

Universidad Central de Venezuela

Facultad de Ciencias

Postgrado en instrumentación



**Desarrollo de un laboratorio de Física mediante un sistema de
adquisición y procesamiento de datos, para los Programas Nacionales de
Formación en Ingeniería**

**(Trabajo de Grado para obtener el título de
Magister Scientiarum en Instrumentación)**

Tutores:

- Dr. Emery Dunia

- Dr. Jesús Pérez

Autora: Lcda. Yubiry González

Caracas, Diciembre 2017



VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela para examinar el Trabajo de Grado de Maestría presentado por YUBIRY SINAMAICA GONZÁLEZ, portadora de la Cédula de Identidad N° 18.693.349, bajo el título

"DESARROLLO DE UN LABORATORIO DE FÍSICA MEDIANTE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS, PARA LOS PROGRAMAS NACIONALES DE FORMACIÓN EN INGENIERÍA"

A los fines de cumplir con el requisito legal para optar al grado de **MAGISTER SCIENTIARUM, MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN** dejan constancia de lo siguiente:

1º Leído como fue dicho Trabajo por cada uno de los miembros del Jurado, éste fijó el día Jueves 07 de Diciembre de 2017 a las 16:30 para que la autora lo defendiera en forma pública, lo que ésta hizo en la Sala B del galpón 9 de la Facultad de Ciencias, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió en forma satisfactoria a las preguntas que le fueron formuladas por el Jurado; todo ello conforme a lo dispuesto en los artículos 45, 50, 51, 52 y 53 del Reglamento de Estudios de Postgrado vigente.

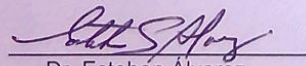
2º Finalizada la defensa pública del trabajo, el jurado decidió **APROBARLO** por considerar, sin hacerse solidario de las ideas expuestas por la autora, que se **AJUSTA** a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

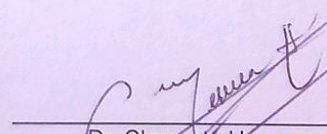
El Jurado decidió, por unanimidad, aprobar el trabajo con la calificación de **EXCELENTE**.

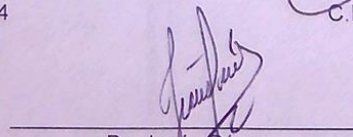
Para dar este veredicto el Jurado estimó que la obra examinada es un aporte en el desarrollo nacional de la didáctica de la física práctica, incidiendo en el fortalecimiento de la tecnología aplicada a los procesos de enseñanza de la ingeniería.

En fe de lo cual se levanta el acta a los siete (7) días del mes de Diciembre del año dos mil diecisiete, dejándose también constancia de que, conforme a lo dispuesto en la normativa jurídica vigente, actuó como Coordinador del Jurado, el Tutor del Trabajo, Dr. Jesús Pérez.

Firma del Jurado examinador:


Dr. Estebán Álvarez
C.I. 9.525.744


Dr. Clemente Herrera
C.I. 4.542.797


Dr. Jesús Pérez
Coordinador
C.I. 5.586.202

Desarrollo de un laboratorio de Física mediante un sistema de adquisición y procesamiento de datos, para los Programas Nacionales de Formación en Ingeniería

RESUMEN

Se presenta el diseño y construcción de un sistema de adquisición y procesamiento de datos con el uso de multisensores para la realización de trece trabajos prácticos de laboratorio que abarcan los contenidos curriculares de la física básica a nivel universitario. El sistema propuesto incorpora las tecnologías de adquisición y procesamiento de datos mediante la utilización de multisensores (sensor ultrasónico de posición, sensores de voltaje, de intensidad lumínica, de temperatura y de flexión mecánica) y un micro controlador PIC 16F870, unido a una interfaz de comunicación USB. El diseño de las experiencias prácticas automatizadas en la adquisición de señales y procesamiento de datos, mostró su eficacia y versatilidad para la ejecución de experiencias prácticas en los laboratorios de Física universitarios y permitirá la creación de un laboratorio de física, para la Universidad Politécnica Territorial del Estado Aragua "Federico Brito Figueroa".

Palabras claves: Trabajos prácticos de laboratorio, multisensores, sistemas de adquisición y procesamiento de datos.

Development of a physics laboratory through a data acquisition and processing system for the National Engineering Training Programs

ABSTRACT

The design and construction of a data acquisition and data processing system with the use of multisensors is presented for the execution of thirteen practical laboratory work that covers the curricular contents of basic physics at university level. The proposed system incorporates data acquisition and processing technologies through the use of multi-sensors (ultrasonic position sensor, voltage sensors, light intensity, temperature, mechanical bending and Hall effect) and a PIC 16F870 micro controller, attached to a USB communication interface. The design of automated practical experiences in signal acquisition and data processing, showed its effectiveness and versatility for the execution of practical experiences in university physics laboratories and will allow the creation of a physics laboratory for the Polytechnic University of Aragua State "Federico Brito Figueroa".

Keywords: Practical laboratory work, multisensors, data acquisition and processing systems.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA.....	12
1.1 Planteamiento y justificación del problema	12
1.2 Objetivos	17
Objetivo General.....	17
Objetivos específicos	17
1.3 Alcances y delimitaciones.....	17
1.4 Limitaciones	18
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	19
2.1 Contenidos programáticos y especificaciones curriculares	19
2.2 Enfoque didáctico (TPL).....	20
2.3 Marco teórico instrumental	24
2.3.1 Microcontroladores	24
2.3.2 Sensores.....	25
2.3.3 Tipos de sensores	26
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	29
3.1 Planificación de las prácticas y prototipos.....	29
3.2 Diseño Experimental	31
3.3 Diseños de Prototipos	33
3.4 Sistema de control y adquisición de datos	41
3.5 Software	45

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSION	48
4.1 Calibración y Efectividad del Sensor Ultrasónico de Posición.....	48
4.2 Trabajos Prácticos de Laboratorio	54
4.2.1 Cinemática (Plano inclinado).....	54
4.2. 2 Dinámica (Ley de Hooke)	55
4.2.3 Dinámica (Leyes de Newton)	56
4.2.4 Conservación de la energía y momentum.....	57
4.2.5 Empuje hidrostático.....	58
4.2.6 Corriente y resistencia.	59
4.2.7 Capacitancia y circuito RC.	62
4.2.8 Fuerza magnética y solenoides	63
4.2.9 Ley de enfriamiento de Newton.....	64
4.2.10 Oscilaciones amortiguadas	65
4.2.11 Difracción	66
4.2.12 Resonancia y Patrones de Chladni	67
4.2.13 Cuerpo negro y ley de Stephan – Boltzmann.....	68
4.3 Elaboración de las Guías de Laboratorio	70
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS	75
APENDICES	78
APENDICE 1.....	79
Cálculo de la propagación de error	79
APENDICE 2.....	82
Programación interna del PIC	82
CÓDIGO FUENTE, EN VISUAL BASIC, DE LA INTERFAZ AAD-LF.	87
APENDICE 4.....	94
GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO	94

TABLA DE FIGURAS

Figura 2.1: Cualidades atribuidas a los TPL	19
Figura 2.2: V de Gowin aplicada a los TPL	20
Figura 2.3: Relación sensorial – preceptiva aplicada a los TPL.....	20
Figura 2.4:. Descripción de un microcontrolador	21
Figura 2.5 Diagrama temporal de pulsos para la activación del HC-SR04.....	24
Figura 3.1. Configuración del sistema de Medición	29
Figura 3.2. Maqueta de Experimentación	31
Figura 3.3 Detalles de construcción y uso de la maqueta del prototipo I	32
Figura 3.4 Proceso de elaboración de las pesas	32
Figura 3.5 Cableado y conectores RCA del prototipo II.....	34
Figura 3.6 Prototipo IV práctica de resonancia y figuras de Chladni	36
Figura 3.7 Esquema del experimento de Difracción.....	37
Figura 3.8 Despieza del prototipo V	38
Figura 3.9. Diagrama en bloque del circuito de control y adquisición	40
Figura 3.10. Pistas impresas del sistema de control y adquisición de datos	41
Figura 3.11. Tarjeta de conexiones del sistema de control y adquisición de datos	41
Figura 3.12 Cajetín y conexiones del Sistema de Control y Adquisición de datos	42
Figura 3.13. Pantalla de inicio de la interfaz grafica AAD-LF	44
Figura 4.1 Calibración del sensor de posición HC-SR04	46
Figura 4.2. Detalles de la calibración previa en los sensores de posición por fotocompuertas infrarrojas	48
Figura 4.3 Medidas con el sistema Pasco de fotointerruptores	49
Figura 4.4 Posición del móvil a lo largo de la trayectoria con el Prototipo I.....	50
Figura 4.5. Diseño experimental de la práctica de cinemática en el plano inclinado	51

Figura 4.6. Diseño experimental de la práctica de Ley de Hooke.....	52
Figura 4.7. Diseño experimental de la práctica de Dinámica (Leyes de Newton)	54
Figura 4.8.Diseño experimental de la práctica de Conservación de la energía	55
Figura 4.9. Diseño experimental de la práctica de empuje hidrostático	56
Figura 4.10: Diseño experimental de la práctica de corriente y resistencia	58
Figura 4.11 Curva característica del Diodo 1N4001.	58
Figura 4.12 Diseño experimental de la práctica de capacitancia y circuito RC	59
Figura 4.13 Resultados experimentale. Carga y descarga de un capacitor.	59
Figura 4.14 Diseño experimental de la práctica de Fuerza magnética y solenoide.....	61
Figura 4.15. Gráficas del muestreo de 400 datos para el movimiento oscilatorio amortiguado	63
Figura 4.16 Esquema del experimento de Difracción por una rendija	64
Figura 4.17 Resultado de la práctica de Difracción para una red de 300 líneas /mm iluminada con luz laser verde de 100mw y longitud de onda 532nm.....	65
Figura 4.18 Patrones de Chladni en dos configuraciones de placas vibrantes	66
Figura 4.19 Curva de resonancia para la placa cuadrada. Se muestran las amplitudes relativas de la oscilación de la placa, con el sensor LDT0 028K	66
Figura 4.20 Diseño experimental del TPL sobre cuerpo negro y ley de Stephan Boltzmann	67
Figura 4.21 Resultados de la práctica de Cuerpo Negro.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Planificación de las prácticas de laboratorio.....	29
Tabla 3.2. Estructura por grupos de laboratorio	29
Tabla 3.3. Prácticas y prototipo	30

INTRODUCCIÓN

La ingeniería, concebida como el estudio y la aplicación de las distintas ramas de la tecnología, involucra la manipulación de materiales, energía e información para resolver problemas, con miras a satisfacer necesidades humanas concretas. Para realizar tecnologías con éxito, los ingenieros deben tener un conocimiento de la naturaleza, que va más allá de la conceptualización teórica; competencias que se adquiere tradicionalmente a través de los Trabajos Prácticos de Laboratorio durante la formación y capacitación en las Universidades y Centros Educativos a nivel de pregrado. El laboratorio es generalmente utilizado para responder a preguntas específicas acerca de la naturaleza de los procesos y/o fenómenos de interés, que deben ser respondidas antes de darle continuidad a un proceso de diseño y desarrollo.

La implementación de laboratorios en la enseñanza de las ciencias ingenieriles, es un recurso fundamental dentro del proceso enseñanza – aprendizaje [1], permitiendo acercar a los estudiantes a los procesos de mediciones directas, explorando y comprendiendo los conceptos y leyes fundamentales que rigen los fenómenos naturales [2-6].

La formación de los profesionales de la Ingeniería precisa de una formación básica en Ciencias que proporcionan el conocimiento fundamental de los fenómenos naturales, incluyendo sus expresiones cuantitativas y el desarrollo de uso del Método Científico [6], [7]. En Ingeniería son particularmente relevantes, las Matemáticas y las Ciencias Básicas de Física y Química; y dependiendo su énfasis, según el tipo de carrera, también la Biología y Geología. La Física (del lat. *physica*, y este del griego φυσικός, "naturaleza") como ciencia fáctica requiere de la contrastación experimental permanente para la conceptualización y comprensión de los fenómenos del mundo natural; y no puede ser

comprendida ni asimilada por los estudiantes sin la actividad de los trabajos prácticos de laboratorio. De modo que la implantación del laboratorio de Física es una necesidad insoslayable en aquellas instituciones que forman y gradúan a profesionales de la ingeniería.

Por otra parte las últimas décadas se han caracterizado por el auge de la globalización informática, la automatización y las telecomunicaciones; comúnmente conocidas como Tecnología de Información y Comunicación (TIC), que han alcanzado casi todo el campo de aplicación de la Ingeniería y la vida cotidiana en las áreas urbanas. Su empleo en las diversas ciencias básicas y en los procesos de enseñanza-aprendizaje es una necesidad reconocida mundialmente. En efecto cabe citar la Declaración mundial sobre la educación superior para el siglo XXI [8]:

“La educación superior debe hacer frente a la vez a los retos que suponen las nuevas oportunidades que abren las tecnologías, que mejoran la manera de producir, organizar, difundir y controlar el saber y de acceder al mismo. En un mundo en rápido cambio, se percibe la necesidad de una nueva visión y un nuevo modelo de enseñanza superior, que debería estar centrado en el estudiante, (...), así como una renovación de los contenidos, métodos, prácticas y medios de transmisión del saber (...). Los nuevos métodos pedagógicos también supondrán nuevos materiales didácticos. Estos deberán estar asociados a nuevos métodos de examen, que pongan a prueba no sólo la memoria sino también las facultades de comprensión, la aptitud para las labores prácticas y la creatividad.”

Con el avance tecnológico, han surgido nuevas necesidades en la implantación de las TIC en los laboratorios de física, comunes en las primeras etapas de formación de la ingeniería, mediante la incorporación de técnicas especializadas de automatización-control; y de adquisición-procesamiento de datos [9-12]. No solo para hacer más eficiente el procesamiento de datos y la ejecución de los ensayos sino también; y sobre todo; para capacitar a los futuros ingenieros en el manejo de las TIC y en los sistemas automatizados de adquisición y procesamiento de la información.

Este trabajo se centrará principalmente en el diseño de un conjunto de prototipos a ser implementados en un laboratorio de física general para estudiantes de los Programas Nacionales de Formación en ingenierías de la Universidad Politécnica Territorial del Estado Aragua “Federico Brito Figueroa”. Dichos prototipos pretenden complementar las

bases teóricas que vayan adquiriendo los futuros ingenieros y realizar un importante aporte en su formación técnico profesional.

La estructura del presente trabajo queda establecida de la siguiente forma: en el capítulo I se plantea el problema que caracteriza a la siguiente investigación, la introducción y los objetivos, tanto generales como específicos. En el capítulo II se presenta el marco teórico, que permite asentar las primeras bases para comprender el problema y las posibles herramientas desarrolladas enfocadas en la solución. Cabe resaltar que dichos aspectos teóricos comprenden principalmente aspectos conceptuales necesarios para cada experiencia práctica y aspectos directamente relacionados con el área de instrumentación. En el capítulo III se describen la metodología empleada en el diseño de cada prototipo, la descripción del sistema de control y adquisición de datos que se propone y finalmente, el software utilizado como interfaz gráfica de comunicación entre el usuario y el dispositivo. El capítulo IV corresponde a los resultados obtenidos y análisis correspondientes a todas las pruebas de mediciones realizadas. En el capítulo V se presentan las conclusiones de los análisis realizados, así como observaciones y recomendaciones para trabajos futuros.

CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento y justificación del problema

La realización de Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) facilita el aprendizaje conceptual y ayudan a hacer ciencia, entrenando al aprendiz en el uso explícito del conocimiento con certidumbre para la solución de problemas concretos, a fin de satisfacer algunas de las necesidades humanas. El aprendizaje de los TPL sitúa al estudiante tanto dentro del «comprender» como del «hacer» [13], [14], de modo que los TPL tienen la ventaja didáctica de:

- (i) ilustrar el contenido de las clases teóricas y reforzar la conceptualización
- (ii) promover competencias en habilidades para recolectar y organizar información, comunicar e interpretar observaciones
- (iii) capacitar competencias en técnicas experimentales
- (iv) promover actitudes científicas.

La implementación de un Laboratorio de Física, como se pretende, para la realización de Trabajos Prácticos de Laboratorios con fines de instrucción, debe fundarse en una concepción del proceso Enseñanza-Aprendizaje, vale decir de una conceptualización didáctica, aprehendiendo mediante el binomio pensar-hacer, en el marco de valores éticos de sostenibilidad ambiental del entorno y cooperación comunitaria.

En este orden de ideas se sujeta la didáctica de las Ciencias al constructivismo sociocultural como marco teórico. Afirmándose, que todo aprendizaje es social y mediado [15], y es precisamente donde se insertan las propuestas de aprendizaje colaborativo. Más específicamente la teoría constructivista infiere que los seres humanos somos capaces de

construir conceptos, tal como lo hacemos con los objetos, y destaca que la manera de adquirir el conocimiento es mediante la exploración y la manipulación activa de objetos e ideas, abstractas o concretas del mundo físico y social del cual somos protagonistas. Esta concepción argumenta que los individuos participantes forman o construyen gran parte de lo que aprenden y comprenden [16] y plantea que nuestro mundo es humano, producto de la interacción humana, con los estímulos naturales y sociales que hemos alcanzado a procesar desde nuestras operaciones mentales [9]. De acuerdo a la teoría constructivista el estudiante asume un papel activo para aprender [17]. Este modelo está centrado en el aprendiz, en sus experiencias previas de las que hace nuevas construcciones cognitivas, y considera que la construcción se produce cuando el sujeto interactúa con el objeto del conocimiento, en interacción con otros y tanto sea significativo para el sujeto. El rol de la interacción humana en el conocimiento colectivo se conoce como constructivismo sociocultural, y propugna que el aprendizaje es un proceso social de construcción de conocimientos. El diálogo con los otros –y no sólo con el educador – nos permite desarrollar nuestro pensamiento, que se construye con el lenguaje: pensamos con palabras [15].

Esta propuesta didáctica, está en acuerdo con la base legal establecida la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, cuyo Artículo 110 expresa:

Artículo 110 El Estado reconocerá el interés público de la ciencia, la tecnología, el conocimiento, la innovación y sus aplicaciones y los servicios de información necesarios por ser instrumentos fundamentales para el desarrollo económico, social y político del país, así como para la seguridad y soberanía nacional. Para el fomento y desarrollo de esas actividades, el Estado destinará recursos suficientes y creará el sistema nacional de ciencia y tecnología de acuerdo con la ley. El sector privado deberá aportar recursos para las mismas. El Estado garantizará el cumplimiento de los principios éticos y legales que deben regir las actividades de investigación científica, humanística y tecnológica. La ley determinará los modos y medios para dar cumplimiento a esta garantía.

Por otra parte, nuestro marco legal nos obliga al cumplimiento de los tratados y acuerdos internacionales, particularmente como miembro del Mercado Común del Sur [18]. Los Estados miembros del MRCOSUR han acordado como Plan de Acción del Sector Educativo del MERCOSUR lineamientos estratégicos que van de la mano con el

Marco Regional de la UNESCO en Educación donde se reconoce la responsabilidad indelegable de los Estados en asegurar una educación de calidad para toda la ciudadanía. Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) son elementos centrales para el desarrollo de sociedades del conocimiento sostenibles. Las políticas de CTI, regionales y nacionales direccionan y promueven la inversión y la formación de recursos humanos, creando y fortaleciendo las capacidades necesarias para que CTI esté al servicio del desarrollo sostenible. La acreditación regional (ARCU) de los egresados en Ingeniería en los estados del Mercosur debe coincidir en el perfil regional del ingeniero [18]:

Perfil del Ingeniero: El perfil profesional del ingeniero debe comprender una sólida formación científico- técnica y profesional que lo capacite para absorber y desarrollar nuevas tecnologías, estimulando una actitud crítica y creativa en la identificación y resolución de problemas, considerando sus aspectos políticos, económicos, sociales, ambientales y culturales, con visión ética y humanística, tomando en cuenta las necesidades de la sociedad.

Así como también con las especificaciones curriculares:

2.1.4 Caracterización de la Carrera de Ingeniería

A más de ajustarse a la definición de Ingeniería y de contar con un mínimo de carga horaria adecuada para el logro del Perfil, las carreras deberán presentar las siguientes características:

1.- **Estructura Curricular:** La estructura Curricular deberá contemplar las siguientes áreas de conocimiento:

- a) **Ciencias Básicas y Matemática**
- b) Ciencias de la Ingeniería:
- c) Ingeniería Aplicada:
- d) Contenidos Complementarios

El Plan de Estudios deberá contemplar los siguientes contenidos por área de conocimiento:

1.a) Ciencias Básicas y Matemática

Ciencias Básicas: Son ciencias que proporcionan el conocimiento fundamental de los fenómenos naturales incluyendo sus expresiones cuantitativas y el desarrollo de uso del Método Científico.

En Ingeniería son particularmente relevantes, dependiendo su énfasis según el tipo de carrera, la Física, Química, Biología y Geología.

2.1.9 Actividades de aulas: Teóricas, prácticas y de laboratorio:

La carrera debe cumplir con las actividades teóricas, prácticas y de laboratorio previstas en el plan de estudios en calidad y cantidad adecuada.

2.1.9.1. Existencia en el programa de estudios de una distribución de clases teóricas y prácticas orientadas a profundizar el conocimiento y fortalecer el proceso enseñanza- aprendizaje.

2.1.9.2 Acceso efectivo a la experimentación en laboratorios para conocer los fenómenos de la física, química y demás ciencias que lo requieran.

....

2.1.9.5 Cantidad adecuada de alumnos de clases teóricas, prácticas y de laboratorio para diferentes disciplinas (no de alumnos/grupo).

2.1.9.6 Existencia de aulas y laboratorios con capacidad acorde al número de alumnos, elementos e instrumental, medidas de seguridad y personal de apoyo.

...

2.1.9.7 Evidencia de participación de los alumnos en los trabajos teórico prácticos.

2.1.9.8 Existencia de actividades académicas que contemplen aulas teóricas, prácticas y experiencias de laboratorio

Los procesos de enseñanza – aprendizaje en algunas ramas de las ciencias naturales como el caso de la física, requieren de la continua actualización de los nuevos recursos tecnológicos para la adecuación de experiencias prácticas, que brinden una perspectiva holística en el análisis e interpretación de los fenómenos y conceptos especializados, abarcados desde las primeras etapas de estudios de las distintas ramas de la ingeniería.

Estos espacios o laboratorios especializados permiten además, vincular a los estudiantes al manejo de los equipos, la precisión de las medidas, los cálculos generales e interpretaciones de las leyes y fenómenos a estudiar, siendo esta, la forma didáctica de llevar la teoría y la práctica de la mano, necesidad concreta que se identifica cuando se observa a muchos de los estudiantes de estas áreas, poco familiarizados con lo que teóricamente se expone en una clase tradicional, no acompañada de una experiencia práctica .

Desde la creación e implementación de los programas nacionales de formación (PNF), los cuales aplican solo para los institutos universitarios, universidades politécnicas y experimentales (no incluyen las Universidades Nacionales Autónomas ni las Universidades Privadas) ,se ha identificado la necesidad de establecer espacios de formación permanente que rompan con los paradigmas tradicionales y que se vayan incorporando, cada vez con

mayor rapidez, al desarrollo científico tecnológico necesario para la formación integral de los distintos actores.

En el caso de los PNF en ingenierías, desde su trayecto inicial (etapa previa al inicio de los estudios especializados) requieren de un nivel de abstracción y lenguaje simbólico matemático, necesario para abarcar materias con cierto nivel de complejidad, como el caso de la física, estudiándola hasta entonces, con los tradicionales ejercicios teóricos, los cuales no proporciona un acercamiento real a los fenómenos, leyes y principios que estos necesitan para maximizar su proceso de aprendizaje.

Es por esto, la importancia del diseño e implementación de un laboratorio de física, empleando recursos tecnológicos de automatización y procesamiento digital de datos, sirviendo esto para afianzar la formación en el área de análisis e interpretación de resultados, y no en la repetición continua de medidas, siendo esto una innovación en la ejecución de prácticas concretas, a diferencia de los laboratorios de física tradicionales de la mayoría de las universidades del país, en nuestro caso estará ajustado según las necesidades de los programas en los PNF en ingenierías. Esta característica específica ofrecerá a los estudiantes la posibilidad de afianzar conocimientos en dicha área, acorde a la teoría impartida, brindando una mayor formación técnico profesional y eficiencia en los tiempos de realización de cada práctica.

De igual forma, dicho laboratorio estará acorde a las necesidades didácticas de los profesores, sirviendo como fuente de recursos no sólo a nivel de experiencias prácticas participativas sino también experiencias demostrativas que podrán ser implementadas fuera del laboratorio.

Finalmente, cabe destacar que este proyecto, formará parte de la línea de investigación en la didáctica de la ingeniería y la ciencia, ofreciendo la posibilidad de vinculación de otros profesores para seguir avanzando en esta importante área del conocimiento.

1.2 Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un laboratorio de física mediante un sistema de adquisición y procesamiento de datos, para los Programas Nacionales de Formación en ingeniería.

Objetivos específicos

1. Diagnosticar los requerimientos curriculares de los Trabajos Prácticos de Laboratorio de Física para los PNF en ingeniería.
2. Elaborar la didáctica de instrucción de los Trabajos Prácticos de Laboratorio de Física.
3. Diseñar el sistema para la adquisición y procesamiento de los datos experimentales para los trabajos prácticos de laboratorio seleccionados.
4. Realizar los prototipos correspondientes a cada Trabajo Práctico de Laboratorio.
5. Evaluar el desempeño de los prototipos a ser utilizados en los trabajos prácticos de Laboratorio.

1.3 Alcances y delimitaciones

Los contenidos programáticos y competencias específicas de los cursos de física general varían de acuerdo a las especificaciones curriculares de las especialidades de ingeniería considerada, sin embargo pueden seleccionarse un conjunto de competencias específicas y contenidos programáticos comunes a todas las especialidades de la ingeniería que son necesarios para la formación integral de los futuros ingenieros y tecnólogos. Como quiera que se desee que esta formación básica de física sea lo más completa posible, se elegirá los contenidos programáticos del PNF en ingeniería eléctrica por ser el que más se adecúa a la formación integral de los ingenieros en el área de física.

El desarrollo del laboratorio de física, en este proyecto, se circunscribe a la Universidad Politécnica Territorial del Estado Aragua “Federico Brito Figueroa” y comprende el diseño de cinco prototipos, con el cual se desarrollarán trece TPL.

1.4 Limitaciones

Para la implantación de un laboratorio de física se requeriría de varios ejemplares para cada prototipo a fin de cubrir una matrícula de entre 15 y 20 alumnos por cada sección de laboratorio. A los fines de este Trabajo de Grado se plantea construir no más de un ejemplar de cada uno de los prototipos.

Es claro que para la concreción de un laboratorio de física general se requeriría de una infraestructura que incluya, ambiente, inmobiliario y personal técnico, así como computadores, los cuales están fuera del alcance del presente proyecto.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A continuación, se presentan los fundamentos teórico necesario para llevar a cabo el desarrollo de un Laboratorio de Física con fines Educativos, como el pretendido para los PNF en Ingeniería, el cual involucra en primera instancia definir los contenidos programáticos, las especificaciones curriculares y el enfoque Didáctico; Seguidamente los conceptos necesarios que permitirá la escogencia del sistema específico de adquisición y procesamiento de datos a utilizar.

2.1 Contenidos programáticos y especificaciones curriculares

En líneas generales los contenidos programáticos de los cursos de Física Universitaria [1],[5],[7],[19], suelen referirse a los descriptores comunes de: Cinemática y dinámica del punto material, Trabajo y Energía, Mecánica del sistema de partículas, Principios de conservación de energía, momento lineal y momento angular, Dinámica y estática del Sólido Rígido, Temperatura, calor y transmisión del calor, Procesos térmicos. Principios de la Termodinámica, Fuerzas y campos eléctricos, Potencial eléctrico y energía potencial electrostática, Capacidad, Resistencia y Corriente eléctrica. Circuitos de Corriente continua, Fuerzas y campo magnéticos, Inducción magnética. Circuitos de corriente alterna, Movimiento oscilatorio. Movimiento ondulatorio, Propiedades generales de las ondas, Acústica, Ondas electromagnéticas, Óptica geométrica y física, Cuerpo Negro y Nociones de Física Atómica, y Semiconductores.

En cuanto a las especificaciones curriculares deberán estar de acuerdo a los PNF y esta a su vez a los requerimientos del sistema integrado de Acreditación regional del

MERCOSUR [18] y de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de la Enseñanza de la Ingeniería [7].

2.2 Enfoque didáctico (TPL)

Para el enfoque didáctico según el cual existe “la necesidad de establecer espacios de formación permanente que rompan con los paradigmas tradicionales y que se vayan incorporando, cada vez con mayor rapidez, al desarrollo científico tecnológico necesario para la formación integral de los distintos actores” que vincula a los PNF, debe considerarse el rol del trabajo Práctico de Laboratorio.

De acuerdo a la metodología de Instrucción utilizada, los TPL puede clasificarse en [20] en:

Abiertos: Se le plantea un problema al estudiante, el cual debe conducirlo a la experimentación en la que le sirven sus conocimientos hábitos y habilidades, pero no le son suficientes, y deberá ir a un proceso de autocompletamiento (construcción) de los otros que necesite, con los debidos niveles de ayuda del docente u otros especialistas.

Cerrados “Tipo Receta”: Se ofrecen a los estudiantes todos los conocimientos bien elaborados y estructurados, solamente tienen que estudiar el contenido preparado y posteriormente realizar cada una de las operaciones que se le orienten en la guía.

Semicerrados/Semiabiertos: Resulta de una combinación de los dos anteriores, no se le facilitan; como se trata de automatización según su carácter de diseño

Por su finalidad u objetivo didáctico pueden ser [20] :

De Habilidades o destrezas: Está dirigido a desarrollar en los estudiantes hábitos y habilidades o destrezas de manipulación y medición con los instrumentos y equipos, así como con los métodos de procesamiento estadístico de los datos experimentales.

De Verificación: Dirigido a la verificación o comprobación experimental de los contenidos teóricos de la asignatura, de leyes y principios, del comportamiento de magnitudes o del análisis de un fenómeno estudiado.

De Predicción: Se dirige la atención del estudiante hacia un hecho, manifestación u ocurrencia en un montaje experimental dado, de forma que sea capaz de predecir el comportamiento de las magnitudes físicas involucradas, así como identificar la teoría en que se fundamenta tal hecho, lo que conllevaría a una verificación posterior para darle continuidad lógica a la Experimentación.

Inductivos: A través de tareas bien estructuradas se le orienta al estudiante paso a paso el desarrollo de un experimento hasta la obtención de un resultado que desconoce.

De Investigación: Es un tipo de actividad muy completa, precedida de una situación problemática, desarrollándose como una pequeña investigación al tener que enfrentarse los estudiantes a una serie de etapas de la labor científica, que transitan desde la exploración de la realidad hasta la generalización del método, luego de la comunicación de los resultados en la discusión del informe técnico como parte del sistema de evaluación, en eventos científico estudiantiles de otra.

De acuerdo al Carácter de la Administración académica pueden clasificarse como:

Frontales: En las que todos los estudiantes realizan la práctica de laboratorio con el mismo diseño experimental e instrucciones para su desarrollo. Supone que se disponga de todos los recursos materiales necesario para equipar varios puestos de trabajo, que satisfagan la matrícula y se pueda lograr la independencia de los estudiantes en el trabajo de laboratorio, al formar equipos de trabajo de un número razonable de integrantes. Este tipo de actividad, le permite al profesor iniciarla con una introducción y culminarla con unas conclusiones, ambas de carácter generalizador-Integrador .

Por Ciclos: El sistema de TPL se fracciona en subsistemas según la estructura didáctica del curso, siguiendo como criterio unidades conceptuales, procedimentales o actitudinales. Se necesita equipar menor cantidad de puestos de trabajo de un mismo diseño experimental y que las experiencias de los estudiantes puede ser

transmitida de unos a otros, lográndose una mejor preparación para el desarrollo de la actividad.

Libre: Se le informa a los estudiantes, al inicio del curso escolar, el sistema de prácticas de laboratorios que deben cumplir en la asignatura para darle cumplimiento a los objetivos y se le facilitan las orientaciones para su realización. Estos deciden el momento (intervalo espacial) en que realizarán tales prácticas, de manera independiente.

La planificación didáctica específica de los TPL puede seguirse según diversos criterios:

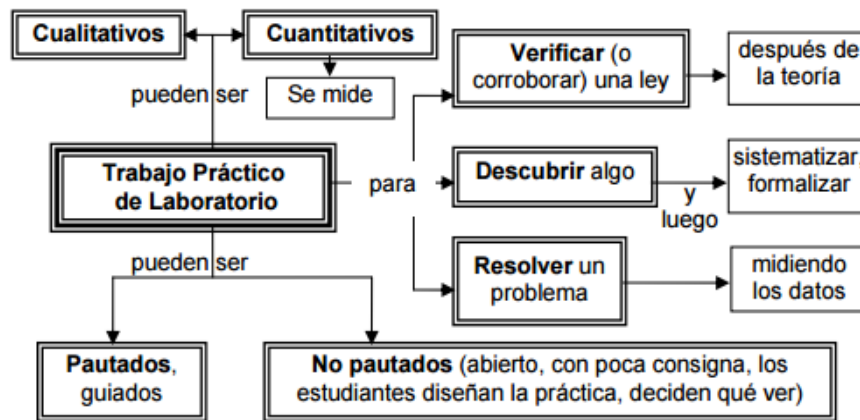


Figura 2.1: Cualidades atribuidas a los TPL

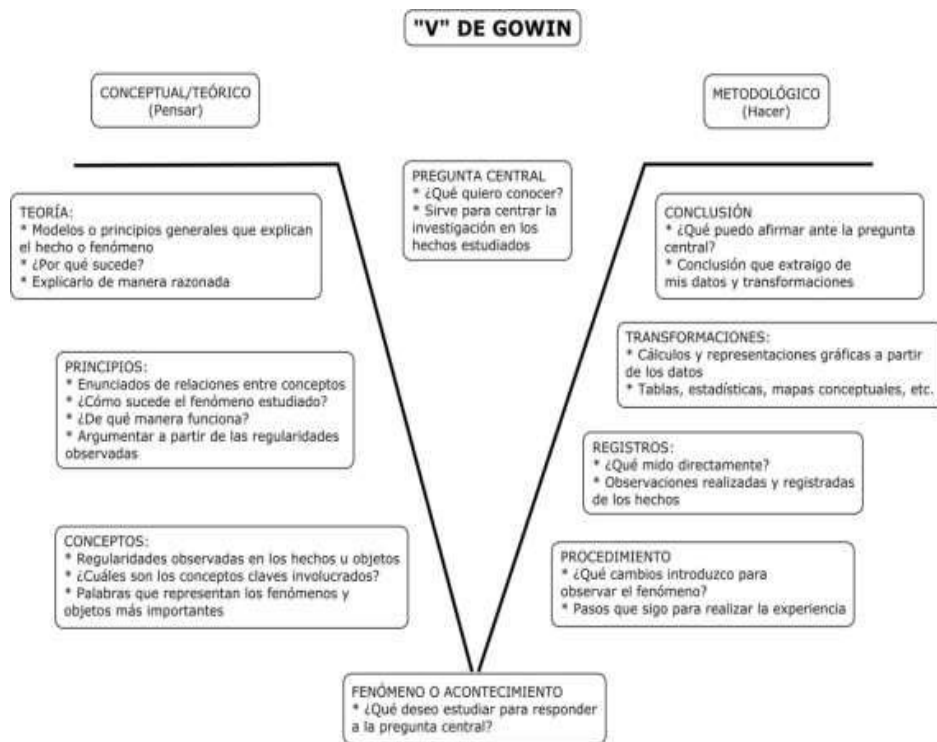


Figura 2.2: V de Gowin aplicada a los TPL

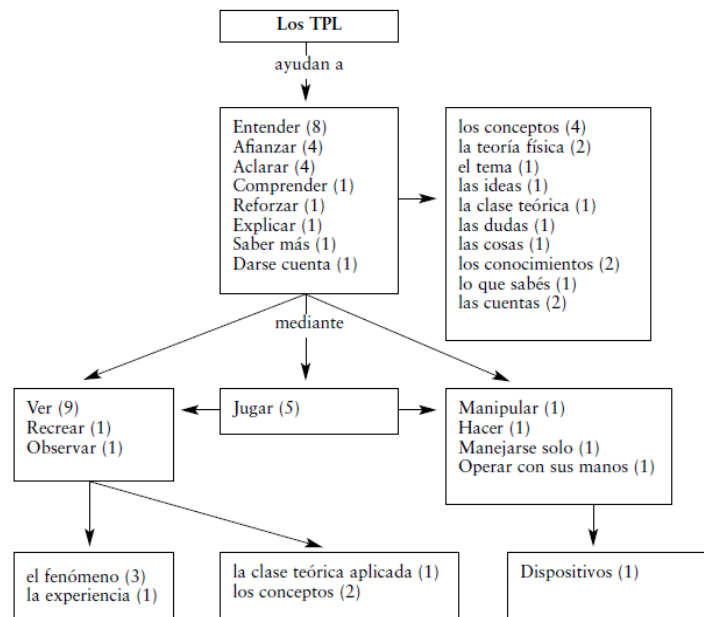


Figura 2.3: Relación sensorial – preceptiva aplicada a los TPL [21]

2.3 Marco teórico instrumental

En el marco teórico instrumental se presentará una descripción de los componentes necesarios para el desarrollo del sistema de adquisición y procesamiento de datos.

2.3.1 Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos. Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador, y en conjunto forman lo que se le conoce como microcomputadora [12]. Se puede decir con toda propiedad que un microcontrolador es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado.

Toda microcomputadora requiere de un programa para que realice una función específica. Este se almacena normalmente en la memoria ROM. No está de más mencionar que sin un programa, los microcontroladores carecen de utilidad.

El propósito fundamental de los microcontroladores es el de leer y ejecutar los programas que el usuario le escribe, es por esto que la programación es una actividad básica e indispensable cuando se diseñan circuitos y sistemas que los incluyan. El carácter programable de los microcontroladores simplifica el diseño de circuitos electrónicos. Permiten modularidad y flexibilidad, ya que un mismo circuito se puede utilizar para que realice diferentes funciones con solo cambiar el programa del microcontrolador.

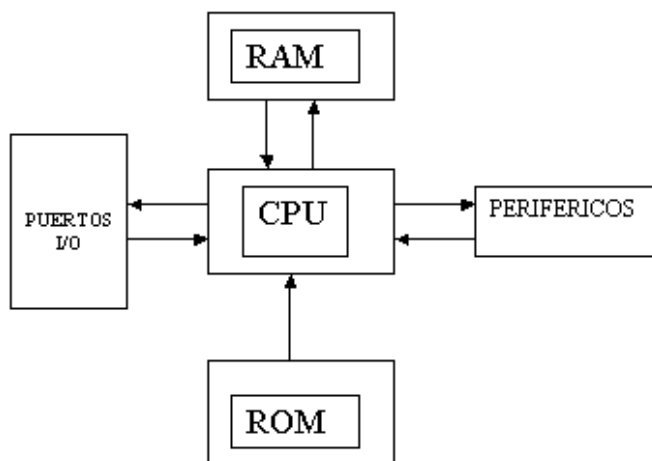


Figura 2.4: Descripción de un microcontrolador

Los microcontroladores están diseñados para interpretar y procesar datos e instrucciones en forma binaria. Patrones de 1's y 0's conforman el lenguaje máquina de los microcontroladores, y es lo único que son capaces de entender. Estos 1's y 0's representan la unidad mínima de información, conocida como bit, ya que solo puede adoptar uno de dos valores posibles: 0 ó 1 [22].

2.3.2 Sensores

Los sensores corresponden a ciertos tipos de dispositivos electrónicos que convierten una señal física de un tipo en una señal física de otra naturaleza. Estos nos mantienen informados en todo momento de cualquier cambio en el medio en que se encuentran es decir antes de que los sensores existieran, la electrónica era comparable a un "ser" ciego, sin oído, sin olfato, sin gusto ni tacto, incapaz de percibir la temperatura, la velocidad, la humedad o cualquier otro estímulo externo. Su capacidad se limitaba a actuar dando respuestas tras ser activado, ignorante de lo que sucedía a su alrededor.

La llegada de los sensores y su progresiva expansión permitió poner en contacto a los aparatos electrónicos con el mundo exterior, dotando de "sentidos" a la tecnología. Con ellos, las máquinas comenzaban a recibir del medio las entradas o inputs de información que, una vez procesada, permite generar la respuesta más adecuada en un momento concreto, ya sea abriendo una puerta, haciendo saltar una alarma, alertando de un movimiento sísmico o poniendo en funcionamiento un aspersor de agua en un invernadero, entre otros muchos ejemplos. Todo ello sin necesidad de ser activadas por la mano del hombre, de una y otra forma ha sido de gran ventaja pues optimiza favorablemente ciertos procesos llevados a cabo en una determinada empresa. Pero, como era de esperar, la tecnología ha llegado aún más lejos que nuestro sistema sensorial. Los sensores se han convertido en "sentidos ultra perfeccionados" que llegan a lugares a los que nosotros no tenemos acceso, captan imágenes y movimientos con una resolución inimaginable para el ojo humano, y detectan estímulos que nosotros no percibimos, como las ondas electromagnéticas o los ultrasonidos. La información que aportan ha cobrado un valor extraordinario en todos los ámbitos de la actividad humana, desde la alimentación y la medicina hasta la seguridad nuclear o la búsqueda de vida en otros planetas.

Pero, como apuntábamos al principio, los sensores no sólo son una fuente inagotable de información, sino que con ellos la tecnología se "dota" de sentidos. Esto permite desarrollar multitud de aplicaciones de estos dispositivos para la interacción hombre-máquina [12,22].

2.3.3 Tipos de sensores

Una forma de clasificar los tipos sensores es precisamente, según el tipo de variable física a medir, en este sentido, encontramos básicamente cuatro categorías: Sensores mecánicos, sensores eléctricos, sensores magnéticos y sensores térmicos.

En esta sección se describirán aquellos sensores a ser empleados para el desarrollo de los prototipos en los TPL. El total de prototipos son cinco, cada uno corresponderá a un tipo de sensor específico, descritos a continuación:

2.3.3.1 Sensores mecánicos

Son dispositivos que cambian su comportamiento bajo la acción de una magnitud física que pueden, directa o indirectamente, transmitir una señal que indica cambio. La señal de un sensor puede ser usada para detectar y corregir las desviaciones de los sistemas de control, en instrumentos de medición. Básicamente las magnitudes físicas que pueden ser medidas corresponden a: posición, forma, velocidad, fuerza, torque, presión, vibración, deformación y masa.

Para el desarrollo de los prototipos de interés en el presente proyecto, se emplearán dos sensores mecánicos para medir posición y vibración.

-Sensor de posición HC-SR04: es un sensor ultrasónico de bajo costo que no sólo puede detectar la presencia de un objeto, como un sensor PIR (Passive Infrared Sensor), sino que también puede sentir y transmitir la distancia al objeto. Este sensor utiliza señales ultrasónicas, que operan a una frecuencia de 40 kHz para medir distancias, por medio de un sistema de medición de ecos. Tienen dos transductores, básicamente, un altavoz y un micrófono. Están formados por un transductor que emite un pulso corto de energía ultrasónica, cuando el pulso es reflejado por un objeto el sensor captura el eco producido por medio de un receptor y, mediante un sistema de tratamiento de la señal, se calcula la

distancia a la que está dicho objeto. La principal ventaja de estos tipos de sensores se basa en que no necesitan contacto físico para poder detectar los objetos, además la alimentación es de 5V, y permite detectar objetos hasta 5 metros con una resolución de 0,3 cm. El funcionamiento no se ve afectado por la luz solar o el material negro como telémetros ópticos. Su funcionamiento se observa a través de la figura 2.5. El Emisor ultrasónico (“micrófono”) Enviar un Pulso "1" de al menos de 10uS por el Pin Trigger (Disparador). El sensor enviará 8 Pulsos de 40 kHz (Ultrasonido) y coloca su salida Echo a alto (seteo), se debe detectar este evento e iniciar un conteo de tiempo. La salida Echo se mantendrá en alto hasta recibir el eco reflejado por el obstáculo a lo cual el sensor pondrá su pin Echo a bajo, es decir, terminar de contar el tiempo.

La distancia es proporcional a la duración del pulso y puedes calcularla con las siguientes formula (Utilizando la velocidad del sonido = 340m/s):

Distancia en cm (centímetros) = Tiempo medido en μs x 0.017

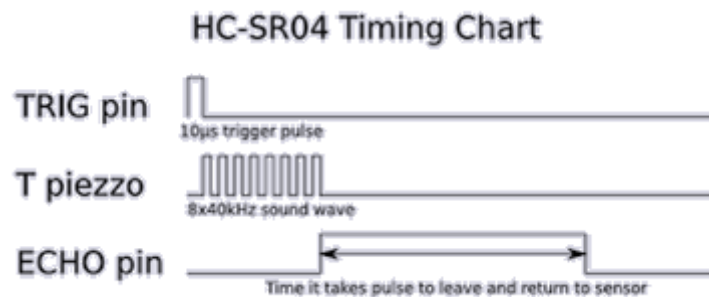


Figura 2.5 Diagrama temporal de pulsos para la activación del HC-SR04

-Sensor de vibración LDT0-028K: Dicho sensor es un componente flexible, un piezoeléctrico PVDF (polifluoruro de vinilideno) con electrodos serigrafeados con tinta de plata, todo laminado con un sustrato de poliéster y equipado con dos contactos engarzados, cuyo espesor es de alrededor de 28 μm . A medida que la película piezoeléctrica se desplaza o mueve de su eje neutro mecánico, la flexión crea una tensión muy alta dentro del piezo-polímero y por lo tanto se generan altos voltajes. Posee alta sensibilidad a bajas frecuencias, por ende es frecuentemente empleado en la detección de impactos, desbalance de máquinas, movimiento de vehículos, entre otros.

2.3.3.2 Sensores térmicos

Básicamente se emplean para medir temperatura, flujo, conductividad y calor específico. Para el diseño de los prototipos se empleará el sensor de temperatura semiconductor LM35, el cual posee una precisión calibrada de 1°C, siendo su rango de medición de -55°C a 150 °C. Su sensibilidad es de 10mV por grado Celsius.

Dicho dispositivo tiene una ventaja sobre los sensores de temperatura lineal calibrada en grados Kelvin, ya que no se requiere el usuario para restar un voltaje constante grande de la salida para obtener la escala en centígrado conveniente.

2.3.3.3 Sensores de luz

Este tipo de sensores se usan para detectar el nivel de intensidad luminosa y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida. Entre los fotodetectores mas usuales están los dispositivos CCD, los fototransistores y los fotodiodos. Por su linealidad y rapidez de respuesta se empleará solamente un fotoresistor 21K1130.

Ya que corresponde a un diodo semiconductor, construido con una unión PN, como muchos otros diodos que se utilizan en diversas aplicaciones, pero en este caso el semiconductor está expuesto a la luz a través de una cobertura cristalina y a veces en forma de lente, y por su diseño y construcción será especialmente sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Todos los semiconductores tienen esta sensibilidad a la luz, aunque en el caso de los fotodiodos, diseñados específicamente para esto, la construcción está orientada a lograr que esta sensibilidad sea máxima.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para la ejecución del proyecto se contempla como metodología el diseño y planificación exhaustiva de los trabajos prácticos de laboratorio; para ello se discute la distribución temporal de tales actividades en la sección 3.1; y a continuación se muestran los prototipos propuestos junto al empleo como recursos didáctico para tópicos específicos (sección 3.2). En la sección 3.3 se esbozan los recursos necesarios para su concreción y, finalmente el cronograma de actividades se muestra en la última sección (3.4).

3.1 Planificación de las prácticas y prototipos

El periodo lectivo de los Pénsums de Estudios de los Programas Nacionales de Formación en Ingeniería de las Universidades Politécnicas Territoriales, es anual. Cada periodo lectivo de clases es subdividido en tres fases de doce (12) semanas de duración efectiva de actividades. Los cursos de Física General de duración anual también están subdivididos en tres fases de doce (12) semanas de duración. Para las prácticas de laboratorio (TPL) se considerarán solo ocho (8) semanas efectivas, pues la primera semana es empleada a modo de introducción, donde se expone la metodología de la elaboración de informes, preparación del pre-laboratorio, uso del laboratorio, manejo de equipos, etc. La segunda semana se realizará una evaluación formativa. La semana 11 se considerará como recuperativa y la última semana para la evaluación final.

Tabla 3.1. Planificación de las prácticas de laboratorio. Contempla las áreas por cada fase a ser abordada.

FASE	Total de semanas	Número de prácticas	Áreas que contemplan
I	12	4	Cinemática, fuerza, energía – trabajo (conservación de la energía), empuje hidrostático.
II	12	4	Resistores, capacitores, magnetismo, calorimetría.
III	12	4	Péndulo, óptica, acústica, cuerpo negro.

Para la fase de implementación del laboratorio automatizado de física en la Universidad Politécnica territorial del Estado Aragua, se estima que sean secciones de alrededor 40 estudiantes, por tanto se dividirán cada sección en dos grupos el cual realizará sus prácticas de la siguiente forma (aplica para todas las fases)

Tabla 3.2. Estructura por grupos de laboratorio. Se presenta la propuesta de estructura dividido en dos grupos de laboratorio.

SEMANA	Grupos A	Grupo B
1	INTRODUCCIÓN	
2	Evaluación formativa	
3	Práctica 1	
4		Práctica 1
5	Práctica 2	
6		Práctica 2
7	Práctica 3	
8		Práctica 3
9	Práctica 4	
10		Práctica 4
11	Recuperación de prácticas	
12	Evaluación final	

Por otra parte, cabe destacar que el contenido correspondiente a cada fase contemplará cuatro prácticas que según sea el caso corresponderá a uno de los prototipos que se proponen.

A continuación se presenta la estructura de prácticas y prototipos para cada fase.

Tabla 3.3. Prácticas y prototipo. Se presenta la propuesta de prácticas que contempla todo el año académico en la UPT Aragua

FASE	CONTENIDO	TÍTULO	PROTOTIPO
FASE I	1 Cinemática	Plano inclinado	I
	2 Dinámica	2.1 Ley de Hooke 2.2 Leyes de Newton	I
	3 Energía y trabajo	Leyes de conservación	I
	4 Hidrostática	Empuje hidrostático	I
FASE II	5 Corriente y resistencia	Curva característica (I – V) de materiales óhmicos y semiconductores.	II
	6 Capacitancia y circuitos RC	Carga y descarga de un capacitor	II
	7 Magnetismo	Fuerza magnética y solenoides	II
	8 Calorimetría	Ley de enfriamiento de Newton	III
FASE III	9 Oscilaciones	Oscilaciones amortiguadas	I
	10 Óptica	Difracción	V
	11 Acústica	Resonancia y patrones de Chladni	IV
	12 Física moderna	Cuerpo negro y ley de Stephan – Boltzmann.	III

3.2 Diseño Experimental

La planificación presentada en la tabla 3.3 tiene la virtud de emplear el menor número posible de prototipos, usando esencialmente la misma instrumentación para el control electrónico. Vale decir, empleando el mismo sistema de control y adquisición de datos en configuraciones diferentes para varias prácticas de laboratorio (TPL) que cubran todos los contenidos, con la finalidad de economizar recursos de inversión y facilitar el mantenimiento posterior de la operatividad del Laboratorio. Los prototipos I, II; III, IV y V emplean el mismo sistema de adquisición y procesamiento de datos a través de un

Microcontrolador PIC (16F870) y una interfaz gráfica que traduce los datos transmitidos y procesados a través de un programa.

El sistema de medición en cada experiencia de Laboratorio (TPL) está constituido por una maqueta o armazón que sostiene los elementos o componentes experimentales y su respectivo elemento sensor (Hardware), un Microcontrolador PIC y el software, que consiste en una Interfaz gráfica en Visual Basic y los programas de graficación y cálculo (figura 3.1)

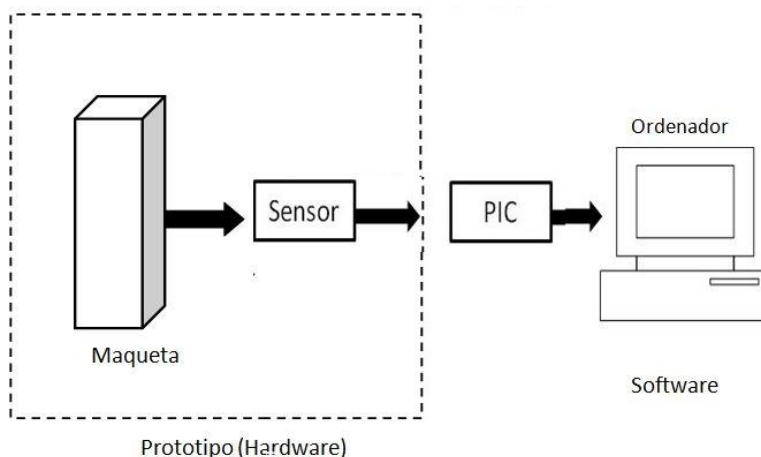


Figura 3.1. Configuración del sistema de Medición. El Prototipo incluye la maqueta de experimentación y el sensor, además del sistema de control electrónico (PIC) y el Software que son comunes a los prototipos I, II, III, IV y V.

La maqueta de experimentación pone a prueba la situación física, el sensor registra la información y la envía al PIC, el microprocesador crea un archivo .tex y la envía al ordenador a través del puerto USB; el ordenador crea una base de datos por medio de un software en visual basic Microsoft® que puede ser leído y procesado por cualquier programa de graficación y cálculo, como Excel®, Origin®, Matlab®, MAPLE® (figura 3.1).

Para el diseño de cada prototipo se emplearon los criterios de:

i) versatilidad: Empleo del mismo prototipo para la ejecución de todas las prácticas. Se ideó la maqueta y el sistema sensor para ser usados en todas y cada una de las prácticas propuestas sin modificación.

ii) Robustez: Diseño compacto que permite la manipulación por los no expertos. Se presenta el prototipo armado y su configuración permite adicionarle accesorios de forma modular de acuerdo a la aplicación. Evitando el uso de calibración previa por parte de los usuarios.

iii) Universalidad: Puede acoplarse a cualquier PC, Laptop o Tablet y permite el procesamiento de la información emanada por el sensor usando cualquier software de graficación y manejo de base de datos.

iv) Economía: El prototipo no requiere insumos adicionales, tampoco de refacciones; se ha evitado el empleo de piezas y partes móviles que se desgasten o deterioren por su manipulación. Todo el Sistema de adquisición de datos es energizado por el ordenador, no requiriendo fuentes de voltaje adicionales.

En la sección 3.3 se describirán los 5 prototipos, con sus maquetas o configuración experimental y sus respectivos sensores. Luego en la sección 3.4 se discute los detalles del sistema de control y adquisición de datos, con los detalles de la configuración del Microcontrolador PIC (16F870). En la sección 3.5 se presenta la descripción un software en visual basic Microsoft® para su uso en los diversos TPL.

3.3 Diseños de Prototipos

Se presenta a continuación la descripción de cada uno de los prototipos que incluyen la maqueta experimental y el sensor.

3.3.1 Prototipo I.

Este prototipo consta de una maqueta soporte y un sensor ultrasónico de posición. La maqueta soporte está elaborada en policloruro de vinilo de 3 mm de espesor en la configuración y dimensiones que se muestran en la figura 3.2. Todas las piezas y partes están unidas mediante flejes metálicos, tuercas y tornillos, evitando el uso de pegamentos, pinturas o emulsiones que se deterioren con el tiempo. Además, debido a la diversidad de prácticas que pueden realizarse con la misma maqueta, se necesita de un conjunto de

accesorios extras como se especifica en la figura 3.2. Estos, incluyen riel de 60 cm de largo, pesas de distintas masas, resorte, lámina deacrílico, polea, bloque de madera, carro y vaso.

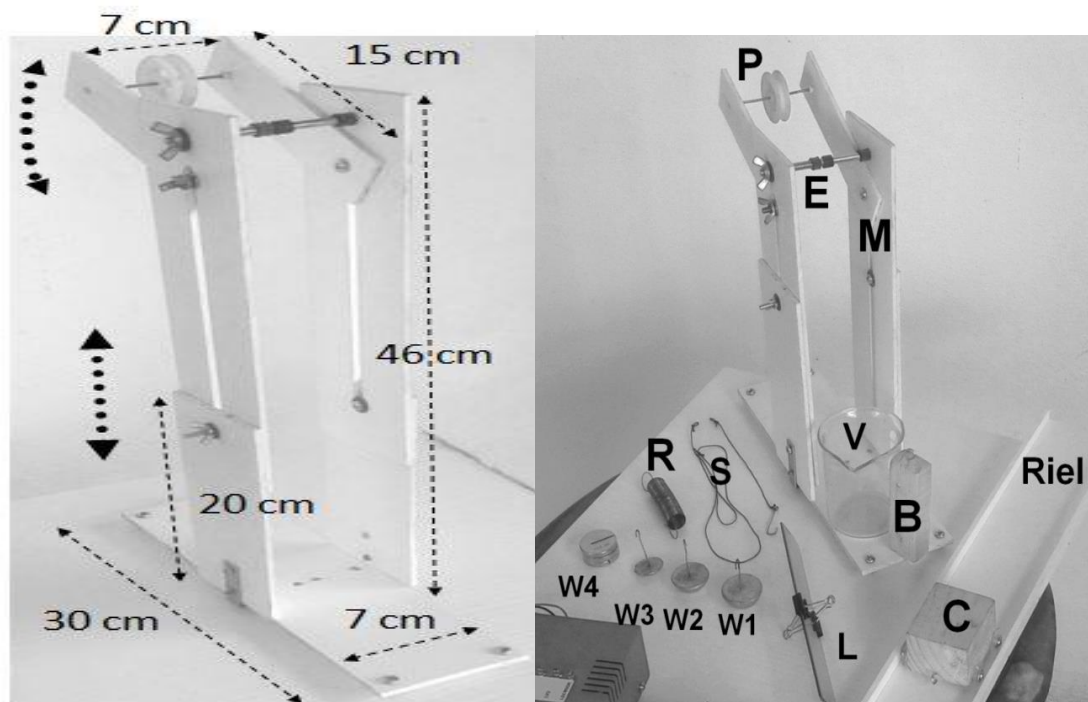


Figura 3.2. Maqueta de Experimentación: Dimensiones (izq) y Accesorios (der) Polea P, eje E, soporte M, resorte R, Riel de 60 cm, móvil C, Pesos W1, W2, W3 y W4; cordel S, Lámina L; Vaso V, bloque de madera B.

Adviértase que el empleo del material de policloruro de vinilo presenta como ventaja, además de su economía, la rigidez y ductilidad para los cortes y ranuras señalados previamente (ver figura 3.2). También este material resulta impermeable, no conductor y no magnetizable, requerimiento básico para las prácticas de hidrostática y magnetismo que se presentarán más adelante. Las dimensiones del soporte no son limitativas, su escogencia permiten la visualización de las experiencias y el trabajo de los TPL para grupos de hasta 5 estudiantes, además de su fácil transporte y movilidad. El diseño propuesto permite diversas configuraciones y geometrías, para su empleo en diversos TPL, para ello se describen algunos detalles de construcción como se ve en la figura 3.3.

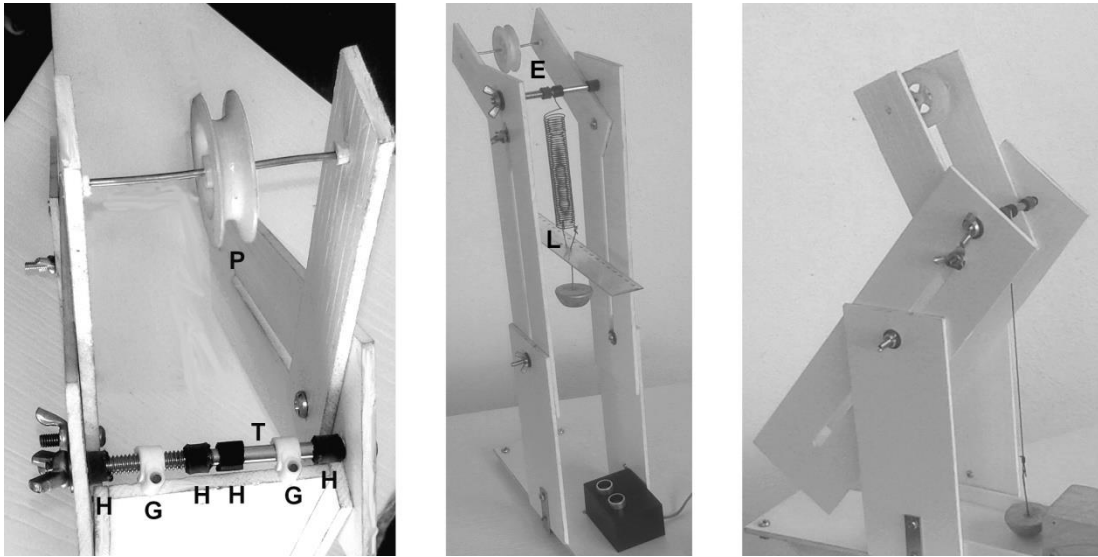


Figura 3.3 Detalles de construcción y uso de la maqueta del prototipo I. (Izq) el eje (E) lo conforma el tornillo (T) con los toques de goma (H) que sostendrán en su posición al resorte y el soporte, además de los ganchos (G) para sostener el riel cuando sea preciso usarlo. (Centro) se muestra la función de la lamina acrílica (L) para reflejar el eco del sensor ultrasónico. (Der) Ejemplo de la variación de altura e inclinación del Soporte M mediante el sistema de tornillos y ranuras.

Todos los componentes y accesorios de la maqueta del prototipo I, fueron de construcción propia, utilizando materiales de bajo costo y fácil adquisición. Mención especial fue el proceso de elaboración de las pesas W1, W2 y W3, a partir de la fundición de plomadas para pesca, como se señala en la figura 3.4.

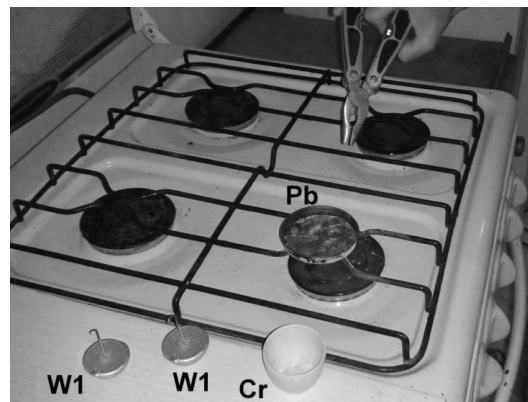


Figura 3.4 Proceso de elaboración de las pesas (W1). El plomo (Pb) se funde en la hornilla sobre una cazuela metálica, el crisol de porcelana (Cr) previamente aforado se usa para decantar el plomo fundido y el gancho metálico.

El sensor del prototipo I corresponde a un sensor de ultrasonidos (HC-SR04) el cual permite, por un sistema de transmisión y recepción, utilizar dicha señal para captar la distancia. El sensor HC-SR04 registrará en cada uno de los casos el lapso entre emisión y recepción del pulso ultrasónico. El PIC (16F870) contendrá un programa que traducirá estos lapsos de retardo como posición del móvil. En sentido estricto hay un error sistemático debido a que la velocidad del sonido en el aire es finita; lo que acarrea un retardo, del orden del tiempo de respuesta del sensor sónico:

$$t_s = \frac{2d}{v_{sonido}} \quad (3.1)$$

Sin embargo como los desplazamientos (d) considerados en las practicas a realizar son del orden de las decenas de centímetros; este error es solo del orden de los milisegundos, despreciable cuando los tiempos característicos del sistema (tiempo de recorrido del móvil) es del orden de la decena de segundos.

Las posiciones registradas en el PIC (16F870), que está conectado vía puerto USB a una PC, son leídas por un software, que establece la comunicación con el PIC para escribir los datos de posición y tiempo en un archivo de texto (.dat). Las posiciones y tiempo son leídas por un programa de usuario como MatLab o similar para elaborar las gráficas requeridas en cada situación física particular de acuerdo al trabajo práctico de laboratorio considerado. El número total de prácticas que pueden realizarse efectivamente son siete, las cuales serán descritas en el próximo capítulo (capítulo 4: resultados).

3.3.2 Prototipo II.

El segundo prototipo (II) consta de una protoboard y una batería de +9 V_{cc} como maqueta de experimentación; y como sensores, dos entradas de voltaje del PIC 16F870 (véase figura 3.9). Estas entradas del PIC permiten medir tensiones discreta en el rango de 0-255, para ello se emplea un circuito shunt elemental (divisor de tensión), incorporándolo dentro del dispositivo circuital interno junto al PIC. La información, proveniente de las entradas de voltaje, es enviada directamente al computador, donde posteriormente se procesarán con

cualquiera de los software escogidos (Excel, Matlab, etc). Para realizar el cálculo y obtener los valores de voltaje medidos, debe aplicarse la relación:

$$V = 0,54V + \left[\frac{V_{PC}}{1023} A_i f_s \right] \quad (3.2)$$

Donde: V: denota el voltaje aplicado a las entradas V1 y V2 (expresada en Voltios), V_{PC} el voltaje de alimentación, este es entregado por el puerto USB, típicamente es 5,06 V; A_i : el valor entregado por el equipo al computador, es el equivalente digital del voltaje que se está midiendo (magnitud adimensional) y f_s : es el factor equivalente del divisor de tensión para cada entrada; $6,59 \pm 0,01$ para el canal 1 y $6,55 \pm 0,01$ para el canal 2.

La expresión 3.2 resulta de la resolución de la malla de entrada de los sensores RCA_1 y RCA_2 en el circuito de la figura 3.9 (véase). Obsérvese que las medidas de voltaje mínimamente detectadas están limitadas por la tensión de disparo del diodo de protección 1N4148 (figura 3.9) por lo que las tensiones detectadas en los canales RCA_1 y RCA_2 serán siempre mayores a 0,54 V.

Las entradas de voltaje (V1 y V2) al dispositivo se efectúan a través de conectores RCA y cables coaxiales que minimizan el ruido instrumental. Fueron provistos de puntas de prueba para su uso en protoboard, con pinzas para el aterramiento, como indica la figura 3.5; adviértase el detalle en los colores del cableado y en los plus RCA, especialmente escogidos para facilitar su distinción con fines didácticos.

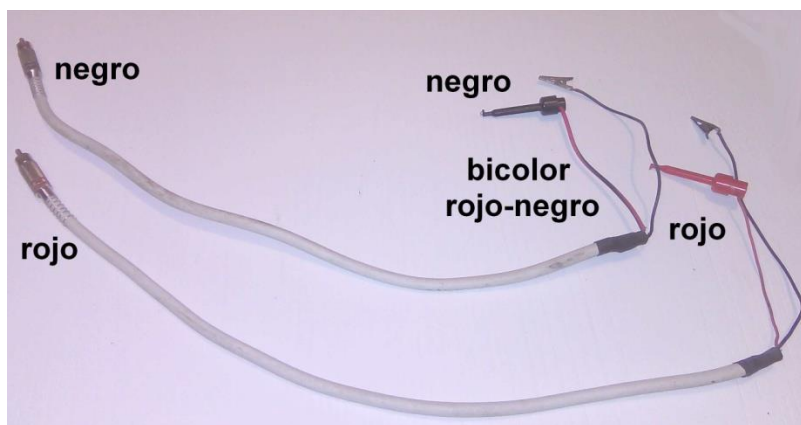


Figura 3.5 Cableado y conectores RCA del prototipo II.

3.3.3 Prototipo III.

El prototipo III es análogo a los prototipos anteriores, utilizando en este caso como sensor un medidor de temperatura LM35 (transistor marca Texas Instruments), de respuesta lineal en el rango -55 a 150 °C, con exactitud de 0.5 °C a la temperatura ambiente. El LM35 es fundamentalmente un fotómetro infrarrojo, que se conecta directamente al PIC 16F870 (como se especificará en la sección 3.4 y la figura 3.9) para obtener los cambios de temperatura en función del tiempo. La maqueta de experimentación externa constará de un objeto cerca del cual se coloca el LM35 en una única posición fija, para evaluar los cambios de temperatura en función del tiempo.

El LM35 se conecta al sistema de control y adquisición de datos en una entrada analógica. La conversión de la señal de voltaje analógica a la correspondiente digital precisa de la conversión en el rango (0-1023) que es el equivalente de $2^{10}=1024$ bits; como quiera que la alimentación nominal son los 5 V de la PC (valor de alimentación: $4.86 \pm 0,01$ V) se tendrá la siguiente relación para convertir la lectura que arroja el sensor (V_{sensor}) a los valores de temperatura verdaderos:

$$T[^\circ\text{C}] = \frac{4,86 * V_{\text{sensor}}}{1023 * 0,01} \quad (3.3)$$

Puesto que el datasheet del sensor LM35 prescribe que cada 10 mV equivale a 1 °C en la temperatura.

Como se discutirá en el capítulo 4, existen dos trabajos prácticos de laboratorio (TPL) que emplearán este sensor, en un caso el objeto que varía su temperatura será una barra de metal y en otro será una abertura de una caja cubica que contiene una fuente de calor para la práctica de radiación de cuerpo negro (ver sección 4.2.13)

3.3.4 Prototipo IV.

La maqueta de experimentación (figura 3.6) consta de un oscilador acústico y una placa vibrante; y como sensor se emplea un LDT0-028K, que es piezoeléctrico, donde la flexión crea una tensión dentro del piezo-polímero y se generan picos de voltajes del orden de centenares de milivoltios. Las oscilaciones acústicas, a diferentes frecuencias, hacen vibrar la membrana de un altavoz (corneta de 8 ohmios) que se transmiten a una placa;

rígidamente sostenida encima de ella; y sobre la placa vibrante se coloca el sensor piezoeléctrico. El microprocesador (PIC) registra las variaciones de voltaje del LDT0-028K en función de la frecuencia acústica excitadora de la placa. Los nodos se evidencian como mínimos en la curva de amplitud para la frecuencia resonante de un punto particular de la membrana vibrante.

El generador de frecuencia es provisto por un teléfono celular inteligente, con cualquier aplicación para generar frecuencias discretas, que permite emitir señales acústicas hacia el altavoz usando la salida de audífono, previamente enviada a un amplificador de audio comercial.

En el TPL que se discute en el capítulo siguiente se muestra su empleo en las medidas de resonancia y en la visualización de los Patrones de Chladni cuando se varía la posición del sensor de vibración sobre diversos puntos de cada placa vibrante usada como espécimen de prueba.

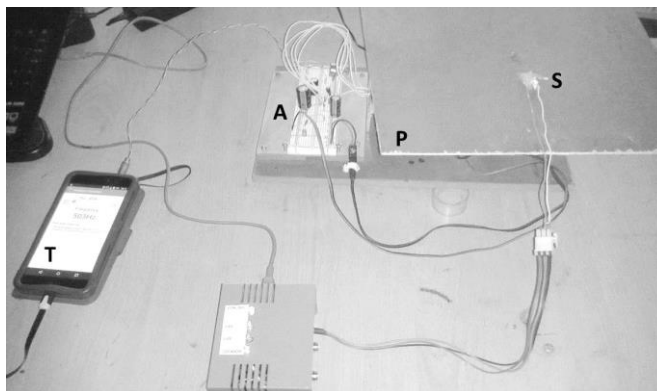


Figura 3.6 Prototipo IV práctica de resonancia y figuras de Chladni. Donde (T) es el teléfono celular, (A) es el amplificador de audio, (P) la placa vibrante y (S) el sensor LDT0-028K

3.3.5 Prototipo V

Este prototipo se usará para registrar las variaciones de intensidad luminosa sobre un panel o pantalla, ocasionadas por la interferencia y difracción en un experimento de doble rendija con luz LASER. La maqueta de experimentación se muestra en la figura 3.7, consta de un apuntador LASER de 5 mW que ilumina una red de difracción (R). El patrón de difracción es proyectado sobre la placa de vidrio (P) situada a 15 cm de la red (R).

Detrás de la pantalla de vidrio se coloca el sensor fotométrico (S) que es un fotoresistor 21K1130. Manualmente se desplaza al sensor (S) a lo largo de la pantalla (P). La intensidad lumínica es registrada como medida de voltaje por el sensor (S) en el microprocesador (PIC) y simultáneamente se registra la posición por medio del sensor HC-SR04. La rapidez del desplazamiento del sensor S no afecta para nada los resultados, porque la grafica la intensidad lumínica del patrón de difracción en cada punto a lo largo de una línea horizontal sobre la pantalla depende de la posición y no del tiempo. A diferencia de las prácticas estándar de difracción de doble rendija, el este sistema permite obtener una gráfica continua de posiciones e intensidades. El fotoresistor se conecta al cajetín del sistema de control y adquisición de datos, usando la entrada “Vsensor” (ver figura 3.12), es decir reemplazando la conexión del sensor IR sin necesidad de modificar la electrónica del ni la programación del PIC.

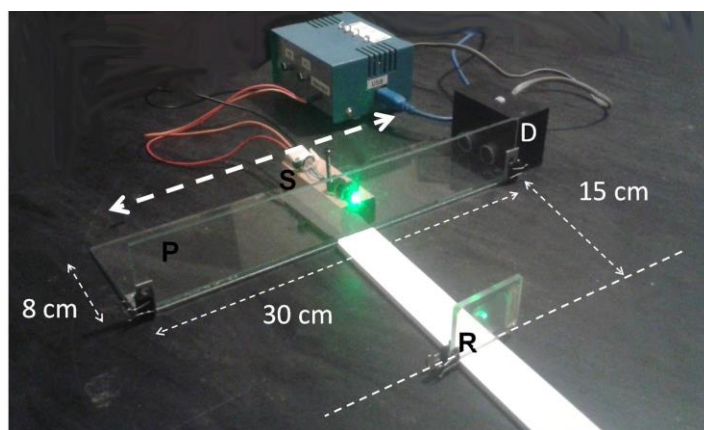


Figura 3.7 Esquema del experimento de Difracción. Un Laser distante proyecta sobre la pantalla de vidrio (P) el patrón luego de atravesar la rejilla R; manualmente se desplaza el sensor S (Fotoreistor) y registra la intensidad luminosa, a todo lo largo de la pantalla; simultáneamente el detector D registra la posición del sensor S.

El sensor S es alimentado por el PIC por medio de un divisor de tensión (vale decir por la PC a la cual se conecta vía USB) constituido por el fotoresistor (R_p) y un resistor de valor R_0 , y potencia de $\frac{1}{4}$ de watt en paralelo a la alimentación. En ausencia de luz $R_p \gg R_0$ y la señal que llega al PIC es del orden de 0 voltios, en iluminación, cuando $R_p \ll R_0$ la señal transmitida al PIC es $(R_0 / R_p) \cdot 5 \text{ V}$. Como el fotoresistor 21K1130 varia en el rango de $0,1 \text{ k}\Omega$ (10 lux) a $50 \text{ k}\Omega$ (oscuridad total); se escoge R_0 en el orden de $1 \text{ k}\Omega$.

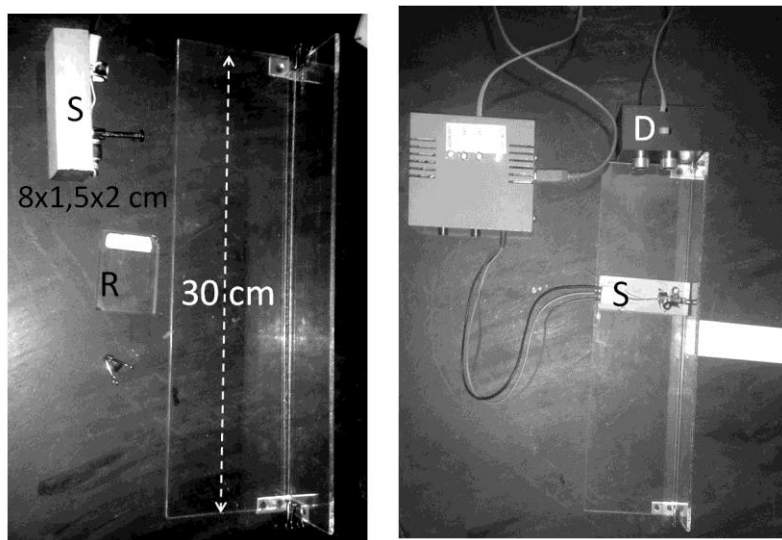


Figura 3.8 Despiece del prototipo V. A la izquierda el soporte de madera del fotoreistor (S), placas de vidrio de 30x 8 x 0,1 cm en configuración de “ele” para la pantalla P sobre la que se proyectan los patrones de difracción. El sensor de posición D (ver prototipo I) registra la ubicación del fotoreistor respecto al extremo de la pantalla P.

3.4 Sistema de control y adquisición de datos

El sistema de control y adquisición de datos, consta de un microcontrolador PIC 16F870, siendo este uno de los más comerciales, genéricos y económico. Este presenta varias características que se adaptan a las necesidades del laboratorio. Algunas de ellas es que posee 5 entradas analógicas además de 5 digitales, funciona con una frecuencia de hasta 20 MHz. El diseño del sistema de control que discutiremos más adelante puede con muy ligeras modificaciones, adaptarse a cualquier otro microprocesador similar al 16F870.

Como característica de diseño se consideró que el PIC solo ejecutará las operaciones básicas de coleccionar y transmitir los datos de los sensores hacia el computador (en formato .dat), dejando las operaciones de manipulación, cálculos y obtención de gráficas a los programas de usuario (Excel, Matlab, etc.). Con ello, se evita tener que reprogramar el PIC cada vez que se redefina los TPL y adicionalmente, mejorar el rendimiento del dispositivo. La programación interna del PIC se muestra en el apéndice 2.

Para las aplicaciones de los TPL que estamos considerando, no se requieren medidas de alta exactitud. Los intervalos temporales en los cuales se envía la información

es de forma discreta y los intervalos para la toma de datos entre medidas consecutivas es superior a 1 μ s, por lo tanto es suficiente el uso del reloj de 20 MHz.

La comunicación entre el microprocesador (PIC) y el ordenador (PC) se realiza a través del bus serial universal (USB), en función de su versatilidad de aplicación en las tecnologías actuales de comunicación. Vale recordar que los ordenadores de fabricación posteriores al año 2010 ya no cuentan con puerto serial. Adicionalmente, la comunicación vía USB permite la alimentación del PIC directamente desde PC sin necesidad de fuentes adicionales, garantizando la sobrevivencia del dispositivo ante fluctuaciones de la red doméstica.

Para la interfaz de comunicación entre el PIC y la PC se utilizó el integrado FT232RL en su configuración estándar como se muestra en el esquema general del circuito de control (figura 3.9). Donde los terminales 1 y 5 de FT232RL reciben y transmiten respectivamente la señal al PIC, y los terminales 15 y 16 se comunican al puerto USB. El capacitor C7, funge como un capacitor de desacoplo de componentes alterna de la tensión de alimentación+5V (terminal 19).

Los terminales del PIC 16F870 (véase pines en figura 3.9) son:

- 17 y 18 comunicación con FT232RL.
- 9 y 10 interconexión del oscilador
- 1 el reinicio (reset).
- 20 para la alimentación vía USB con su respectivo capacitor de desacoplo
- 21 y 22 van al sensor ultrasónico HC-SR04; es innecesario un diodo Zener de protección porque este sensor está alimentado por la señal de +5v de la PC.
- 27 y 28 son usados para la programación del PIC; que se ha agregado como conexión externa con el fin de no tener que desinstalar el PIC cada vez que se desee reprogramar.
- 4 se usa para la conexión del fotómetro IR visible; es innecesario un diodo Zener de protección porque este sensor está alimentado por la señal de +5v de la PC.
- 26 se usa para conectar un LED indicador de encendido cuando se usa el fotosensor.
- 2 y 3 son entradas analógicas para los sensores de voltaje RCA_1 y RCA_2, van precedidas de un condensador de desacoplo, un diodo Zener 1N5231B de protección

de la tensión máxima de entrada al PIC (+5V), un divisor de tensión y un diodo rectificador 1N4148.

- los terminales 24 y 25 se usan para incorporar un LED indicador de encendido cuando se está usando los sensores de voltaje.
- 5, 6, 7 y 23 son terminales libres para ulteriores y opcionales ampliaciones del dispositivo para incorporar otros sensores.

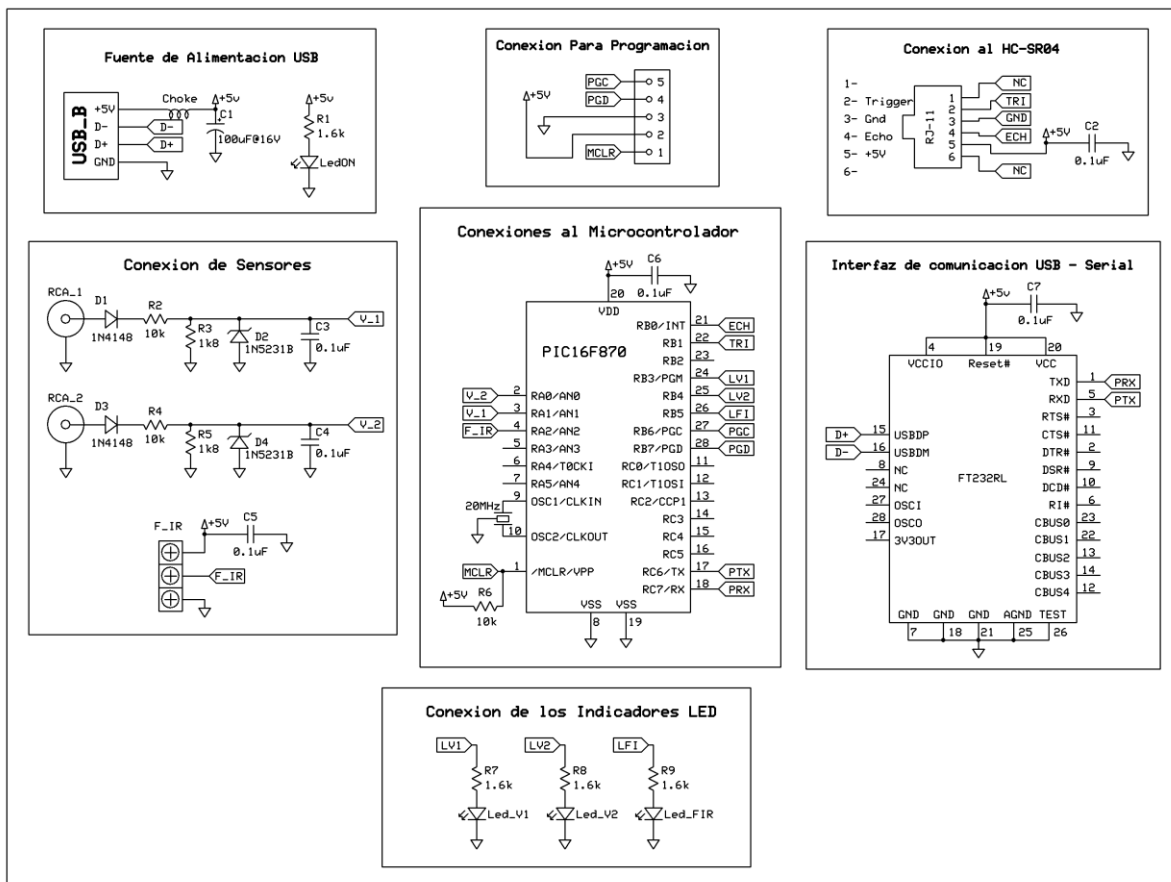


Figura 3.9. Diagrama en bloque del circuito de control y adquisición de datos. Ver texto para los detalles.

El montaje final del dispositivo del sistema de Control y adquisición de Datos se efectuó sobre una placa de baquelita simple configurando las pistas de modo de evitar cableado adicional (figura 3.10) y que los componentes pasivos y el PIC quedan en el adverso de la baquelita (figura 3.11)

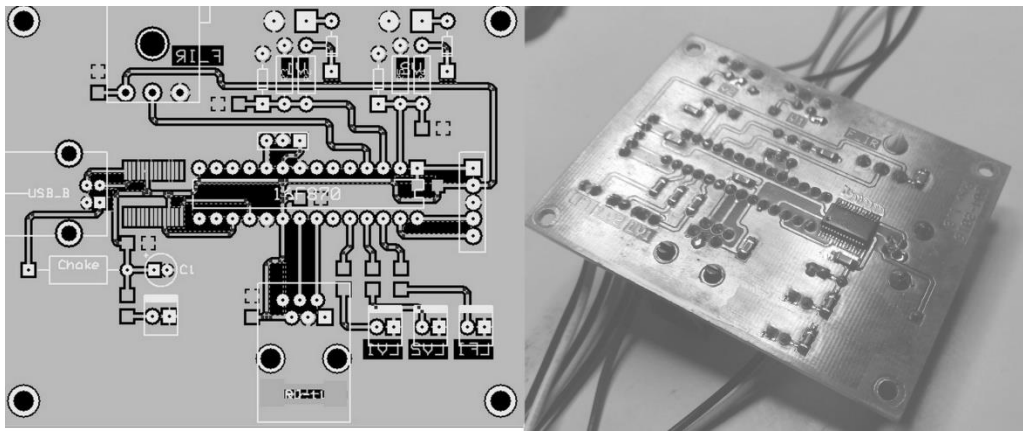


Figura 3.10. Pistas impresas del sistema de control y adquisición de datos.

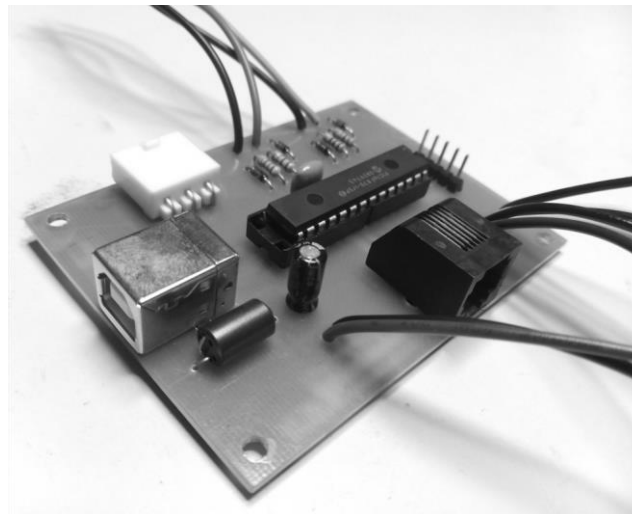


Figura 3.11. Tarjeta de conexiones del sistema de control y adquisición de datos. Obsérvese la disposición compacta de los componentes y conexiones.

Todo el dispositivo está encapsulado en una caja de proyectos, como se observa en la figura 3.12, de dimensiones 8,5x10x5 cm. Los cuatro LED indicadores, corresponden a la señal on - off del equipo, las entradas analógicas V1 y V2 y a la señal del sensor fotométrico IR visible respectivamente, que se encienden al momento de la conexión de los plug correspondientes. Tanto el plug USB, como los plug de los sensores de movimientos y los ya referidos son de distinto tipo, con la finalidad didáctica de prever daños al equipo por una mala conexión durante la operatividad.

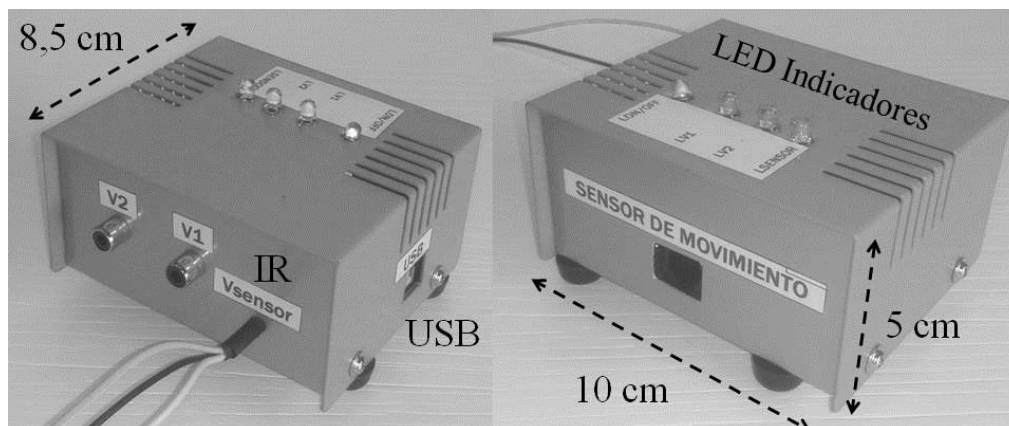


Figura 3.12 Cajetín y conexiones del Sistema de Control y Adquisición de datos. (izq) adverso (der) reverso. Adviértase el uso de diversos tipos de plug para evitar malas conexiones durante la operación y las dimensiones compactas del dispositivo.

3.5 Software

Para conectar y desconectar el sistema de control y adquisición de datos se necesita de un ordenador como se mostró en la figura 3.1. Para la activación se creó una interfaz gráfica con el fin de que el usuario active o desactive tal sistema, con ello el PIC envía la información para que los sensores comiencen a medir y luego se transmite los datos directamente al ordenador, en un archivo de texto (.dat).

Instalación de drivers

Esta interfaz es un programa ejecutable, donde el usuario podrá además de conectar y desconectar el sistema de control, seleccionar la velocidad de muestreo y el puerto por el cual se haya realizado la conexión (Véase figura 3.13). El procedimiento para dicha instalación del software es el siguiente:

Antes de conectar el dispositivo se debe verificar que en el ordenador esté instalado alguna versión de framework, de no ser así, se deberá instalar la que se encuentra en la carpeta “framework 4.5”

Luego de esto, procedemos a conectar el dispositivo en el puerto USB del computador, automáticamente el procederá a instalar o actualizar los controladores necesarios (drivers), si no fuese el caso deberá:

-Abrir MI PC o EQUIPO.

- Seleccionar sobre este con el clic derecho y escoger *administrar*

- Seleccionar en la pantalla administrador de dispositivo y buscar FT 232R USB UART, seleccionar con clic derecho y actualizar software.

- Buscar manualmente la carpeta donde está guardada (no es la primera opción; la primera opción es solo para la búsqueda por internet), seleccione la carpeta según el sistema que use: 64 o 32 (86) bits.

- Se procede a instalar los drivers.

- Finalmente, volver al administrador de equipos, y buscar en puertos COM y LPT a USB SERIAL PORT, si tiene un símbolo amarillo deberá repetir el paso 3, pero como la carpeta ya aparecerá, continuar e instalar.

De este modo ya se encuentran instalados los drivers que controlan al puerto USB. Cabe señalar que este procedimiento se realizará sólo una vez para cada PC. Es importante tener en cuenta que el dispositivo deberá conectarse siempre al mismo puerto USB donde fue instalado, de otro modo podría no funcionar y debería volverse a instalar los drivers.

Funcionamiento del software

Seguido de lo anterior, se deberá abrir la interfaz AAD-LF donde podrá seleccionar los parámetros de configuración, que incluyen: puerto de comunicación donde se haya instalado (ejemplo COM7), y velocidad de muestreo, el cual corresponde al número de muestras digitales por cada intervalo temporal, estos intervalos están previamente definidos (2 s, 1 s, 500 ms, 250 ms y 100 ms). Finalmente se seleccionará CONECTAR (figura 3.14). De este modo los sensores instalados comenzarán a medir. Para interrumpir ese proceso el usuario seleccionará DESCONECTAR, el sistema inmediatamente generará un archivo .dat que contiene información (dividido en columnas) de las medidas realizadas en unidades de centímetro o volt, según sea el caso. Este documento también contendrá la fecha y hora de cada medida. En el apéndice 3 se muestra el código fuente, en Visual Basic, de la interfaz AAD-LF.



Figura 3.13. Pantalla de inicio de la interfaz grafica AAD-LF

Para visualizar y procesar los datos, el usuario podrá seleccionar cualquier otro software que permita la lectura de ese formato (por ejemplo Excel, Matlab entre otros) para la obtención de las curvas, cálculos y gráficas de acuerdo a los objetivos planteados en cada uno de los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL), como se verá en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) son los especificados en la tabla 3.3 que cubren todos los contenidos de Física de la UPT Aragua, y constituidos por los cinco (5) prototipos ya descritos en la sección 3.3. En este capítulo se presentaran los resultados de los trece (13) TPL realizados con los prototipos del capítulo precedente, todos ellos a través del sistema de control y adquisición de datos descritos en la sección 3.4. Como quiera que los primeros siete TPL emplean el prototipo I basado en el sensor de posición ultrasónico se presenta, en la sección 4.1, una corta discusión de su calibración y efectividad. Luego, en la sección 4.2, se presentan los resultados de los experimentos para las trece (13) TPL. Finalmente se muestran tres ejemplos de Guías de Práctica de Laboratorio en la última sección.

4.1 Calibración y Efectividad del Sensor Ultrasónico de Posición

La exactitud del sensor HC-SR04 fue verificada comparando con las medidas de distancia de un móvil sobre una pista estándar de experimentación de longitud $225,8 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}$, ME 6954 marca PASCO ®. Los resultados, figura 4.1, evidencian que las medidas de posición dadas por el sensor HC-SR04 son altamente satisfactorias con exactitud de $0,01 \text{ m}$.

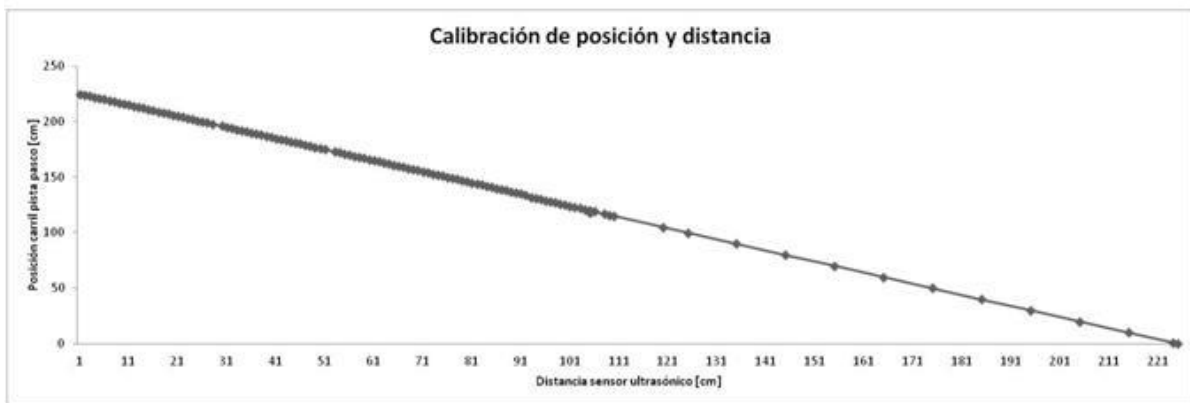
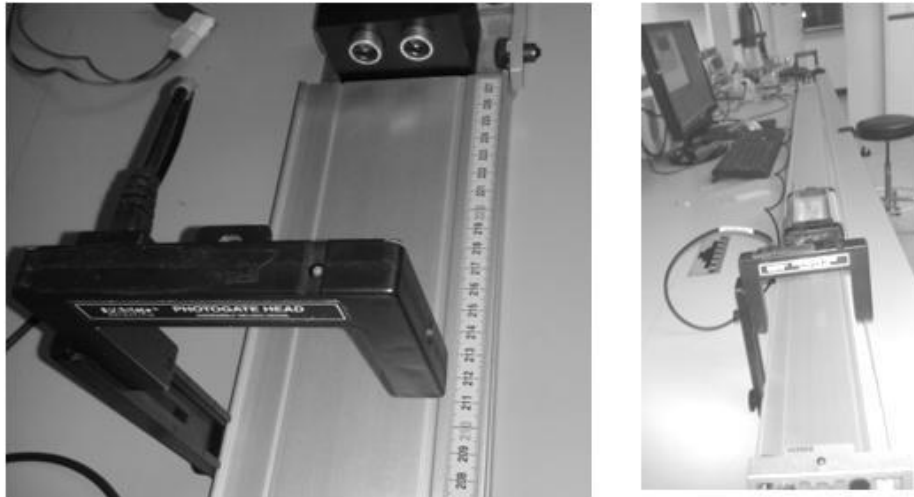


Figura 4.1 Calibración del sensor de posición HC-SR04. Arriba: Ubicación del sensor ultrasónico al final de la pista de 225 cm y disposición general del sistema. Abajo: gráfica de la calibración.

Los equipos didácticos para las prácticas de laboratorio de cinemática, caída libre y dinámica; empleados en los laboratorios universitarios de Física han evolucionado mucho en los últimos treinta años. Como quiera que el objetivo de los equipos de Laboratorio es medir la evolución temporal de la posición de un móvil, se suelen emplear desde marcadores mecánicos, llamados Timmer, que funcionaban accionando marcas sobre una cinta de papel, a medida que un objeto se desplazaba sobre un plano como en la década de los setenta, hasta técnicas fotográficas y videos, A partir del desarrollo de la instrumentación electrónica y opto-acopladores, se usaban hasta finales del siglo pasado medidores de tiempo basados en la interrupción de un haz de luz, con celdas fotoeléctricas o más modernamente fotocompuertas infrarrojas.

Para calibrar el prototipo I propuesto en este trabajo (que emplea el sensor de ultrasonidos HC –SR04) se realizaron comprobaciones de experimentos de cinemática con un sistema, que funciona con fotocompuertas marca Pasco®, existente en el Departamento de Física de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología (FACYT) de la Universidad de Carabobo.

El sistema Pasco incluye un sensor infrarrojo que emite una señal al detector que está del lado opuesto. Esta señal es interrumpida por unas marcas que están sobre una placa posicionada sobre un objeto móvil que se desplaza sobre un riel. Cuando se inicia el movimiento, el detector se activa y desactiva según las regiones clara y oscuras de la placa, obteniendo las diferencias temporales entre estas interrupciones. Cabe señalar que al inicio de la experiencia práctica deben medirse las distancias de las marcas en la placa sensor con un vernier, teniendo que cambiar el tipo de placa si se tratase de caída libre o movimiento de un Plano. Al finalizar el recorrido puede obtenerse en una interfaz las medidas de posición, velocidad y aceleración para el objeto móvil de estudio. En la figura 4.2 se muestra los detalles de limitaciones de calibración previa necesaria en los equipos que funcionan con fotocompuertas infrarroja. alguna de las características no deseables que presenta este sistema es que cada vez que se desee realizar mediciones se debe modificar el móvil agregándole sobre este la placa que permite la interrupción del haz además, debe calibrarse la altura de los soportes del fotosensor y colocar al tanteo la posición inicial del móvil justo antes de la activación de la foto compuerta con errores de hasta 0,2 mm.

El sistema Pasco incluye un sensor infrarrojo que emite una señal al detector que está del lado opuesto

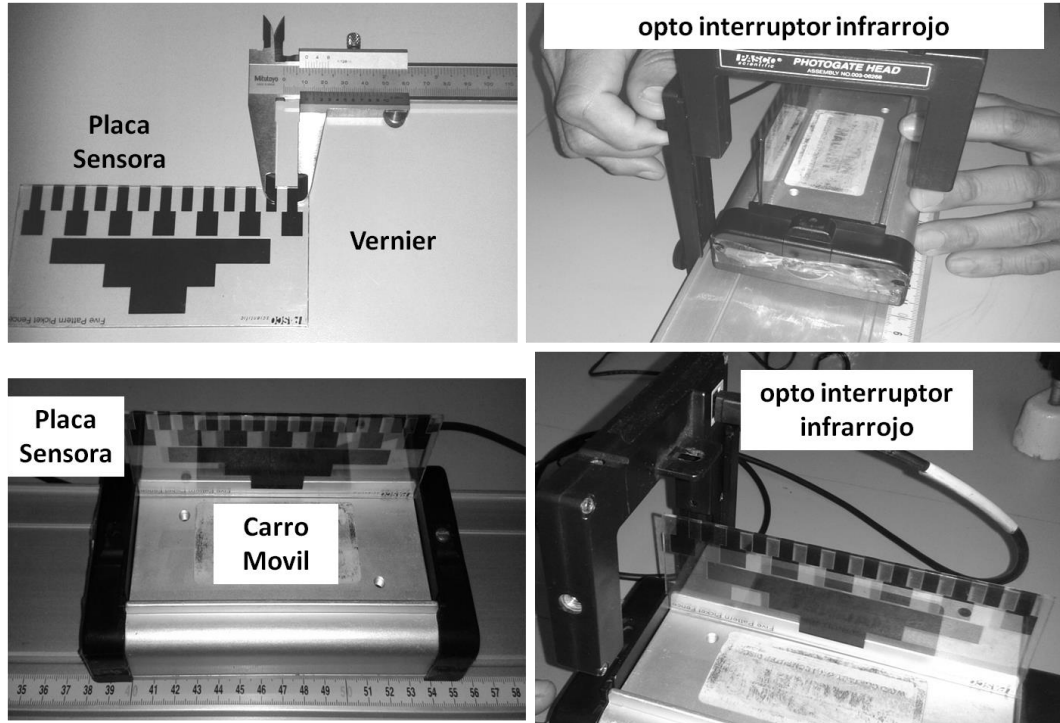


Figura 4.2. Detalles de la calibración previa en los sensores de posición por fotocompuertas infrarrojas.

La comparación de las medidas de velocidad efectuadas entre el sistema Pasco basado en foto interruptores infrarrojos y el Prototipo I, utilizado en este trabajo, basado en sensor ultrasónico HC –SR04, se resume en la figura 4.3 y figura 4.4; donde se ilustra las gráficas obtenidas para el movimiento rectilíneo uniforme.

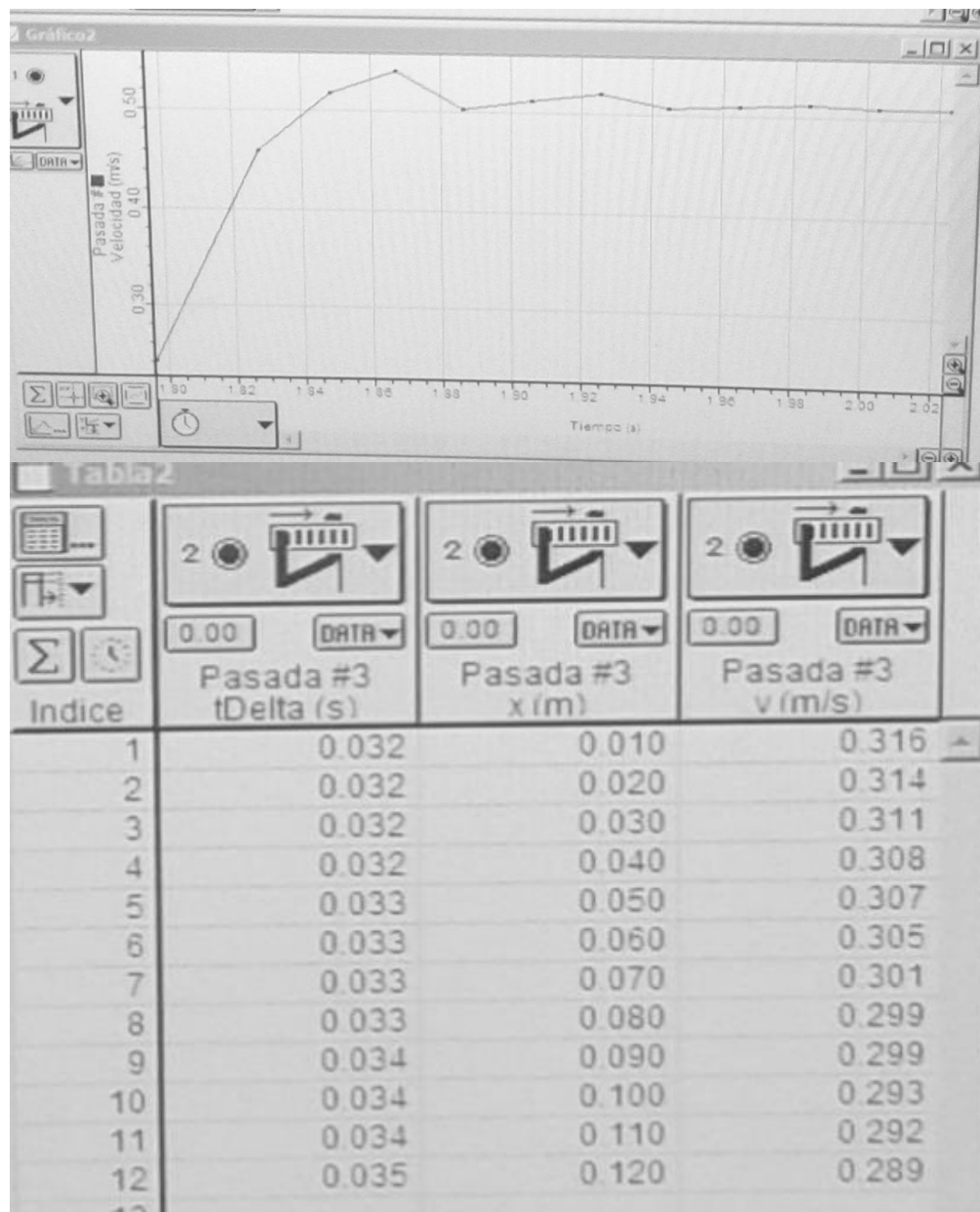


Figura 4.3 Medidas con el sistema Paco de fotointerruptores. Arriba: Grafico de velocidad instantánea Abajo: tabla de intervalos registrados con la placa sensor.

Obsérvese (figura 4.3) que el equipo Pasco coloca en el eje de las abscisas los intervalos medidos para la placa sensor y no los tiempos medidos para el desplazamiento del móvil. La velocidad media así medida, es un promedio de las doce marcas de la placa sensor, de la velocidad instantánea del móvil, con la fotocompuerta colocada a 1,70 metros

del punto de partida. En el eje de las ordenadas el sistema Pasco coloca la subdivisión de las marcas de la placa sensor. De ese modo la velocidad instantánea del móvil, en la posición de 1,7 m será el promedio de las doce medidas representadas en la gráfica.

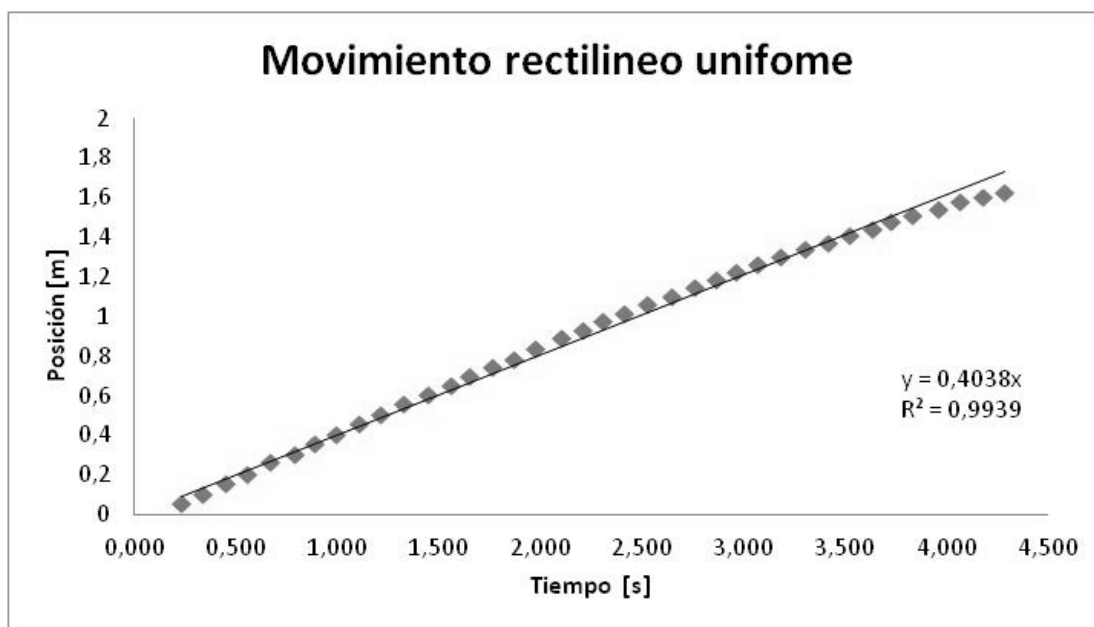


Figura 4.4 Posición del móvil a lo largo de la trayectoria con el Prototipo I (sensor Ultrasónico) para movimiento rectilíneo uniforme.

Adviértase (figura 4.3) que las gráficas obtenidas con la interfaz Pasco solo se refieren a breves instantes del movimiento, no se realiza en continuo a lo largo del desplazamiento total del móvil, sino solo para lapsos instantáneos en determinados puntos de la pista donde están colocadas las fotocompuertas. Para medir la velocidad usa para ello una larga placa sensor y un carro de cierta longitud a fin de poder medir “velocidades” instantáneas, que en realidad son velocidades medias a lo largo de la longitud del móvil. Estas limitaciones han dado paso a nuevos equipos, desarrollados en los últimos años, que incorporan sensores de posición ultrasónica similar al usado en este trabajo; tal es el caso de los equipos Sound Level Sensor PS-2109.

4.2 Trabajos Prácticos de Laboratorio

4.2.1 Cinemática (Plano inclinado)

Este TPL, frecuente en casi cualquier laboratorio de física general, consiste en medir la aceleración de un cuerpo que cae sobre un plano inclinado, bajo la acción de la gravedad siguiendo las ideas de Galileo para ilustrar la caída libre. Básicamente, se obtiene la gráfica de posición versus tiempo variando el ángulo de inclinación del plano y la masa del móvil. En las prácticas tradicionales no automatizadas, se obtiene de forma discreta estas gráficas, repitiendo innumerables veces las medidas. Además de monótono, la práctica suele resultar larga en duración y con muchos errores de apreciación. En este caso, se propone efectuar de forma automatizada y continúa la gráfica de posición-tiempo. La mayor actividad de los estudiantes, será discutir y analizar las diferentes gráficas obtenidas, según las variables involucradas (masa, ángulo, altura) y no como en las prácticas tradicionales en la repetición de la misma situación física.

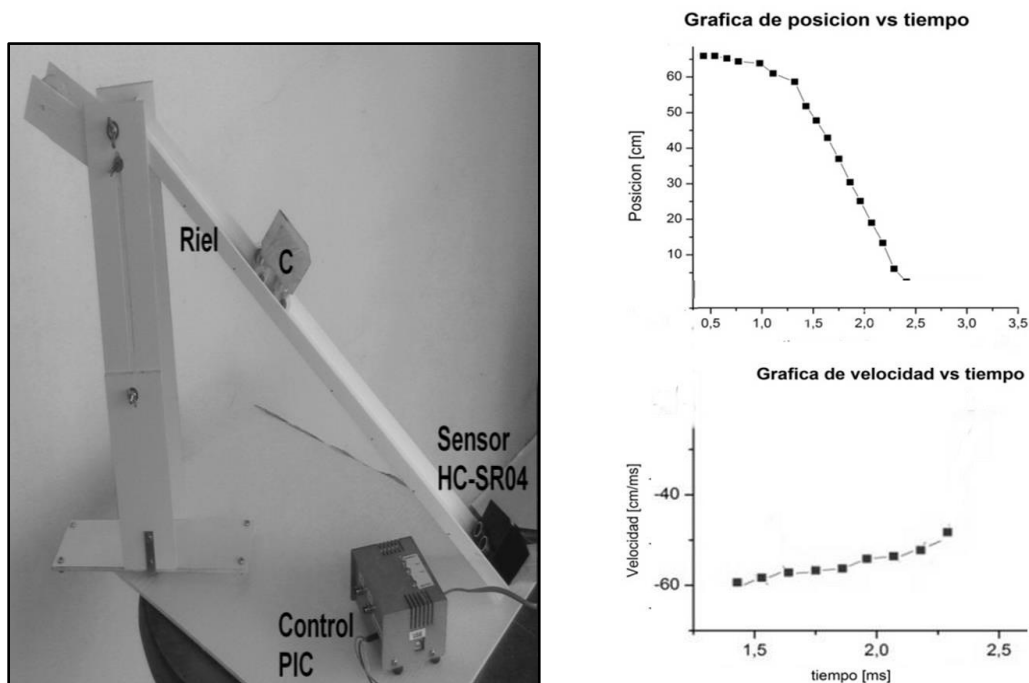


Figura 4.5. Diseño experimental de la práctica de cinemática en el plano inclinado (Izq). El sensor s registra la posición x del móvil C en cada instante t y el software en el ordenador genera las gráficas de variación de la posición y velocidad del móvil (der.).

4.2. 2 Dinámica (Ley de Hooke)

El prototipo puede emplearse también en la ejecución del TPL sobre la Ley de Hooke, en este caso el sensor ultrasónico determina la posición final del sistema ($W+L$). El sensor registra la posición de equilibrio para cada masa. El estudiante varía la masa W para un mismo resorte S de constante de elasticidad k , desconocida. Y a partir de la gráfica de elongación ($y-y_0$) versus masa ($W+L$) se determina la constante k . Los estudiantes pueden cambiar el resorte y obtener varios ejemplos para su discusión y comparación. La función de la lámina acrílica (L) es reflejar el eco del sensor y determinar la elongación del resorte para cada pesa.

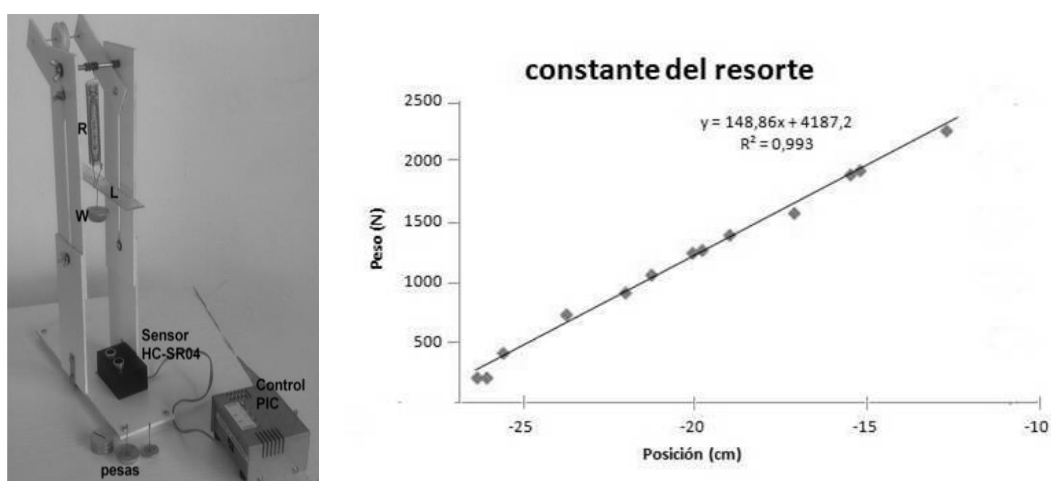


Figura 4.6. Diseño experimental de la práctica de Ley de Hooke (izq), Gráfica de la constante del resorte (der).

La experiencia permite la evaluación de la constante de elasticidad del resorte, empleado en el prototipo, que resulta del orden de $k=148\,860\text{ [N/m]} \pm 10$. El coeficiente de correlación de Pearson muestra la bondad del ajuste lineal y la precisión obtenida. La posición negativa dada por el sensor, debe interpretarse como consecuencia de haberse usado la referencia de alturas en el pivote o eje del resorte, de forma que el sensor $HC-SR04$ mide la posición relativa desde la base de la maqueta. Debe advertirse que la lámina acrílica L , de masa $21,65\text{ g} \pm 0,01$ tiene por función servir de superficie reflectante para los eco de la señal generada por el sensor y se mueve conjuntamente al último alabe del resorte R , del cual está suspendida rígidamente. Las masas empleadas como pesas en la

experiencia son combinaciones de masas del orden de 110; 70; 30 y 20 gramos respectivamente.

4.2.3 Dinámica (Leyes de Newton)

Además de la verificación experimental de la “ley” de Hooke, discutida en el apartado anterior, suele emplearse también en las prácticas de Laboratorio de Física Básica a nivel medio y Universitario, las prácticas que emplean diversas masas unidas a poleas y/o desplazándose sobre un plano inclinado. Una posible configuración para la realización de un Trabajo Práctico de Laboratorio es la mostrada en la figura 4.7.

Para cada pesa “W” el sensor registrará la variación temporal de x, es decir, se obtendrá la gráfica de la posición instantánea del móvil C. Considerando la polea ideal y las cuerdas inextensibles, la aceleración del móvil será la aceleración del sistema, establecido por la siguiente expresión:

$$\mathbf{a} = \mathbf{g} \left[\frac{M(\sin \varphi - \mu \cos \varphi) - m}{m + M} \right] \quad (4.1)$$

Donde m es la masa de las pesas y M la masa del móvil C. Es importante notar que el desplazamiento máximo del móvil C es del orden de 60 cm (longitud del riel) y que el ángulo puede variarse a conveniencia elevando la altura del soporte M. Adicionalmente puede variarse el coeficiente de rozamiento (μ) utilizando distintos materiales sobre la superficie del plano inclinado, como papel de lija, papel de aluminio, entre otras. El estudiante obtendrá en el ordenador las gráficas de posición versus tiempo, velocidad versus tiempo y aceleración versus tiempo, en función de las distintas variables involucradas (M, φ , μ).

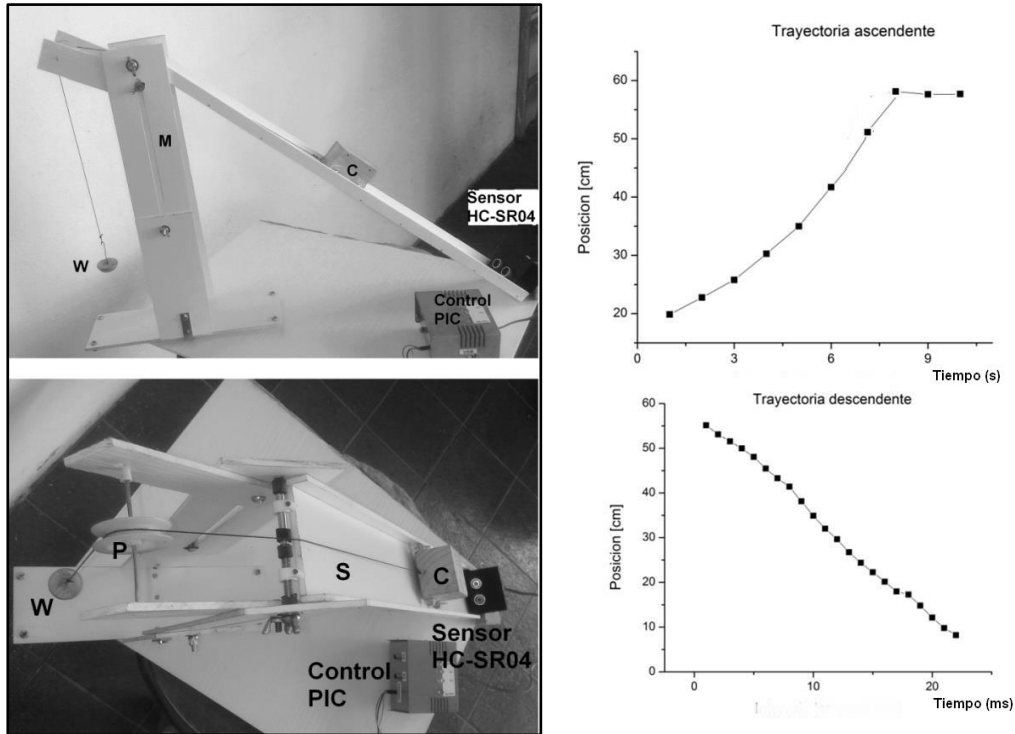


Figura 4.7. Diseño experimental de la práctica de Dinámica (Leyes de Newton). Las gráficas de posición generadas por el ordenador se aprecian en la figura derecha para ambas trayectorias de ascenso y descenso dependiendo del equilibrio entre la masa W y el móvil C.

4.2.4 Conservación de la energía y momentum.

En la figura 4.8, se muestra otra configuración del prototipo, para determinar la posición instantánea y por ende, la velocidad de un móvil C (de masa M) que desplaza sobre una superficie horizontal después que la masa W1 (lenteja del péndulo inicialmente en posición ϕ) le transfiere una cierta cantidad de movimiento en una colisión elástica (ideal).

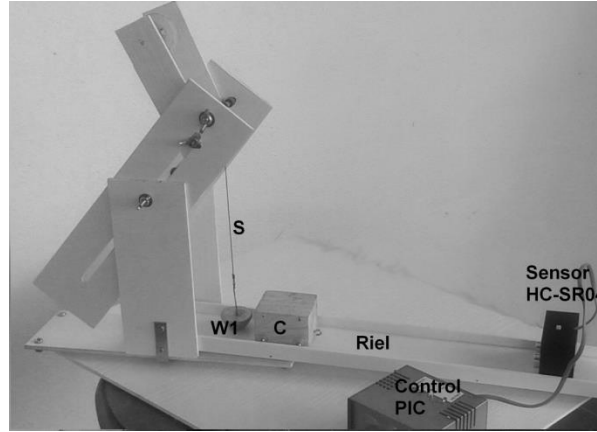


Figura 4.8. Diseño experimental de la práctica de Conservación de la energía y del momentum. Detalles en el texto.

El péndulo W1 (de masa m), partiendo inicialmente desde el ángulo φ impacta a la masa C que recorrerá la distancia x_0 . El sensor s registrará la posición del móvil C (de masa M) en todo instante. Luego se puede evaluar la velocidad inicial del móvil C; despreciando el roce del móvil C con la superficie; y comparar con los datos experimentales

$$v_c = \sqrt{2 \frac{m}{M} gl(1 - \cos \varphi)} \quad (4.2)$$

4.2.5 Empuje hidrostático

La configuración experimental usada para la experiencia de Dinámica (Ley de Hooke), puede emplearse para estudiar el principio de Arquímedes y la noción de peso “aparente”. Así, sumergiendo el bloque B, masa m , en un fluido de densidad ρ , como indica la figura 4.9; puede determinarse el empuje hidrostático. Si se conoce la constante k del resorte, el volumen de la masa m y el desplazamiento de la masa M , es posible determinar experimentalmente la densidad del fluido mediante la relación:

$$\rho = \frac{k}{gV_m} \Delta y \quad . \quad (4.3)$$

Donde Δy es la diferencia de posición detectada por el sensor ultrasónico y V_m es el volumen de la masa sumergida. El estudiante verificará la validez del principio de

Arquímedes y probará la dependencia del empuje hidrostático para distintos fluidos, tales como, aceite, agua, glicerina, etc.

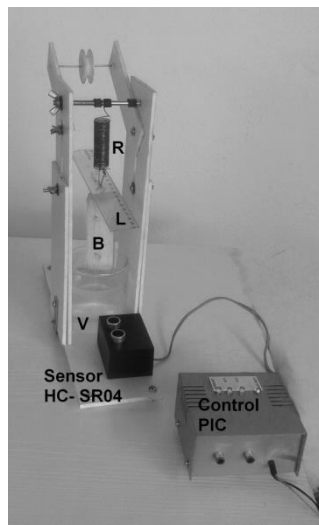


Figura 4.9. Diseño experimental de la práctica de empuje hidrostático. Detalles en el texto.

Para el bloque de madera B, de masa $(29,21 \pm 0,01)[g]$ sumergido en agua, la compresión del resorte debida al empuje sobre el sistema bloque B y lamina L (figura 4.9) , resultó en $(-1,68 \pm 0,1)$ cm; empleando el mismo resorte de la experiencia 4.2.2, cuidando que el nivel del líquido estará siempre por debajo de la posición del resorte de la masa M, dentro del envase V. Luego el empuje hidrostático para fluidos de densidad del orden o mayor que el agua, y usando masas y resortes como los empleados, resulta lo suficiente como para producir compresiones en el orden de los centímetros y por ende pueden ser medidas por el prototipo presentado.

4.2.6 Corriente y resistencia.

Un TPL usual para cubrir los contenidos de corriente y resistencia es la elaboración de la gráfica de corriente versus voltaje para dispositivos óhmicos y no óhmicos (semiconductores). La configuración es la usual, como se muestra en la figura 4.10, donde el elemento al que se realiza la curva característica (corriente versus voltaje) se denota con z y , R_0 es un resistor para medir indirectamente la corriente que circula en Z. Típicamente se realiza esta experiencia para evaluar la curva característica de un diodo semiconductor,

que puede ser 1N4007 o 1N4001, de potencia máxima de 0,25 Watt de modo que el resistor R_0 se calcula para esa disipación cuando el voltaje es máximo. Como el máximo voltaje de alimentación del circuito (figura 4. 10) es 5 V, se tiene que el mínimo valor de R_0 será:

$$P = \frac{V^2}{R_0} \Rightarrow R_0 = \frac{(5V)^2}{0,25 W} \cong 100\Omega \quad (4.4)$$

Las entradas analógicas del PIC que configuran el prototipo III, con la cual se realiza la práctica, son tales que su máxima valor de voltaje es de 5 V (ver figura 3.9) , por ello para realizar la curva de corriente voltaje la alimentación del circuito solo puede hacerse con una fuente variable que no exceda este valor. Para evitar colocar otra fuente DC adicional y prevenir que no se exceda el valor máximo de $V_A=5$ V; se coloca un divisor de tensión antes del elemento Z (figura 4.10). Donde el potenciómetro R_p permitirá variar la tensión $V_i \sim 0$ V ($R_p= 1000 \Omega$) hasta $V_i =5$ V ($R_p= 0 \Omega$) :

$$V_i = \frac{R}{R+R_p} V_A \Rightarrow V_i = \frac{20\Omega}{20\Omega+R_p} 5V . \quad (4.5)$$

Luego el potenciómetro deberá variar desde 0 hasta $R_p \gg R$; se escoge para $R=20\Omega$ un valor de $R_p= 1 k\Omega$.

Los valores medidos por las entradas analógicas V1 y V2 envían al dispositivo (PIC) valores escalados de las tensiones de entrada (Véase ecuación 3.2) como se explicó en la sección 3.3.2.

Para la realización de la curva característica basta con variar el potenciómetro R_p mientras se adquieren los datos, el dispositivo registrara automáticamente las tensiones V1 y V2, con las cuales se obtiene la caída de tensión en Z ($V_Z= V_2-V_1$) y la corriente en Z ($I= V_Z/R_0$). Adviértase el registro ocurre en lapso del orden de los milisegundos, por lo cual no es relevante que tan rápido o lentamente se manipule la variación manual del potenciómetro R_p durante la adquisición de los datos. Además se puede cambiar el elemento Z (Diodo semiconductor) por un resistor Ohmico (del orden de 20 a 100Ω) para comparar la curva característica con un conductor óhmico.

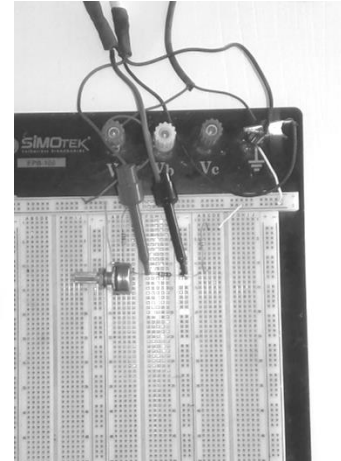
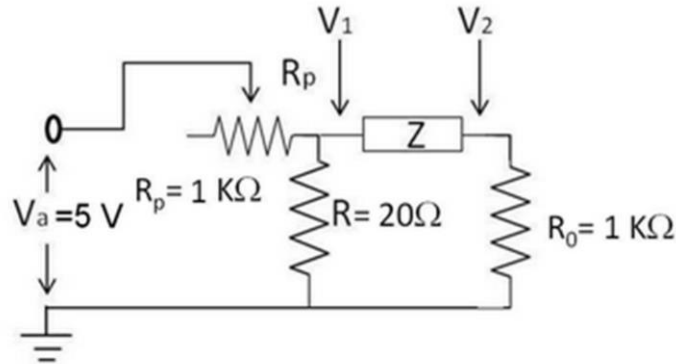


Figura 4.10: Diseño experimental de la práctica de corriente y resistencia

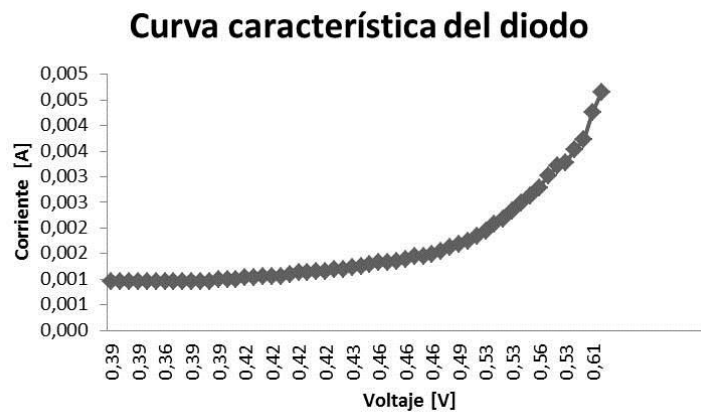


Figura 4.11 Curva característica del Diodo 1N4001.

Las salidas A y B del circuito se conectan al PIC por medio de un circuito Shunt compuestos por los resistores R1 y R2. La caída de tensión en z y en R está referida a la misma tierra que el PIC (en flotante). El estudiante variará manualmente el potenciómetro R para cada espécimen z, el PIC registrará en la PC los valores de las tensiones en los puntos A y B; el software en MatLab convertirá estos valores a la caída de tensión y a la corriente que circula por z, elaborando automáticamente la curva de corriente-voltaje. Se realizará la práctica para al menos dos conductores óhmicos y un semiconductor diodo (1N4001).

4.2.7 Capacitancia y circuito RC.

Para estudiar la carga y descarga de un capacitor, se empleará un circuito simple RC en serie, y el PIC 16F870 como voltímetro, en forma análoga al diseño propuesto en la sección 4.2.6 Corriente y resistencia. Como se observa en la figura 4.12, al conectar el interruptor s a la posición 1 se registrarán las tensiones en V_1 y V_2 para cada milésima de segundo, de acuerdo al reloj interno del PIC. Variando la posición del interruptor s a la posición 2 se repite el procedimiento de forma automatizada registrándose los valores de las tensiones en los canales V_1 y V_2 en cada milisegundo.

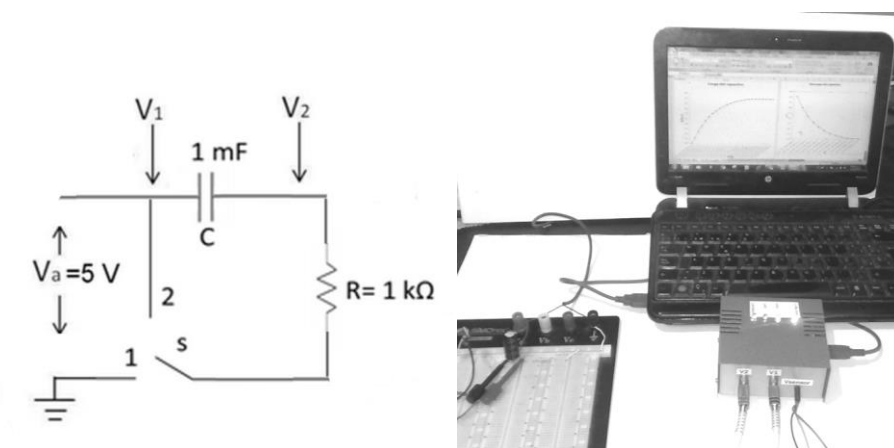


Figura 4.12 Diseño experimental de la práctica de capacitancia y circuito RC

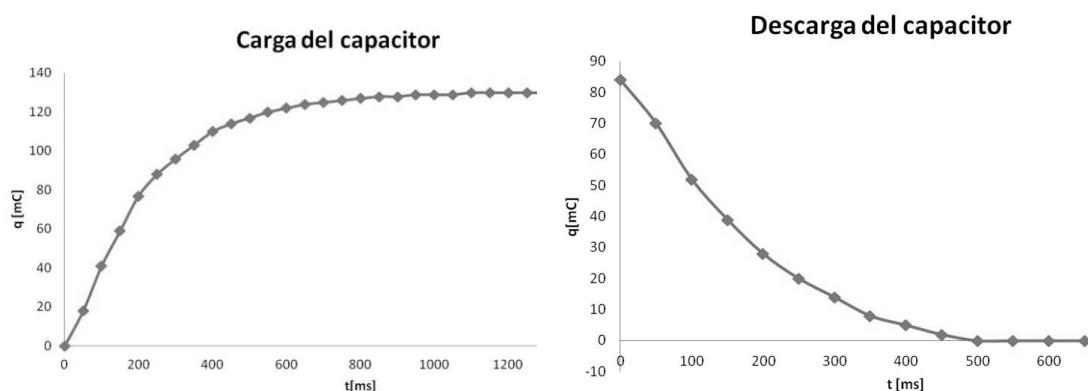


Figura 4.13 Resultados experimentales de la figura 4.12. Carga del capacitor (izq) y descarga el capacitor (der).

El software en MatLab en la PC elabora automáticamente las curvas de carga y descarga del capacitor en función del tiempo. Así como las gráficas de corrientes en el circuito, de acuerdo con las relaciones que se muestran a continuación:

$$\text{Carga: } q(t) = q_0 (1 - e^{-\frac{t}{Rc}}) \text{ y } I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{Rc}} \quad (4.6)$$

$$\text{Descarga: } q(t) = q_0 (e^{-\frac{t}{Rc}}) \text{ y } I(t) = -I_0 e^{-\frac{t}{Rc}} \quad (4.7)$$

El estudiante realizará la curva de carga y descarga para distintas constantes de tiempo del circuito, sugiriéndose específicamente los siguientes valores: $C = 1\text{mF}$ y $R = 1\text{ k}\Omega$, $C = 1\text{ mF}$ y $R = 15\text{ K}\Omega$, y alimentación de $V_0 = 5\text{ V}$.

4.2.8 Fuerza magnética y solenoides

Se puede ejemplificar el efecto de la fuerza magnética ejercida por un solenoide, empleando el dispositivo para registrar la inducción magnética de un solenoide de espiras de cobre y con embobinado de longitud $L \approx 0,055\text{m} \pm 0,001$ y radio medio $r_{\text{espiras}} \approx 0,63\text{ cm} \pm 0,01$, que es alimentado por una fuente DC variable. Para ello se conecta un divisor de tensión entre la fuente y el solenoide, con un potenciómetro de $1\text{ k}\Omega$ y un resistor de 20 Ohmios . El sensor digital de tensión V1 registrara la caída de tensión en el resistor mientras el sensor inducción magnética mide las variaciones de voltaje debidas al efecto Hall a través de la entrada F_IR del PIC. La variación de la tensión de alimentación del solenoide, por medio del potenciómetro, permite graficar la tensión Hall en función de la caída de tensión en el solenoide, y con ello la dependencia lineal entre Inducción magnética y corriente en el solenoide. El montaje experimental se observa en la figura 4.14

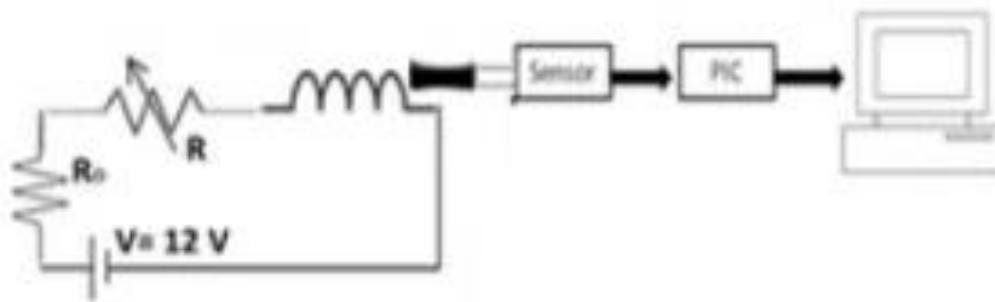


Figura 4.14 Diseño experimental de la práctica de Fuerza magnética y solenoide.

4.2.9 Ley de enfriamiento de Newton

Esta experiencia consiste, esencialmente en registrar la variación de temperatura en función del tiempo de un objeto sólido previamente calentado a la temperatura T_0 en el orden de los 100 °C. Una barra de cobre de 10 cm de longitud y 4 mm de diámetro se introduce en agua hirviendo durante 5 min, luego se extrae y se coloca un sensor de temperatura sobre el punto medio de ella; el sensor de temperatura envía cada milisegundo la medida captada por el PIC. El software de graficación realiza la gráfica de enfriamiento a través de la ecuación:

$$T = T_a + (T_0 - T_a)e^{-\frac{as}{mc_e}t} \quad (4.10)$$

Donde T es la temperatura del objeto en cuestión, T_a es la temperatura del medio ambiente, T_0 es la temperatura inicial del cuerpo, a es el coeficiente de intercambio de calor, s es el área del objeto, m es la masa y c_e es su calor específico.

De la gráfica el estudiante determinará el coeficiente de intercambio de calor a para el caso del cobre. Pudiéndose además ejemplificarse para otros especímenes como una barra de hierro de igual calibre y longitud o barras de diferentes calibres.

4.2.10 Oscilaciones amortiguadas

Para estudiar las oscilaciones amortiguadas en un sistema masa-resorte vertical, sometido a la aceleración de gravedad g , basta con registrar la posición instantánea de la masa $M+m$, de acuerdo a la configuración de la figura 5. El sensor HC-SR04 registra la posición durante la oscilación y permite además elaborar las gráficas instantáneas de velocidad y aceleración. El resorte, de constante k se elonga desde una longitud inicial y_0 hasta la posición máxima $y_{\max}$. El sensor s registrará la posición en función del tiempo, y la velocidad en función del tiempo de la oscilación amortiguada:

$$y = y_{\max} e^{-\frac{b}{2(M+m)}t} \cos(\omega t) + \frac{g}{k}(M+m) \quad (4.11)$$

Donde b es la constante de amortiguamiento y la frecuencia de oscilación está dada por

$$\omega = \sqrt{\left(\frac{b}{2M+2m}\right)^2 - \frac{k}{M+m}} \quad (4.12)$$

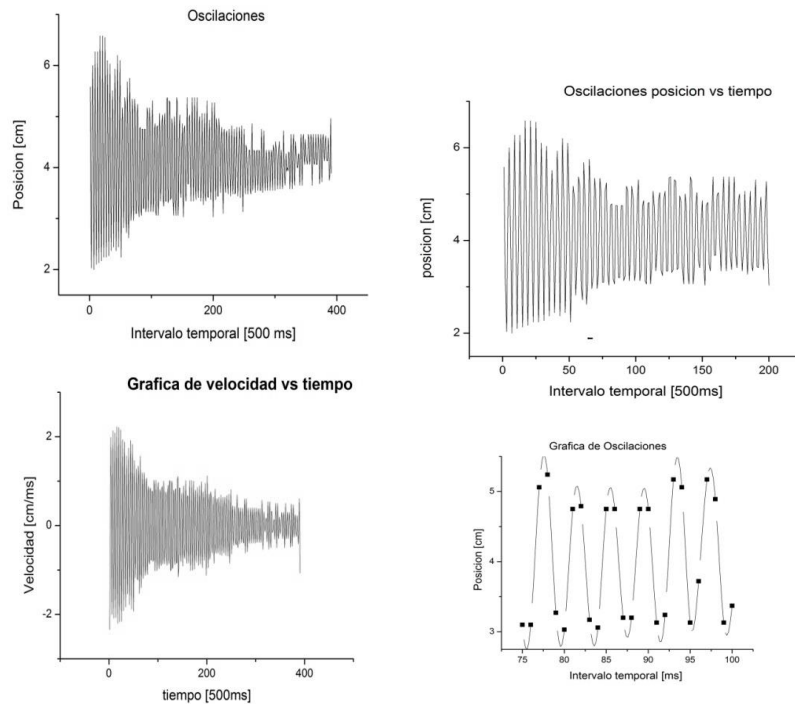


Figura 4.15. Gráficas del muestreo de 400 datos para el movimiento oscilatorio amortiguado en el lapso de tan solo 2 minutos (izq). El análisis de los datos en el ordenador permite graficar las oscilaciones en periodos del orden de hasta 5 milisegundos.

4.2.11 Difracción

Fundamentalmente es el experimento estándar de una luz LASER de longitud de onda (λ) sobre una rendija de abertura (b). El patrón de difracción es proyectado a una distancia y del orden de 15 cm sobre una pantalla (P). Como indica la figura 4.16.

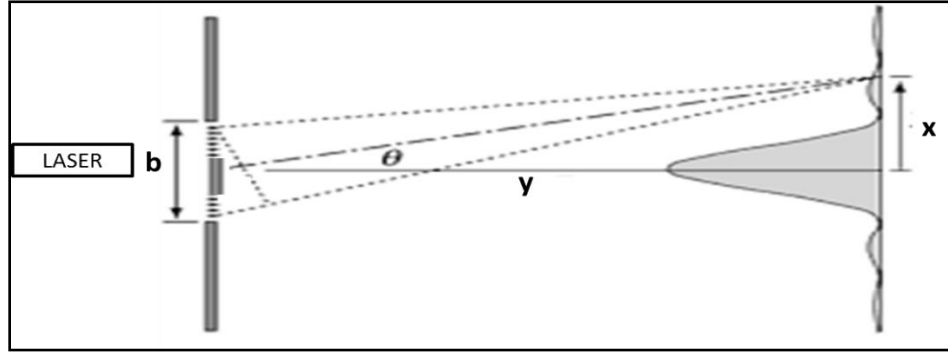


Figura 4.16 Esquema del experimento de Difracción por una rendija.
La distribución de intensidad sobre la pantalla (P) está dada por la función [24]

$$I = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \quad (4.13)$$

Donde

$$\beta = \frac{kb}{2} \sin \theta \approx \frac{\pi bx}{\lambda y} \quad (4.14)$$

Para obtener la gráfica de la Intensidad en el plano de la pantalla, vale decir en términos de la coordenada x , de acuerdo con la ecuación 3.15; es necesario emplear el fotómetro S que se desplaza sobre la pantalla P. La posición del fotómetro S está determinada por el sensor ultrasónico D, idéntico al empleado en el prototipo I. (ver figura 3.8).

Patrón de difracción

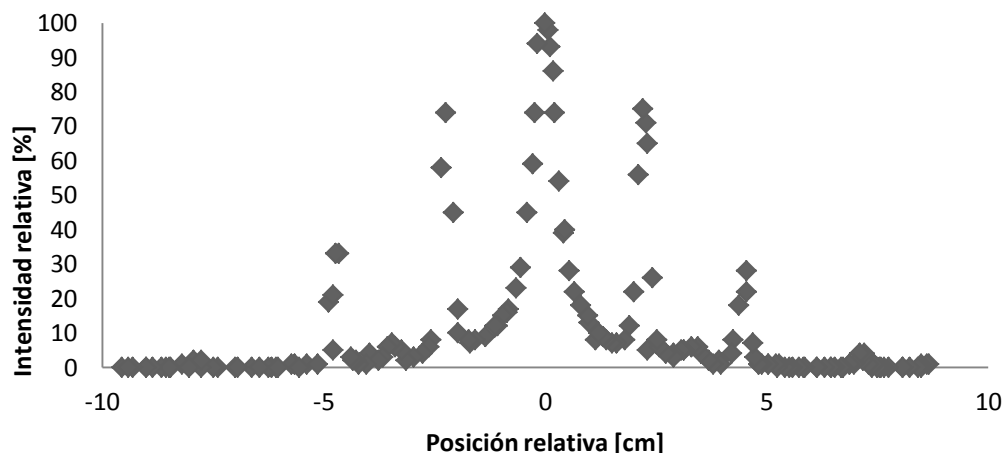


Figura 4.17 Resultado de la práctica de Difracción para una red de 300 líneas /mm iluminada con luz laser verde de 100mw y longitud de onda 532nm.

A diferencia de las prácticas estándar de difracción de doble rendija, el sistema propuesto permite obtener una gráfica casi continua de posiciones e intensidades. Obsérvese que el sensor ultrasónico D está colocado a una distancia L del centro de las rendijas, por lo tanto la gráfica de intensidades no será simétrica respecto al origen de coordenadas sino que estará desplazada hacia la derecha en una cantidad $2L$; pero preservando la relación funcional de la ecuación 3.15. Para obtener la gráfica como en la figura 4.17 se procesa los datos sustrayendo la posición del máximo y normalizando las intensidades.

4.2.12 Resonancia y Patrones de Chladni

En una placa vibrante pueden generarse ondas estacionarias sobre ella a ciertas frecuencias determinadas (resonancia). Su visualización se suele presentar a través de un medio dispersivo o granular que se acumula en los nodos y antinodos sobre la placa vibrante. Las figuras generadas por la distribución de material granular sobre las placas se denominan Patrones de Chladni. En este TPL se ilustra la generación de tales Patrones siguiendo la configuración propuesta por [24] tal y como se muestra en la figura 4.18. Adicionalmente la figura 4.1 muestra la curva de resonancia para la placa cuadrada

utilizando el sensor de vibración LDT0-028K, que remplazará la sal utilizada como medio dispersivo para la visualización de los nodos y antinodos en la oscilación acústica.

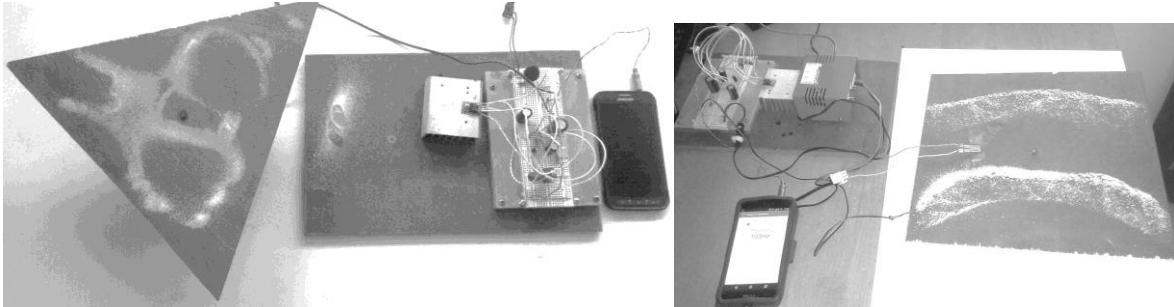


Figura 4.18 Patrones de Chladni en dos configuraciones de placas vibrantes.

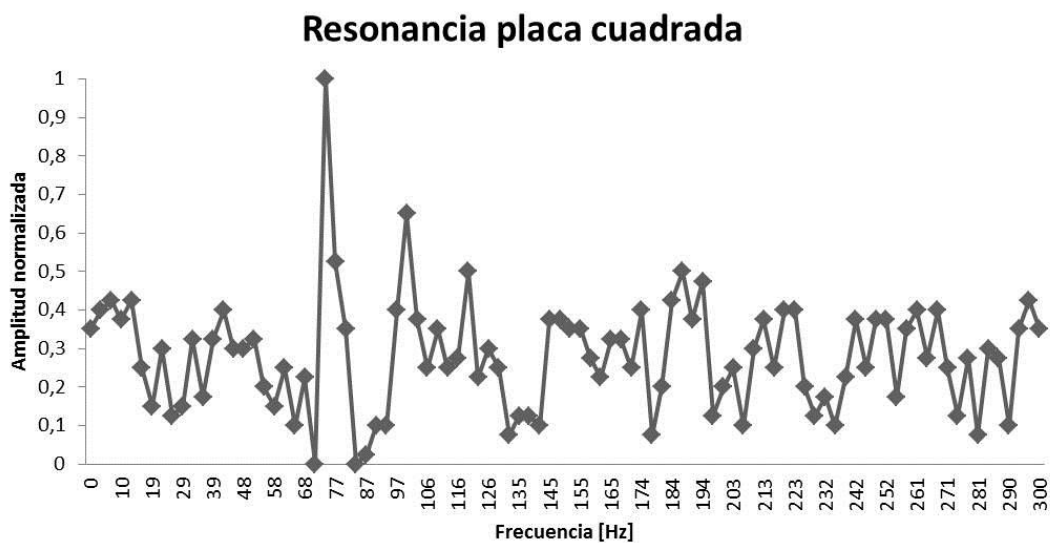


Figura 4.19 Curva de resonancia para la placa cuadrada. Se muestran las amplitudes relativas de la oscilación de la placa, con el sensor LDT0 028K. Obsérvese la frecuencia de resonancias en 74 Hz que corresponde a la figura 4.18 derecha.

4.2.13 Cuerpo negro y ley de Stephan – Boltzmann.

En forma análoga al TPL anterior, puede emplearse el prototipo III para graficar la variación de temperatura en función del tiempo de un cuerpo negro construido en forma simple, mediante un cubo de madera de 0,3 m de lado, en cuyo interior existe una fuente

radiativa (bombillo incandescente de Tungsteno) que emite al exterior a través de un pequeño orificio en una de sus caras, como se ilustra en la figura siguiente

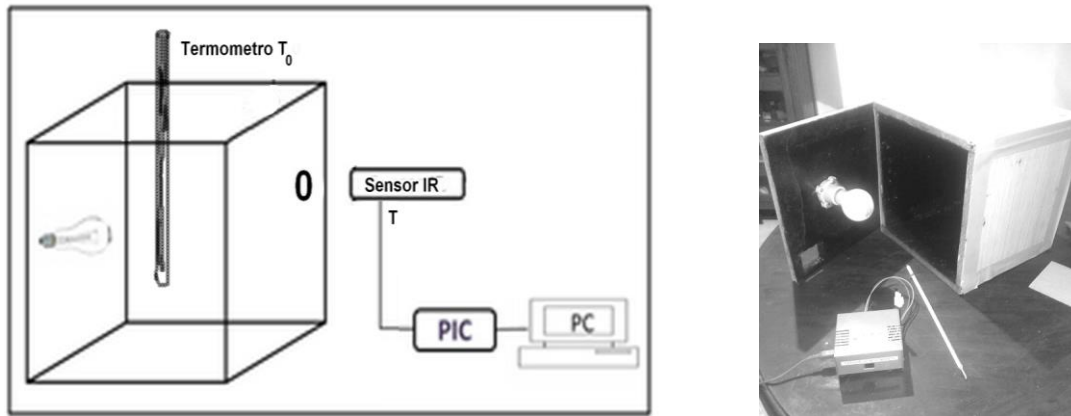


Figura 4.20 Diseño experimental del TPL sobre cuerpo negro y ley de Stephan Boltzmann.

El interior de la caja de madera se ha pintado previamente de negro mate, para emular un cuerpo negro ideal (en realidad un cuerpo gris de emisividad entre 0,9 y 0,99), y se ha cuidado que el tamaño del orificio donde se colocará el sensor de temperatura, sea despreciable en relación al área de la caja; se mide simultáneamente la temperatura termodinámica del interior de la caja T_0 mediante un termómetro digital, y la temperatura de la radiación emanada por el orificio de la caja, por medio del sensor infrarrojo, prototipo III (véase sección 3.3.3), hasta que la temperatura T se mantenga constante en el tiempo, condición de equilibrio termodinámico.

Como quiera que la energía radiada sigue la Ley de Stephan-Boltzmann si se asume, en primera aproximación que la potencia de la fuente es constante y que la energía se transforma por completo en energía radiada, entonces la energía radiada por unidad de área y de tiempo ($\mathcal{F}$) puede ser estimada mediante la relación [25]:

$$\mathcal{F} = \sigma(T^4 - T_0^4) \quad (4.15)$$

Donde T_0 es la temperatura ambiente y σ la constante de Stephan-Boltzmann.

En primera aproximación puede considerarse la caja como un cuerpo negro ideal, midiendo simultáneamente [26] la temperatura T_0 dentro de la caja y la temperatura de la radiación T , emitida por el orificio, se sigue entonces de (4.15) la relación:

$$\log T = \frac{1}{4} \log \left(\frac{\mathcal{F}}{\sigma} + T_0^4 \right) \quad (4.16)$$

Se obtendrá la gráfica de T medida por el sensor infrarrojo y de la temperatura T_0 dentro de la caja o cuerpo negro, ambas en función del tiempo, hasta que alcance el equilibrio. Empleando el software de graficación se construyen diferentes graficas, como $\log(T)$ versus t y/o $\log(T)$ versus $\log \left(\frac{\mathcal{F}}{\sigma} + T_0^4 \right)$. En este último caso la pendiente de la recta obtenida deberá ser del orden de $\frac{1}{4}=0,25$; que equivale a la Ley de Stephan-Boltzmann de acuerdo con (4.15) y (4.16). Tal como se muestra en la figura 3.17 con un buen ajuste estadístico y con intercepto nulo; donde $\mathcal{F}$ es el cociente entre la potencia del bombillo (75 Watt) y el área de la caja $0,09 \text{ m}^2 \pm 0,001 \text{ cm}^2$.

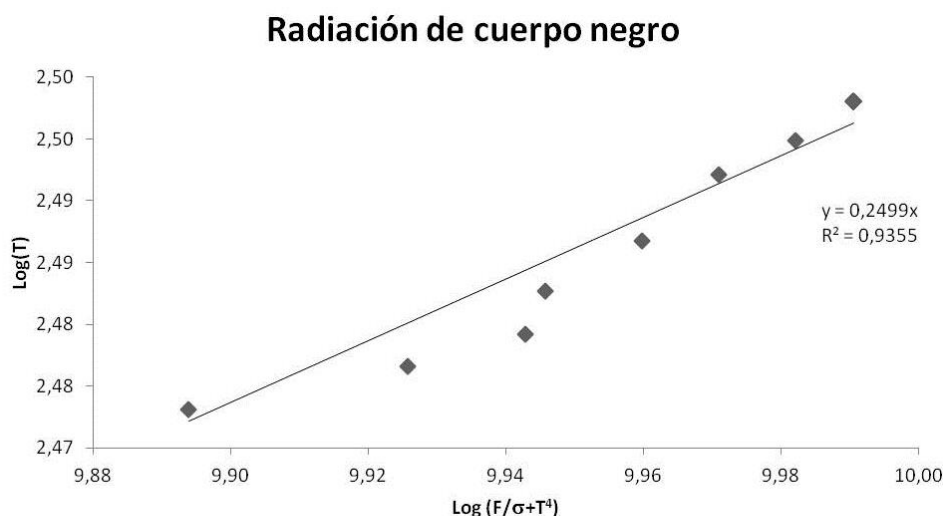


Figura 4.21 Resultados de la práctica de cuerpo negro, véase texto para los detalles, adviértase la pendiente de $\frac{1}{4}$ e intercepto nulo en la dependencia funcional graficada.

4.3 Elaboración de las Guías de Laboratorio

Para completar la propuesta de un laboratorio de física mediante un sistema de adquisición y procesamiento de datos, se mostrarán a continuación tres ejemplos de guías procedimentales para la realización de los Trabajos Prácticos de Laboratorio. La versión realizada de estas guías es a nivel meramente indicativo, puesto que, la elaboración completa de las guías de prácticas escapa de los objetivos del presente trabajo.

En concordancia al diseño de los contenidos del laboratorio planteado en la tabla 3.3 se escogió una práctica por cada fase, adicionalmente se usó como criterio de selección que cada una de ellas emplearan distintos prototipos experimentales. Vale decir, se presentarán las guías prácticas de:

- Fase I: Práctica 2.2 Leyes de Newton
- Fase II: Práctica 6. Carga y descarga de un capacitor.
- Fase III: Práctica 11. Difracción.

Considerando la necesidad de incorporar las técnicas de adquisición y procesamiento de datos, se diseñaron las guías de prácticas con un esquema tradicional [25- 27] de: objetivos, materiales, fundamentos teóricos, procedimiento y post-laboratorio; pero, incorporando explícitamente las subsecciones de adquisición y procesamiento de datos dentro de la sección de procedimiento en cada una de las guías de prácticas. En el apéndice 4 se muestran las guías de prácticas citadas.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los Programas Nacionales de Formación (PNF) en Ingeniería, previstos para las Universidades Politécnicas Territoriales e Institutos Universitarios de Tecnología, pretenden la capacitación de los futuros ingenieros tanto en ciencias básicas como en la aprehensión de las nuevas tecnologías de control, adquisición y procesamiento automatizado de datos como se discutió en la sección 3.1. La revisión del plan de estudio de los PNF de ingeniería permitió establecer los requerimientos mínimos de contenidos de física general para el laboratorio de física (tabla 3.3) y el diseño de instrucción de los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) como se discutió en la sección 2.2, en base a los cuales se elaboró una propuesta para desarrollar el laboratorio de física, específicamente adaptado a los PNF de Ingeniería Eléctrica de la UPT Aragua, núcleo La Victoria.

Como se mostró en la sección 3.3, el desarrollo del Laboratorio de Física consiste en el diseño y construcción de varios prototipos didácticos que emplean la tecnología de microcontroladores y sensores electrónicos, en la captación y procesamiento de datos experimentales. La didáctica de instrucción de los TPL incorpora las modernas concepciones de aprendizaje significativo (Capítulo 2 y apéndice 4) centrando la actividad de los educandos en el análisis e interpretación del fenómeno, en lugar de las prácticas de laboratorio tradicionales que se centran en la repetición continua de una misma situación física para la adquisición “manual” de los datos.

El laboratorio de física, así desarrollado, permitió unificar en un solo dispositivo de adquisición y procesamiento de datos y el empleo de diversos sensores, para la realización de cinco prototipos experimentales; correspondientes a trece (13) prácticas de Laboratorio que abarcan todos los contenidos programáticos de Física General en los PNF; como se

mostró en el Capítulo 4.

El prototipo elaborado mostró su eficacia como sistema automatizado de adquisición de datos en los trabajos prácticos de laboratorio de física para la enseñanza universitaria, como se mostró en la sección 3.4. En particular su empleo para las determinaciones de las variaciones temporales de posición, mediante el uso del sensor HC-SR04, mostró ser suficientemente sensible incluso para variaciones tan pequeñas como 0,2 cm en rango de distancias de 1 a 60 cm de longitud; como se evidenció en las experiencias de cinemática (4.1.1), Ley de Hooke (4.2.2) y Empuje Hidrostático (4.3.3). Se destaca las prestaciones del sensor en cuanto a su empleo en cualquier condición de iluminación y para móviles en trayectorias cortas, del orden de los centímetros, que difícilmente pueden ser alcanzadas con similar prestación por los sensores opto electrónicos, basados en interruptores de luz infrarrojos; véase sección 4.1.

Así mismo, el uso del dispositivo evidenció su bondad en la colección rápida y eficiente de muchos datos en lapsos de tiempo muy breves, como se mostró en los experimentos de Corriente y resistencia (4.2.4) Capacitancia y circuito RC (4.2.5) Difracción (4.2.6) Oscilaciones amortiguadas (4.2.9). Además de su fácil implementación para trabajos prácticos de Laboratorio más elaborados como los correspondientes a Cuerpo Negro y ley de Stephan – Boltzmann (4.2.8) y de Resonancia y Patrones de Chladni (4.2.7).

Destaca que el empleo y uso del microcontrolador PIC y el diseño del circuito propuesto (figura 3.9) evidenció varias ventajas en su implementación: i) permitió rápida comunicación con la interfaz de usuario al emplear como canal de comunicación el puerto USB en lugar de los puertos serial-paralelo con el ordenador, ii) su versatilidad, puesto que los registros de salida del PIC son tipo texto; pudiendo ser leídos y procesados por casi cualquier software de graficación sin requerir la programación interna del PIC y iii) su adaptabilidad y facilidad de implementación para diversas maquetas de experimentación en los laboratorios de física universitaria, al coleccionar simultáneamente el registro de dos o más sensores de diferentes características estímulo - respuestas.

El empleo de sensores estándar, como se mostró en la sección 2.3.2, garantiza la precisión de las medidas efectuadas en los TPL, cuya incertidumbre puede cuantificarse

como se muestra en el apéndice 1, y los resultados evidenciados en el capítulo 4 muestran que la exactitud es suficiente para la realización eficiente de las prácticas de laboratorio

Por último vale destacar que la automatización en la adquisición de datos en los TPL de Física sirve de vínculo y ejercitación al estudiante con las nuevas y modernas tecnologías de procesamiento de información y comunicación, cada vez más extendida en las áreas de las ciencias naturales y la ingeniería.

Se destaca que el sistema de adquisición y procesamiento de datos fue diseñado a prueba de fallas: No es necesario reprogramar el PIC para su uso en los diferentes TPL, está provisto de debidas protecciones de sobretensiones, polaridad y frecuencia, en las entradas del microcontrolador PIC 16F870, como se discutió en la sección 3.4, y la alimentación del sistema a través del puerto USB del computador evita a su vez fallas por variaciones de la tensión de la red. Las maquetas de los prototipos experimentales (ver capítulo 3) no tienen piezas móviles que se desgasten por su uso reiterado, y tampoco requieren de mantenimiento ni calibración previa a su utilización.

Se recomienda la implementación de un laboratorio de física modelo en la UPT Aragua, núcleo La Victoria, para lo cual debería reproducirse un total de cinco sistemas de adquisición y procesamiento de datos, como se muestra en la figura 3. 9 (4 operativos y 1 refacción) y un conjunto de al menos, dos maquetas de experimentación de cada uno de los prototipos presentados, ellos proveería los recursos materiales para la atención de hasta 40 estudiantes por cohortes dentro de un período lectivo de Física general.

REFERENCIAS

- [1] L.P. Grayson, “The Making of an Engineer,” N.Y.: John Wiley & Sons, 1993.
- [2] R. T. White, “The link between the laboratory and learning”, *International Journal of Science Education*, vol. 18, no.7, pp. 761-774, 1996.
- [3] D. Magin, S. Kanapathipillai, “Engineering students' understanding of the role of experimentation”, *European Journal of Engineering Education*, vol. 25, n° 4, pp. 351-358, 2000.
- [4]. O. Castiblanco, D. Vizcaíno. “La experiencia del laboratorio en la enseñanza de la física”. *Revista Educación en Ingeniería*. vol. 3 , n° 5, pp. 68-74, 2008.
- [5] L. Feisel, A. Rosa. “The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education”, *Journal of Engineering Education*, vol. 94, pp. 121-130, 2005.
- [6] H. C. Albina, “*Directrices curriculares para carreras de ingeniería en Iberoamérica*”, Bogotá: ASIBEI Edit, ISBN: 958-33-8566-2, 2005.
- [7] ASIBEI “Asociación Iberoamericana de Instituciones de la Enseñanza de la Ingeniería”, 2012, [online]. <http://www.asibei.net/>
- [8] UNESCO “Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción”, 1998, [online].
http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm
- [9] J. Cruz, V. Espinoza. “Reflexiones sobre la didáctica en física desde los laboratorios y el uso de las TIC”. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*. No. 35, pp. 105-127, 2012
- [10] J. Cruz Ardila. “Importancia de Usar Tecnología en el Desarrollo de Prácticas de Laboratorio de Física Mecánica”. *Revista Educación en Ingeniería*. vol. 6, n° 11, pp. 1-11, 2011.
- [11] S. S. Pinto, L. S. V. Silva, C. A. Tenório de Carvalho, C. J. Egoavil. “Pêndulo simples utilizando tecnologia embarcada de baixo custo aplicado ao Ensino da Física”. *Lat. Am. J. Sci. Educ.* 22062, pp. 2-6, 2015

- [12] L. Bohorquez, S. Martínez, H.A. Gallegos. “Diseño y construcción de un prototipo autónomo para la práctica experimental de laboratorios de física”. *Scientia et Technica* vol. XVII, nº. 5, pp. 155- 164,. 2012.
- [13] M.G. Sere, “La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia?” *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 20, No. 3, pp. 357-368, 2002.
- [14] J. Piaget, “Réussir et comprendre”, París: PUF Edt, pp. 237, 1974.
- [15] L. S. Vygotsky, “Consciousness as a Problem in the Psychology of Behavior”, *Soviet Psychology*, vol. 17, no. 4, pp. 3-35, 1979.
- [16] J. Ausubel, J. Novak and H. Hanesian, “Educational Psychology: a cognitive view”. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1978.
- [17] R. Driver, “Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias” *Actas del II Congreso Internacional sobre investigación en la Didáctica de las Ciencias y la Matemática*, Valencia, 1987. [online]. <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v6n2p109.pdf>
- [18] MERCOSUR EDUCATIVO “Dimensiones, componentes, criterios e indicadores para la acreditación ARCU-SUR Titulación: Ingeniería”, [online]. http://edu.mercosur.int/arcusur/images/pdf/doc_criterios_es_ingenieria.pdf
- [19] P.G. Benavídez, et al. “Seguimiento de las materias básicas de Física en las titulaciones de Ingeniería. En: Diseño de acciones de investigación en docencia universitaria”, *Universidad de Alicante, Vicerrectorado de Estudios, Formación y Calidad, Instituto de Ciencias de la Educación (ICE)*, ISBN 978-84-695-6638-1, pp. 987-1000, 2013.
- [20] E. Crespo and T. Álvarez, “Clasificación de las Prácticas de Laboratorio de Física”, *Pedagogía Universitaria*: vol. 6, no. 2, pp. 2-16, 2001.
- [21] D. Petrucci, J. Ure, y HD. Salomone, “Cómo ven a los trabajos prácticos de laboratorio de física los estudiantes universitarios” *Revista de enseñanza de la física*, vol. 19, no. 1, pp. 7 – 20, 2006.
- [22] J. Fraden, *Handbook of Modern Sensors*, 4th. Ed. New York: Springer, 2010.
- [23] E. Hecht, A. Zajac Óptica, México: Addison - Wesley, pp 358 y ss, 1974.

- [24] Y. Gonzalez, “Diseño de prototipos para la enseñanza de la acústica musical a través de patrones de Chladni”, *Acta Científica Venezolana*, vol. 66, no. 3, pp. 128-133, 2015.
- [25] R. Benito, J. C. Losada, J. Ablanque & A. S. Sanz, “Prácticas de laboratorios de física”, Madrid: Editorial Ariel, pp 121-129, 2002.
- [26] B. Fernández “Laboratorio Avanzado de Física”, Mérida: ULA Ed., pp 23 y ss, 1999.
- [27] I. Escalona y P. Chocron. “Laboratorio de Física”. Caracas: Ediciones UCV, 1995.

APENDICES

APENDICE 1

Cálculo de la propagación de error

Se presenta los cálculos detallados correspondientes a la propagación de error que se da en las magnitudes medidas en los TPL según las ecuaciones presentadas en este proyecto de grado.

Ecuación 4.1

$$a = g \left[\frac{M(\sin \varphi - \mu \cos \varphi) - m}{m + M} \right]$$

$$\Delta a = \left| \frac{\partial a}{\partial g} \right| \Delta g + \left| \frac{\partial a}{\partial \varphi} \right| \Delta \varphi + \left| \frac{\partial a}{\partial m} \right| \Delta m + \left| \frac{\partial a}{\partial M} \right| \Delta M + \left| \frac{\partial a}{\partial \mu} \right| \Delta \mu$$

Propagación de error,

$$\Delta a = a \frac{\Delta g}{g} + \left[a + \frac{gm}{m+M} \right] (1 + \mu \tan \varphi) \frac{\Delta \varphi}{\tan \varphi - \mu} + \left(a + \frac{gm}{m+M} \right) \frac{\Delta \mu}{\tan \varphi - \mu} + (a + g) \frac{\Delta m}{M+m} + (a + g) \frac{m}{M} \frac{\Delta M}{M+m}$$

Ecuación 4.2

$$v_c = \sqrt{2 \frac{m}{M} gl(1 - \cos \varphi)}$$

$$\Delta v_m = \left| \frac{\partial v_m}{\partial m} \right| \Delta m + \left| \frac{\partial v_m}{\partial M} \right| \Delta M + \left| \frac{\partial v_m}{\partial l} \right| \Delta l + \left| \frac{\partial v_m}{\partial g} \right| \Delta g + \left| \frac{\partial v_m}{\partial \varphi} \right| \Delta \varphi$$

Propagación de error,

$$\frac{\Delta v_m}{v} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta M}{M} + \frac{\Delta l}{2l} + \frac{\Delta g}{2g} + \frac{\Delta \varphi}{2} \frac{\sin \varphi}{1 - \cos \varphi}$$

Ecuación 4.3

$$\rho = \frac{k}{gV_m} \Delta y$$

$$\Delta \rho = \left| \frac{\partial \rho}{\partial k} \right| \Delta k + \left| \frac{\partial \rho}{\partial g} \right| \Delta g + \left| \frac{\partial \rho}{\partial V_m} \right| \Delta V_m + \left| \frac{\partial \rho}{\partial y} \right| \Delta y$$

Propagación de error,

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta k}{k} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta V_m}{V_m} + \frac{\Delta y}{y}$$

Ecuación 4.10

$$T = T_a + (T_0 - T_a) e^{-\frac{as}{m c_e} t}$$

Propagación de error,

$$\Delta T = \Delta T_a + (\Delta T_0 + \Delta T_a) \frac{|T - T_a|}{|T_0 - T_a|} + \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta s}{s} + \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta c_e}{c_e} \right) |T - T_a|$$

Ecuación 4.14

$$\beta = \frac{kb}{2} \sin \theta \approx \frac{\pi b x}{\lambda y}$$

Propagación de error,

$$\frac{\Delta \beta}{\beta} = \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda} + \frac{\Delta y}{y}$$

Ecuación 4.16

$$\log T = \frac{1}{4} \log \left(\frac{\mathcal{F}}{\sigma} + T_0^4 \right)$$

Propagación de error,

$$\Delta T = \left(\frac{\Delta \mathcal{F}}{\mathcal{F}} + \frac{\Delta \sigma}{\sigma} \right) \frac{|T^4 - T_0^4|}{4T^3} + \frac{T_0^3}{T^3} \cdot \Delta T_0$$

APENDICE 2

Programación interna del PIC

NOTA: El voltaje mas bajo que se puede ver es de 0,54v (tension de conducción del diodo de polarizacion en las entradas de los ' Voltímetros 1 y 2.

' Configuración de la Comunicación Serial: 9600 bps / 8N1 (8 bits de Datos, Sin Paridad, 1 bit de Stop).

Device 16F870 ' Define el tipo de microcontrolador a usar.

Reminders = FALSE

Config CP_ALL, DEBUG_OFF, WRTE_ON, CPD_OFF, LVP_OFF, BODEN_OFF, PWRTE_OFF, WDT_OFF, HS_OSC

' CP_ALL = Habilita la protección de código.

' DEBUG_OFF = Deshabilita la función Debugger y los terminales RB6 y RB7 son Entrada / Salida

' Digital.

' WRTE_ON = Habilita la escritura de la memoria flash del microcontrolador.

' CPD_OFF = Deshabilita la protección de datos de la EEPROM.

' LVP_OFF = Deshabilita la opción de programación en bajo voltaje y el terminal RB3 es Entrada / Salida Digital.

' BODEN_OFF = Deshabilita el reinicio del microcontrolador si la tensión de alimentación cae por debajo del valor

' mínimo permisible.

' PWRTE_OFF = Deshabilita el retardo de encendido de el microcontrolador.

' WDT_OFF = Deshabilita la función de perro guardián.

' HS_OSC = Define al oscilador como uno de alta velocidad y externo.

Reminders = TRUE

Xtal = 20 ' Frecuencia de operación del oscilador externo = 20MHz.

' Inicio de la Configuración del Microcontrolador.

' Declaro inicialmente todos los puertos del microcontrolador como Entradas. De esta manera los terminales no usados

' quedan en el modo de alta impedancia.

TRISA = \$FF

TRISB = \$FF

TRISC = \$FF

' Configuracion de los Terminales del microcontrolador que seran usados en esta aplicacion.

TRISA.0 = 1 *' ENTRADA: Voltimetro 2.*

TRISA.1 = 1 *' ENTRADA: Voltimetro 1.*

TRISA.2 = 1 *' ENTRADA: Fotometro IR.*

TRISB.0 = 1 *' ENTRADA: Echo.*

TRISB.1 = 0 *' SALIDA: Trigger.*

TRISB.3 = 0 *' SALIDA: LED de Indicacion de Voltaje en el Voltimetro 1.*

TRISB.4 = 0 *' SALIDA: LED de Indicacion de Voltaje en el Voltimetro 2.*

TRISB.5 = 0 *' SALIDA: LED de Indicacion de Voltaje en el Fotometro IR.*

TRISC.6 = 0 *' SALIDA: TX.*

TRISC.7 = 1 *' ENTRADA: RX.*

Symbol V1 = PORTA.1 *' Voltaje en el Voltimetro 1.*

Symbol V2 = PORTA.0 *' Voltaje en el Voltimetro 2.*

Symbol VFIR = PORTA.2 *' Voltaje en el Fotometro IR.*

Symbol Echo = PORTB.0 *' Echo.*

Symbol Trigger = PORTB.1 *' Trigger.*

Symbol LedV1 = PORTB.3 *' LED de Indicacion de Voltaje en el Voltimetro 1.*

Symbol LedV2 = PORTB.4 *' LED de Indicacion de Voltaje en el Voltimetro 2.*

Symbol LedFIR = PORTB.5 *' LED de Indicacion de Voltaje en el Fotometro IR.*

' Configurando el convertidor analógico digital.

Declare Adin_Res 10 *' Resolución de la conversión, se usan 10 bits.*

Declare Adin_Tad 32_FOSC *' Velocidad de muestreo para la conversión.*

Declare Adin_Stime 50 *' Tiempo de muestreo = 50us.*

ADCON1 = %10000000 *' El formato del resultado es justificado a la derecha. El puerto A es de entradas*

' analógicas y las referencias de tensión para la conversión son tomadas de Vdd y Vss.

' Configuracion de la comunicacion serial usando el modulo USART del microcontrolador.

Hserial_Baud = 9600 *' Configura la velocidad de la comunicacion a 9600 baudios.*

Hserial_RCSTA = %10010000 *' Habilita la recepcion en forma continua.*

Hserial_TXSTA = %00100110 *' Habilita de la transmision en modo asincrono.*

Hserial_Clear = On *' Limpia el búfer antes de recibir.*

' Fin de la Configuración del Microcontrolador.

' Inicio de la Declaración de Variables.

' Tipo Float

GoSub EstadoLED

Select DatoSerial ' Segun el comando enviado desde la computadora se realiza una acción diferente.

Case \$10 ' Encender Led V1.

ValorDigitalV1 = **ADIn** 1 ' Lee el valor Digital del Voltaje en el Voltmetro 1.

ValorDigitalV2 = **ADIn** 0 ' Lee el valor Digital del Voltaje en el Voltmetro 2.

ValorDigitalFIR = **ADIn** 2 ' Lee el valor Digital del Voltaje del Fotometro IR.

PulsOut Trigger, 10, **High** ' Envia un pulso de 10us al Sensor de Ultrasonido HC-SR04 para iniciar la medición.

TiempoMuestra = **PulsIn** Echo, **High** ' Almacena la duracion de la señal ultrasonica desde que es emitida hasta que es recibida
' al detectarse un obstaculo.

DelayMS 10

Distancia = (TiempoMuestra / 29)

HSerOut [**Dec4** ValorDigitalV1 , ";" , **Dec4** ValorDigitalV2 , ";" , **Dec4** ValorDigitalFIR , ";" , **Dec2** Distancia , ";" , 13]

DelayMS 10

EndSelect

GoTo Inicio

EstadoLED:

ValorDigitalV1 = **ADIn** 1 ' Lee el valor Digital del Voltaje en el Voltmetro 1.

ValorDigitalV2 = **ADIn** 0 ' Lee el valor Digital del Voltaje en el Voltmetro 2.

ValorDigitalFIR = **ADIn** 2 ' Lee el valor Digital del Voltaje del Fotometro IR.

If ValorDigitalV1 = 0 **Then** ' Apaga el LED cuando NO hay voltaje a la entrada.

Low LedV1

Else ' Enciende el LED cuando HAY voltaje a la entrada.

High LedV1

EndIf

```
If ValorDigitalV2 = 0 Then ' Apaga el LED cuando NO hay voltaje a la entrada.  
    Low LedV2  
Else ' Enciende el LED cuando HAY voltaje a la entrada.  
    High LedV2  
EndIf
```

```
If ValorDigitalFIR = 10 Then ' Apaga el LED cuando NO hay voltaje a la entrada.  
    Low LedFIR  
Else ' Enciende el LED cuando HAY voltaje a la entrada.  
    High LedFIR  
EndIf
```

```
Return
```

```
End
```

APENDICE 3

CÓDIGO FUENTE, EN VISUAL BASIC, DE LA INTERFAZ AAD-LF.

```
Imports System.IO.Ports
Public Class Form1

    ' Contiene el nombre del puerto de comunicación a usar para la conexión con el XStick.
    Public PuertoLeido As String = ""

    ' Almacena el índice del combobox del puerto COM leído del archivo que coincida con
    el.
    Dim IndiceCOMSeleccionado As Integer = 0

    ' Variable usada para el manejo de las cadenas de caracteres.
    Dim LineaSerialRecibida As String

    ' Variable que acumula el tiempo que transcurre mientras se estan tomando las muestras,
    la unidad de tiempo es en milisegundos.
    Dim TiempoAcumuladoMuestreo As Integer = 0

    Delegate Sub StringRecibido(ByVal str As String)
    Public Sub Conectar()

        ' Define el CR (Carriage Return) como $0D.
        SerialPort1.NewLine = Chr(13)

        ' Define la velocidad de comunicación.
        SerialPort1.BaudRate = 9600

        ' Define el puerto de comunicación.
        SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text

        ' Define el tipo de paridad.
        SerialPort1.Parity = Parity.None

        ' Define la longitud en bits para Bytes de datos.
        SerialPort1.DataBits = 8

        ' Define la cantidad de bits parada despues recibir un byte de dato.
        SerialPort1.StopBits = StopBits.One
```

```

' Fuera de tiempo para las lecturas.
SerialPort1.ReadTimeout = -1 ' TimeOut infinito.

' Define el numero de bytes que son necesarios ser recibidos para desencadenar el
evento DataReceived.
SerialPort1.ReceivedBytesThreshold = 1

' Reinicia el acumulador de tiempo de muestreo.
TiempoAcumuladoMuestreo = 0

Try

    ' Abre el puerto serial almacenado en la variable PuertoLeido.
    SerialPort1.Open()

Catch ex As System.IO.IOException

    MsgBox("El puerto: " & SerialPort1.PortName & " no está disponible.",
MsgBoxStyle.Critical)

End

Catch ex As System.UnauthorizedAccessException

    MsgBox("El puerto: " & SerialPort1.PortName & " está siendo usado por otra
aplicación, ciérrela e intente nuevamente.", MsgBoxStyle.Information)

End

Catch ex As Exception

    MsgBox("Error general intentando acceder al puerto: " & SerialPort1.PortName &
". El puerto seleccionado está siendo usado por otra aplicación o no está disponible.",
MsgBoxStyle.Critical)

End

End Try

End Sub
Public Sub Desconectar()

    If SerialPort1 IsNot Nothing AndAlso SerialPort1.IsOpen Then

        SerialPort1.DiscardInBuffer()

```

```

        SerialPort1.DiscardOutBuffer()

        SerialPort1.Close()

    End If

End Sub

Private Sub ProcesarDataSerialEntrante(ByVal str As String)

    ' Acumula la informacion recibida por el puerto COM obteniendo en la variable
    LineaSerialRecibida la información consultada
    LineaSerialRecibida = LineaSerialRecibida + str

    Dim Temp As String = ""

    Temp = LineaSerialRecibida.Replace(".", ",")

    If LineaSerialRecibida.Contains(Chr(13)) Then ' Pregunta si se leyó una línea
    completa

        TextBox1.AppendText(Temp.Replace(Chr(13), "") +
        Convert.ToString(TiempoAcumuladoMuestreo) + ";")
        TextBox1.AppendText(vbNewLine)

        ' Acumula el tiempo de muestreo transcurrido segun el intervalo de muestreo
        seleccionado.
        TiempoAcumuladoMuestreo = TiempoAcumuladoMuestreo + Timer2.Interval

        ' Limpia la variable LineaSerialRecibida para que NO acumule todo lo que se lee
        por el puerto COM, solo mostrará la información
        ' consultada. El registro se hará en un archivo de texto plano.
        LineaSerialRecibida = ""

    End If

End Sub

Private Sub SerialPort1_DataReceived(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles SerialPort1.DataReceived

    Try
        ' Almacena en la variable strData lo que exista en el buffer de entrada del puerto
        serial.
        Dim strData As String = SerialPort1.ReadExisting()

        ' Inicializamos la variable del delegado y le asignamos la función que ejecutará.

```

```

        Dim WriteInvoke As New StringRecibido(AddressOf
Me.ProcesarDataSerialEntrante)

        Me.Invoke(WriteInvoke, strData)

    Catch ex As Exception

    End Try

End Sub
Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load

    ' Muestra la hora actual en la ventana principal del programa
    Label1.Text = DateTime.Now().ToString("dd/MM/yyyy - hh:mm:ss tt") ' Fecha y
    Hora en el formato: "23/06/2016 - 09:50:20 a.m."

    Dim i As Integer = 0

    ' Busca los puertos COM disponibles en el computador y los añade al ComboBox1
    For i = 0 To IO.Ports.SerialPort.GetPortNames.Length - 1

        ComboBox1.Items.Add(IO.Ports.SerialPort.GetPortNames(i))

    Next i

    ' Si se detectan puertos COM disponibles preselecciona el primer elemento encontrado
    y habilita el boton Conectar.

    If i <> 0 Then

        ComboBox1.SelectedIndex = 0

        ComboBox1.SelectedItem = 0

        Button1.Enabled = True

    End If

    ' Lista de Velocidades de recepcion de informacion.
    ComboBox2.Items.Add("1ms")
    ComboBox2.Items.Add("10ms")
    ComboBox2.Items.Add("50ms")
    ComboBox2.Items.Add("100ms")
    ComboBox2.Items.Add("250ms")
    ComboBox2.Items.Add("500ms")
    ComboBox2.Items.Add("1s")

```

```

    ComboBox2.Items.Add("2s")

    ' Por defecto la velocidad sera de 100ms
    ComboBox2.SelectedIndex = 3

    ComboBox2.SelectedItem = 3

End Sub

Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer1.Tick

    Label1.Text = DateTime.Now().ToString("dd/MM/yyyy - hh:mm:ss tt") ' Fecha y
    Hora en el formato: "23/06/2016 - 09:50:20 am"

End Sub

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click

    If Button1.Text = "Conectar" Then

        ComboBox1.Enabled = False

        ComboBox2.Enabled = False

        Button1.Text = "Desconectar"

        Conectar()

        Timer2.Start()

    Else ' El boton esta en modo desconectar.

        LineaSerialRecibida = ""

        ComboBox1.Enabled = True

        ComboBox2.Enabled = True

        Button1.Text = "Conectar"

        Timer2.Stop()

        Desconectar()

```

```
FileOpen(1, Application.StartupPath + "\Registros\" +  
DateTime.Now().ToString("dd-MM-yyyy - HH_mm_ss_tt").Replace(".", "") + ".dat",  
OpenMode.Output)
```

```
Print(1, "V1;V2;VIR;Distancia;Tiempo-ms;") ' Tiempo en MiliSegundos.  
Print(1, vbNewLine)  
Print(1, TextBox1.Text)
```

```
FileClose(1)
```

```
TextBox1.Clear()
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub ComboBox2_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs)  
Handles ComboBox2.SelectedIndexChanged
```

```
Dim Temp As String = ""
```

```
If ComboBox2.Text.Contains("ms") Then ' Son los intervalos de 1ms, 10ms, 50ms,  
100ms, 250ms y 500ms
```

```
Temp = ComboBox2.Text.Replace("ms", "")
```

```
Else ' Son los intervalos de 1s y 2s
```

```
Temp = ComboBox2.Text.Replace("s", "") + "000"
```

```
End If
```

```
' Asigna la velocidad seleccionada al Timer2 quien será el que controla la  
comunicación.
```

```
Timer2.Interval = Convert.ToInt16(Temp)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form1_FormClosing(sender As Object, e As FormClosingEventArgs)  
Handles MyBase.FormClosing
```

```
Timer1.Stop()
```

```
Timer2.Stop()
```

```
Desconectar()
```

```
End Sub

Private Sub Timer2_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer2.Tick

    Try

        SerialPort1.WriteLine("10")

    Catch ex As Exception

        MsgBox(ex.Message)

    End Try

End Sub

End Class
```

APENDICE 4

GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

PRACTICA # 2.2 DINÁMICA (LEYES DE NEWTON)

Objetivos

Al finalizar la práctica el estudiante debe estar en capacidad de:

- Identificar las fuerzas actuantes en un sistema mecánico simple.
- Describir el movimiento uniformemente acelerado.
- Aplicar las leyes de Newton en sistema dinámicos elementales.

Materiales

- Maqueta con polea y riel de desplazamiento.
- Móvil con ruedas.
- Pesas de plomo.
- Cordel inelástico.
- Sensor ultrasónico de posición.
- Cajetín (control y adquisición de datos).
- PC con interfaz gráfica AAD-LF, Excel ®

Fundamentos

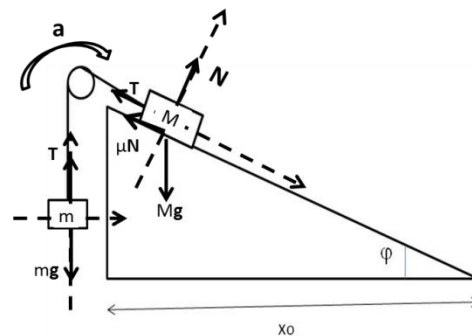
Aplicando las leyes de Newton (diagrama de cuerpo libre), para el sistema de la figura adjunta, se obtienen las ecuaciones de la dinámica:

$$\text{Para } m: T - mg = ma$$

$$\text{Para } M: Mg \sin \varphi - T - \mu N = Ma; N = Mg \cos \varphi$$

Donde T representa la tensión de la cuerda y N la fuerza normal de M sobre el plano inclinado.

Adviértase que se ha supuesto la aceleración del sistema hacia la derecha de la figura. Si el movimiento de la masa M fuera ascendente y el de la masa m fuera descendente, la aceleración sería hacia la izquierda. Se deja como ejercicio obtención de las ecuaciones en este último caso.



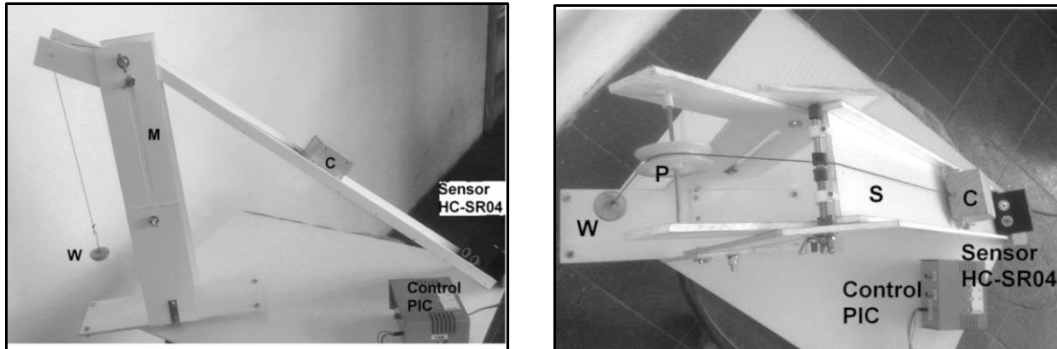
Al resolver el sistema de ecuaciones se obtiene la aceleración del sistema:

$$a = g \left[\frac{M(\sin \varphi - \mu \cos \varphi) - m}{m + M} \right]$$

Donde m es la masa de las pesas, M la masa del móvil C , μ es el coeficiente de rozamiento y φ es el ángulo de inclinación del plano.

Procedimiento experimental

1. Preliminares. Instale la maqueta soporte M (con el riel S y la polea P), el móvil C y las pesas W , de acuerdo la configuración de la figura siguiente.



Sujete el móvil C a un extremo del cordel unido a las pesas W a través de la polea P . Cerciórese que el cordel que sujeta al móvil esté paralelo al riel, nótese que el ángulo de la polea puede variarse mediante los tornillos de sujeción a la maqueta M .

Mida la altura a la que se encuentra la masa M sobre el riel. El riel tiene 60 cm de longitud. Con estos estímesese el valor del ángulo de inclinación φ .

Instale el sensor ultrasónico de posición en el extremo inferior del riel conectado al cajetín (sistema de control y adquisición de datos). Use el cable de conexión USB del cajetín para comunicarse con la PC del laboratorio (el instructor o técnico de laboratorio debe instalar previamente el software interfaz gráfica AAD-LF).

2. Adquisición de datos.

Abrir la interfaz AAD-LF desde la dirección donde fue instalado en la PC (ver figura).



En la interfaz se deberá seleccionar el puerto de conexión y la velocidad de muestreo de 100 ms

Como primer experimento uno de los estudiantes deberá colocar la pesa W1 (20,91 gr $\pm$ 0,01 gr) sobre el cordel en cuyo extremo opuesto está el móvil (M= 74,5 gr $\pm$ 0,1 gr). Este móvil, deberá posicionarse en el extremo superior del riel de donde será liberado. El otro estudiante seleccionará desde la interfaz la opción Conectar, antes de liberar el móvil. El sensor ultrasónico registrará los valores de posición hasta que el móvil se estabilice, para posteriormente desconectar el dispositivo y repetir el experimento, ahora para la pesa W2 (m= 72,61 gr $\pm$ 0,1 gr).

El segundo experimento consistirá en posicionar el móvil en el extremo inferior del riel; justo después del sensor ultrasónico, y sobre el cordel se colocará la pesa W3 (108,55 gr $\pm$ 0,1 gr) luego proceder al registro de datos de la misma forma que el experimento anterior.

3. Procesamiento de datos.

Para cada experimento el sistema de adquisición y control de datos generará un archivo de datos (.dat) guardados en la carpeta de registros.

Abrir el archivo .dat generado en el experimento 1 y 2 desde el software Excel, para generar la representación gráfica de posición versus tiempo con los datos de las columnas distancia y datos-ms, para cada una de las gráficas obtenidas.. Modelar las gráficas de datos posición tiempo mediante la aproximación polinómica de grado 2 desde el mismo software.

Construya las gráficas de velocidad tiempo y aceleración tiempo para cada uno de las gráficas obtenidas utilizando el software correspondiente.

Post-laboratorio

- ✓ A partir de las gráficas de velocidad - tiempo del experimento 1 y 2 calcule la pendiente y discuta su significado. Compare los resultados anteriores con las gráficas de aceleración - tiempo.
- ✓ Estime el área bajo la curva en la gráfica velocidad - tiempo del experimento 1 entre los intervalos de 0 – 15 ms. Compare con la gráfica posición – tiempo. ¿Cuál es su significado físico?
- ✓ A partir de la gráfica aceleración tiempo, estímesese la aceleración promedio del móvil m y calcule el valor del coeficiente de fricción μ . Utilice la expresión siguiente, para calcular el $\Delta\mu$.

$$\Delta a = a \frac{\Delta g}{g} + \left[a + \frac{gm}{m+M} \right] (1 + \mu \tan \varphi) \frac{\Delta \varphi}{\tan \varphi - \mu} + \left(a + \frac{gm}{m+M} \right) \frac{\Delta \mu}{\tan \varphi - \mu} + (a + g) \frac{\Delta m}{M + m} + (a + g) \frac{m}{M} \frac{\Delta M}{M + m}$$

- ✓ ¿ Cuánto será el coeficiente de fricción si en lugar de m= 72,61 gr $\pm$ 0,1 gr se usará la m= 108,55 gr $\pm$ 0,1 gr.
- ✓ Usando los datos del experimento 2, estime la magnitud de la tensión de la cuerda (T) y de la fuerza normal (N) con sus correspondientes incertidumbres.

PRACTICA # 6 CARGA Y DESCARGA DE UN CAPACITOR

Objetivos

Al finalizar la práctica el estudiante debe estar en capacidad de:

- Identificar la constante de tiempo de un circuito RC.
- Describir la carga y descarga de un capacitor.
- Aplicar las leyes de Ohm para un circuito RC.

Materiales

- Protoboard.
- Fuente DC regulada de 5 V (tipo cargador de teléfono celular).
- (02) Capacitores electrolíticos de 1mF .
- Resistores de 15 k Ω y 1k Ω (1/4 watt).
- Cables coaxiales RCA_1 y RCA_2
- Cajetín (control y adquisición de datos).
- PC con interfaz gráfica AAD-LF, Excel ®

Fundamentos

Resolviendo la ecuación de Kirchoff para un circuito RC en serie es:

$$V = \frac{q}{C} + \frac{1}{R} \frac{dq}{dt}$$

Esta ecuación diferencial de primer orden no homogénea (proceso de carga) tiene como solución:

$q(t) = q_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$ y la corriente del circuito será la derivada temporal de la expresión anterior:

$$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

Para el proceso de descarga $V=0$ y la ecuación diferencial es homogénea, luego su solución será:

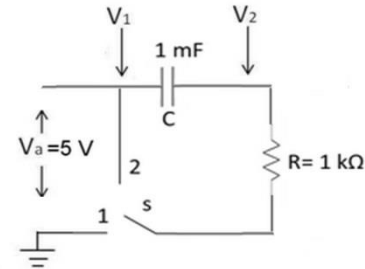
$$q(t) = q_0 (e^{-\frac{t}{RC}}) \quad \text{y} \quad I(t) = -I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Obsérvese que el producto $RC = \tau$ tiene unidades de tiempo y se denomina constante de tiempo del circuito. Su significado físico es el lapso que demora en decaer la carga al 36,7% de su valor máximo.

Procedimiento experimental

1. Preliminares.

Instale en el Protoboard el circuito de la figura, emplee como alimentación la fuente DC de 5V y como interruptor un cable de conexión. Tenga cuidado con la polaridad del capacitor electrolítico (si tiene duda consulte al instructor).



Conecte el cable RCA_1 (rojo) en la posición V1 y el cable RCA_2 (negro) en la posición V2.

Instale las entradas RCA_1 y RCA_2 al cajetín (sistema de control y adquisición de datos). Use el cable de conexión USB del cajetín para comunicarse con la PC del laboratorio (el instructor o técnico de laboratorio debe instalar previamente el software interfaz gráfica AAD-LF).

2. Adquisición de datos.

Abrir la interfaz AAD-LF desde la dirección donde fue instalado en la PC (ver figura).



En la interfaz se deberá seleccionar el puerto de conexión y la velocidad de muestreo de 50 ms

1. Como primer experimento se estudiará la carga de un capacitor. Seleccione la opción de conectar en la interfaz para iniciar el muestreo y conecte el interruptor s (ver diagrama circuital) en la posición 1. Obsérvelas medidas en el cuadro inferior de la interfaz, y desconecte cuando el voltaje V_2 sea nulo.
2. Como cuarto experimento se estudiará la descarga de un capacitor. Seccione la opción de conectar en la interfaz para iniciar el muestreo y conecte el interruptor s (ver diagrama circuital) en la posición 2. Tenga cuidado de no manipular el capacitor, previamente cargado en el experimento anterior, para evitar que se descargue accidentalmente.

3. Repita los experimentos 1 y 2 anteriores colocando dos capacitores de 1 mF en paralelo.
4. Cambie la frecuencia de muestreo de la interfaz a 1 s y repita los experimentos 1 y 2 anteriores con un capacitor de 1 mF en serie con el resistor de 15 k Ω y repita el procedimiento.

3. Procesamiento de datos.

Para cada experimento el sistema de adquisición y control de datos generará un archivo de datos (.dat) guardados en la carpeta de registros.

Abrir el archivo .dat generado en cada experimento desde el software Excel, para generar la representación gráfica de la carga q versus tiempo t .

Construya las gráficas de corriente versus para cada uno de las gráficas obtenidas utilizando el software correspondiente.

Post-laboratorio

- ✓ A partir de la gráfica de carga versus tiempo en cada uno de los experimentos realizados determine: el valor de la carga para el instante $t = \tau$.
- ✓ Para el instante $t = 10\tau$ calcule la corriente del circuito del experimento 1. Interprete el resultado en función del comportamiento de un capacitor cargado como circuito abierto.
- ✓ Calcule la constante de tiempo en el experimento 3 y compárela con el experimento 1. Observe las gráficas de carga y descarga y responda ¿Qué ocurre con la carga máxima en ambos casos?
- ✓ A partir de la gráfica del experimento 4, usando Excel elabore la gráfica de energía acumulada en el capacitor versus tiempo.

PRACTICA # 10 DIFRACCIÓN

Objetivos

Al finalizar la práctica el estudiante debe estar en capacidad de:

- Identificar la distribución de intensidades debida a la incidencia de luz coherente sobre múltiples rendijas.
- Describir el fenómeno de difracción.
- Aplicar el formalismo de Fraunhofer en metrología.

Materiales

- Sensor fotométrico y base de madera
- Sensor de posición ultrasónico
- Apuntador LASER de 5 mW y 532nm
- Red de difracción de 300 líneas/ mm
- Trozo de CD sin esmalte metálico.
- Placa de vidrio
- Cajetín (control y adquisición de datos).
- PC con interfaz gráfica AAD-LF, Excel ®

Fundamentos

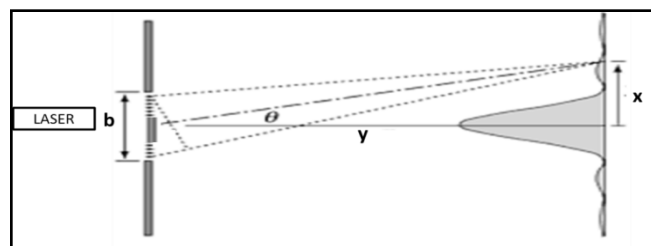
La distribución de Intensidades debidas a la difracción de campo lejano (de Fraunhofer) por rejillas está dada por la función:

$$I = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2$$

con

$$\beta = \frac{kb}{2} \sin \theta \approx \frac{\pi bx}{\lambda y}$$

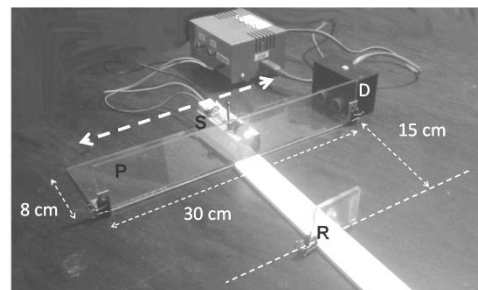
Con las variables señaladas en la figura adjunta. (ve detalles en: E. Hecht & A. Zajac Optica, Addison - Wesley , 1974, pp 358 y ss.)



Procedimiento experimental

1. Preliminares.

Conecte el sensor fotométrico (S) y el sensor ultrasónico de posición (D) a las entradas “Vsensor” y “Sensor de movimiento” respectivamente, del cajetín del sistema de control y adquisición de datos. Use el cable de conexión USB del cajetín para comunicarse con la PC del laboratorio (el instructor o técnico de laboratorio debe instalar previamente el software interfaz gráfica AAD-LF).



Realice el montaje como se indica en la figura anexa y sitúe el LASER a no menos de 20 cm de la red de difracción (R).

Encienda el LASER apuntando sobre la red de difracción y observe el patrón de difracción sobre la pantalla de vidrio. CUIDADO: No observe el LÁSER directamente ni sus reflejos, la luz LASER puede ocasionar daños irreversibles a la retina.

Coloque el Sensor fotométrico y base de madera detrás de la placa de vidrio cuidando que haga contacto con ella, a partir del extremo más lejano respecto al sensor de posición.

2. Adquisición de datos.

Abrir la interfaz AAD-LF desde la dirección donde fue instalado en la PC (ver figura).



En la interfaz se deberá seleccionar el puerto de conexión y la velocidad de muestreo de 100 ms y seleccione “conectar” para iniciar la adquisición de datos.

5. Como primer experimento desplace lentamente el sensor fotométrico a lo largo de la placa de vidrio. Sujete el sensor fotométrico manualmente desde la parte superior usando el tornillo colocado para tal fin, cuide de no colocar su mano entre el bloque de madera y el sensor de posición. Al llegar el sensor fotométrico al otro extremo de la placa de vidrio deténgase y desconecte de la interfaz.
6. Repita el experimento anterior utilizando un trozo de CD como red de difracción.

3. Procesamiento de datos.

Para cada experimento el sistema de adquisición y control de datos generará un archivo de datos (.dat) guardados en la carpeta de registros.

Abrir el archivo .dat generado en cada experimento desde el software Excel, para generar la representación gráfica de la carga q versus tiempo t .

Construya las gráficas de corriente versus λ para cada uno de las gráficas obtenidas utilizando el software correspondiente.

Post-laboratorio

- ✓ A partir de la gráfica de Intensidad normalizada versus posición, en cada uno de los experimentos realizados, determine el valor de fase β .
- ✓ Usando la gráfica de la función Sinc , estime la separación “ b ” entre las líneas del Trozo de CD sin esmalte metálico, empleado como Red de difracción.
- ✓ A partir de la fenomenología observada, describa una posible aplicación de esta práctica en la medición de longitudes del orden manométrico en metrología.

RESUMEN CURRICULAR

Yubiry Sinamaica González C.I.: V 18.693.349
Fecha y Lugar de Nacimiento: 17/05/88, Maracay, Edo. Aragua.
Dirección: Calle sucre, c/c Sto. Michelena y 19 de abril, Edif. Rangel.
Casco central Maracay, Aragua. Tlf 0426-2380579/ 0412 4757078
Email: yubiry.gonzalez.17@gmail.com



Estudios

Maestría en ciencias mención instrumentación: Universidad Central de Venezuela.
Facultad de Ciencias Departamento de Física.

Licenciatura en Física: Universidad de Carabobo, núcleo Valencia. Facultad Experimental
de Ciencias y Tecnología (FACYT). Departamento de Física.

Título del TEG: Estudio de la vorticidad en la sonoridad de la flauta transversa.

Bachiller en administración mención procesamiento de datos Instituto Agustiniano
Madre María. Maracay, Estado Aragua.

Congresos, conferencias y Distinciones (2012 – 2017)

- Organizadora Principal del I Encuentro de Música Contemporánea Aragua 2017 y participación en calidad de compositora de su obra “Fantasía menor” para trío de flautas transversas y piano (2017)
- Compositora de la obra “Inmovilisé” para viola solista XIX Festival Latinoamericano de Música. Caracas (2016).
- Participación en el taller sobre “Aplicaciones matemáticas y computacionales recientes en la música”. Otorgado por el Centro Latinoamericano de formación Interdisciplinaria (CELFI). Presentación de la ponencia oral “Caracterización Física del concepto de sonoridad asociado a los instrumentos de vientos madera”. Buenos Aires (2016).
- Certificado otorgado por el Sistema de Orquestas y Coros Juveniles e Infantiles del Estado Aragua, por haber participado como directora de la Orquesta de Flautas Dulces del Núcleo de Maracay (2016)
- Acreditación como **Investigador A1** en el **PEI** Programa de Estimulo al Investigador e innovador **Ministerio de Ciencia y Tecnología**. (2015) Área de Ciencias Exactas.
- Primer taller ICTP – IVIC sobre Métodos numéricos e instrumentación en dinámica de fluidos. (Agosto 2014)
- VIII Congreso Nacional de Física 2014. Presentación del cartel “Vórtices atmosféricos en regiones tropicales: los mini tornados y trombas marinas en Venezuela”
- III congresos regional de Ciencia y Tecnología. Presentación del cartel “diseño de prototipos para la enseñanza de la acústica musical, a través de patrones de Chladni (2014).
- Seminario de composición musical que el maestro Blas E. Atehortúa. (2013 – 2014)

- I Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación: presentación de ponencia y “estudio de la vorticidad en la sonoridad de la flauta transversa” (2012)

Publicaciones

1. Y. González, E. Dunia, J. Pérez “Diseño de un Sistema de adquisición y Procesamiento de Datos con El Uso De Multisensores Para Laboratorios de Física Universitarios” Revista Ingeniería UC (**submitting**)
2. Y. González, E. Dunia, J. Pérez “Prototipo didáctico para el aprendizaje de la mecánica en los laboratorios de Física Universitaria mediante un sistema de adquisición y procesamiento de datos”. Revista Educación en Ingeniería. Vol 2 (2017) (**en Prensa**)
3. Y. González “Diseño de prototipos para la enseñanza de la acústica musical a través de patrones de Chladni”, Acta Científica Venezolana 66 (3), pp. 128-133, 2015.
4. Y. González y N. Falcón, “Vórtices Atmosféricos en Venezuela: Tornados y Trombas Marinas” Acta Científica Venezolana, 66(2): 72-77, 2015.

Participación en proyectos

- Didáctica de la Física: Diseños e implementación de un laboratorio automatizado de física para ingeniería. Universidad Central de Venezuela, Marzo 2015 – diciembre 2016.
- *Caracterización de Fenómenos Transitorios en la troposfera: Electrometeoros, litometeoros, Microtornados y Trombas Marinas.* Universidad de Carabobo. Laboratorio de física de la atmósfera y el espacio ultraterrestre. Junio 2015 – diciembre 2015.

Experiencia Laboral

- Docente en la enseñanza de flauta dulce y directora del ensamble de flautas .Fundamusical Simón Bolívar: Núcleo Colonia Tovar (2009 – 2012)
- Instructor tiempo completo en el departamento de procesos químicos. IUTVAL (Instituto Universitario de Tecnología Valencia): (2013- julio 2014). Cátedras: Matemática II y Proyecto Socioproductivo I.

Actualmente:

- Docente en la enseñanza de lenguaje musical y directora de la orquesta de flautas dulces. **Fundamusical Simón Bolívar: Núcleo Maracay** (desde 2008)
- Instructor tiempo completo en el departamento de ciencias básicas **Universidad Politécnica Territorial de Aragua “Federico Brito Figueroa”** (desde julio 2014). Cátedras: Matemática I y Física.