

Experimento con resortes

Spring experiments

G. Pozzetti^{1*}, F.M. Ibañez¹, M.I. Mass¹, R.C.Ferrazzo¹, R.M. Pagura^{1,2}, A.Periello^{1,2} y F.P. Diodati^{1,2}

¹ Departamento de Ciencias Básicas – Facultad Regional Buenos Aires – UTN
Mozart 2300 – Ciudad Autónoma Buenos Aires – (C1407IVT) Capital Federal - Argentina

² CITEDEF(Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa)
Juan Bautista de La Salle 4397 – (B1603ALO) Villa Martelli – Prov. Buenos Aires – Argentina

Recibido: 28/10/15; aceptado: 02/05/16

En este trabajo se presentan experiencias de Laboratorio de Física General para Cursos de Ingeniería, Ciencias y Profesorados.

Palabras clave: Dinámica en 1D, oscilaciones, asociación de resortes, menor rozamiento.

We submit experiments for Physics Laboratories intended for Engineering, Science and Physics Teacher students.

Keywords: 1D dynamics, oscillations, series and parallel springs, low friction.

I. INTRODUCCIÓN

En una presentación mural con la misma denominación⁽¹⁾, se resumieron una serie de resultados obtenidos en el Grupo de Desarrollo de Medios Didácticos del Área Física, Departamento de Ciencias Básicas, correspondiente a la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional. El objetivo permanente de este Grupo, ha sido el desarrollo y la innovación en experimentos, tanto para la Enseñanza de la Física, como para la Práctica Experimental de los Alumnos cursantes de las diferentes especialidades de Ingeniería.

II. INSTRUMENTAL EMPLEADO

1) Se trata de la utilización de un banco para experimentar la dinámica del movimiento en una dimensión (1D), en condiciones de menor rozamiento. Esta condición se logra forzando un flujo de aire, entre la superficie de deslizamiento y la base del móvil que la recorre. Este dispositivo de fabricación nacional, fue comercializado con la marca “EPLÉ”⁽²⁾; disponía como sistema de registro de la posición del móvil o carrito, el daño producido en un papel termo-sensible al ser atravesado por la chispa provocada por una descarga eléctrica periódica. Este sistema de detección se modificó, utilizando nuevos elementos de equipamiento recibidos en el Departamento, consistentes en compuertas ópticas de marca Leybold. Dado que las compuertas se posicionan por acople magnético, debieron agregarse dos barras de hierro a lo largo del recorrido del móvil.

2) Las compuertas ópticas eran originalmente controladas mediante un módulo CASSY⁽³⁾, que requería su vinculación a una Computadora Personal (CP), mediante una Placa de Interfase que debía insertarse en la misma. Todo esto resultaba un tanto engorroso, por lo que se decidió modificarlo, de modo de conseguir un sistema de registro que tuviera capacidad de almacenamiento y procesamiento de la información (como por ejemplo medir intervalos de tiempo y calcular velocidades medias, etc.), que

permitiera su uso autónomo o no, de una CP. De esta forma se logró el desarrollo de un Sistema de Captura y Procesamiento de datos, de diseño propio, designado como CapTiVel⁽⁴⁾. El mismo permite además controlar simultáneamente dos compuertas ópticas, pues en algunas experiencias así se requiere. Esto posibilita por ejemplo la verificación de la conservación del momento lineal, cuando se analiza la colisión de dos carritos. Asimismo cuando el módulo se lo vincula a una CP, el control del experimento debe realizarse desde el teclado de la misma. En ese caso se disponen de instrucciones que permiten generar una planilla de cálculo, para acumulación y procesamiento de los datos relevados, asimismo también permite el despliegue de un gráfico, con eje horizontal indicando el ordinal del registro y en el eje vertical el valor de la variable medida o calculada. Ambos ejes se auto-escalan, de modo destacar mejor los detalles en forma gráfica. La determinación de los intervalos de tiempo se registra con cinco cifras. La Fig. 1 muestra el diagrama en bloques del sistema CapTiVel, y la Fig. 2 presenta una imagen del sistema.

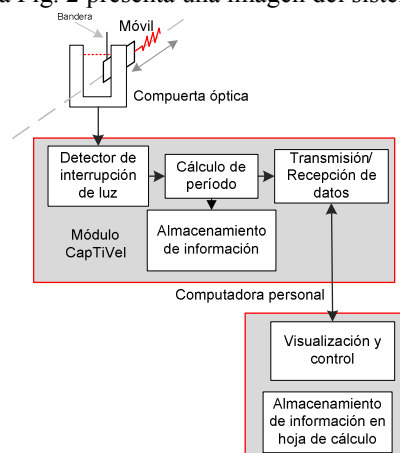


Figura 1: Diagrama en bloques del sistema CapTiVel.

3) Los resortes utilizados fueron fabricados en un Establecimiento especializado en manufacturas de acero conformado. Los terminales de los mismos fueron

realizados en "forma artesanal" para facilitar su vínculo al equipamiento del Laboratorio.

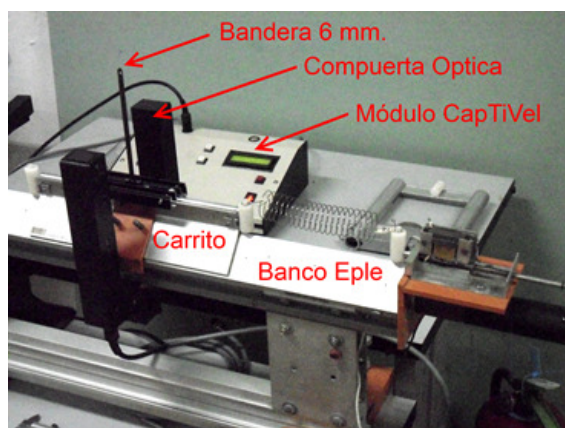


Figura 2: fotografía con el detalle del montaje de los componentes

Por último, en esta presentación se describen una serie de mediciones realizadas con el objeto de caracterizar la dinámica del movimiento de un carrito, vinculado al banco a través de uno o de dos resortes, así como también se detalla el análisis de estas mediciones, lo cual implica su comparación con la modelización característica de la justificación del Movimiento Oscilatorio Armónico Simple.

III. MEDICIÓN DEL PERÍODO DE OSCILACIÓN

Se realizaron una serie de mediciones del período de oscilación de tres resortes diferentes, identificados como R_1 , R_2 y R_3 . Para esto se fijó al carrito una "banderita", consistente en un fleje de 6mm de ancho dispuesto en forma vertical, de modo que al interrumpirse el enlace óptico entre el emisor y el foto-detector de la compuerta, se registran los sucesivos pasajes en el desarrollo del conteo, lo cual permite determinar numerosos valores del período. Todos estos elementos se observan en la Fig. 2.

Estrictamente el período corresponde a dos interrupciones alternadas, pues el vaivén del movimiento oscilatorio provoca tres interrupciones sucesivas durante el transcurso de una oscilación completa, de las cuales deben considerarse aquellas dos que corresponden al mismo sentido de movimiento del carrito. Sin embargo la lectura intermedia no se la descarta, pues da lugar al cómputo de otra determinación del período, de alguna forma "interlaceada" con la anterior. Todo este detalle estimamos se manifiesta en que, sistemáticamente en la presentación gráfica de los sucesivos valores determinados, hay una discrepancia con un aspecto gráfico de "diente de sierra".

Otra característica que se presenta sistemáticamente, es que el aspecto del desarrollo del gráfico, al cabo de obtener 300 determinaciones del período (que corresponderían a 150,5 oscilaciones del carrito), hay una clara evidencia de variaciones de difícil justificación, respecto de la modelización más sencilla habitualmente utilizada, consistente en que la acción dinámica del vínculo se la representa matemáticamente por la Ley de Hooke. Esto es: imaginar una vinculación

elástica, caracterizándola por un único parámetro, habitualmente designado como "constante" del resorte, al que además se lo considera con masa despreciable. Se destaca entonces que en el gráfico desplegado, hay claras evidencias de una suerte de identificación con cada resorte en uso, no solamente por el valor experimental de la "constante", sino también por otra serie de variaciones características, que se reiteran al repetir cada medición, pero que es ligeramente distinta para cada resorte. Los gráficos que se muestran a continuación permiten apreciar estos detalles. La Fig. 3 corresponde a la oscilación del móvil vinculado con el resorte R_1 .

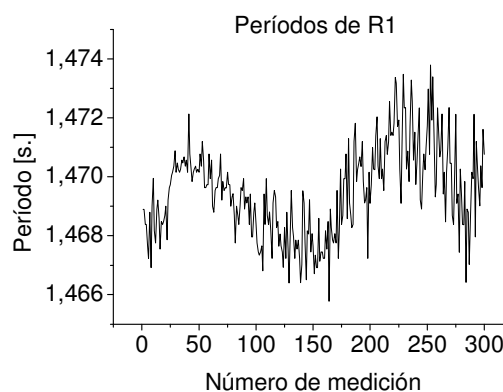


Figura 3: Representación de 300 valores, correspondientes a la oscilación con el resorte R_1

Es oportuno destacar que todos los detalles anteriormente mencionados se "borrarían", si se eliminara la opción del programa de ajustar la escala vertical a medida que progresa la experiencia. A modo de ejemplo se muestra en la Fig. 4 el aspecto que tendría el gráfico anterior, si el comienzo de la escala vertical se fijara en 0s.

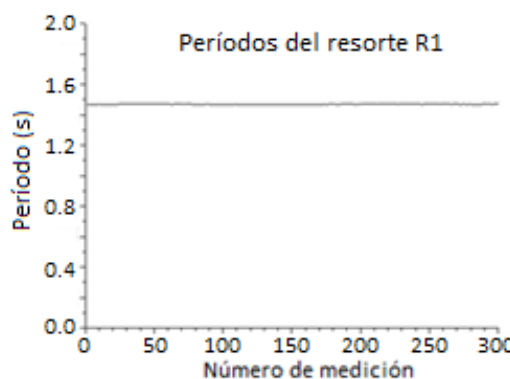


Figura 4: oscilación del resorte R_1 fijando en "cero" el origen de la escala vertical,

Las Fig. 5 y 6 presentan la misma información que la Fig. 3, para los resortes R_2 y R_3

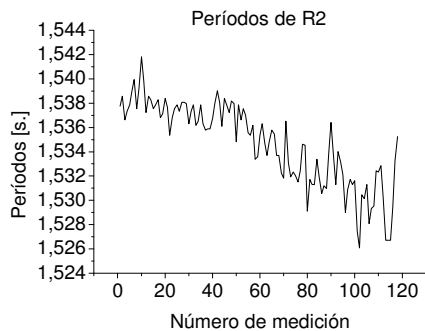


Figura 5: Muestras del período para el resorte R2

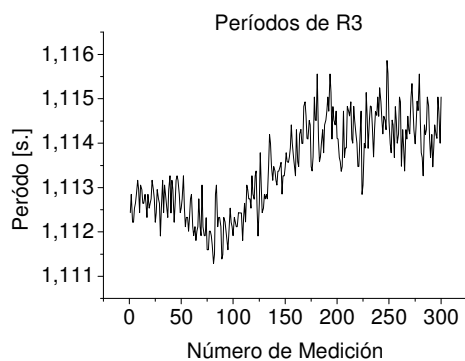


Figura 6: Muestras del período para el resorte R3

Ley de Asociación de Resortes

Otras experiencias que se realizaron, tuvieron como propósito la determinación del período de oscilación y el cálculo del valor de la “constante” equivalente, cuando el vínculo del carrito se lo realiza mediante dos resortes.

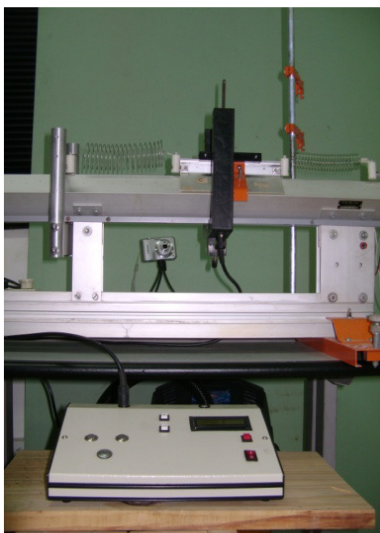


Figura 7: Resortes en paralelo. En la posición intermedia entre los dos resortes, se advierte el carrito que constituye la masa oscilante. La estructura de soporte más destacada muestra un extremo del banco “EPLE”. En la parte inferior de la fotografía se observa en primer plano el módulo “CapTiVel”

La Fig. 7, corresponde a una fotografía tomada a la condición de vínculo del carrito con dos resortes, que dinámicamente responde a la modelización de dos

resortes “en paralelo”, en la cual la constante equivalente resulta ser la suma de las constantes de cada resorte. Las mediciones realizadas a las oscilaciones del carrito en esa condición de vínculo se presentan en la Fig. 8.

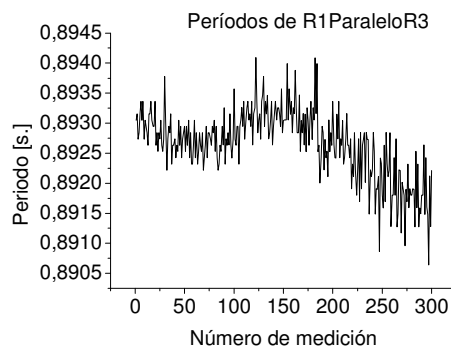


Figura 8: Gráfico de 300 mediciones del tiempo de paso del móvil,

Para las mediciones que se grafican en la Fig. 9, se disponen los resortes en forma sucesiva, configuración caracterizada como “en serie”. En este caso la inversa de la constante equivalente, resulta ser la suma de las inversas de las respectivas constantes de cada resorte.

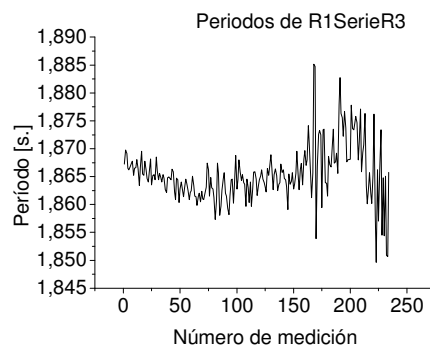


Figura 9: Gráfico de 230 mediciones del paso del móvil, vinculado con los resortes R1 y R3 en configuración que corresponde a la asociación en serie



Figura 10: Vista general de las condiciones para la medición y el posterior estudio de resultados, con el objeto de verificar la modelización de dos resortes en serie.

En la Fig. 10 se aprecia además, el detalle de la solución adoptada para minimizar el desvío lateral, que se produce durante el movimiento del carrito, que provoca la compresión del conjunto del vínculo elástico, sobre todo en el punto de unión de ambos resortes. Se encontró conveniente limitar el movimiento en dicho

punto mediante un hilo, que lo mantiene nivelado e impide además el rozamiento de los resortes con la superficie de deslizamiento.

Si bien los resultados obtenidos, permiten justificar que la adición del hilo es válida, en término que no da efectos medibles, por lo que no desnaturaliza la hipótesis de asociación de dos resortes en serie. No obstante a los fines de lograr una condición experimental más cercana a la habitual modelización idealizada de dos resortes en serie, se decidió experimentar con un único resorte, pero midiendo por separado la condición de oscilación, cuando se utiliza como vínculo, solamente “medio” resorte a partir de cada uno de sus extremos.

Debido a que la geometría más conveniente, para que el resorte mantenga el eje rectilíneo durante la oscilación, cada resorte tiene un número semi-entero de espiras. Por lo tanto la medición realizada utilizando el resorte R_1 , que tiene un total 21,5 espiras, se programó de tal modo de medir las oscilaciones del carrito uniéndolo a un extremo con 10,5 espiras (Fig. 11), y luego al otro extremo con 11 espiras como vínculo elástico (Fig. 12). Para ello fue necesario disponer de un soporte intercalado entre las espiras y posicionarlo de manera conveniente, según se aprecia en ambas fotografías.

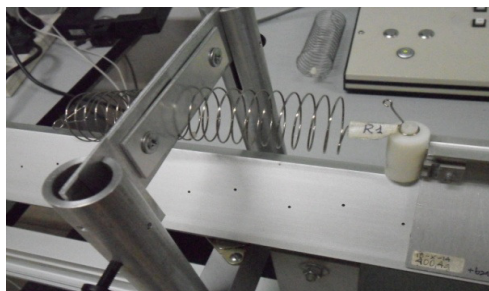


Figura 11: Condiciones para medición del período de oscilación, con 10,5 espiras de R_1 , como vínculo elástico.

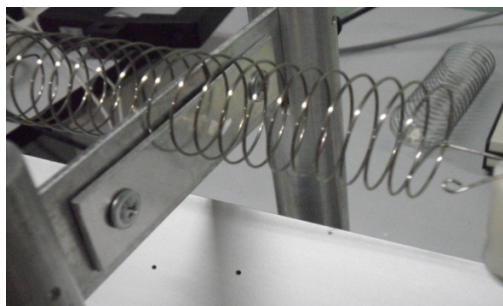


Figura 12: Fijación del resorte R_1 , para posibilitar la oscilación producida solamente por 11 espiras.

En consecuencia del resultado obtenido en esta última experiencia, nos parece oportuno destacar que el sistema de medición que se describe en este trabajo, posee una **sensibilidad instrumental que permite discriminar diferencias de “media” espira en los valores registrados.**

IV. CONTRALOR DE LAS MEDICIONES

A los fines de disponer de un contralor de las mediciones que se presenten, se dispuso en todos los casos la realización de otra medición completamente independiente para cada experimento. Esto se consiguió mediante la filmación simultánea con una cámara fotográfica digital. Estas filmaciones fueron luego analizadas mediante la programación Tracker⁽⁵⁾.

La Fig. 13 muestra en el eje vertical, la sucesión de puntos que corresponderían a la posición de la banderita, registrada a la frecuencia de captura de la imagen durante la filmación realizada.

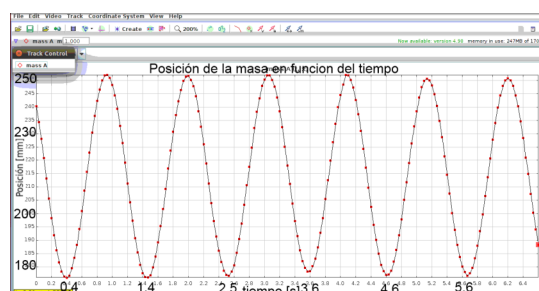


Figura 13: Pantalla de Tracker con la posición del móvil en función del tiempo.

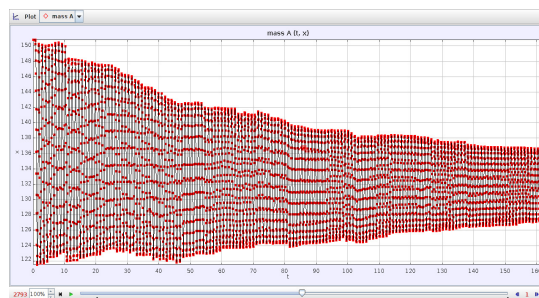


Figura 14: Aspecto del registro de Tracker para las 150 oscilaciones. Cada punto corresponde a la posición de la “banderita” en una escala temporal 25 veces menor que en la Fig. 13.

Este otro método de medición presenta la ventaja de requerir un equipamiento más sencillo, pues basta con disponer de una cámara fotográfica digital y luego procesar la información del registro filmico obtenido. Se analizan en este caso las diferencias más relevantes, aunque se destaca la concordancia de los resultados.

V. RESULTADOS

A partir del hecho que cada medición implica disponer, en promedio, de 300 valores de las variables registradas, mediante planillas de cálculo se determinan posteriormente los valores medios y las desviaciones correspondientes. La síntesis de toda esa etapa de

cálculo y procesamiento se resume en las TABLAS 1 y 2, así como en una suscita representación gráfica, en las Fig. 15, 16 y 17, de los valores determinados y sus márgenes de incerteza.

TABLA 1: Períodos de los resortes obtenidos por el sistema CapTiVel y constantes de los resortes

RESULTADOS POR MÉTODO CAPTiVEL	
Resortes Utilizados	Período [s]
R ₁	1.482 ± 0.016
R ₃	1.113 ± 0.004
R ₁ y R ₃ en serie	1.865 ± 0.025
R ₁ y R ₃ en paralelo	0.8935 ± 0.0025
Constantes Calculadas	K [kg/s ²]
R ₁	7.22 ± 0.17
R ₃	12.82 ± 0.12
R ₁ y R ₃ Serie	4.56 ± 0.13
R ₁ y R ₃ Serie Equivalente	4.62 ± 0.22
R ₁ y R ₃ paralelo	19.88 ± 0.16
R ₁ y R ₃ paralelo Equivalente	20.04 ± 0.29

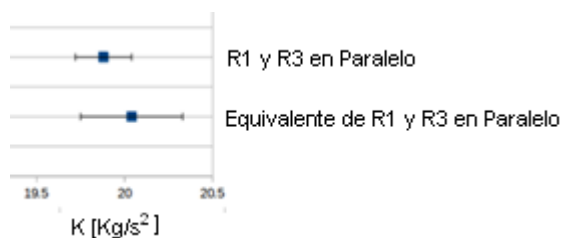


Figura 15: Comparación de constantes para R₁ y R₃ asociados en Paralelo, con periodos obtenidos por CapTiVel (representación gráfica de los dos últimos renglones de la TABLA 1)

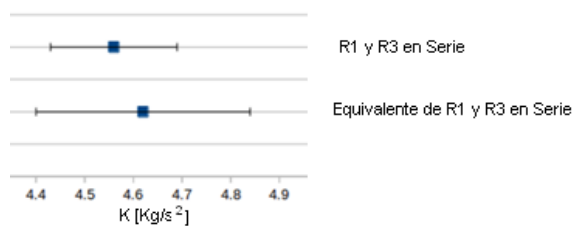


Figura 16: Comparación de constantes obtenidas para R₁ y R₃ asociados en Serie, con periodos obtenidos por CapTiVel. (representación gráfica de los valores correspondientes de la TABLA 1)

TABLA 2: Períodos del resorte R₁ y sus “mitades” obtenidos por el sistema CapTiVel y Tracker Constantes del resorte R₁ y sus Equivalentes calculadas

COMPARACIÓN DE RESULTADOS POR MÉTODOS CAPTiVEL Y TRACKER		
	Valores obtenidos	
	por CapTiVel	por Tracker
	Período [s]	Período [s]
R ₁	1.4722 ± 0.0021	1.47 ± 0.03
R ₁ con 10.5 espiras	1.0352 ± 0.0021	1.06 ± 0.03
R ₁ con 11 espiras	1.0553 ± 0.0045	1.06 ± 0.03
	Constantes Calculadas	
	por Captivel	por Tracker
	kg/s ²	kg/s ²
R ₁ con 10.5 espiras	14.81 ± 0.06	14.24 ± 0.81
R ₁ con 11 espiras	14.25 ± 0.13	14.19 ± 0.81
R ₁	7.32 ± 0.023	7.35 ± 0.30
R ₁ equivalente	7.26 ± 0.14	7.11 ± 1.22

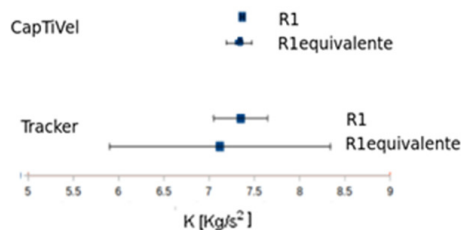


Figura 17: Comparación de las constantes calculadas para R₁ con periodos obtenidos para Tracker y CapTiVel (representación gráfica de los dos últimos renglones de la TABLA 2)

A continuación se agregan como datos de interés, los valores de:

masa, número de espiras, longitud del resorte aislado, diámetro de cada espira y diámetro del alambre utilizado; para cada resorte:

m_{R1}:8,5g; **N_{R1}**:21,5; **l_{R1}**:118,5mm; **D_{R1}**:29mm;
d_{R1}:0,8mm

m_{R2}:16,6g; **N_{R2}**:18,5; **l_{R2}**:144,5mm; **D_{R2}**:44,5mm;
d_{R2}:1mm

m_{R3}:13,4g; **N_{R3}**:19,5; **l_{R3}**:109,5mm; **D_{R3}**:34mm;
d_{R3}:1mm

Masa del carrito: 400,4g; masa de la banderita: 1,6g; masa del tornillo (material plástico) para fijar la unión de los resortes en serie: 0,95g

V. CONCLUSIONES

Como fuera mencionado en los párrafos precedentes, esta propuesta destaca una tarea de Innovación, que involucra la participación de estudiantes, de diferentes ramas de Ingeniería cercanos a su graduación. La permanencia en el Grupo, con distinta duración temporal, les permite iniciarse o en algunos casos ampliar la experiencia que cuentan en su formación. En particular este proyecto fue enteramente realizado por alumnos integrantes del grupo de investigación. La tarea desarrollada a su vez les permitió cumplir con los requisitos del trabajo final de dos asignaturas⁽⁶⁾. Posibilitando además realizar el diseño y desarrollo de herramientas de interés para el mejoramiento de la Práctica Experimental de los primeros Cursos de Física. Asimismo permitió rescatar de los depósitos de materiales en desuso, instrumentos de construcción robusta y con valiosos componentes, pero limitados en su desempeño por la obsolescencia de los sistemas de registro originales. La puesta en valor de estos equipos fue posible además por la incorporación de elementos de reciente adquisición, la utilización de nuevos componentes electrónicos y la incorporación de las herramientas de informática, que afortunadamente son accesibles, a pesar de las casi permanentes limitaciones en la adquisición de equipamientos para los laboratorios.

Una vez que se completara la Innovación descrita, se realizó una presentación abierta a toda la Cátedra de Física I juntamente con la entrega de un Manual Instructivo de operación del sistema. Posteriormente se instaló el mismo en el Laboratorio de Multimedia donde los Docentes y Alumnos tienen acceso para prácticas de profundización de conceptos y clases de consulta. Es oportuno destacar que estas características que se describen, son típicas de una Facultad con casi un centenar

Un último comentario que se estima útil realizar, es debido a que en esta aplicación particular del sistema de adquisición de datos desarrollado, cada serie de registros implica analizar un conjunto de un par de centenar de valores determinados, por lo que se requieren aplicar los métodos de evaluación de incertezas al azar. Es decir se presenta una posibilidad de realizar un histograma de frecuencias de valores determinados, calcular valores medios, desviaciones, etc. Así como analizar los conceptos de precisión y exactitud en el proceso de medición.

Los autores dejan expresa constancia de su agradecimiento al Ing. Gabriel V. Conte, por el suministro de los resortes utilizados en este trabajo.

V. REFERENCIAS

- 1 - Registrada con el No. 389, en la 99ª Reunión Nacional de Física, TANDIL Septiembre 2014.
- 2- La referencia a marcas comerciales, tiene el propósito de mostrar posibilidades de adaptación y mejoras, en equipamientos que seguramente se encuentran en otras Instituciones.
- 3- Computer Assisted Science System. Leybold Didactic GMBH.
- 4 - En una fase temprana de su desarrollo, fue propuesto para su evaluación en INNOVAR 2007, sin mayor trascendencia.
- 5 - <http://www.opensourcephysics.org>
- 6 - Se trata de los Cursos de Teoría de Circuitos II y Técnicas Digitales I, en la Carrera de Ingeniería Electrónica de dos de los autores de este trabajo (M.I.M. y F.M.I.)