proceso previo que el usuario debe de ejecutar antes de obtener una medición. Dentro de este proceso se pueden ubicar los pasos de calibración que deben de seguirse.

2. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE VARIABLES CINEMÁTICAS EMPLEADOS ACTUALMENTE

Dependiendo de la aplicación específica que se le quiera dar a la medición, existen varias formas de obtener mediciones de tiempos, para trayectorias de distintas distancias recorridas.

La diferencia entre una forma y otra, puede variar en cuanto a complejidad, precisión y costos, y es aquí donde radica la importancia de seleccionar la forma más adecuada para la aplicación que se le desea dar.

Todos los métodos para efectuar mediciones de tiempos para trayectorias de distintas distancias, consisten básicamente de dos sistemas de medición, un sistema de medición para el tiempo y un sistema de medición para desplazamiento.

En cuanto a su complejidad, los sistemas de medición pueden ser tan sencillos como el sistema simple de cronómetro, o incluso un poco más complejos, como el ticómetro. La diferencia entre ambos casos, es la precisión de ambos aparatos.

El equipo ideal para mediciones didácticas, debe ser un aparato lo suficientemente preciso, como para poder demostrar al estudiante las verdaderas relaciones existentes entre variables en un fenómeno físico, y lo suficientemente sencillo, para que concentre toda la atención del estudiante en el fenómeno a estudiar, y no en su operación y funcionamiento.

2.1. El cronómetro

El sistema más simple de medición que se puede utilizar para la medición de tiempos para trayectorias de distintas distancias, es el sistema básico de cronómetro.

El cronómetro consiste principalmente en un reloj mecánico o electrónico, que se encarga de marcar variaciones de tiempo constantes. Por medio de la manipulación por un ser humano, se puede marcar el instante de tiempo en que se inicia un evento, y el instante de tiempo en que termina el mismo.

El sistema de medición de distancia puede consistir en una serie de marcas visuales que se coloquen en los lugares que se encuentran dentro de la trayectoria del objeto que se va a estudiar.

El operador del cronómetro se encargaría entonces de marcar el inicio y el fin del evento a realizar.

2.1.1. Configuración y características del sistema a cronómetro básico

El sistema de cronómetro básico, puede ser evaluado en cuanto a tres de sus características fundamentales: complejidad, precisión y costo.

En cuanto a su complejidad, se puede asegurar que el sistema básico del cronómetro, es el sistema de medición más sencillo de todos los utilizados actualmente en los laboratorios de Física Básica.

La sencillez del sistema básico del cronómetro se demuestra al plantear que todos los demás sistemas de medición lo utilizan como patrón o referencia, es

decir, que todos los demás sistemas o métodos deben de utilizar mediciones con el cronómetro.

Las mediciones con el cronómetro, pueden ser de dos tipos básicamente, se puede medir la duración de un evento en particular, o se puede medir el tiempo que transcurre entre dos eventos.

Esta diferencia se puede mostrar fácilmente con un ejemplo. Suponiendo que se desea medir el tiempo que toma a un carro de laboratorio recorrer un plano inclinado. La medición se puede efectuar midiendo el tiempo que tarda el carro en movimiento como el primer tipo, o se puede colocar alguna señal al final de la trayectoria, como un tope por ejemplo, que produzca un ruido al terminar la misma.

En este caso, se podría medir el tiempo transcurrido desde que se soltó el carro por el plano inclinado, hasta el momento en que se produjo el ruido o señal de final de la trayectoria.

2.1.2. Medición de la eficiencia del cronómetro

Si bien el sistema básico es el más sencillo de todos, su precisión deja bastante que desear, colocándolo en el sistema más impreciso.

Al enfocar esta característica se debe de presentar la clara diferencia entre dos características muy parecidas de un sistema de medición cualquiera, la exactitud y la precisión.

La exactitud indica el grado con el que se acerca el valor de una medición, al valor real de la misma. La precisión en cambio, indica la repetitividad de una medición, es decir, si una medición se hiciera varias veces con un mismo instrumento, cuantas veces se obtendría un mismo valor.

Los cronómetros de laboratorio, cuentan con un sistema de visualización de hasta centésimas de segundo, quiere decir esto, que en teoría, se podrían diferenciar eventos de hasta una centésima de segundo de diferencia.

Sin embargo, existe un factor muy importante a tomar en cuenta al efectuar mediciones con un cronómetro, y es la precisión en la manipulación por parte del operador.

Las reglas sobre el manejo de las incertezas, indican que en un sistema digitalizado es decir cuantificado, la incerteza del valor del sistema tendrá un valor igual a la menor de las cuantificaciones.

El problema es que en el caso del cronómetro, a esta incerteza se le debería de agregar la incerteza que produce el tiempo de retardo del operador.

El tiempo de retardo, varía de operador a operador, e incluso dentro de un grupo de mediciones efectuadas por un solo operador pueden existir una gran variación de los mismos.

Para cuantificar la magnitud del tiempo de retardo provocado por el operador, se recurre a un método de análisis estadístico consistente en hacer que varios operadores midan patrones de tiempo fijos.

Los patrones de tiempo a medir se presentan de dos formas, en la primera el operador mide el tiempo transcurrido entre dos marcas sonoras que es de dos segundos exactamente, y en el segundo el operador mide el tiempo de duración de una sola marca sonora de dos segundos de duración.

Curiosamente, al efectuar este experimento, se encuentra que los retardos de tiempos introducidos en la medición de tiempo de dos eventos, es mucho mayor que el retardo producido en la medición de la duración de un solo evento.

Esto se comprueba por las estadísticas realizadas presentadas en anexo.

El retardo, es un tiempo transcurrido entre la ocurrencia de un evento, y la detección por el operador, esto se explica con el simple razonamiento de que no se le hace posible al operador detectar un evento antes de que ocurra.

Los tiempos de retardo medidos van desde una centésima de segundo el más pequeño, hasta ciento cuatro centésimas de segundo el más grande.

El tiempo de retardo medio aproximado es de 34.57 centésimas de segundo para el caso en que se mide la diferencia de tiempo entre la ocurrencia de dos eventos, y 16.28 centésimas, para el caso en que se mide la duración de un solo evento.

2.1.3. Desventajas del sistema a cronómetro

En las prácticas de cinemática, la duración de un evento a cronometrar oscila de entre tres segundos para la práctica de movimiento con aceleración

constante, hasta un poco menos de dos segundos, para la práctica de la segunda ley de Newton, esto evidencia una incerteza de hasta casi un 17.3%.

Además de esta limitante, queda claro que resulta prácticamente ridículo efectuar mediciones de eventos menores a cincuenta centésimas de segundo, con un cronómetro.

Estos detalles, dejan al cronómetro bastante fuera de lo recomendable, para el desarrollo de una gran cantidad de prácticas de cinemática.

2.2. El ticómetro

El ticómetro o medidor de intervalos, es el instrumento de medida más usado actualmente en prácticas de cinemática, para la medición de intervalos de tiempo, y relacionar estos con intervalos de distancia o trayectorias recorridas.

El principio de operación básico del ticómetro, es el de un elemento con la función de producir marcas o señas, a intervalos exactos de tiempo.

Las marcas producidas por el ticómetro son colocadas en una cinta de papel que se desplaza junto con el cuerpo que efectúa la trayectoria a estudiar, y de esta forma se obtiene una relación directa de tiempo contra desplazamiento.

2.2.1. Configuración y características básicas del ticómetro

Los componentes del ticómetro se pueden dividir básicamente en dos bloques principales, uno encargado de generar una base de tiempo, y el otro encargado de la impresión de esa base de tiempo en la cinta de papel.

La unidad de base de tiempo está compuesta por un motor de corriente continua que es operado generalmente con baterías.

El tipo de motor de corriente continua utilizado es de imanes permanentes. La base de tiempo esta generada por la frecuencia de giro del motor, y se fija como unidad mínima de dicha base de tiempo, el tiempo que le toma al motor dar una revolución.

La velocidad del motor se encuentra por lo general entre las dos mil y dos mil quinientas revoluciones por minuto, lo que deja una base de tiempo de entre 2.4 y 3 centésimas de segundo, como unidad mínima.

La unidad de marcaje está compuesta por un elemento impresor que gira junto con el eje del motor, el cual golpea contra un pedazo de papel pasante y de esta forma imprime una señal en una cinta de papel que se desliza jalada por el cuerpo en estudio.

Como elemento impresor se usa tradicionalmente una pequeña munición de acero asegurada al eje del motor por medio de un alambre flexible.

Actualmente, se ha tratado de cambiar este diseño del ticómetro, y se ha colocado un volante con una roldana bailante asegurada en uno de sus extremos. Ambos tipos se ilustran en las figuras 2 y 3.

Figura 2. Ticómetro actualmente utilizado en los Laboratorios de Física

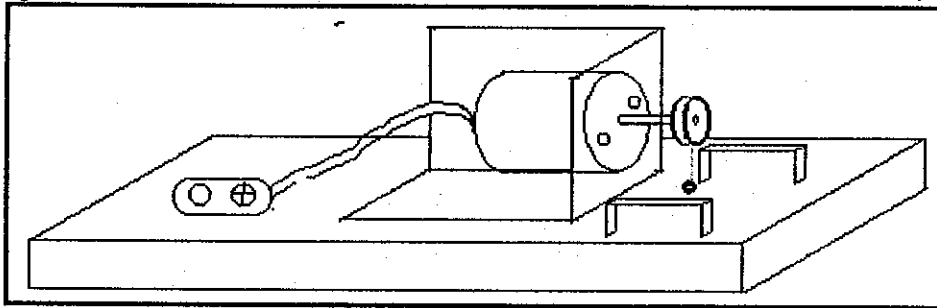
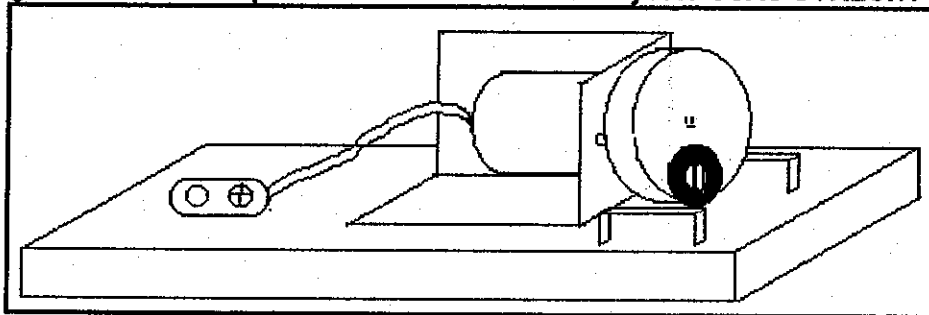


Figura 3. Ticómetro producido en el taller del Proyecto USAC UTRECHT



Para operar el ticómetro, se hace necesario también un cronómetro con el fin de efectuar su calibración y encontrar el valor de su base de tiempo.

La calibración del ticómetro se efectúa poniendo en marcha el motor generador de la base de tiempo, para luego pasar por él una cinta de papel.

Con el cronómetro se toma el tiempo que se tarda en pasar toda la cinta de papel, para luego medir la cantidad de impactos registrados en la cinta. Dividiendo el tiempo total empleado, dentro de la cantidad de impactos registrados, se logra obtener la velocidad del motor, y por lo tanto, la unidad mínima de la base de tiempo entre impactos.

La calibración del ticómetro, es un procedimiento que se debe de efectuar siempre antes de cada práctica de laboratorio en la que se le va a utilizar.

2.2.2. Medición de la eficiencia del ticómetro

Antes de analizar factores que influyen en la eficiencia del ticómetro, se debe resaltar la diferencia grande entre dos parámetros característicos de un sistema: la eficacia y la eficiencia.

La eficacia del sistema se definirá con base en el objetivo del mismo. Si existe un sistema cualquiera, creado con el fin de cumplir con un objetivo, o con el de solucionar un problema, la eficacia se debe definir como la característica del sistema de cumplir o no con el objetivo para el que fue creado.

La eficiencia en cambio, es la característica de un sistema eficaz que cuantifica la cantidad de recursos necesarios para que este lo sea, entiéndase llenar el objetivo para el que fue creado, con el uso de la menor cantidad de recursos posibles.

Se puede decir que un sistema es eficaz o no, pero la eficiencia en sí, solamente se puede establecer como parámetro comparativo con otro sistema.

La eficiencia de un instrumento de medida didáctico como el ticómetro es un tanto difícil de efectuar, por cuanto la eficiencia del mismo no depende de uno sino de varios factores simultáneamente.

Los factores principales con los que se medirá la eficiencia del ticómetro lo constituirán la medición de dos recursos importantes en su operación, el tiempo que requiere la toma de mediciones, y el costo del equipo.

El tiempo que requieren las mediciones con el ticómetro, definirá en si la cantidad de mediciones ejecutables por periodo de prácticas de laboratorio, y planteado de otra forma, el tiempo total requerido para la realización de todas las prácticas de laboratorio.

Para el análisis del factor tiempo en las mediciones con un ticómetro se puede dividir el tiempo utilizado en su operación en cuatro partes principales: tiempo de montaje, tiempo de calibración, tiempo de simulación y tiempo de obtención de datos.

El tiempo de montaje es el tiempo necesario para montar todo el equipo que se usará en la práctica, éste oscila en el caso del ticómetro al rededor de cuatro a cinco minutos.

El tiempo de calibración del ticómetro, es el tiempo que le toma al estudiante averiguar la frecuencia de giro del motor generador de la base de tiempo; es decir, calibrar el equipo. Para ello es necesario que ejecuten una simulación, cuenten el total de impactos efectuados y hagan los cálculos correspondientes.

Este proceso quizá es uno de los más largos de la práctica, y toma al estudiante un tiempo al rededor de unos diez a quince minutos. Se debe considerar además, que en el caso de fallar una prueba, la misma se debe repetir, con su correspondiente coste de factor tiempo.

El tiempo de simulación, consiste solamente en efectuar la prueba final o medición final, con todo el ambiente requerido por la práctica. Este proceso no lleva, a menudo, más de dos o tres minutos.

Para obtener los resultados finales de la medición se hace necesario que el estudiante repita un proceso similar al de calibración; es decir, que cuente la cantidad de impactos producidos durante la trayectoria, y en base a esto, que calcule los tiempos equivalentes para cada una, y las velocidades de la trayectoria en cada tiempo.

Este tiempo llega a ser tan largo, al rededor de unos treinta minutos, que el estudiante generalmente no puede llegar a conclusiones dentro del laboratorio, sino que las debe de alcanzar completando la práctica con cálculos fuera del mismo.

Como la totalidad de los ticómetros usados actualmente dentro del laboratorio de física, fueron construidos por el propio Departamento de Física de la Facultad, el factor costo de los equipos se tomará en base al precio de construcción de los mismos, durante 1,997, de acuerdo al Taller de prototipos del proyecto USAC-UTRECHT para el mejoramiento de la enseñanza de la física en Guatemala.

El precio de fabricación de un ticómetro es de Q.100.00, precio al que se le debe de agregar el costo de operación del equipo constituido por baterías reemplazadas cada seis meses, como mínimo, con un costo de Q.10.00.

Finalmente, se debe recordar que el sistema de medición con base en ticómetro incluye además al cronómetro con el que se efectuarán las calibraciones. El costo de éste es de Q.50.00.

Debido al desgaste y mal uso, los ticómetros tienen una vida media aproximada de dos años, y el Departamento de Física tiene en existencia, por

lo regular, 18 ticómetros que cubren una población estudiantil de unos mil cien estudiantes por semestre.

Sin embargo, si se efectúa el análisis en cuanto al tiempo, se puede ver a simple vista que mediante este sistema de medición, el estudiante puede efectuar únicamente una práctica por período de laboratorio, lo que da un tiempo empleado por práctica con el ticómetro de cien minutos aproximadamente.

Aunque parezcan dos variables completamente independientes, se debe resaltar el hecho de que las prácticas de laboratorio sean más lentas, implica un gasto mayor en otros recursos de difícil medición, como lo es el de espacio físico, personal docente, y naturalmente, la reducción en el número de prácticas efectivas por estudiante.

2.2.3. Desventajas e inconvenientes del ticómetro

El hecho de que aquí se tratan las desventajas y los inconvenientes del uso del ticómetro no significa, en ningún momento, que este tenga una falta de validez en cuanto al uso en prácticas de laboratorio se refieren. Simplemente, significa que existen ciertos aspectos en los que se debe mejorar, para que los laboratorios de cinemática puedan tener un mayor alcance en los estudiantes.

El primero de los inconvenientes lo presenta el hecho no cuantificable de la falta de apreciación de los datos y resultados de la investigación, por parte de los estudiantes.

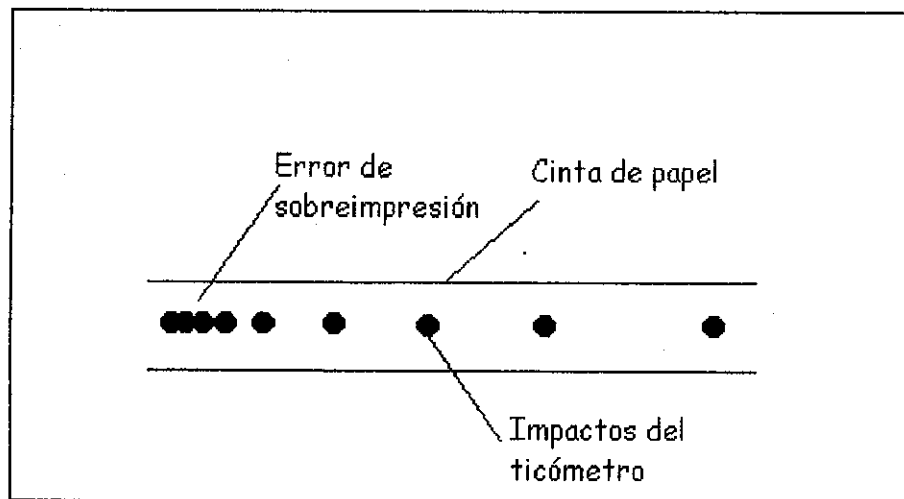
Si bien los estudiantes reciben datos bastante precisos, en cuanto a las funciones de velocidad y desplazamiento de un cuerpo, el hecho de que los mismos no sean obtenidos directamente, influye en la falta de apreciación inmediata de las características del fenómeno estudiado.

Este aspecto solamente es superable, invirtiendo bastante más tiempo del poco disponible, en explicar a los estudiantes el funcionamiento, operación y fundamentos del ticómetro, o en cambiar este por un dispositivo que presente medidas directas.

El segundo aspecto, se encuentra bastante relacionado al primero, pero este si es cuantificable, y corresponde a las incertezas del sistema.

Debido a su diseño, y al tipo de movimientos que estudia, existe un pequeño error de traslape de impactos, en el inicio de la medición de un movimiento acelerado que parte del reposo, como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Error de sobre impresión al inicio de una cinta



Este traslape obliga a los estudiantes a asumir el número de impactos existente en ese desplazamiento inicial y esto a menudo, tiende a alterar los resultados de la práctica.

Junto con este, se encuentra un alto grado de incerteza en la medición de separación entre los intervalos, por el hecho de que los impactos no son puntuales. Este error varía dependiendo de la distancia entre el eje del motor y la superficie que recibe los impactos y puede variar hasta varios centímetros.

Un tercer error es introducido durante la calibración, por el operador del cronómetro, el cual introduce un gran retardo en el mismo. La magnitud de este error depende del tamaño de la cinta de prueba, y del tiempo que se tarde en hacer pasar esta para la calibración.

Experimentalmente se ha encontrado que calibrando el ticómetro con cintas de un metro y medio de largo, que tardan al rededor de un segundo en pasarse por el ticómetro, se producen incertezas entre un 30% y un 44%, por el fenómeno de retardo humano al manipular el cronómetro, y por el traslape entre impactos simultáneamente.

3. DISEÑOS PROPUESTOS DE EQUIPO

3.1. Equipo electrónico para mediciones de cinemática

Hasta aquí, se han analizado todas las opciones para la medición de prácticas de cinemática, tratando de enfocar las ventajas y desventajas de los equipos, así como los parámetros que se establecen para poder encaminar el diseño de un equipo que solucione los problemas que no se han logrado resolver del todo.

Ahora, se tratará de presentar la estructura de diseño que debe de tener un equipo electrónico de mediciones de cinemática, para posteriormente desarrollar las soluciones a la estructura propuesta.

Aunque no se trate de un equipo en funcionamiento, se trata de establecer de algún modo, parámetros comparativos que indiquen la mejoría o no de los métodos de medición de cinemática que justifiquen el cambio en la tecnología.

3.1.1. Diagrama en bloques y características necesarias en el aparato

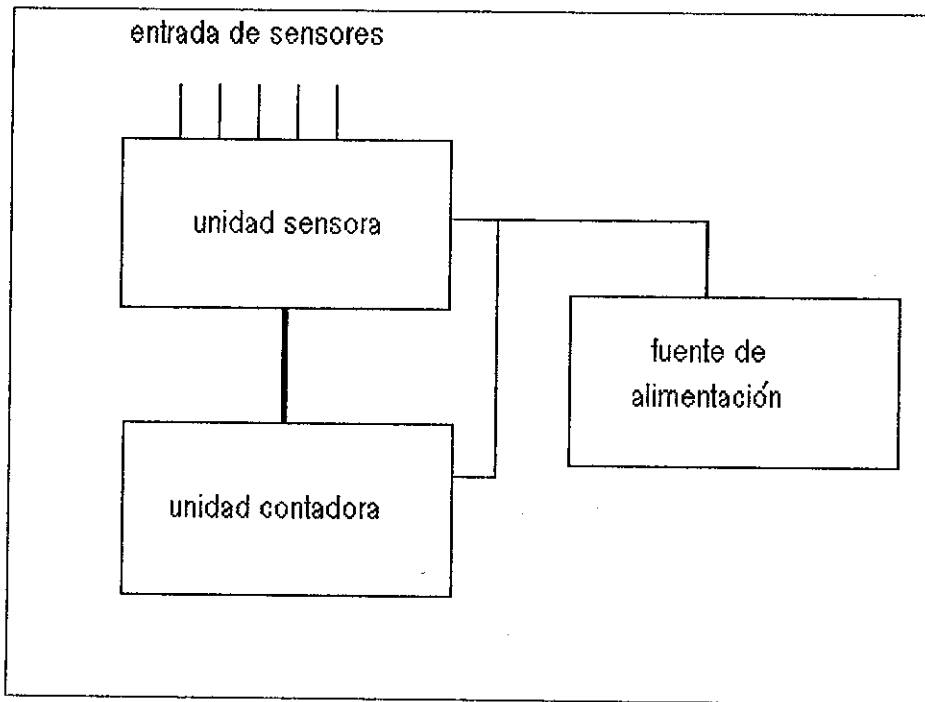
El equipo de medición propuesto debe de contener dos unidades con funciones bien definidas (ver figura 5), que estén conformadas por bloques de circuitos destinados a efectuar operaciones específicas.

Las unidades que lo deben de conformar son: la unidad sensor y la unidad contadora "intervalómetro". Dependiendo de las características del

establecimiento de aplicación la unidad contadora puede ser sustituida en funciones, completamente por una computadora.

La unidad sensor, está conformada por dos bloques principales, el primero es el bloque de sensores propiamente dichos, estos son destinados a detectar el paso del objeto a estudiar, y que deben de producir una señal eléctrica o pulso, cuando dicho fenómeno ocurra. Dichos sensores deben de ser colocables a distancias variables y mensurables por el usuario, y deben de ser lo más sencillos posibles.

Figura 5. Unidades que conforman el sistema



El segundo bloque lo conforma el circuito sumador, que se encarga de tomar todos los impulsos enviados por los sensores, y transformar estos en un tren de pulsos que en tiempo real describen el paso del objeto en estudio. También es

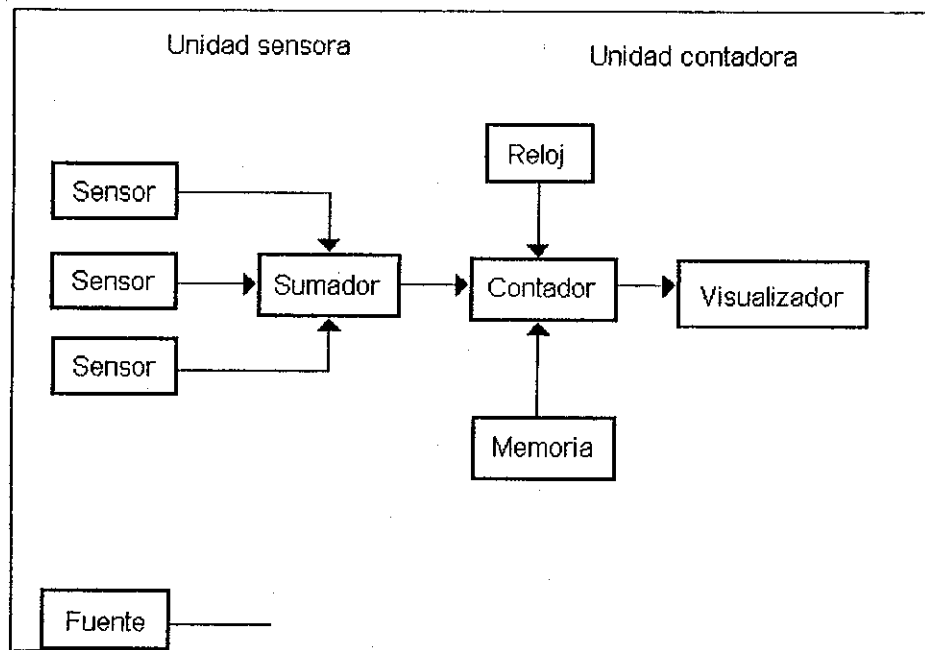
función de este bloque producir una señal con los parámetros necesarios para ser utilizable por la unidad contadora o intervalómetro.

La unidad contadora se encargará de contar el tiempo transcurrido entre impulsos, memorizarlo y mostrárselo a los usuarios por medio de un sistema de visualización.

La unidad contadora debe de estar formada por un reloj de base de tiempo, un bloque contador, un bloque de memoria que pueda memorizar los puntos, y una unidad de visualización.

Existe además un bloque de alimentación que se encarga de alimentar ambas unidades.

Figura 6. Diagrama general a bloques



3.1.2. Objetivos directos del aparato

Lo que aquí se pretende es fijar la tendencia recomendada para usar en la medición de la eficiencia del aparato. De esta forma, es posible poner más cuidado en los aspectos críticos en cuanto a la eficiencia se refieren.

El aparato propuesto, debe de ser eficiente en el sentido de mejorar activamente la utilización efectiva del tiempo del laboratorio de física. Quiere decir con esto que este equipo debería de permitir aumentar el número o cantidad de prácticas de laboratorio que se ejecutan por periodo del mismo.

Para lograrlo, se lleva implícito el hecho de que el equipo debe de ser más sencillo, o de más fácil manejo por parte de los estudiantes, sin tener que llegar a reducir exageradamente la participación de los mismos en la evolución de la práctica.

Otro factor importante, pero condicionado, es el costo del equipo. El hecho de que se tenga un equipo más moderno, de uso más simple, y con mediciones directas de baja incerteza, nos indica que lo natural sea un aumento en el precio del aparato.

Este aumento en precio debe de ser despreciable, o por lo menos alcanzable, a cambio del mejoramiento del laboratorio, y de la reducción de costos en otros rubros del mismo.

Entre otros factores muy importantes para su desarrollo, el equipo debe de ser capaz de almacenar varios datos para un solo experimento, tener una

precisión de una centésima de segundo y poder medir un experimento con una duración no mayor a un minuto.

3.2. *Diseño del equipo con la utilización de una PC en el laboratorio*

Existe la posibilidad de simplificar grandemente, la circuitería necesaria para la elaboración del equipo de mediciones para prácticas de cinemática, simultáneamente se ampliaría el tipo de funciones que sería capaz de realizar dicho equipo.

Para simplificar todas estas funciones, solamente basta con asignar ciertas funciones o bloques del sistema como por ejemplo, el conteo del tiempo y la toma de datos, a un sistema programable, como lo puede ser una computadora personal.

El funcionamiento del sistema con un ordenador, operaría básicamente sobre la base de lo que constituyen interrupciones de hardware. El equipo que se diseña, debe de ser capaz, únicamente de recibir pulsos de los sensores utilizados en la práctica, y transformar la duración y niveles de voltaje de los mismos, para que sean capaces de activar las interrupciones de la computadora.

Para reducir los costos de fabricación del equipo, se omite el diseño de una tarjeta de interface para introducir las interrupciones a la computadora, y en cambio se diseña el equipo para que pueda activar las interrupciones en una tarjeta de interface ya existente en la computadora.

3.2.1. Interfaces disponibles al usuario en la computadora personal

Entre las tarjetas de interface disponibles en la computadora, se encuentran dos con capacidad especial de recibir interrupciones externas, la tarjeta de puerto paralelo, y la tarjeta de puerto serial RS-232 de la computadora.

3.2.1.1. El puerto paralelo, características, ventajas e inconvenientes

Las interrupciones en el puerto paralelo de la computadora, se controlan con niveles lógicos TTL, y funcionan con lógica negativa, quiere decir esto que con un nivel lógico 0, se activa la interrupción.

El hecho de que el puerto opere únicamente con voltajes TTL, aumenta el peligro de que sea dañado el mismo, debido a una mala manipulación por parte de los usuarios, y esto es algo que se debe de considerar profundamente, a la hora de producir equipo didáctico que será manipulado por estudiantes especialmente.

Otra característica esencial de la interrupción del puerto paralelo, es el grado de prioridad que establece la computadora para atender las interrupciones.

Para el puerto paralelo, se establece una prioridad de 7, quiere decir que existen seis tipos de interrupciones que pueden detener la ejecución de una interrupción del puerto paralelo, cosa que es bastante crítica, al tratar de definir un tiempo, en base al momento en que la computadora atienda una interrupción del puerto.

Esta se convierte en una segunda desventaja del puerto, a la hora de utilizarlo en un sistema de cronometraje automático de gran precisión, razón por la cual se considerara la utilización del puerto serial principalmente, para el diseño del equipo.

3.2.1.2. El puerto serial RS 232, características, ventajas e inconvenientes

A diferencia del puerto paralelo, el puerto serial opera con otros niveles de voltaje, +15 voltios para los ceros lógicos, y -15 voltios para los unos lógicos, sin embargo, por ser este un puerto de comunicación remota, es diseñado para funcionar correctamente aun con grandes variaciones en dichos niveles de voltaje.

El puerto serial, a diferencia del paralelo, no tiene un pin para la generación de una interrupción por la simple activación directa, sino que en cambio, puede generar interrupciones, por cuatro distintos tipos de eventos, o la combinación de los mismos.

Los eventos por los que puede generar interrupciones son, interrupción de datos disponibles, la cual se genera cuando se ha llenado el registro de desplazamiento, con los datos recibidos.

La interrupción de registro de transmisión vacío, que se genera cuando el registro que contiene los datos a transmitir se vacía; es decir, que ha terminado de enviar el dato.

La interrupción del estado de la línea de recepción, indica cuando ocurre algún problema con la línea, y la interrupción de estado del módem.

La selección de las interrupciones a utilizar, se hace por medio del registro habilitador de interrupciones del puerto paralelo.

Para la aplicación que persigue esta tesis, se hace preferible utilizar la interrupción de datos disponibles, pues es fácilmente activable con el mínimo de circuitería, y al mismo tiempo, tiene la capacidad de que nos permite calcular la exactitud o incerteza de la medición de tiempo efectuada.

Para activar la interrupción de datos disponibles, basta con enviar al pin de recepción del puerto serial RS- 232, un pulso de activación, al momento de desear la lectura del tiempo.

El tiempo de duración del pulso enviado al puerto serial, debe de ser mayor que el tiempo de duración de un bit de transmisión, pero menor que el tiempo de duración de una palabra completa de datos.

Esto fija la necesidad de diseñar un accesorio externo para el cronometraje por computadora, que genere un pulso del ancho ideal, para funcionar como un bit de inicio en el puerto serial. La velocidad a la que funcione el puerto es programable por medio de la modificación del registro de velocidad del controlador del puerto, y se puede fijar en ciertos valores predeterminados.

Si se programa un ancho de palabra de 8 bits, con un bit de inicio, se puede calcular el tiempo mínimo de bit, para activar la interrupción con seguridad, y el tiempo máximo para no activarla dos veces, estos tiempos se presentan en la tabla I.

Para mantener la exactitud del cronómetro, el mismo debe de funcionar en sincronismo con el reloj de la computadora, y este se deja con una exactitud de una centésima de segundo, ocasionada por la incerteza de las cifras significativas, y el tiempo de retardo ocasionado por el procedimiento de interrupción al momento de tomar el tiempo.

Tabla I. Periodos predefinidos del puerto RS-232

Velocidad del puerto (baudios)	Periodo de un bit (milisegundos)	Periodo de una palabra (milisegundos)
50	20.00	180.00
75	13.00	117.00
110	9.00	81.00
135	7.43	66.87
150	6.66	59.94
300	3.33	29.97
600	1.66	14.94
1200	83.33	750.00
1800	55.56	500.00
2000	50.00	450.00
2400	41.60	374.40

Puesto que sería inútil completamente utilizar una velocidad en el puerto serial, que proporcione mayor exactitud de 1 cs, y el escoger una velocidad muy lenta, aumentaría la incerteza en la medición, se selecciona la velocidad de operación del puerto para la función de cronometraje, en 150 baudios.

Con esto, se tiene el primer parámetro fundamental para el diseño del circuito externo, y es que el tiempo de duración del impulso producido en el puerto, debe de encontrarse en un intervalo superior a las seis milésimas de segundo, pero inferior a 5 centésimas de segundo.

El tiempo que le toma al sistema ejecutar los procedimientos de lectura de datos, durante la interrupción, no constituye en si un problema de error muy grave, pues este tiempo se puede asumir como el mismo, para todas las mediciones teniendo el equipo finalmente una exactitud de 1 centésima de segundo.

Para completar el diseño del dispositivo, basta adecuar los niveles de salida de voltaje, dentro de los límites de operación del puerto serial que son de 3 a 15 voltios, para el nivel cero, y de -3 a -15 voltios para el nivel lógico uno.

3.2.2. Análisis del circuito propuesto con una computadora

El circuito que se presenta, llena todos los requisitos necesarios para la operación del sistema propuesto, para la medición de tiempos dentro del laboratorio.

El circuito se ha diseñado, tratando de producir el circuito con el mínimo de componentes necesarios y al menor precio posible.

Los sensores seleccionados se encargarán de producir una señal de voltaje lógico alto, de 6 voltios por sobre el nivel de la tierra lógica, esto fija un estándar adecuado para normalizar el tipo de sensores a utilizar, ya sea de contacto o sensores ópticos y sonoros, que pueden estar presentes en futuros desarrollos.

El nivel de voltaje de 6 voltios, es seleccionado de una amplia gama de valores aceptables para el puerto serial RS 232, debido a que es obtenible económicamente a partir de transformadores de voltaje simétrico de 12 voltios

con derivación central (+6 v y -6v), los cuales por ser de uso común, son de bajo costo y fácil adquisición en el mercado.

Con referencia en la figura 6, todos los impulsos producidos por la fila de sensores, son tomados por la resistencia R1, para limitar un poco la corriente de base del transistor Q1, el cual se encuentra en configuración de conmutador o amplificador clase D.

El colector de dicho transistor se encuentra polarizado con la resistencia R2, para que la conmutación se efectúe entre +6.5 o -6.5 voltios. Cuando cualquiera de los sensores produzca un impulso, el transistor se coloca en saturación, y el colector adquiere un voltaje de -v, que es aplicado al condensador C1.

El condensador C1, separa las componentes DC y AC de los pulsos, produciendo únicamente un impulso positivo cuando se inicia un pulso enviado por los sensores, y un impulso negativo cuando termina.

El diodo D1, se encarga de separar ambos impulsos a la salida del condensador, y permitir únicamente el paso del impulso negativo, a la entrada del multivibrador LM 555.

La resistencia R3 se encarga de mantener un voltaje alto a la entrada del multivibrador, cuando no existe ningún pulso proveniente del condensador C1.

El multivibrador está compuesto por un circuito integrado LM 555, en su configuración monoestable. En esta configuración, el circuito, producirá un

pulso de voltaje alto de tiempo controlado, cuando recibe un impulso de señal en el terminal número 2.

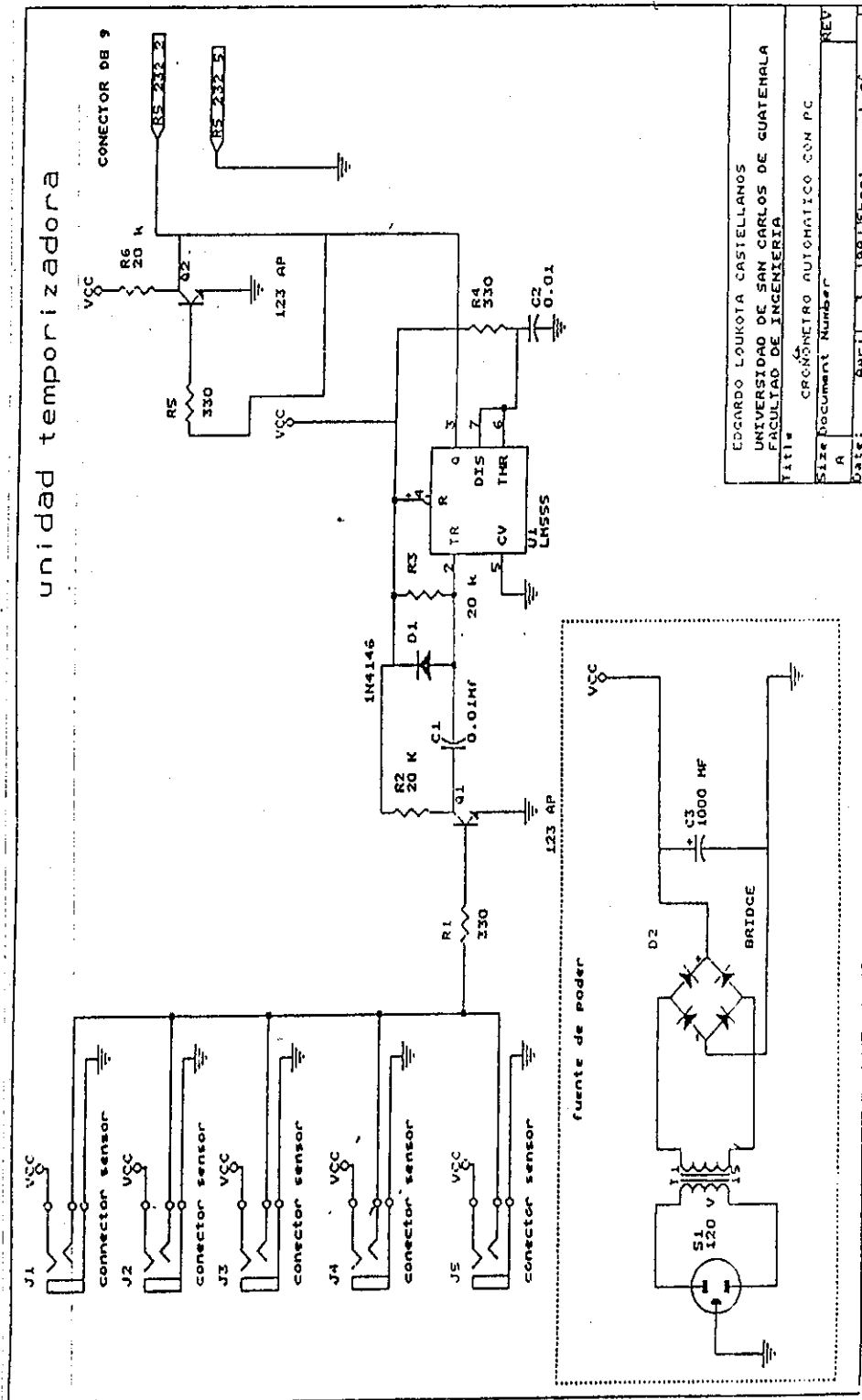
El tiempo de duración del pulso de voltaje producido es controlado por la resistencia R4, y el condensador C2, y este es ajustado a un valor de 0.011 s, para que pueda activar una interrupción en el puerto serial a 150 baudios, sin producir dos interrupciones seguidas.

Finalmente, la señal pasa a un circuito conmutador conformado por la resistencia R5, el transistor Q2, y la resistencia R6. Este circuito es agregado al sistema, para operar como un inversor, y convertir la señal de lógica positiva que sale del temporizador, en una señal de lógica negativa necesaria para activar al puerto serial.

La fuente de alimentación, conforme el bloque de la fuente de alimentación de la figura 7, está formada por un transformador con derivación central, de 12v, un puente rectificador, y un condensador C3, par eliminar el rizado de la señal. La fuente, produce un voltaje de +6, y -6 voltios, para poder cumplir con la simetría necesaria en el puerto serial.

Para alimentar el circuito temporizador, se usa el voltaje total de 12 voltios. Las variaciones que se pueden hacer al circuito, son los valores del condensador C2 y la resistencia R4, para reducir el tiempo de interrupción, si se desea aumentar la velocidad del sistema, para cronometrar tiempos del orden de los milisegundos.

Figura 7. Cronómetro automático con una computadora personal



3.2.3. Estructura básica de un programa de computadora, acorde al sistema

La estructura básica de un programa de computadora que llene los requerimientos necesarios para el funcionamiento con el sistema de mediciones de cinemática, debe de estar conformado por cuatro procesos principales, con objetivos bien diferenciados (ver figura 8).

El primer proceso, se debe de encargarse de fijar los niveles del puerto, a los necesarios para la operación del sistema; es decir, colocar la configuración (con mayor importancia velocidad y duración de palabra), en los valores necesarios para la aplicación que se le va a dar.

Este paso es muy importante, en el caso, de que como es de suponerse, a la computadora se le haya estado dando una aplicación anterior, distinta a la actual, o que los parámetros fijados por el sistema operativo, no sean los correctos.

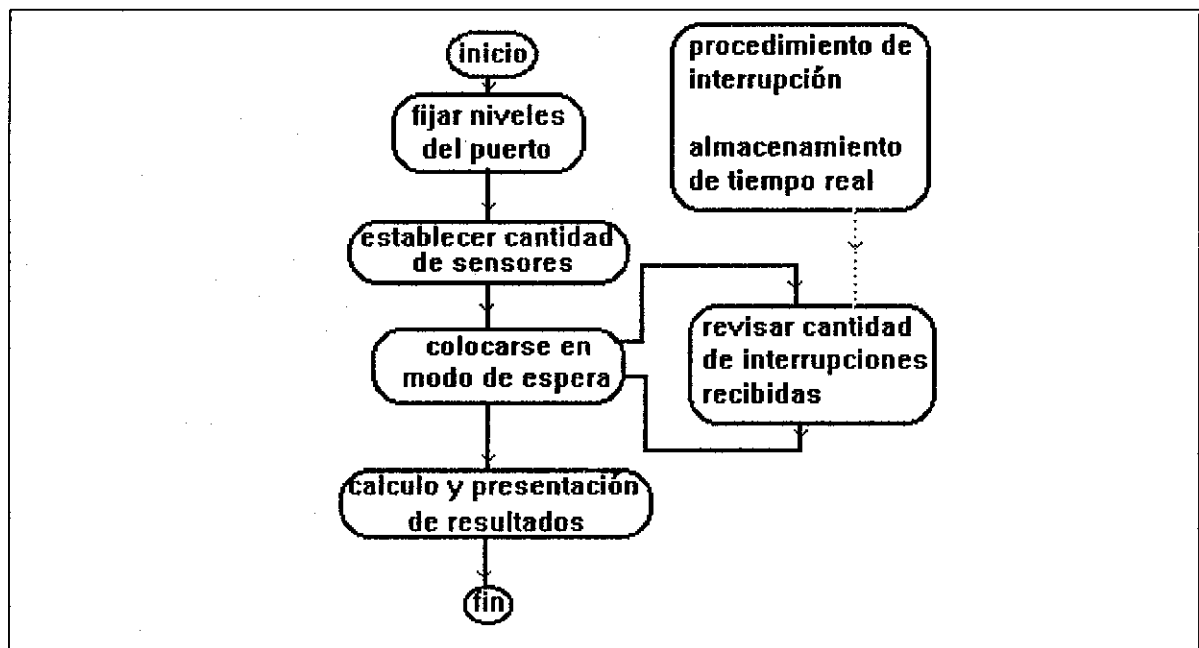
El segundo proceso establece la cantidad de impulsos a recibir, es decir el número de sensores instalados, o en el caso de un ciclo repetitivo, la cantidad de valores que se deben de tomar, antes de desplegar los resultados, con este valor, se puede determinar el tamaño de la memoria a ocupar.

Como el sistema funciona basándose en interrupciones, el tercer bloque es únicamente un bloque de espera y conteo, a que las interrupciones se realicen. Este proceso concluye, cuando la computadora ya recibió el total de interrupciones esperadas. Solamente durante este bloque, se deben de habilitar las interrupciones.

El proceso de interrupción, solamente se ejecuta cuando una interrupción se hace presente cuando alguno de los sensores se activa. Durante este proceso, se debe de tomar un valor del tiempo del reloj de tiempo real de la computadora, y almacenarlo en un registro, además de incrementar el conteo de eventos efectuados.

Completados todos los eventos, solamente resta un proceso de cálculo y presentación de datos. En el se debe de tomar la diferencia entre los tiempos almacenados en los procesos de interrupciones, y desplegarlos al usuario.

Figura 8. Algoritmo del programa para el equipo con computadora



3.3. Diseño del equipo independiente de la computadora

Generalizando un poco más el alcance de esta tesis, hasta pasar los límites de la educación universitaria y llevándolo a la enseñanza de la física en el Nivel Medio, se puede visualizar que no todos los centros educativos donde se

debe impartir la enseñanza de la física, tienen la capacidad de implementar laboratorios de física utilizando computadoras en los mismos, esta deficiencia se hace creciente en los centros educativos del Estado, y establece la necesidad de diseñar equipos que puedan operar sin la necesidad de que existan centros de computación en los laboratorios.

Al igual que en el diseño del equipo utilizando una computadora, al hacerlo sin él, se deben de tomar algunas decisiones básicas en cuanto a diseño, que están destinadas a ubicar completamente el camino que tomará el desarrollo del equipo.

Para desarrollar un equipo de esta naturaleza, se pueden optar por cualesquiera de dos sugerencias básicas, diseñar el circuito, empleando en este un sistema independiente basado en un microprocesador y sus respectivos dispositivos periféricos o hacer el mismo, utilizando únicamente lógica combinacional y secuencial para efectuar todas las operaciones básicas del sistema.

Al hacer el análisis de ambas opciones, se logra observar que la primera opción, ofrece la ventaja de tener mayor capacidad. En cuanto a la expansión de futuras funciones, con el tiempo, podría llegar a pensarse incluso en diseñarse un equipo maestro de laboratorio, con capacidad de efectuar todas las funciones de medición necesarias dentro del mismo, opción que quedaría bastante más lejos del alcance de los objetivos de esta tesis, además de que con ello, el costo del equipo aumentaría demasiado.

Con la utilización de lógica secuencial y combinacional, se debe de diseñar un equipo al menor costo posible, tratando de que el mismo desarrolle en un ciento por ciento, las funciones para las que fue diseñado.

En el tipo de prácticas elaboradas en el laboratorio, raras veces se efectúan experimentos de cinemática, en los que el cuerpo se desplace por períodos superiores a 30 segundos; sin embargo, hacer un cronómetro que mida de 0 a 30 segundos, a 99 segundos, no implica un aumento en la complejidad y costos del circuito, más bien, estos son básicamente, los mismos.

Para reducir la complejidad del equipo, y facilitar la comprensión y análisis de datos por parte de los estudiantes, el equipo diseñado no utilizaría numeración sexagésimal sino centesimal, es decir que al concluir el segundo número cincuenta y nueve, no se restablecerá a cero, sino que el contador seguiría hasta el segundo número noventa y nueve, después del cual se restablecerá a cero. Esto, se justifica en que por el sistema de medidas utilizadas, los estudiantes rara vez emplean en sus cálculos de laboratorio, dimensiones superiores a los segundos.

3.3.1 Análisis del circuito propuesto

El circuito propuesto puede ser dividido para su análisis, en cuatro bloques distintos, encargado cada uno de una función específica, dichos bloques quedan constituidos por generador de base de tiempo, contador de tiempo, módulo de memoria y unidad de visualización, como se muestra en las figuras 9 y 10. A continuación se describirá el funcionamiento de cada uno, para facilitar la comprensión del funcionamiento general del sistema.

3.3.1.1. Generador de base de tiempo

El generador de base de tiempo, es la parte del circuito que se encargará de generar los pulsos de reloj de todo el sistema, esta parte del circuito es responsable de la exactitud de la medición realizada, y constituye la única parte del circuito que debe de ser calibrada, a un patrón específico.

De acuerdo a la figura 9 la parte principal del generador de base de tiempo la constituye un circuito multivibrador U1, LM 555, colocado en su configuración de oscilación libre o estable. La frecuencia de oscilación del circuito, esta determinada por el condensador C2, y las resistencias R1, R2 y R3.

El ciclo de fuerza del circuito, está definida por las relaciones entre estas tres resistencias. El ajuste y calibración del sistema, se debe de efectuar por medio de la resistencia R2, variando esta hasta que la frecuencia del oscilador, medible en el terminal 3 de U1, sea de 1 KHz.

Posteriormente, la señal es inyectada al contador binario U2, 74LS93, el cual se encuentra configurado como un divisor de frecuencia dentro de diez, así la frecuencia de reloj, que realmente se obtiene para el funcionamiento del circuito, es de 100 Hz. Esta etapa se utiliza, para aumentar la precisión del sistema y facilitar la calibración del mismo. Una variación ya sea por temperatura o por cualquier otro motivo en la frecuencia de oscilación de U1, únicamente se verá reflejada a la salida de U2, como una variación de frecuencia diez veces menor.

La frecuencia de reloj, es conmutada por una compuerta AND, del circuito U4A, activada la misma por el flip-flop del circuito U3, 74LS107. Este sistema, se encargará de que los contadores empiecen su cuenta, solamente cuando haya sido recibida la señal del primer pulso proveniente de los sensores. Este circuito dejará de liberar los pulsos de reloj, cuando el interruptor de paro y visualización, sea activado para observar los datos almacenados en el experimento.

3.3.1.2. Contador de tiempo

El contador de tiempo, es el circuito que se encarga únicamente de mantener un conteo del tiempo transcurrido entre el inicio del experimento; es decir, la recepción del primer impulso proveniente de los sensores, y los siguientes impulsos que se presenten durante el mismo.

De acuerdo con la figura 9 el contador está formado por cuatro circuitos contadores, U5, U6, U7 y U8, todos decimales 7490, los que se encargan de contar cada uno, de cero a nueve.

El bit menos significativo del primer contador U5 encargado de la cuenta de centésimas de segundo es activado por la señal de 100 Hz, proveniente del generador de base de tiempo, y el bit más significativo de este contador, activa a la vez al contador en la etapa siguiente constituida por U6 que se encarga de contar las décimas de segundo, continuando de esta forma la cadena de contadores, hasta U8, que es el contador de decenas de segundos.

Las salidas de estos contadores pueden ser llevadas a cero, forzosamente, mediante un botón de borrado de contadores de tiempo, que se encontrará localizado al frente del equipo.

Las cuentas de todos los contadores, pasan por los buffers, U9 y U10, 74LS244, que se encargan de aislar los datos del bus de datos, cuando los datos que se visualizaran son los almacenados en memoria, o directamente la cuenta de los relojes. El control de estas dos opciones, será también el interruptor selector entre datos y sensores, colocada al frente del equipo.

3.3.1.3. Módulo de memoria

El módulo de memoria, es el que se encargará de almacenar los valores de tiempo en que se produce cada uno de los impulsos producidos por los sensores.

De acuerdo con la figura 9 la memoria se encuentra constituida por los circuitos U11, U12, U13 y U14 todos ellos memorias RAM estáticas, 2114.

El almacenamiento en memoria, se produce cuando un pulso proveniente de los sensores, activa la terminal de control de escritura de los circuitos. El pulso de reloj, es retardado e invertido por medio de una serie de tres inversores del circuito U17 74LS06. El retardo de tiempo, se hace necesario para permitir que el grabado en las memorias se produzca después de que se cambio la dirección de almacenamiento de las mismas.

La dirección de almacenamiento de las memorias, esta controlada por un contador de datos decimal, constituido por U15 y U16, ambos del tipo 74LS90,

y configurados en la misma posición que el contador de tiempo descrito en el módulo anterior.

Los contadores de dirección permiten el almacenamiento de hasta cien valores de datos en memoria, cantidad bastante menor que la capacidad de almacenaje del banco de memoria, pero suficiente para cubrir las necesidades de almacenamiento requerida en un experimento de cinemática.

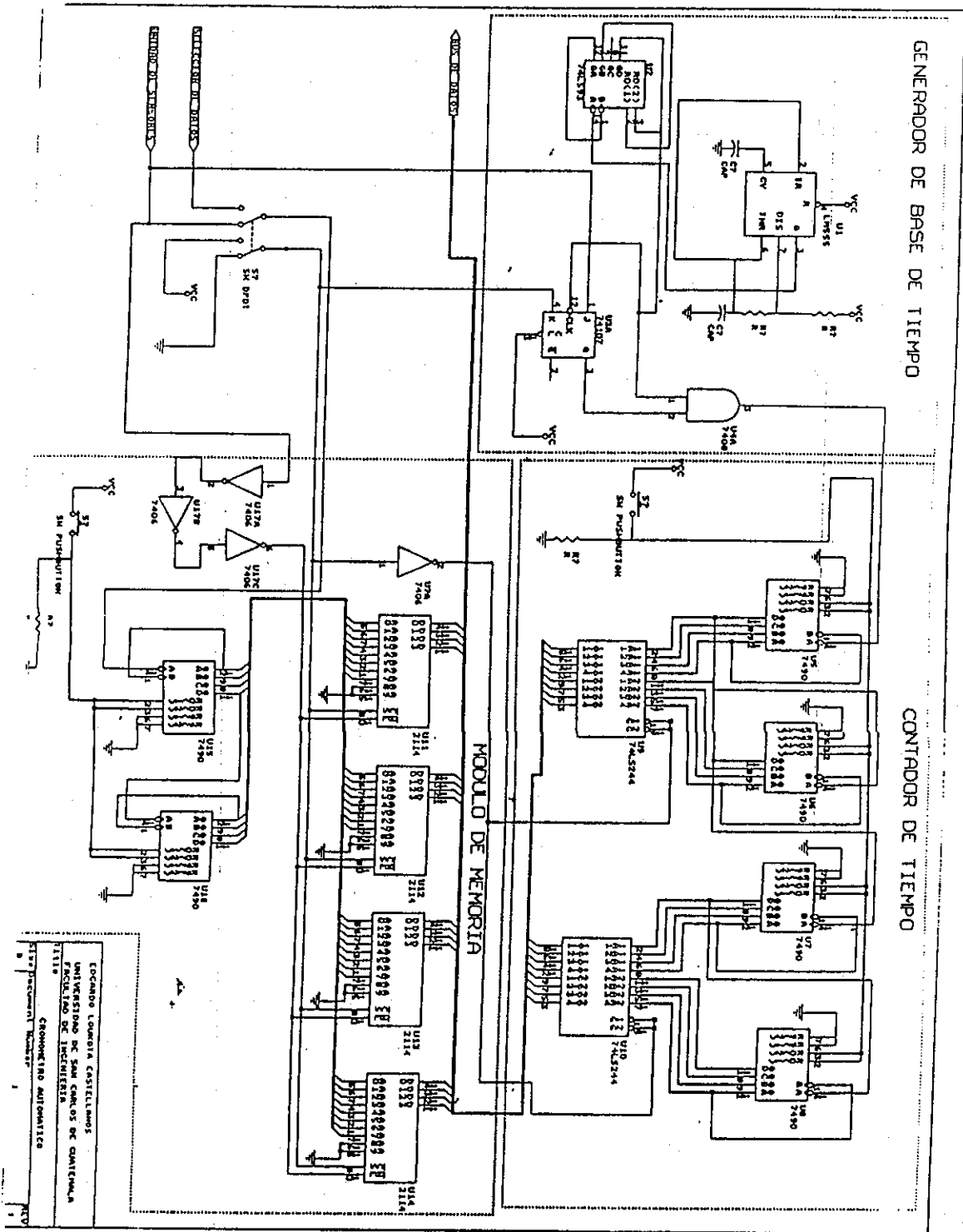
Otra observación importante es el hecho de que los contadores sean decimales y no binarios, esto se hace para que exista la opción de modificar en un futuro el diseño del circuito, y se agregue al mismo un indicador del número de posición en memoria, visualizado en pantalla, haciendo previamente un estudio de los costos y ventajas que se tendrían con tal implementación.

Esto se constituye en el diseño básico de un analizador multicanal de espectroscopía de radiación ionizante, donde se demuestra que los alcances del equipo pueden sobrepasar a los esperados.

Los direccionadores de memoria, pueden ser llevados a cero, para leer el primer tiempo almacenado, mediante la presión de un interruptor de borrado de datos, que se ubicará al frente del panel de control del equipo S3.

Es importante hacer notar, que el contador de direcciones de memoria, puede funcionar con cualquiera de dos tipos de impulsos, con los impulsos de los sensores, cuando el sistema se encuentra en el proceso de almacenamiento de datos, y con los botones de selección de datos, cuando el interruptor S1, esta listo para presentar al usuario la lectura de datos almacenados.

Figura 9. Cronómetro automático independiente



EDOARDO LOARDO CASTELLANOS
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 CRONOMETRO AUTOMATICO
 1

3.3.1.4. Unidad de visualización

La unidad de visualización, se encargará únicamente de presentar al usuario, los datos grabados en memoria, cuando el circuito se encuentre en la función de lectura, y la cuenta de reloj, cuando el equipo se encuentre en la función de grabación.

Dado que únicamente se almacenarán y presentarán cifras de cuatro dígitos, el costo del circuito no hace necesario utilizar un sistema de multiplexación de datos, para su presentación en la pantalla, requiriéndose de esta forma, igual cantidad de componentes que los requeridos para la presentación directamente.

Conforme a la figura 10 la unidad de visualización esta constituida por cuatro conversores BCD a siete segmentos, U18, U19, U20 a U21, todos 74LS47, para operar con presentadores numéricos de siete segmentos, de ánodo común. Además de los visualizadores LED, los conversores BCD a siete segmentos, esta unidad utiliza grupos de resistencias limitadoras de corriente, para evitar dañar a los visualizadores.

3.4. Sensores propuestos

Con cualquiera de los dos tipos de equipos propuestos, se pueden emplear dos tipos distintos de sensores, los cuales difieren uno del otro, en cuanto a precio, complejidad y aplicación.

Un primer tipo de sensor, es de tipo electromecánico, y tiene las ventajas de un costo bastante reducido, fácil construcción y sustitución. Sin embargo,

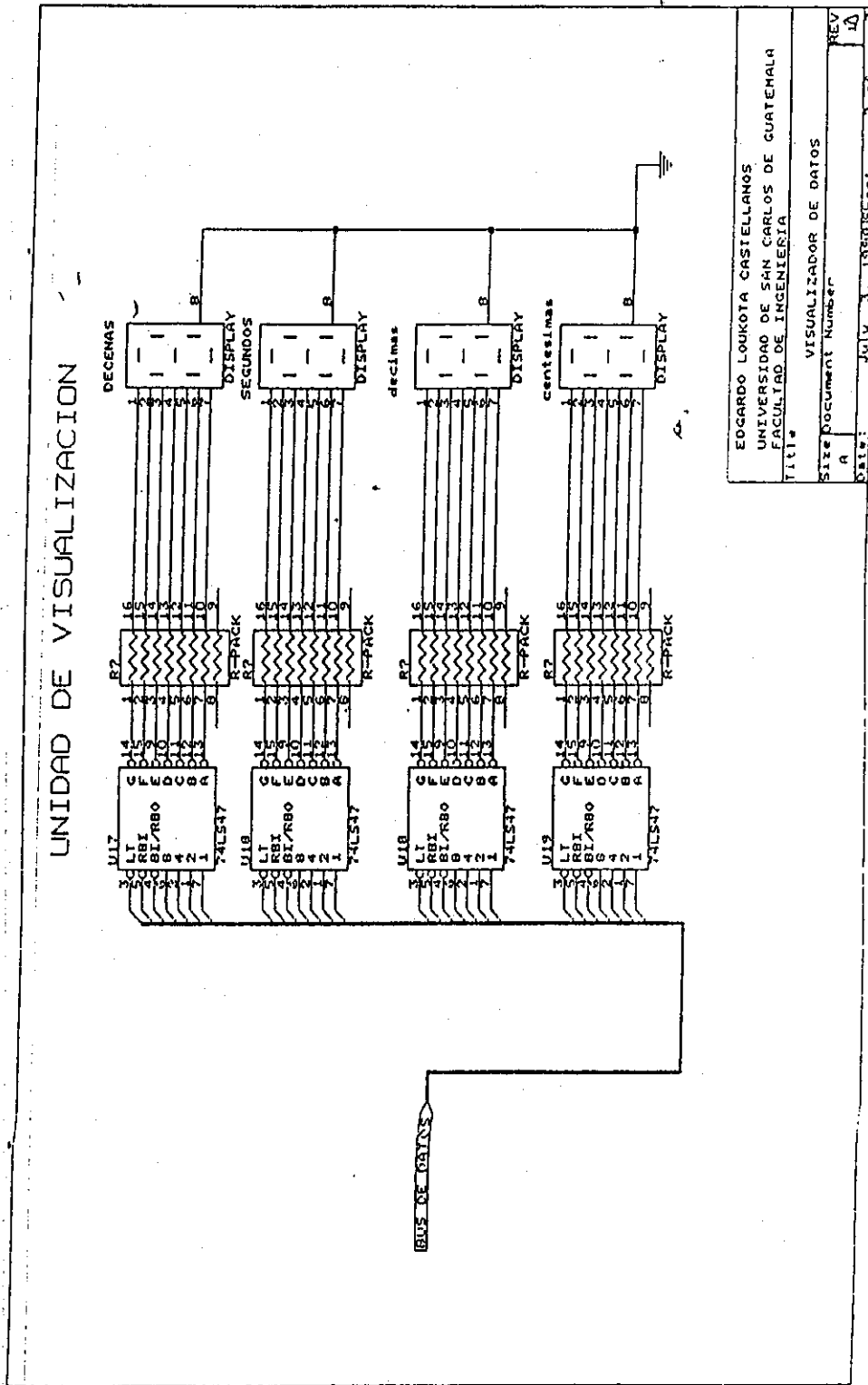
también presenta desventajas, como lo son grandes limitaciones en cuanto a su aplicación, y su reducida vida útil.

El segundo tipo de sensores, es de tipo optoelectrónico, y aventaja al electromecánico en cuanto a sus aplicaciones y vida útil, pero presenta un costo considerablemente elevado, y una mayor complejidad tanto en su construcción como en su aplicación.

Para asegurar la compatibilidad en el uso de cualquier tipo de sensores, se estandariza la conexión entre este y el cronómetro automático.

La conexión se hace a través de un plug de tres líneas, el cual lleva del equipo al sensor, dos líneas de alimentación, tierra y voltaje positivo, y del sensor al equipo, una tercera línea lleva la señal de salida del sensor, la cual se conmutará a voltaje positivo, en el caso de que el sensor detecte el paso de un cuerpo, y permanecerá en el voltaje de referencia 0 voltios para cualquier otro caso.

Figura 10. Unidad de visualización



3.4.1. Sensores de tipo electromecánico

Los sensores de tipo electromecánico, están conformados por un par de placas conductoras, colocadas sobre el plano inclinado en el que se deslizará el objeto de prueba, o sobre la trayectoria en la que se moverá el cuerpo cuya velocidad se desea medir.

Una de las placas se encuentra conectada al voltaje positivo que proviene de la alimentación, y la otra placa, se encuentra conectada a la línea que lleva la salida de señal hacia el cronómetro automático.

Por medio de una resistencia de 100 K se conecta el terminal de referencia de voltaje, con el de señal, para asegurar que cuando no exista ningún contacto eléctrico entre ambas placas, el voltaje de entrada al equipo, en la señal de control, será de cero voltios.

La construcción de las placas se puede hacer de dos formas, colocando placas metálicas autoadheribles sobre la pista de prueba, o dibujando las mismas con algún tipo de material conductor.

En el primer caso, se logra una mayor vida útil de los sensores, pero se pierde la uniformidad de la pista de pruebas, lo cual afecta el experimento en la proporción en que se reduce el tamaño del cuerpo que se deslizará.

En el segundo caso, las placas se pueden elaborar incluso con marcas de grafito, producidas con lápiz o carboncillo. Reduciendo el costo al mínimo, y eliminando el efecto de irregularidades de la pista de prueba. Con este método, se logra mayor interactividad entre los estudiantes y la práctica, al

permitir a estos, el diseño y construcción de la pista de pruebas, de acuerdo a sus propias necesidades.

La limitante en cuanto a la aplicación, radica en que el objeto por utilizar tiene que ser de metal, para producir el contacto eléctrico. Se pueden utilizar objetos o carros de prueba tan sencillos como pequeños cilindros de metal, o esferas en su defecto. La segunda limitante se produce en cuanto a la velocidad máxima medible, pues si el objeto se desliza extremadamente rápido, no se producirá un adecuado disparo hacia el cronómetro automático, pues se producirán efectos transitorios, como lo es el rebote.

3.4.2. Sensores de tipo optoelectrónico

Los sensores optoelectrónicos, están constituidos por un fotosensor del tipo fototransistor, que los hace sensibles a distintos niveles de luz. El fototransistor se conecta en configuración de emisor común, con una resistencia conectada entre el colector el componente y el voltaje positivo de la alimentación. Dependiendo del nivel de iluminación recibido por el sensor, se producirá un nivel de voltaje inversamente proporcional, en el colector del sensor.

El nivel de voltaje es tomado por el comparador LM 311, el cual lo compara con un nivel de referencia de voltaje producido con la resistencia variable R2 (resistencia de calibración).

Cuando el nivel de voltaje producido por el sensor es superior al obtenido en el potenciómetro de calibración, el comparador LM 311 producirá un voltaje

alto, a la salida de la unidad, que marcará una medición en el equipo del cronómetro automático.

Con el potenciómetro de calibración se ajusta la unidad, para que se produzca un uno lógico en la salida, cuando el objeto produce una sombra que obstruye el paso de luz hacia el fotosensor, pero que permanezca un cero lógico, cuando el nivel de iluminación es el normal de trabajo dentro del laboratorio.

La unidad sensora, debe ser móvil, y ajustable en distintas posiciones, debajo de la pista de pruebas, de modo que el objeto o carro de prueba, pase sobre esta. La entrada de la luz, se efectuará a través de una rendija, de modo que en ningún momento entre en contacto la unidad con el carro de prueba.

La gran ventaja de este tipo de sensor, radica en que permite la medición de velocidades, de cualquier cuerpo capaz de producir una sombra lo suficientemente grande, como para cubrir el fotosensor, 1 mm aproximadamente, sin la necesidad de hacer mayores modificaciones. La segunda ventaja, es que a diferencia del sensor electromecánico, este no sufrirá mayor desgaste.

Figura 11. Sensor optoelectrónico por interrupción de luz

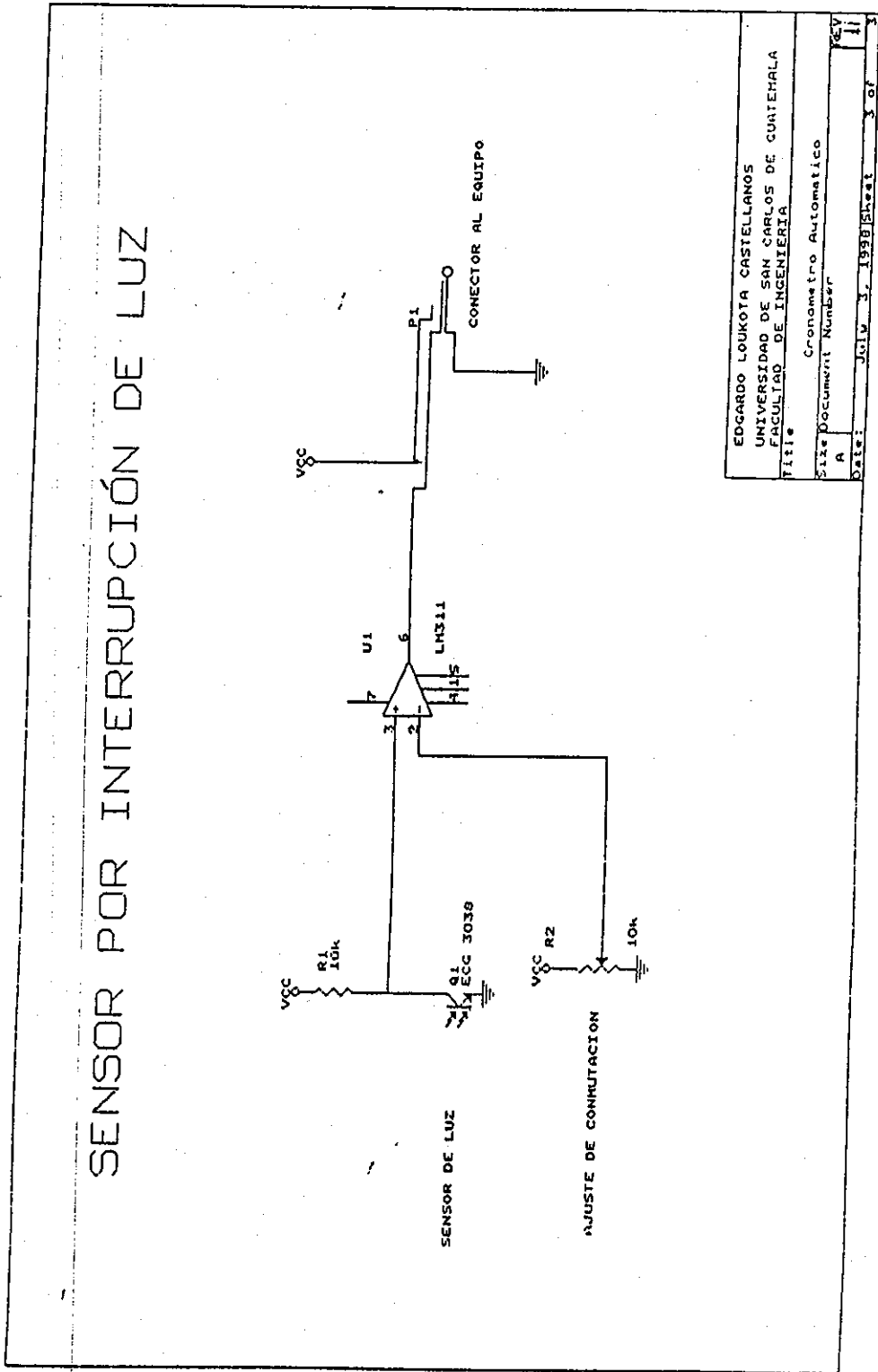
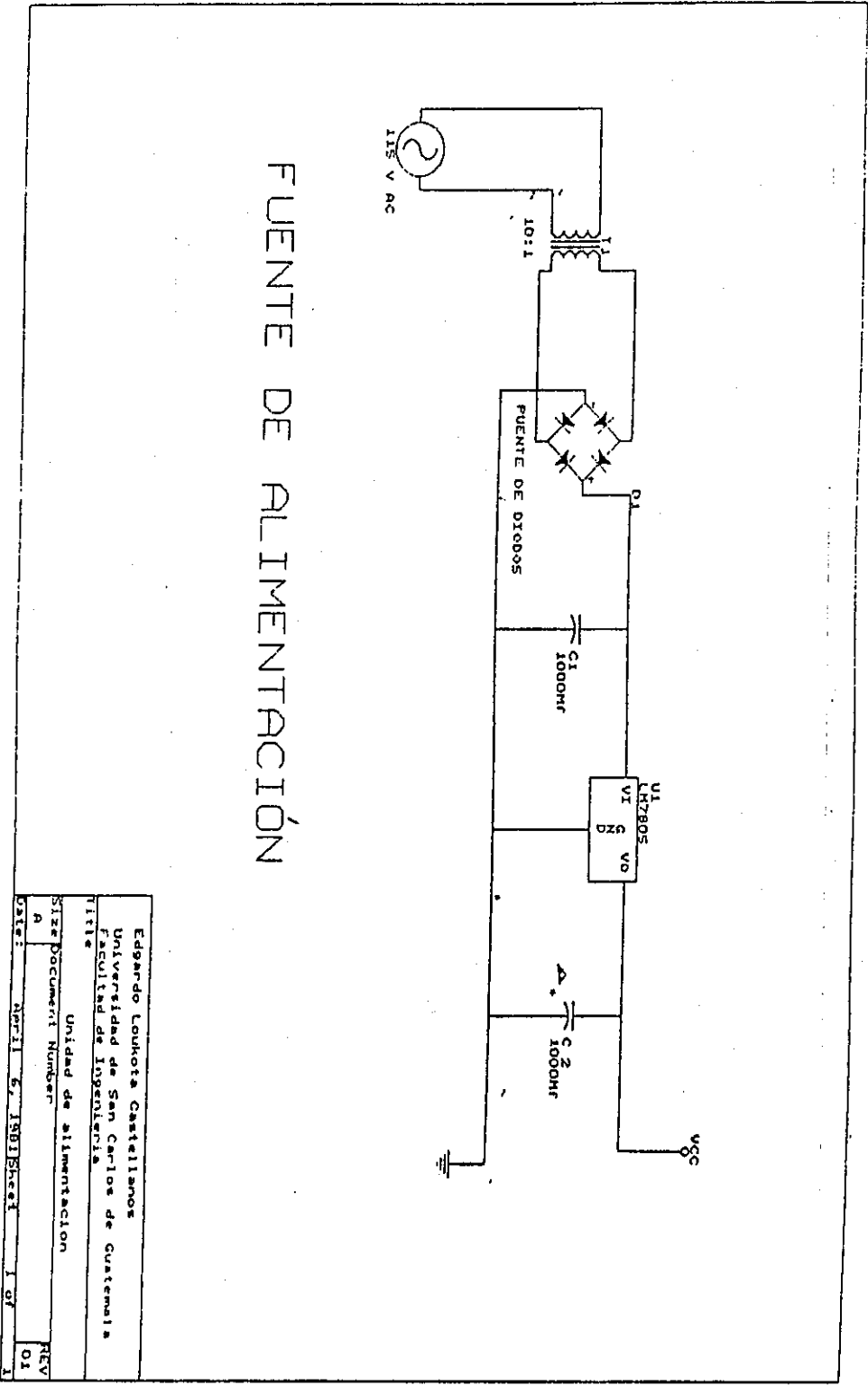


Figura 12. Fuente de alimentación del equipo



4. UTILIZACIÓN PROPUESTA PARA EL EQUIPO

4.1. Operación del equipo

Los equipos de medición propuestos son de operación bastante sencilla.

El equipo independiente de la computadora debe ser controlado por medio de botones y selectores ubicados en el panel frontal del equipo. Asimismo, las mediciones son desplegadas en un visualizador en el panel mencionado.

El equipo con computadora, está controlado por la PC, y por lo tanto se opera desde el teclado de la misma, y los resultados son visualizados en el monitor. Ambos equipos deben tener un grupo de jacks, donde se deben conectar los sensores.

El primer paso para su operación, lo constituye el disponer el equipo de simulación como la práctica lo requiera; luego de esto, se deben de colocar los sensores en las ranuras correspondientes, fijándolos con cinta adhesiva, o velcro, cuidando que los mismos no obstaculicen la trayectoria que se va a estudiar. Esto significa que los cables y los sensores se deben de colocar por debajo del plano inclinado, en el caso de prácticas de movimiento rectilíneo.

Luego los plugs de los sensores deben de ser conectados al equipo de medición, sin importar su orden o cantidad.

Finalmente se opera el equipo como corresponda en cada caso.

4.1.1. Manejo del equipo independiente de la computadora

El equipo independiente de la computadora debe tener en su panel frontal varios controles que son: encendido, selector (medición-visualización), inicialización de tiempo, inicialización de conteo, selector de datos.

Luego de conectado todo el equipo como se indicó, se debe de proceder a encenderlo por medio del interruptor principal.

Al encenderse es posible que los datos en memoria, y en los contadores tengan valores distintos de cero, por lo que se deben pulsar los interruptores de inicialización de conteo e inicialización de tiempo.

Previo a efectuar el experimento se debe de asegurar que el selector de medición y visualización se encuentra en la posición de medición.

Se ejecuta el experimento, cuidando de no activar los sensores una vez concluido este.

Para visualizar los resultados se procede a colocar el selector de medición-visualización en la posición de visualización, y la pantalla visualizadora mostrará el último dato de tiempo tomado, se debe de pulsar ahora el interruptor de inicialización de datos, y se mostrará el primer dato tomado.

Pulsando el interruptor de selección de datos, se mostrarán todos los datos tomados, en el orden en que fueron recibidos por los sensores.

Apuntados todos los valores, se pueden confirmar los datos repitiendo los últimos dos pasos anteriores, o realizar un nuevo experimento, repitiendo los pasos desde el principio.

4.1.2. Operación del equipo con computadora

Para operar el equipo con una computadora, primero se debe disponer del equipo como se indicó, de acuerdo a la práctica a realizar.

Seguido de esto, si no se ha hecho aún, se debe de llamar al programa que efectuará las mediciones. Este, al ejecutarse desplegará un menú interactivo, a través del cual el usuario le especificará que tipo de medición desea hacer (en caso de efectuarse un programa multifunciones), y cuantas mediciones se realizarán, es decir, la cantidad de sensores instalados.

El programa indicará luego, el momento en el que se puede iniciar el experimento, asimismo, el momento en que ha terminado el mismo, desplegando los resultados en la pantalla.

4.2. Prácticas propuestas con el cronómetro automático

4.2.1. Práctica de exactitud, precisión, incertezas y errores de medida

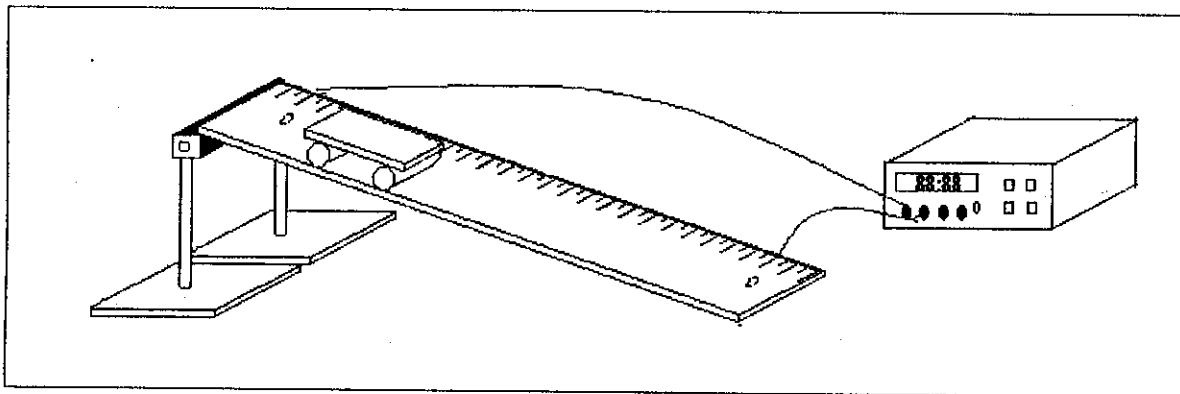
Los objetivos de esta práctica, deben ser básicamente, que los estudiantes conozcan los aspectos fundamentales de los que se conforma una práctica de laboratorio, las partes del reporte que deben de presentar, y se familiaricen con el funcionamiento del nuevo equipo de laboratorio.

Además de estos objetivos prácticos, el estudiante puede analizar la diferencia entre exactitud y precisión, y el comportamiento de distintos aparatos de medida. También podrá identificar las distintas fuentes de errores e incertezas dentro de un experimento de laboratorio, y cuantificar la influencia de cada uno de estos dentro de los resultados finales de la práctica.

El desarrollo de la práctica es bastante sencillo; consiste en que el estudiante repita un experimento sencillo en este caso, la medición de un intervalo de tiempo, por medio de dos formas distintas, una utilizando cronómetro manual y, la otra con uno automático.

El estudiante deberá de disponer de un plano inclinado, por donde deslizará el carro de laboratorio, con una pendiente reducida, conectando sensores para el cronómetro automático, al inicio y al final del plano inclinado como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Disposición del equipo para la práctica incertezas en la medida



Una vez listo el equipo, se deberá de tomar el tiempo que toma al carro de laboratorio, recorrer toda la trayectoria con los dos cronómetros disponibles.

Este paso se deberá de repetir cuatro veces para poder tener un análisis estadístico de la dispersión de los valores.

El experimento se repetirá ahora de nuevo pero con una pendiente más elevada en el plano inclinado, para poder observar cuanto varía la proporción de incerteza, al reducirse la magnitud de tiempo medida.

Tomando como base la medida del largo de la trayectoria, el estudiante deberá de obtener cálculos de la velocidad promedio resultante para cada una de las mediciones, y compararlas en su reporte, así como efectuar el respectivo análisis de incertezas y presentar una conclusión de la exactitud y precisión de las mediciones, y como varían estas con respecto a otras mediciones, en cada equipo.

4.2.2. Movimiento uniformemente acelerado

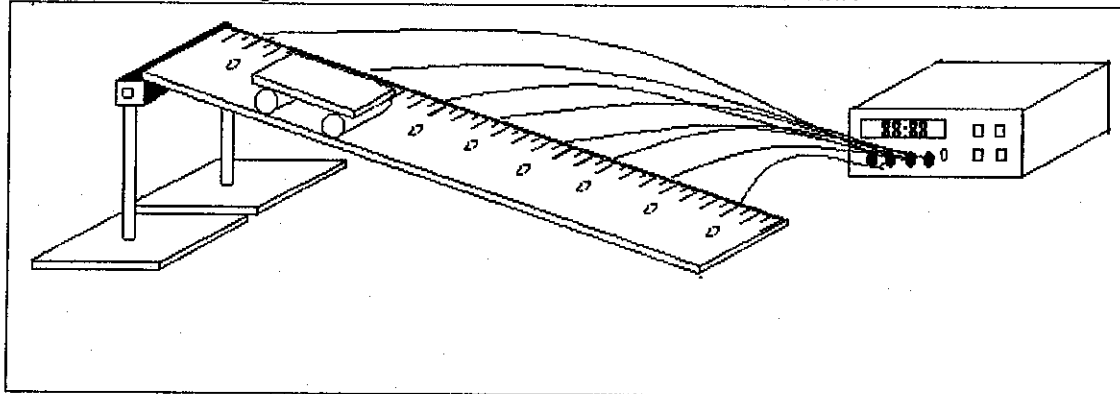
La práctica del movimiento uniformemente acelerado, no debe de ser más que una extensión de la práctica anterior sobre errores en la medición, e incertezas, con la diferencia de que aquí se presente una aplicación propiamente dicha, sobre los temas del curso.

Para el desarrollo de la práctica, el estudiante debe de tener todos los conceptos básicos respecto al movimiento uniformemente acelerado, las relaciones entre el desplazamiento, la velocidad lineal, y la aceleración.

Para desarrollar la práctica, el estudiante debe de montar el equipo de la misma forma que lo hizo en la práctica anterior sobre análisis de incertezas, con la única diferencia de que ahora, no solamente se debe de medir el tiempo

que le toma al carro de laboratorio recorrer toda la trayectoria, sino que también, las mediciones parciales de tiempo para segmentos de trayectoria, debiéndose colocar una mayor cantidad de sensores en el plano inclinado.

Figura 14. Movimiento uniformemente acelerado



Debe correr por cuenta del estudiante, la medición de distancias entre sensores, y la obtención de puntos medios en cada uno de los segmentos. Al correr el experimento, el equipo le debe de proporcionar al estudiante un valor de tiempo referido al inicio del experimento, en el que el carro de prueba paso por cada uno de los sensores.

Con tan solo estos datos, los estudiantes deben poder calcular los tiempos que le tomó al carro, recorrer cada uno de los segmentos de la trayectoria, y gracias a que conocen el largo total de cada trayectoria, puede calcular la velocidad promedio por segmento.

El valor de velocidad promedio que sea calculado, corresponderá con el valor instantáneo de velocidad, en el punto medio de su respectivo segmento.

Con cada uno de los datos medidos y calculados, se deben de elaborar un gráfico de comparación de velocidad con respecto al tiempo, a partir del cual se pueda deducir gráficamente la aceleración, y gráficos del desplazamiento con respecto al tiempo. Todo el experimento se debe desarrollar, con los cálculos adecuados de incertezas.

Debido a la gran similitud entre las primeras prácticas efectuadas con este equipo, las mismas se pueden desarrollar en pares, es decir, dos prácticas por cada sesión de laboratorio.

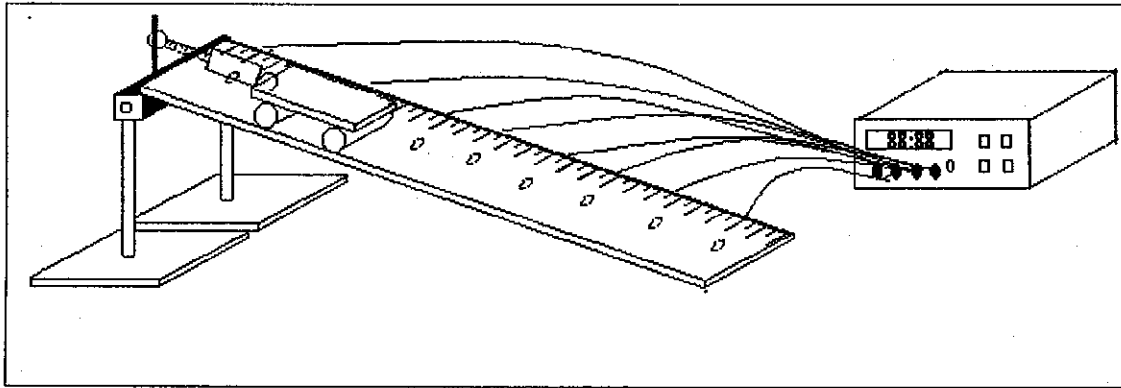
4.2.3. Segunda Ley de Newton

La práctica de la Segunda Ley de Newton se lleva a cabo en un ambiente bastante parecido al de la práctica anterior, y difiere de la misma, solamente en cuanto al uso de algunos materiales nuevos.

Para realizar este experimento, se procede de forma similar a la que se procedió en la práctica anterior, salvo que ahora antes de soltar el carro de pruebas para dar inicio el experimento, se coloca un dinamómetro entre el carro, y el extremo de la base, con el fin de medir la fuerza que recibe el carro para recorrer la trayectoria. También es necesario medir la masa del carro de pruebas, aunque dicha medida, puede ser proporcionada junto con el carro, con el fin de ahorrar tiempo efectivo en la elaboración de la práctica.

Una vez conseguidos los valores de la masa del carro, y de la fuerza que impulsa al mismo, se procede a efectuar la práctica de la misma forma que se realizó en la práctica anterior, y de esta manera obtener todos los cambios de velocidad del carro, para distintos intervalos de tiempo y distancia.

Figura 15. Segunda ley de Newton



Finalmente, los estudiantes deben de conseguir el valor de la aceleración del carro, durante el experimento, y comprobar si efectivamente se cumple la Segunda Ley de Newton.

Ante lo corto que resulta efectuar esta práctica, es recomendable que los estudiantes repitan el proceso por lo menos dos veces, con distintas inclinaciones del plano de pruebas, para poder comparar sus datos y hacer conclusiones válidas.

4.2.4. Conservación de la energía mecánica

La práctica de conservación de la energía mecánica, no se diferencia en mucho de la del movimiento uniformemente acelerado, ni tampoco de la de la Segunda Ley de Newton. Las mediciones que son necesarias para cada una de las prácticas, son básicamente las mismas, lo único que en sí varía, es el enfoque con el que se analicen los resultados.

Para la elaboración de esta práctica, el equipo se debe disponer de la misma forma que se dispuso en la Segunda Ley de Newton, y se deben de tomar mediciones de la masa del carro, e inclinación de la pista de pruebas.

Con la inclinación de la pista de pruebas, se puede calcular la altura de cada uno de los sensores colocados en el plano inclinado o de lo contrario, se pueden obtener dichas alturas, por medición directa, si con esto se reduce la incerteza de la medición, y se puede desarrollar la práctica más rápidamente.

Una vez realizado el experimento, el estudiante deberá de calcular la velocidad instantánea, en cada uno de los puntos medios entre sensores, y las alturas de los mismos, para después desarrollar un análisis completo de cada uno de estos puntos, en el que se obtengan datos instantáneos de las energías cinética y potencial del carro durante el experimento.

Una vez concluida esta parte del experimento, se deberá comprobar la conservación de la energía mecánica para cada uno de los puntos analizados, incluyendo un análisis de incertezas y errores de medida, que puedan de alguna forma explicar las pequeñas diferencias de energía mecánica, entre cada punto.

Una de las variaciones que puede tener este experimento, es cambiar la trayectoria del carro, o pista de pruebas, por una rampa con una forma distinta a la tradicional, en la que el carro pueda tener distintas aceleraciones, como pistas con curvas de ascenso y descenso variado, e incluso vueltas completas. Es por ello, que se dispone que el equipo sea flexible en cuanto a su montaje y capacidad.

Debido a lo parecido de los procedimientos prácticos de estos experimentos, es posible que se efectúe un solo experimento una vez, tomando absolutamente todos los datos necesarios para desarrollar cualquiera de los análisis planteados, e ir desarrollando los mismos, a medida que se desarrolla el curso Física Básica.

De esta forma habría una mayor cantidad de tiempo disponible para el desarrollo de prácticas de nuevos temas, que no se desarrollarán antes.

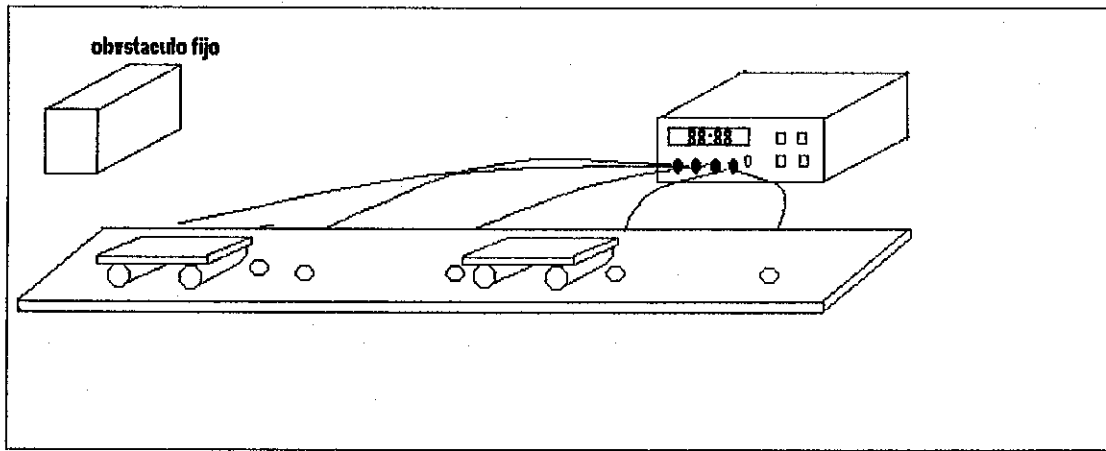
4.2.5. Colisiones

Para el estudio de las colisiones, la forma de desarrollar la práctica, varía bastante del modo en que se desarrollan las prácticas anteriores. El objetivo fundamental que se persigue con esta práctica, es el de presentar al estudiante los tipos de colisiones posibles, para que pueda diferenciar las características de cada tipo, y cuando es que ocurren.

Para estudiar las colisiones, se debe de colocar la rampa de pruebas de forma horizontal, comprobando que al dejar el carro de laboratorio sobre la rampa, el mismo tenga una fuerza resultante neutral, y no se desplace hacia ningún lado, con esto se puede asegurar, que no actuaran fuerzas externas sobre el carro, exceptuando las fuerzas de fricción que de alguna forma, impregnarán una aceleración negativa al carro.

Colocada la pista de esta forma, se colocarán sobre ella dos tipos de objetos, a medida de obstáculos, primero se hará la prueba con un objeto que ejerza una gran fuerza de fricción contra la rampa, de modo que su movimiento sea mínimo al momento de recibir el impacto del carro.

Figura 16. Colisiones y fuerza de fricción



Colocado este objeto, se debe de proceder a dar un impulso moderado al carro, de modo que colisiones contra el objeto, y rebote, cuidando de almacenar los datos de los intervalos de tiempos y distancias anteriores y posteriores a la colisión.

El segundo objeto a utilizar en el experimento, es un carro de laboratorio, similar al utilizado al inicio, de modo que al momento de colisionar con el primero, ambos adquieran una velocidad en la misma dirección, equivalente al sentido original del movimiento. En este caso, también deben quedar registrados los datos de tiempos y distancias, anteriores y posteriores a la colisión, que permitan calcular las velocidades correspondientes.

Un dato importante que los estudiantes deben de tener para realizar esta práctica, lo constituyen las masas de los objetos utilizados en todas las colisiones, para poder calcular la energía cinética y el ímpetu, anterior y posterior a cada colisión, para poder efectuar así el análisis correspondiente.

El análisis de esta práctica es ligeramente más crítico que el de las anteriores, pues aquí los estudiantes deben realizar las comparaciones de ímpetus iniciales y finales, y tratar de explicar los fenómenos con base en estos cálculos, además de proponer soluciones que justifiquen las diferencias de datos.

4.2.6. Fuerza de fricción

La práctica de la fuerza de fricción, es bastante similar a la práctica de colisiones, por lo que es posible realizar ambas en una sola sesión de laboratorio.

El experimento consiste en repetir la práctica de colisiones, pero con la diferencia de que ahora se colocará un bloque como obstáculo, el cual pueda ser desplazado ligeramente por el impacto con el carro de laboratorio, sin que llegue a hacer rebotar este.

Se debe tomar una marca de la posición inicial del bloque, y otra de la posición final, para poder tener un análisis completo de que distancia recorrió el bloque luego del impacto.

Con base en las mediciones de tiempo y distancias efectuadas, se puede obtener un cálculo de la velocidad del carro de laboratorio, y por lo tanto de su energía cinética.

El análisis que se debe de efectuar, es suponer que toda la energía cinética del carro, fue transformada en trabajo, al desplazar el bloque, y disipada en calor a lo largo de la trayectoria de arrastre.

Con base en esto, es posible calcular la fuerza de fricción que actuó sobre el bloque, y conociendo la masa del mismo, es incluso factible que se calcule el coeficiente de fricción de la superficie.

El experimento puede repetirse, alterando el coeficiente de fricción de la superficie, agregando alguna solución lubricante, como lo puede ser aceite directamente. También debe repetirse el experimento, colocando masas de laboratorio sobre el bloque a desplazar de esta forma se espera que los estudiantes puedan tener un análisis abstracto más funcional, sobre la forma en que se comporta una fuerza de fricción, y todos los factores que la afectan.

El reporte presentado, debe de presentar todo lo relacionado al análisis que cada estudiante efectúe, incluyendo sus propias deducciones.

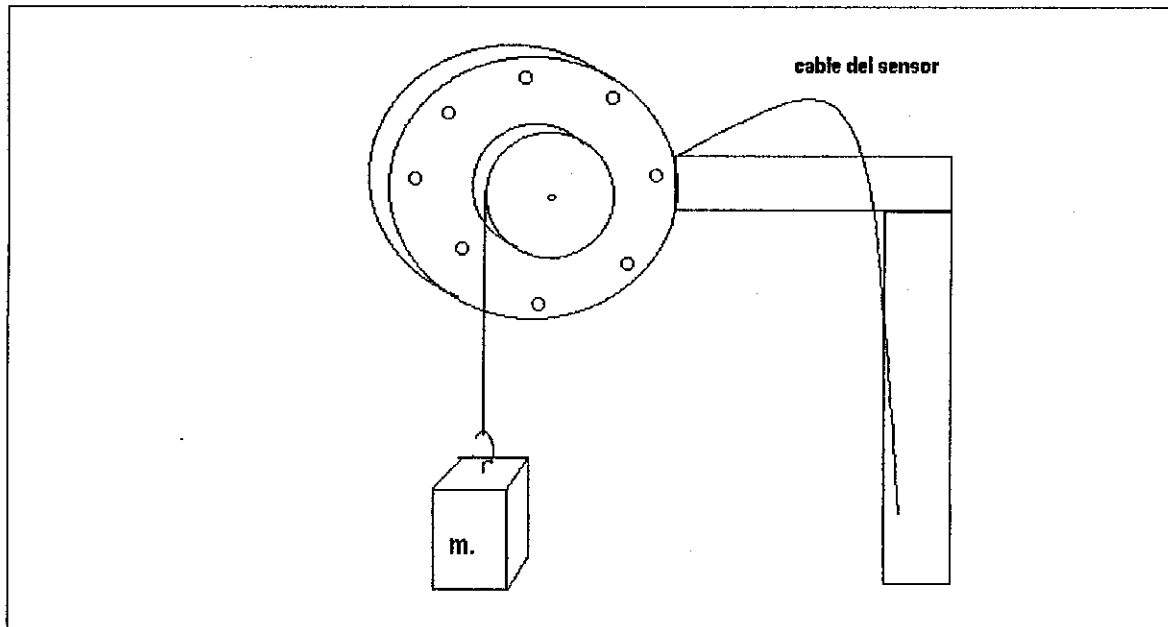
4.2.7. Movimiento circular uniformemente acelerado

La práctica del movimiento circular uniformemente acelerado, constituye una aplicación del equipo diseñado, a otros temas de física que no constituyen precisamente parte del curso de física básica. De esta forma, se comprueba la adaptabilidad del equipo, para el estudio de la física experimentalmente.

Para esta práctica, se deben utilizar poleas con agujeros a distancias angulares exactas, los cuales servirán para activar un solo sensor de claridad, que se debe de utilizar para proporcionar impulsos cuando la polea completa los intervalos de rotación deseados.

Una vez realizado esto, se procede a colocar enrollada en la polea, una cinta conectada a una canasta con pesos, la cual se debe soltar para iniciar el experimento.

Figura 17. Adaptación del equipo para las prácticas de cinemática rotacional



El equipo presentará los tiempos ocupados para cada ciclo de rotación y en base a esto, el estudiante debe de calcular las velocidades angulares.

Luego de que el estudiante complete las velocidades angulares del experimento, y grafique los mismos, podrá proceder a calcular la aceleración rotacional del sistema.

5. COSTOS DE REALIZACIÓN DEL PROYECTO

Los costos de realización del proyecto, se dividen en tres renglones claramente diferenciados uno del otro, que son: materiales, proceso y mano de obra.

Dentro de los costos de materiales, se deben incluir todos y cada uno de los componentes que formaran parte del equipo electrónico, es decir todas y cada una de sus piezas.

Los costos de proceso, abarcan el costo de todos los materiales y herramientas, aunque estas en forma parcial, que son necesarios para la fabricación del equipo, aunque los mismos no formen parte del producto final.

Los costos de mano de obra, cubren únicamente todos los costos de la intervención humana, todas y cualesquiera de las partes del proceso de construcción del equipo.

5.1. Costos de implementación del equipo sin computadora

Los costos de componentes del equipo se deben de reducir a medida que aumenta el número de equipos a fabricar, por lo tanto, tomando en consideración que las prácticas de laboratorio de física básica son realizadas simultáneamente por unos sesenta estudiantes en grupos de cinco estudiantes cada uno, se debe de elaborar un análisis de los precios para la fabricación de un lote de doce equipos.

De acuerdo a la tabla ubicada en el anexo, donde se consideran los precios de los equipos en componentes, además de los costos de ensamblado se obtiene un costo total del equipo sin ordenador, de Q.248.00 (\$38.03). Además, de los costos por separado de un kit de cinco sensores ópticos con un costo individual de Q.41.08 (\$6.34). El equipo completo tiene un costo de Q.453.40. (\$68.70). La implementación de doce equipos completos para los laboratorios, tienen un costo aproximado de Q.5,440.00 (\$824.36). En todos estos costos, no se deben de incluir los costos de ingeniería del proyecto, por contar la universidad con personal ya contratado para estos fines.

5.2. Análisis económico de la implementación del proyecto mediante la utilización de computadoras

El costo estimado de los equipos para la ejecución de prácticas de cinemática con la ayuda de computadoras, es de Q.40.00 (\$5.95), para la interface entre los sensores y la computadora. Al costo de la interface se debe de agregar el costo de cinco sensores por interrupción de luz Q.205.40 (\$30.65), lo que hace un costo total por equipo de Q.245.26 (\$36.60). Estos costos aproximados se mantendrían, siempre y cuando la fabricación se efectuará en lotes no menores a 10 equipos, y se utilizarán para su fabricación, los recursos y existentes en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Tales como el Taller de prototipos para el mejoramiento de la Enseñanza de Física, del proyecto USAC-UTRECHT.

Además del precio del equipo se debe incluir el costo de una computadora personal, con los requerimientos mínimos para la operación del sistema, que es de Q.3,500.00 (\$522.38), que elevaría el costo del mismo a un total de Q.7245.26 (\$1081.38).

Naturalmente, el costo del sistema con la utilización de computaras, aumenta considerablemente, y únicamente hace seleccionable la opción, en el caso de que se cuente con un centro de cómputo, para efectuar prácticas de laboratorio, como es el caso del departamento de Física, o que se desee efectuar otro tipo de prácticas extras con los equipos a instalar.

5.3 Análisis Comparativo entre los tres métodos

Un análisis comparativo, entre las tres opciones existentes para el desarrollo de prácticas de Cinemática, revela que la opción más económica, aparentemente sigue siendo la utilización de los ticómetros, que hasta el momento se han utilizado para esos fines.

Se dice que es la opción aparentemente más económica, por que esta no llena los requisitos necesarios en cuanto a la eficiencia de utilización, para que los estudiantes puedan desarrollar la totalidad de las prácticas propuestas, sino tan solo un 50%.

Impartir la totalidad de las prácticas propuestas, significaría un aumento de casi el 100% en infraestructura y personal docente, cuyos costos superarían en definitiva, los costos de automatizar las prácticas.

Las otras opciones si bien son más caras, presentan la ventaja, de mejorar la utilización del tiempo dentro de los laboratorios, hasta el extremo de incrementar el número de prácticas impartidas, sin necesidad de aumentar la infraestructura y personal docente de asistencia, para lo mismo.

Entre las dos opciones propuestas, el sistema automático, independiente de la computadora, es bastante más económico, si el centro de estudios no cuenta con equipo de computación, para el desarrollo de las prácticas, sin embargo, se debe de hacer notar en el análisis, que si se piensa en un futuro expandir la automatización de los laboratorios a todas las prácticas de física, se hace más eficaz, la utilización de computadoras dentro del laboratorio.

CONCLUSIONES

1. Es posible mejorar la eficiencia de las prácticas de laboratorio mediante la automatización de algunos procesos dentro de las mismas, que simplifiquen y faciliten la intervención de los estudiantes.
2. Es posible crear un sistema con la capacidad de medir tiempos, por medio de circuitos electrónicos, con la precisión y exactitud necesaria para las prácticas del laboratorio de Física Básica.
3. La medición de tiempo electrónicamente se puede lograr también mediante la utilización de una computadora personal, requiriendo un mínimo de circuitos externos.
4. La medición de tiempos mediante una computadora personal, requiere la utilización de interrupciones externas, que mantengan la jerarquía del proceso a medir, sobre los demás procesos. Para poder tener una estandarización de las bases de tiempo a medir, se prefiere la utilización de las interrupciones del puerto serial, por sobre las del puerto paralelo.
5. Un equipo automatizado es más caro que uno no automatizado, debido al costo de la tecnología, pero en producciones a gran escala, la gran eficiencia de un equipo automatizado hace que el sistema sea más económico al optimizar la utilización de los recursos.
6. Es posible emplear el equipo diseñado en prácticas de otros laboratorios, debido a su gran flexibilidad en el manejo.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar el desempeño del sistema propuesto, dentro de los laboratorios de Física, para mejorar la enseñanza de física dentro en la Facultad de Ingeniería. De ser posible, ponerlo en funcionamiento primero con un pequeño grupo de estudiantes, para poder medir el impacto pedagógico del cambio efectuado en el sistema.
2. Estudiar el proyecto de fabricación del equipo propuesto, dentro de los talleres de prototipos para el mejoramiento de la Enseñanza de la Física del Proyecto USAC-UTRECHT, para maximizar la eficiencia del proceso de fabricación, reduciendo de esta manera los costos del equipo, aumentando su rentabilidad.
3. Incentivar a los docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para que utilicen el equipo tanto en los laboratorios de Física Básica, como en todos los cursos en que sea utilizable el mismo, y que así propongan nuevas prácticas dirigidas a mejorar el nivel académico del estudiantado.
4. Rediseñar las prácticas de laboratorio con el equipo automático, debido a su capacidad de aumentar la eficiencia en la utilización del tiempo efectivo dentro del laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

1. BENTLEY John P. **Principies of measurement systems**. Segunda edición. Estados Unidos de Norte América: Editorial Longman Scientific & Technical, 1992.
2. CARR Joseph J. **Sensors electronic circuit guidebook**. Estados Unidos de Norte América: Prompt publications, 1997.
3. COUGHLIM Robert F, Frederick F. Driscoll. **Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales**. Cuarta edición. México: Editorial Prentice-Hall, 1993.
4. DALLY James W. & William F. Riley. **Instrumentation for techniques in digital design whith emphasis on microprocesors**. Segunda Edición. Estados Unidos de Norteamérica: Editorial Keneth G. Mc Commell, 1993.
5. HALLIDAY David, Robert Resnick. **Física Volumen 1**. Décimo segunda edición. México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V, 1992.
6. BOYLESTAD Robert, Louis Nashelsky. **Electrónica. Teoría de circuitos**. Tercera Edición. México: Editorial Prentice-Hall, 1988.
7. LOEDEL Enrique. **Enseñanza de la física**. Argentina: Editorial Kapeluz, 1949.

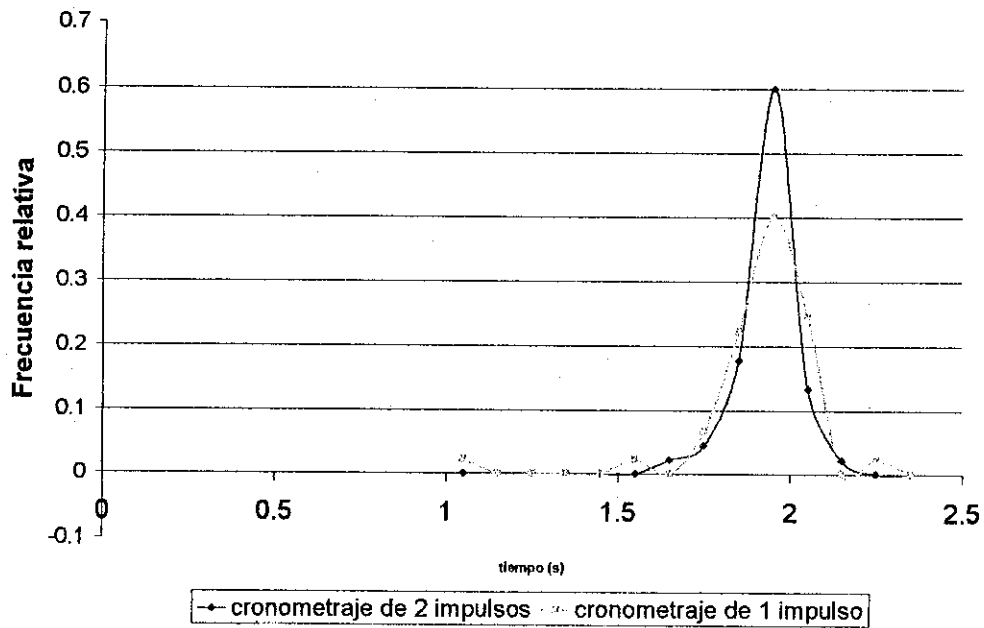
8. **MANUAL de laboratorio.** Tercera edición. Guatemala: Universidad de San Carlos, 1993.
9. **MORRIS MANO M. Diseño digital.** México: Prentice-Hall, 1987.
10. **NATIONAL interface data book.** Estados Unidos de Norte América: National Semiconductor Corporation, 1996.
11. **SCHMELKES Corina. Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación.** México: Editorial Harla, 1988.
12. **TANENBAUM Andrew S. Redes de computadoras.** Tercera Edición. México: Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., 1997.

ANEXOS

A. Comportamiento estadístico de los errores humanos en la operación del cronómetro

Comportamiento para un evento de dos segundos de duración.

Error humano en un cronómetro manual



B. Generalidades físicas del protocolo EIA RS-232-C

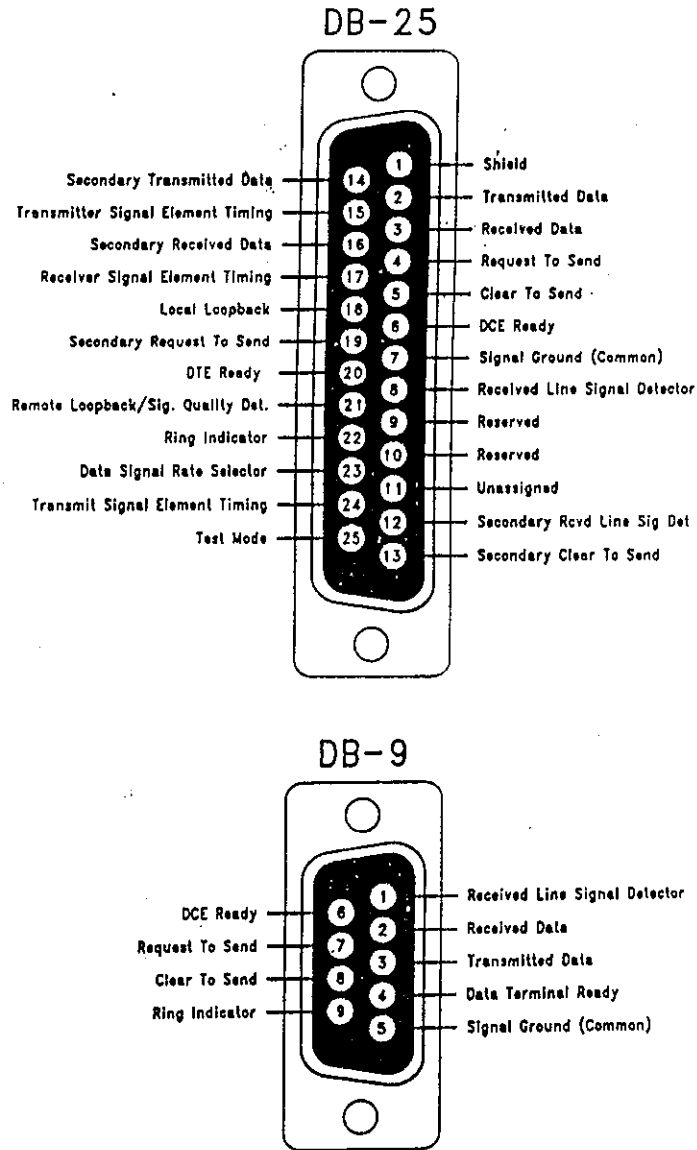
La versión internacional está en la recomendación V.24 del CCITT. En los estándares la terminal o computadora se llama de manera oficial DTE (Data Terminal Equipment), y el modem DCE (Data Circuit-Terminating Equipment).

La especificación mecánica describe un conector de 25 agujas de 47.04 ± 0.13 mm de ancho de centro de tornillo a centro de tornillo. La hilera superior tiene las agujas numeradas de 1 a 13 de izquierda a derecha y la hilera inferior de 14 a 25 también de izquierda a derecha.

La especificación eléctrica para RS232-C es que un voltaje más negativo que -3 voltios es un uno binario y que un voltaje más positivo que +4 voltios es un cero binario. Se permiten velocidades de transmisión de datos de hasta 20 kbps, así como cables de hasta 15 metros.

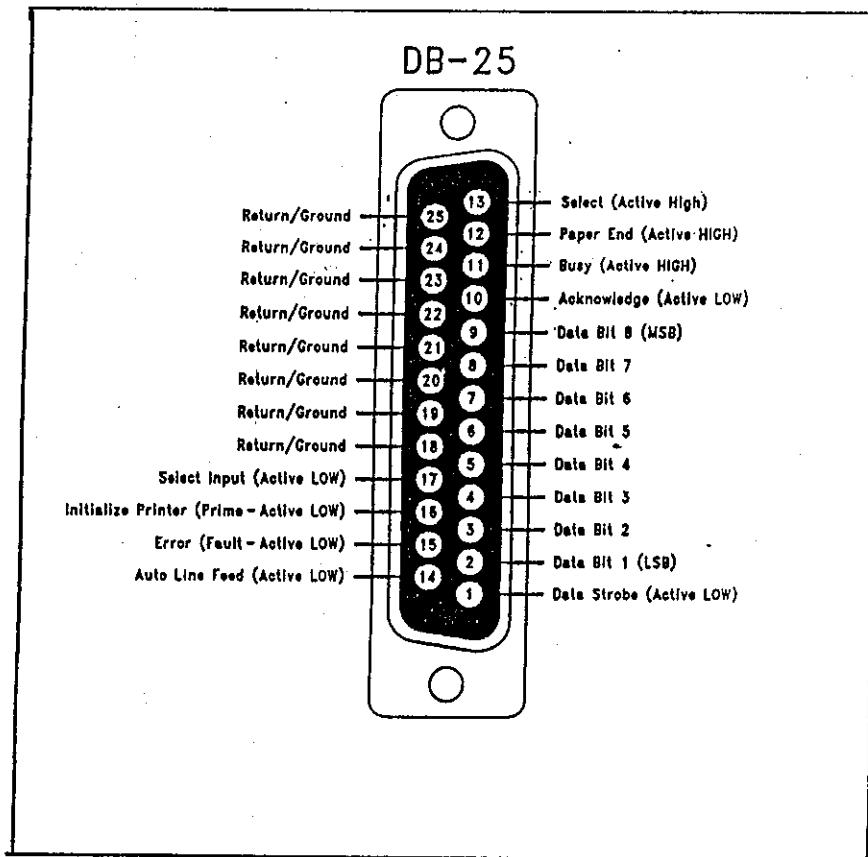
APÉNDICE

A. Diagrama de los conectores DB-25 y DB-9 para puerto serial



Fuente: NATIONAL Interface Data Book, 1996 (10).

B. Diagrama del conector DB-25 del puerto paralelo IBM



Fuente: NATIONAL Interface Data Book, 1996 (10).