

# Laboratorios remotos: Herramientas para fomentar el aprendizaje experimental de la Física en educación a distancia



**Carlos Arguedas Matarrita<sup>1</sup>, Fernando Ureña Elizondo<sup>2</sup>,  
Marco Conejo Villalobos<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup>*Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Cátedra de Física, Universidad Estatal a Distancia (UNED), San Pedro de Montes de Oca, CP 474-2050, San José, Costa Rica.*

<sup>2</sup>*Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Encargado de la Cátedra de Física para Ingeniería. San Pedro de Montes de Oca, CP 474-2050, San José, Costa Rica.*

**E-mail:** carguedas@uned.c.cr

(Recibido el 30 de Mayo de 2016, aceptado el 27 de Agosto de 2016)

## Resumen

En este trabajo se presenta la primera experiencia en el uso de prácticas de acceso remoto en la UNED de Costa Rica, la misma se llevó a cabo en el curso Física II para la Enseñanza de las Ciencias, los estudiantes debieron ingresar y realizar una práctica de laboratorio que se encuentra en la Facultad de Ingeniería Química de la UNL en Argentina, esta forma de realizar experiencias de laboratorio se ajustan a las necesidades de la educación a distancia.

**Palabras clave:** Laboratorio Remoto, Física, Experimental, TIC.

## Abstract

This paper presents the first experience using practices remote access UNED of Costa Rica, it just took in the Physics course II for Science Education, students must enter and perform a lab which is in the Facultad de Ingeniería Química at UNL in Argentina, this way of doing laboratory experiments meet the needs of distance education.

**Keywords:** Remote Laboratory, Physics, Experimental, ICT.

**PACS:** 01.40.gb, 01.50.Pa, 01.40.-d

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las Tecnologías de la Comunicación y la Información (TIC) han contribuido a complementar los sistemas de enseñanza, en la educación a distancia como es el caso de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica (UNED); estas herramientas, se han vuelto esenciales para fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Sin embargo, desde la creación de la cátedra de Física de la UNED, en 1993, el tema ligado a los laboratorios, ha representado un problema, principalmente para estudiantes de centros universitarios (CeU) lejanos, por ser estos de carácter obligatorio. Es necesario para muchos estudiantes, trasladarse grandes distancias hacia los CeU, donde se ofrecen las prácticas, con el consecuente gasto de tiempo y dinero que implica.

Ante este panorama, la cátedra ha buscado alternativas, como el uso de simulaciones [1] y la ejecución de un proyecto de cooperación internacional, con las universidades Argentinas Universidad Nacional de Rosario (UNR) y Universidad Nacional del Litoral (UNL). Con este proyecto,

la UNED puede utilizar los Laboratorios Remotos (LR) de estas universidades, y además las universidades argentinas brindaran apoyo para el establecimiento del LR de la UNED.

## II. FUNDAMENTO TEORICO

Un LR consiste en un conjunto de dispositivos físicos situados en determinadas instituciones, dotados de una serie de instrumentos que permiten ser manipulados a distancia [2], lo que permite realizar experimentos reales, sin la necesidad de asistir al sitio físico donde se encuentra la experiencia de laboratorio.

En relevamientos recientes, se identificaron un total de ocho proyectos de LR, dirigidos a la Enseñanza de la Física que contienen 61 prácticas de acceso remoto [3, 4]; lo que muestra que hay una tendencia hacia el uso de estas herramientas, en la Enseñanza de la Física en la educación superior.

Se debe tener claro que: “un LR no es más que operar a distancia por medio de un ordenador un experimento que se

encuentra en un lugar específico, y que además se puede observar lo que se ejecuta por medio de una cámara Web” (p.19) [5]. En la Figura 1, se muestra el principio del funcionamiento de un LR:

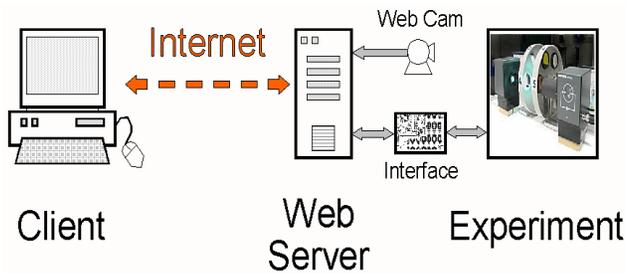


FIGURA 1. Principio de un LR [6].

De esta forma, los estudiantes pueden realizar prácticas de laboratorio a distancia, lo que convierte a los LR en herramientas idóneas para las instituciones de Educación a Distancia, como es el caso de la UNED.

Al respecto, desde el año 1999, investigadores de la Universidad de Singapur señalaban que, esta forma de realizar experimentos puede ser el siguiente paso importante en la educación a distancia [7]; aspecto que, en la cátedra de Física, se busca aprovechar para potencializar la Enseñanza de la Física, en la Educación a Distancia.

Su impacto ha sido tal que, los LR “han sido considerados como parte de los cinco cambios importantes en los 100 años de la Educación en Ingeniería” (p. 1) [8], por el impacto positivo que están teniendo en el ámbito educativo.

### III. VENTAJAS DE LOS LR

Debido a que, los LR son herramientas que combinan hardware y software, para permitir la manipulación de experimentos reales y observar lo que ocurre en cada experiencia, por lo que se le atribuyen las ventajas que se mencionan a continuación:

- El estudiante o usuario trabaja con instrumentos reales, no con programas de simulación.
- Los estudiantes pueden acceder al laboratorio en cualquier momento y en cualquier lugar (si disponen de conexión a internet). Por tanto, los instrumentos adquiridos por las universidades u organizaciones pueden ser utilizados, aunque sus instalaciones estén cerradas.
- El servidor web, además del laboratorio, puede ofrecer una serie de servicios: autenticación, herramientas de comunicación, de colaboración, etc.
- Permite al profesor seguir los progresos de los estudiantes, a través de los Logs y de los resultados de sus experimentos (pp.116-117) [9].

Estas ventajas, permiten solventar a futuro problemas que se han presentado durante muchos años en nuestra experiencia, como docentes de la UNED; donde los reclamos de los estudiantes no son poco frecuentes, con respecto a los costos y tiempo de desplazamiento que les implica asistir a

un laboratorio presencial de física. En el cual, además, por falta de inversión de la misma universidad, los equipos de laboratorio no tienen la calidad y cantidad necesaria, para un adecuado desarrollo del experimento; muchas veces, un equipo es compartido hasta por cinco estudiantes de manera simultánea.

En el LR, el estudiante trabaja de manera individual y puede ver en tiempo real, el experimento que está realizando, lo que favorece en gran medida, el aprendizaje en educación a distancia que se ofrece en la UNED.

### IV. METODOLOGÍA

El estudio se realizó durante julio de 2014, en el curso Laboratorio de Física II, para la Enseñanza de las Ciencias, se utilizó una práctica remota de la UNL denominada “Sistema Rieles inclinados-Volante”.

A los encargados del LR, se les solicitó generar 48 usuarios con sus contraseñas para los estudiantes matriculados en el curso; sin embargo, solo quince de ellos lograron completar la experiencia. En la Figura 2, se muestra el montaje del experimento realizado.



FIGURA 2. Montaje experimental riel inclinado-volante (<http://galileo4.unl.edu.ar/>).

La cátedra de Física confecciono una guía de laboratorio: Momento de inercia de un volante. La misma, se les facilitó a los estudiantes a través del entorno virtual del curso, así como las instrucciones para ingresar al sitio web de la UNL, se habilitó una semana completa para la realización de la experiencia.

#### A. Trabajo experimental

En la práctica, se le solicita a los estudiantes que realicen cinco tomas de datos para su posterior procesamiento y análisis, para cada una de ellas se debe seleccionar un ángulo de inclinación del riel diferente.

Una vez que se efectúa cada lanzamiento, en la pantalla de la computadora se muestra una tabla donde aparece la distancia recorrida por el volante sobre el riel en el tiempo.

Además, el software calcula la aceleración del centro de masa del volante, sin embargo para la práctica propuesta los estudiantes deben calcular el valor de dicha aceleración, utilizando herramientas de graficación, como el principio de mínimos cuadrados, por lo general utilizando una hoja de cálculo.

Una vez se haya determinado la aceleración del centro de masa para cada ángulo, se construye una tabla con los respectivos datos, para posteriormente graficar la aceleración del centro de masa del volante, en función del ángulo de lanzamiento. Como el ángulo de lanzamiento es pequeño, se puede aproximar  $\sin\theta \approx \theta$ .

A partir de la ecuación:

$$a_{cm} = \frac{g\theta}{(1 + I_0 / Mr^2)} \quad (1)$$

Se calcula el momento de inercia experimental, a partir de la pendiente de la recta obtenida.

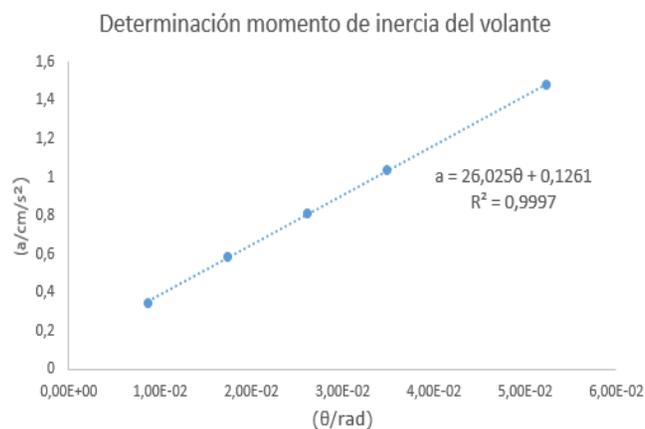


FIGURA 3. Aceleración de centro de masa en función de ángulo de lanzamiento.

Se iguala la pendiente de la recta obtenida con la pendiente de la ecuación (1) obteniéndose:

$$A = g / (1 + I_0 / Mr^2) \quad (2)$$

A partir de la ecuación (2) se despeja para el momento de inercia  $I_0$  que tiene un valor teórico de  $16\,000\text{ g}\cdot\text{cm}^2$

$$I_0 = \left( \frac{g}{A} - 1 \right) Mr^2 \quad (3)$$

Para el ejercicio realizado, se obtiene un valor para el momento de inercia del volante de  $I_0 = 16\,778,45\text{ g}\cdot\text{cm}^2$ , tomando un valor de  $g = 980\text{ cm/s}^2$ , con un error experimental del 4,93 %. Se espera que, los resultados obtenidos por los estudiantes no se alejen en gran medida a estos datos.

Como se ha descrito, el trabajo práctico es similar al que se solicita en un laboratorio convencional.

Durante el desarrollo de la experiencia, se dio el acompañamiento respectivo mediante la plataforma Moodle, donde había un foro de dudas de manera permanente, y un profesor dedicado a interactuar con los estudiantes de forma casi inmediata de 8:00 a.m. a 5:00 p.m.

La semana posterior a la realización de la práctica, los estudiantes debieron enviar el informe de laboratorio en el espacio habilitado en el entorno del curso. Luego del envío del informe, se les aplicó a los estudiantes un cuestionario en línea, con el fin de tratar de obtener la información necesaria para esta investigación.

### A. Muestra participante

La muestra de la población involucrada en esta investigación corresponde a 15 estudiantes, de la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales, que cursaron la asignatura Laboratorio de Física II, en la que se utilizó una práctica de laboratorio de acceso remoto.

### C. Instrumento para recolectar datos

En la recolección de la información, referente al uso del LR en el curso, se aplicó un cuestionario que: “consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir” (p. 310) [10]; “es un instrumento muy útil para la recogida de datos, especialmente de aquellos difícilmente accesibles por la distancia o por la dispersión de los sujetos a los que interesa considerar, o por la dificultad para reunirlos” (p. 2) [11], como es el caso de estudiantes que están en una universidad a distancia.

## V. RESULTADOS Y ANALISIS

La práctica fue completada por el 31,3% ( $n=15$ ), a pesar de que se habilitaron los usuarios y claves de la totalidad de estudiantes del curso, esto indica que, el 68,8% ( $n=33$ ) no participaron en la realización de esta práctica de laboratorio.

Estos datos se muestran en la Figura 4.

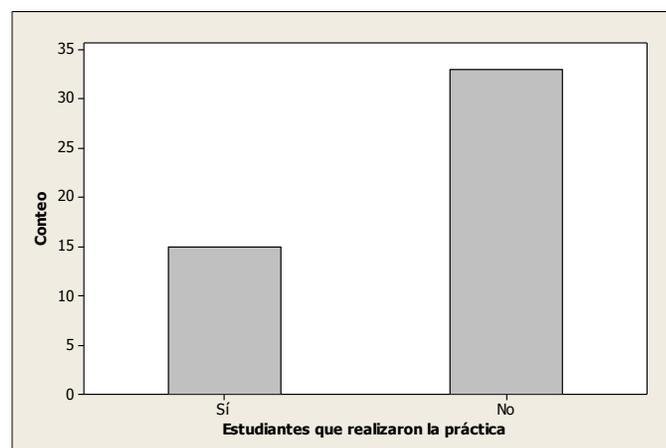


FIGURA 4. Número de estudiantes que realizaron el LR.

De los estudiantes que participaron, un 63% corresponde a mujeres y 37% a hombres, con una edad promedio de 26.5 años. De ellos, el 70%, viven en la gran área metropolitana, y tienen en promedio velocidades de conexión a la red de 3 Mb. Al respecto, se puede suponer que, la calidad de conexión que se tiene en zonas rurales, puede incidir en que lo estudiantes no participaran en esta actividad.

La manera de tener acceso a la red varía entre: café internet (20%), celulares inteligentes (20%), computadoras personales (40%) y computadoras del trabajo (10%) y Datacards (10%). Se les dio la oportunidad de escoger varias opciones.

Con respecto al uso de los LR, 100% de los estudiantes consideran que son muy importantes para complementar las prácticas que logran desarrollar en forma presencial (que por el modelo de la UNED, solo llegan a ser cuatro en un cuatrimestre). Además, se indica que les permite ampliar conocimientos, y sobre todo, por el recurso que se puede acceder a través de internet, y por lo que, no se tiene que asistir a un recinto presencial.

Por ser una primera experiencia de este tipo, aproximadamente un 80% de los estudiantes mencionaron sentirse perdidos al principio, teniendo que ingresar muchas veces, hasta lograr comprender como utilizar de manera adecuada la interface, para manipular el equipo adecuadamente.

Aquellos estudiantes con velocidades de conexión inferiores a 1 Mb, también experimentaron problemas de ingreso, de hecho, uno menciona que respondió la encuesta, a pesar de que no pudo completar la experiencia.

El uso del laboratorio implicaba un procedimiento para eliminar algunas restricciones de Java, para que el LR se pueda ejecutar. Sin embargo, a pesar de que las instrucciones estaban claras, se puede decir que todos tuvieron problemas con esta primera fase; estos problemas ha sido documentados por otros investigadores [12].

Propiamente, con respecto al uso del equipo remoto y desarrollo de la práctica, como ya se mencionó, son entendibles las dificultades que les puede presentar esta nueva experiencia.

Se logró desarrollar un manual con instrucciones detalladas para la ejecución de la práctica, recolección de los datos y análisis de la información. Sin embargo, solo el 31,3% de los estudiantes, lograron cumplir con todos los puntos que se les solicitaron y presentar su informe. Una cifra poco alentadora, si se ve el número puro, pero satisfactoria, si se piensa que es una primera vez, en la que, tanto alumnos como profesores tenemos mucho que aprender.

## VI. CONCLUSIONES

Se utilizó una práctica de acceso remoto de la UNL, y se logró confeccionar una guía de laboratorio acorde a los contenidos y objetivos del curso Física II, para la Enseñanza de las Ciencias de la UNED.

Para una segunda fase de implementación, y teniendo en cuenta los problemas que se presentaron con las instrucciones escritas, se recomienda complementarlo con un video de

como desbloquear Java, y de cómo interactuar con la interface. También, con la posibilidad de realizar una videoconferencia previa a la realización de la práctica, con el fin de aclarar de una manera sincrónica, las dudas que puedan tener los estudiantes, y que les permita concluir con éxito el proceso. La idea es que, mediante un apoyo visual sea más fácil recolectar la información, y presentar el informe.

Se recomienda adicionalmente tener una velocidad de conexión igual o superior a 2 Mb, pues con velocidades menores, el acceso al laboratorio remoto se vuelve muy difícil, ya que una conexión estable y con buena velocidad, es indispensable para lograr concluir la toma de datos.

A pesar de las dificultades presentadas en esta primera fase, por los comentarios generalizados, esta herramienta experimental potencia el aprendizaje, no solo en el tema específico que se desarrolla en el laboratorio, sino que también potencia las habilidades de los estudiantes, que en un altísimo porcentaje, utilizan la red con otros fines.

Esta herramienta, los hace enfrentarse a retos mucho más complejos que el simple hecho de interactuar en una red social, ya que, realizan un experimento real utilizando internet, aprovechando de esta manera los aportes que brindan las TIC al contexto educativo.

## AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigación de la UNED, por el apoyo brindado en el establecimiento de este proyecto

Al Grupo Galileo de la UNL, por facilitarnos el Laboratorio Remoto, y gestionar las claves y contraseñas para el acceso de los docentes y estudiantes de la UNED.

El primer autor agradece a la Universidad Estatal a Distancia (UNED), por la beca otorgada a través del Acuerdo de Mejoramiento Institucional (AMI), para la realización del Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales, en la Universidad Nacional del Litoral, Argentina.

## REFERENCIAS

- [1] Arguedas, C. & Bejarano, A. G., *Uso de Applets de Java en el curso en línea de Física II, valoración del estudiantado para su aplicación en secundaria*, Revista Atenas **30**, 109-122 (2015).
- [2] Concari, S. B., *Tecnologías emergentes ¿Cuáles usamos?*, Latin American Journal Physics Education **8**, 494-503 (2014). Disponible en: <[http://www.lajpe.org/sep14/13\\_LAJPE\\_899\\_Sonia\\_Concari.pdf](http://www.lajpe.org/sep14/13_LAJPE_899_Sonia_Concari.pdf)>. Consultado: el 22 de abril 2016.
- [3] Arguedas, C. & Concari, S. B., *Hacia un estado del arte de los laboratorios remotos en la Enseñanza de la Física*. Revista de Enseñanza de la Física **27**(extra), 133-139 (2015). Disponible en: <[http://revistas.unc.edu.ar/index.php/revista\\_EF/article/view/12596/12872](http://revistas.unc.edu.ar/index.php/revista_EF/article/view/12596/12872)>. Consultado: el 13 de mayo 2016.
- [4] Arguedas, C. & Concari, S. B., *Remote laboratories used in physics teaching: An estate of the art*, XIII International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, Madrid, España (2016), pp. 376-381,

- [5, 6] Gröber, S., Vetter, M., Eckert, B. & Jodl, H. J., *Experimenting from a distance remotely controlled laboratory (RCL)*, European Journal of Physics **28**, 127-141 (2007). Disponible en: <[http://pen-physik.de/w\\_jodl/Docs/EJP-2007\\_RCL.pdf](http://pen-physik.de/w_jodl/Docs/EJP-2007_RCL.pdf)>. Consultado: 18 de mayo 2016.
- [7] Chen, S., Chen, V., Ramakrishnan, S., Hu, S., Zhuang, Y., Ko, C. & Chen, M., *Development of remote laboratory experimentation through internet*, (1999). Disponible en: <<http://vlab.ee.nus.edu.sg/~vlab/vlab/papers/C-IEEE-hksrc99.pdf>>. Consultado: 6 de marzo 2016.
- [8] Orduña, P., *Transitive and scalable federation model for remote laboratories*, Disertación Doctoral en Sistemas de Información, Universidad de Deusto, España (2013). Disponible en: <<http://morelab.deusto.es/media/publications/theses/pablo-orduna.pdf>>. Consultado: 12 de diciembre 2015.
- [9] San Cristóbal, E., *Metodología estructura y desarrollo de interfaces intermedias para la conexión de laboratorios remotos y virtuales a plataformas educativas*, Disertación Doctoral en Sistemas de Información, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España (2010). Disponible en: [http://meteo.ieec.uned.es/www\\_Usumeteo7/tesis%20esancristobalruiz.pdf](http://meteo.ieec.uned.es/www_Usumeteo7/tesis%20esancristobalruiz.pdf). Consultado: 5 de abril 2016.
- [10] Hernández, R., Fernández, C. & Batista, P., *Metodología de la Investigación*, (Mcgraw Hill, México, 2008).
- [11] García, T., *El cuestionario como instrumento de evaluación*, (Centro Universitario Santa Ana, Almendralejo, 2003). Disponible en: <[http://www.univsantana.com/sociologia/El\\_Cuestionario.pdf](http://www.univsantana.com/sociologia/El_Cuestionario.pdf)>. Consultado el 23 de febrero del 2016.
- [12] Mansilla, C. M., Schpschuk, P. & Cámara, C., *Uso de un laboratorio remoto en el cursado de física en carreras de ingeniería*, Revista de Enseñanza de la Física **27**(extra), 313-319 (2015). Disponible en: <<http://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12621/12897>>.