

# Hacia un estado del arte de los laboratorios remotos en la enseñanza de la física

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Carlos Arguedas Matarrita<sup>1</sup>, Sonia Beatriz Concari<sup>2,3</sup>

<sup>1</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>Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional, E. Zeballos 1371, CP 2000, Rosario, Argentina.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250, CP 2000, Rosario, Argentina.

E-mail: carguedas@uned.ac.cr

## Resumen

En el presente trabajo se aborda el estado del arte sobre el uso de Laboratorios Remotos en la enseñanza de la física; se realiza una investigación de la literatura existente con el fin de mostrar proyectos en los que se usan estas herramientas en la enseñanza de la física y además se da a conocer las prácticas más relevantes específicas para esta disciplina que se encontraron, con el fin de sentar las bases para desarrollar una Tesis en el Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales en la Universidad Nacional de Litoral, Argentina relacionada con el uso de estas tecnologías en la enseñanza de la física en una universidad a distancia.

**Palabras clave:** Laboratorio remoto, Física, Enseñanza, TIC.

## Abstract

In this paper, the state of the art on the use of remote laboratories in Physics teaching addresses. An investigation of the literature was performed in order to show projects in which these tools are used in Physics teaching. Furthermore it reveals the most relevant specific practices in this discipline. These were done in order to lay the groundwork for developing a thesis on Doctor in Education in Experimental Sciences at the Universidad Nacional del Litoral, Argentina, related to the use of these technologies in Physics teaching at a distance university.

**Keywords:** Remote laboratory, Physics, Teaching, ICT.

## I. INTRODUCCIÓN

Siendo la física una ciencia de carácter experimental, los laboratorios se constituyen en espacios esenciales en la enseñanza de esta disciplina.

Por otra parte, en la educación a distancia el tiempo para realizar prácticas de laboratorio queda reducido a las instancias presenciales, por lo que se deben buscar opciones para fortalecer el trabajo experimental. En la actualidad las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) brindan una gran variedad de herramientas que facilitan el aprendizaje, y ya en muchas universidades se realizan experimentos reales a distancia por medio de los Laboratorios Remotos (LR). Chen et al. (1999) señalan que esta forma de realizar experimentos puede ser el siguiente paso importante en la educación a distancia, un paso que en la Universidad Estatal a Distancia (UNED) se debe dar para complementar los laboratorios presenciales con estas herramientas,

## II. METODOLOGÍA

En la realización de esta investigación se llevó a cabo una revisión de la literatura existente centrando la atención en la información que se encuentra en la red, se utilizaron palabras claves como: Laboratorios remotos de física, experimento a distancia, universidades que cuentan con laboratorios remotos y

enseñanza de la física con laboratorios remotos. Se buscaron estas palabras tanto en español como inglés, dando mayores resultados las del idioma inglés; además se analizó la memoria de la *Internacional Conference on Remote Engineering Virtual Instrumentation 2015*. Y por último la consulta a expertos de la Universidad de Deusto.

Se analizaron alrededor de 130 artículos, de los cuales solo 42 eran referidos a laboratorios remotos específicos en la enseñanza de la física (gran parte sobre circuitos eléctricos), no todos utilizados como referencia en este trabajo.

### III. ESTADO DEL ARTE DE LOS LABORATORIOS REMOTOS

El uso de LR se inicia en los Estados Unidos a principios de la década de los noventa con el proyecto *Collaboratories*; este proyecto tenía la finalidad de facilitar el acceso a distancia a instrumentos de alto costo como telescopios astronómicos, aceleradores de partículas y microscopios de efecto túnel entre otros (Kouzes, Myers y Wulf, 1996).

En el campo educativo los proyectos pioneros se registran en el año 1996 en la Universidad de Oregon, donde se desarrolla un laboratorio remoto de robótica para la enseñanza de la ingeniería (Aktan, 1996) y en la Universidad de Tennessee en Chattanooga, donde se realiza un plan piloto con seis experiencias remotas (Henry, 1996). En 1998 se inicia el uso de un LR de óptica en la Universidad de Stanford (Hesselink, Dharmarus y Bjornson, 2000), al que le siguen otros LR como el desarrollado en la Universidad de Brooklyn en el año 2000, en la que se implementa una plataforma de acceso remoto para un laboratorio de mecatrónica (Wong, Kapila y Tzes, 2001), y en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) se implementa un LR de microelectrónica (Del Alamo et al. (2002). En el año 2001 en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Colombia se diseña un laboratorio sobre el manejo de transistores bipolares (Ballén et al, 2002).

Entre los años 2004 y 2006 se realizó un estudio para verificar la cantidad de LR a nivel mundial por un grupo de investigadores de Alemania, quienes encontraron que para el 2004 había 70 LR y en 2006 se había incrementado a 60 proyectos con casi 120 experimentos de acceso remoto (Gröber, Vetter, Eckert y Jodl, 2008), los resultados de esta investigación se muestran en la Tabla I.

**TABLA I.** Laboratorios remotos en el mundo en el año 2006

Año	Número total de LR	Libre acceso	Trabajó sin problemas	Disciplinas
2004	~ 70	~ 70 %	~ 15 %	~ 90 % Ingeniería ~ 10 % otras disciplinas
2006	~ 120 (~ 60 proyectos)	~ 20 %	~ 20 %	~ 60-70 % ingeniería ~ 30 % Física < 10 % otras disciplinas

Entre los hallazgos de esa investigación Gröber et al. (2008) señalan que de los experimentos de física, la mayoría estaban relacionados con la electrónica, más de la mitad de los proyectos se encontraban en Estados Unidos y Alemania, además había poca investigación del uso educativo referente a los LR.

En los últimos diez años se han desarrollado muchos LR en todo el mundo y en diferentes áreas, algunos de los laboratorios que cuentan con prácticas orientadas a la enseñanza de la física se describen a continuación.

**e-Laboratory Project.** Es un proyecto de la Facultad de Matemáticas y Física de la Universidad de Carolina de Praga en la República Checa, donde cuentan con LR desde el año 2002. Desde los inicios participaron además de la referida universidad, la cual aportó el hardware y el software, participaron la Universidad Tamas Bata en Zlin, la que colaboró con el diseño experimental, y la Universidad de Trnava que apoyó con la pedagogía del experimento (Ozvodova, Cernansky, Lustig y Schauer 2005).

En la actualidad este laboratorio cuenta con 18 experimentos de física tales como: difracción en micro objetos, inducción electromagnética, oscilaciones naturales y forzadas, campo magnético, principio de Heisemberg, efecto fotoeléctrico, polarización de la luz, radiactividad, rectificación, el experimento de Frank-Hertz, circuitos RLC y medición de la constante de Planck, entre otros.

En cada práctica se incluyen la motivación, la fundamentación física, una ilustración del experimento, la actividad a realizar, videos donde se muestra el diseño experimental y por último se ejecuta el experimento. Esta secuencia facilita en gran medida la realización de la experiencia, y de los 18 experimentos, 14 de ellos se pueden realizar en dispositivos móviles y los cuatro restantes se encuentran en proceso de ser ofrecidos en el lenguaje de Java Script y HTML5.

La Figura 1 reproduce la página de inicio del e-Laboratory Project.

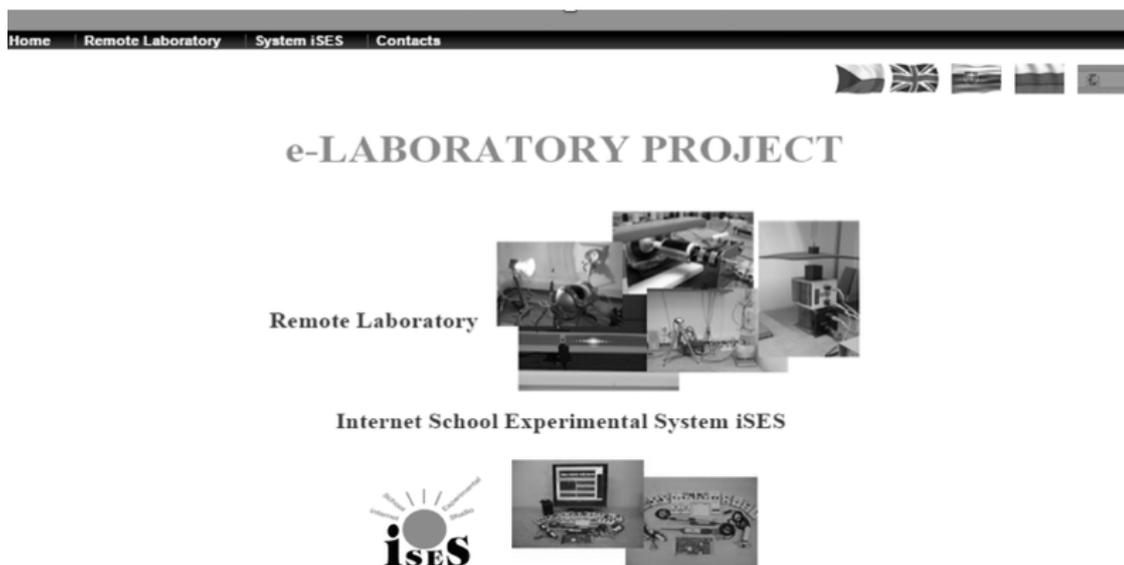


FIGURA 1. Página del e-Laboratory Project (<http://www.ises.info/index.php/en>)

**RemLabNet.** Es un sistema de gestión de experimentos a distancia para el nivel medio y universitario, que agrupa algunos de los experimentos del e-Laboratory Project, pero brinda una plataforma más rígida. En RemLabNet se mejora en gran medida la seguridad en el almacenamiento de datos, lo que permite un mayor uso de los experimentos (Pálka, Schauer y Jaše, 2014).

Entre las prácticas nuevas que no se encuentran en e-Laboratory están: caída libre, plano inclinado, péndulo simple, principio de Arquímedes, Ley de Faraday, además de una práctica de química.

La Figura 2 reproduce la página de inicio del RemLabNet.

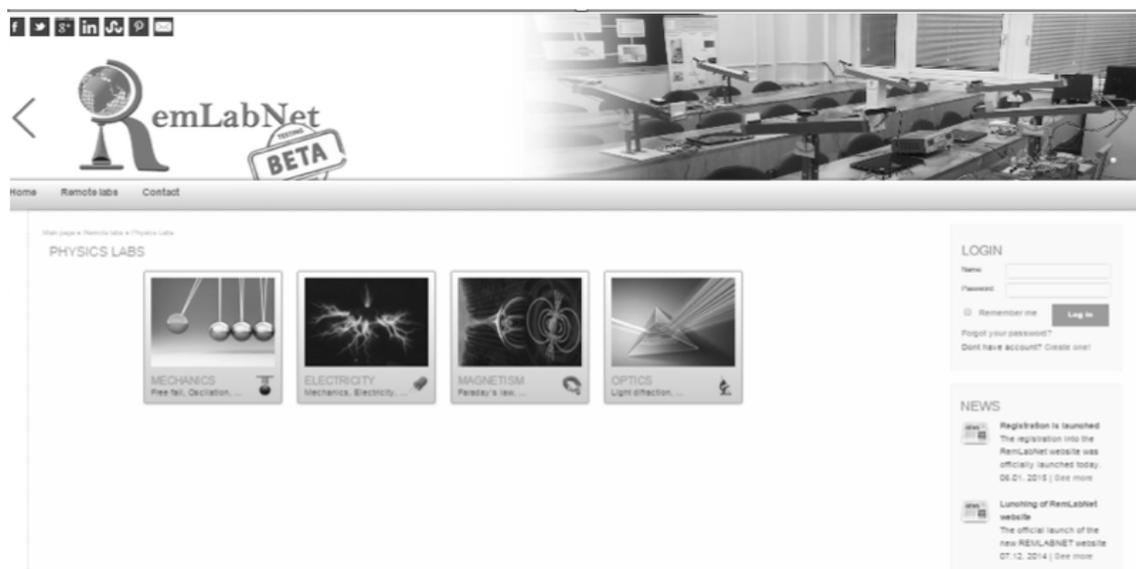


FIGURA 2. Página principal del RemLabNet. (<http://www.remlabnet.eu/?page=categories&cat=2>)

**WebLab-Deusto.** Es un proyecto que está vigente desde el año 2005 de la Universidad de Deusto en España. Rodríguez (2013) señala que “puede ser considerado un RLMS (Remote Laboratory Management System), ya que está diseñado como un *framework* genérico, que soporta cualquier tipo de experimento remoto y que no se limita a un tipo de experimentos específico o a un solo campo” (p.13). Esta característica de WebLab-Deusto permite compartir su tecnología e integrar otros proyectos de LR de todo el mundo.

Algunas de las prácticas desarrolladas por este grupo se cuenta con las siguientes: programación de un robot, circuitos electrónicos, un Aquarium dirigido a estudiantes de primaria y una práctica sobre el principio de Arquímedes.

WebLab-Deusto ofrece sus prácticas en 10 idiomas diferentes y se puede acceder a las mismas por medio de dispositivos móviles.

La Figura 3 reproduce la página de inicio del WebLab-Deusto.



**FIGURA 3.** Página principal de WebLab-Deusto.  
(<https://weblab.deusto.es/weblab/client/?locale=es#page=experiment&exp.category=Visir experiments&exp.name=visir>)

**Laboratorio Remoto del Grupo Galileo.** El Grupo Galileo de la Universidad Nacional del Litoral desde el año 2005 ha implementado un LR con tres prácticas de física. Kofman y Concari (2011) señalan que el laboratorio “surge como parte de un proyecto de investigación educativa a lo largo de las líneas de mejora de recursos didácticos para la enseñanza de la física universitaria” (p.294). En la actualidad el grupo Galileo cuenta en su LR con tres prácticas: Circuitos RC-RL-RLC, Riel Inclinado con Volante y Campo magnético en un solenoide, esta última práctica según Kofman, De Greef, Peso y Lucero (2011) facilita el acceso a grupos de alumnos que de otra forma no tendrían posibilidad de realizar el trabajo a nivel de laboratorio, ya que se requiere de un dispositivo que no figura entre los experimentos tradicionales que ofrecen las empresas dedicadas a venta de equipamiento didáctico.

En cada práctica se incluyen las instrucciones de acceso LR, uso de la cámara y actividades de enseñanza sugeridas. Debido a que estas experiencias están programadas en JAVA, no se pueden realizar en dispositivos móviles como teléfonos inteligentes.

La Figura 4 reproduce la página de inicio del Laboratorio Remoto del Grupo Galileo.



FIGURA 4. Laboratorio Remoto Grupo Galileo. (<http://galileo4.unl.edu.ar/descripcionVolante.html>)

**Physil@b.** Es un proyecto iniciado en el año 2010, ha sido desarrollado por cuatro universidades: Universidad Tecnológica de Colombia, Universidad Católica de Pereira, Universidad Católica de Manizales y la Universidad de Medellín, las cuales conforman el grupo GEMA. En su sitio Physil@b se encuentran cuatro prácticas que esas instituciones han desarrollado en forma conjunta: movimiento rectilíneo uniforme, movimiento uniformemente acelerado, caída de los cuerpos y conservación de la energía.

La Figura 5 reproduce la página de inicio del Physil@b.

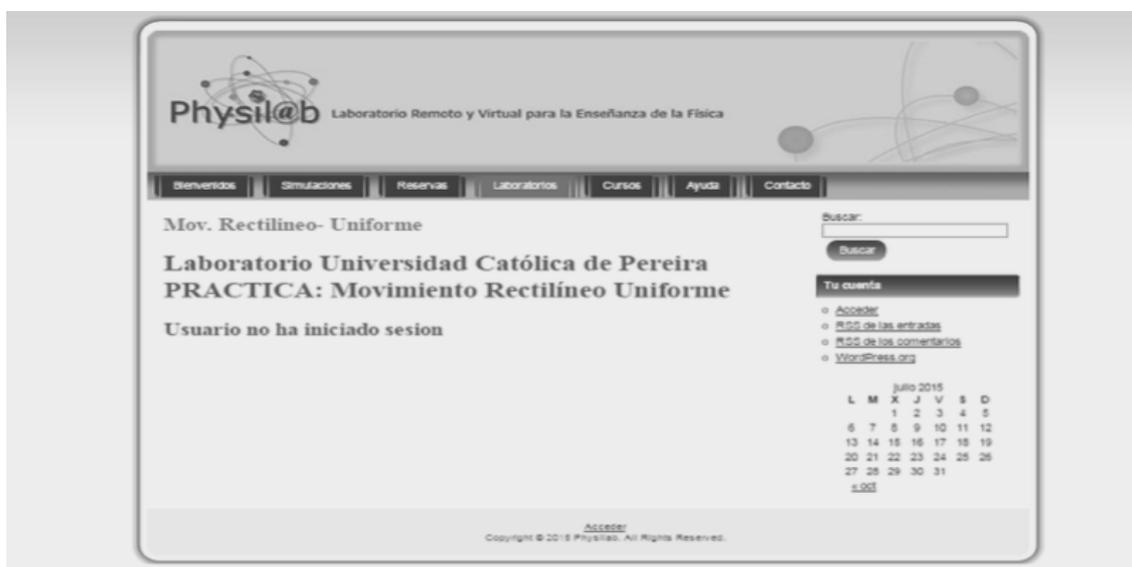
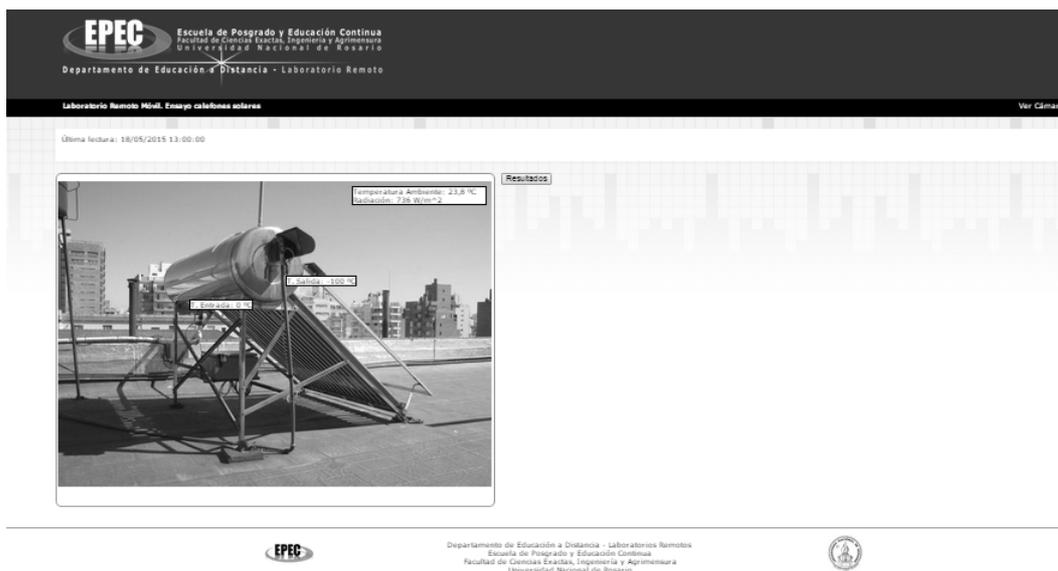


FIGURA 5. Página de Physil@b. (<http://physilab.ucp.edu.co/web/#>)

**Laboratorio Remoto Móvil.** Este laboratorio ha sido desarrollado en la Universidad Nacional de Rosario (UNR), y aplicado a la evaluación de la eficiencia energética de calefones solares en el sitio donde éstos estuviesen emplazados. En su uso educativo, la práctica utilizada en la formación de alumnos de posgrado incluye la fundamentación, una guía didáctica y acceso remoto al calefón solar.

La Figura 6 reproduce la página de inicio del Laboratorio Remoto Móvil.



**FIGURA 6.** Página del Laboratorio Remoto Móvil. (<http://labremf4a.fceia.unr.edu.ar/labs/solargsm/>)

En la UNR también se cuenta con un LR de circuitos electrónicos que se usa con fines educativos.

En la Tabla II se muestran la cantidad de prácticas remotas que se encuentran en los proyectos antes descritos.

**TABLA II.** Cantidad de LR de física en seis diferentes proyectos.

<i>Proyecto</i>	<i>Cantidad de LR de física</i>
WebLab-Deusto	4
e-Laboratory Project	18
RemLabNet	16
Grupo Galileo	3
Physil@b	4
Universidad Nacional de Rosario	2
Total	47

#### IV. CONCLUSIONES

Este relevamiento realizado sobre LR para la enseñanza de la física muestra importantes desarrollos en los últimos años que permiten avizorar un uso progresivamente creciente de estos recursos.

Muchos de los proyectos que buscan desarrollar LR se realizan en conjunto entre varias universidades y con equipos interdisciplinarios de esta forma se aprovecha el camino recorrido por otros centros de enseñanza y se logran productos más atinentes para promover aprendizaje.

Han sido descriptos algunos de los proyectos de LR desarrollados para la enseñanza de la física; se espera en un próximo trabajo mostrar el impacto educativo que ha tenido el uso de estas herramientas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Estatal a Distancia (UNED) por la beca otorgada a través del Proyecto de Mejoramiento Institucional (AMI) para la realización del Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales en la Universidad Nacional del Litoral.

#### REFERENCIAS

Alhalabi, B. Marcovitz, D. Hamza, K. y Hsu, S. (2000). Remote labs: An innovative leap in engineering distance education. Recuperado de

[http://www.kpu.ca/sites/default/files/Teaching%20and%20Learning/TD.6.1.2\\_Lang\\_Comparative\\_Study\\_of\\_Physics\\_Labs.pdf](http://www.kpu.ca/sites/default/files/Teaching%20and%20Learning/TD.6.1.2_Lang_Comparative_Study_of_Physics_Labs.pdf) (18/6/2015)

Atkan, B. (1996). Distance Learning Applied to Control Engineering Education. Tesis Master of Science in Electrical And Computer Engineering. Recuperado de <https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/34806/AktanBurcin1996.pdf?sequence=3> (17/6/2015)

Chen, S. Chen, V. Ramakrishnan, S. Hu, S. Zhuang, Y. Ko, C. y Chen, M. (1999). Development of Remote Laboratory Experimentation through Internet. Recuperado de <http://vlab.ee.nus.edu.sg/~vlab/vlab/papers/C-IEEE-hksrc99.pdf> (14/6/2015)

Del Alamo, J. Brooks, L. McLean, C. Hardison, J. Mishuris, G. Chang, V. y Hui, L. (2002). The MIT Microelectronics WebLab: a Web-Enabled Remote Laboratory for Microelectronic Device Characterization. Recuperado de <http://www-mtl.mit.edu/~alamo/pdf/2003-2002/2002/delAlamo%20NL%202002.pdf> (9/6/2015)

Gröber, S. Vetter, M. Eckert, B. y Jodl, H. (2008). Experimenting from a Distance-Remotely Controlled Laboratory (RCL). Recuperado de <http://discoverlab.com/References/Experimenting%20from%20a%20Distance.pdf> (24/5/2015)

Hesselink, L. Rizal, D. y Bjornson, E. (2000). CyberLab: Remote access to laboratories through the world-wide-web. Recuperado de <http://www.discoverlab.com/References/043.pdf> (27/5/2015)

Kofman, H. y Concari, S. (2011). *Using remote labs for Physics teaching*. In: *Using Remote Labs in Education*. J. GarcíaZúbia and G. Alves (Eds.): University of Deusto Publications, 293-308 (2011). Recuperado de <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/otraspub/otraspub01.pdf> (22/5/2015)

Kofman, H. De Greef, M. Poeso, J. y Lucero, P. (2011). Estudio del campo magnético de un solenoide con experimento remoto y simulación. *Revista de Enseñanza de la Física*. 24 (2), pp.55-64. Recuperado de <http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/8171/9050> (29/5/2015)

Kouzes, R. Myers, J. y Wulf, W. (1996). Collaboratories: Doing Science on the Internet. Recuperado de <http://www.virginia.edu/cs/people/faculty/pdfs/Collaboratories.pdf> (23/5/2015)

Ozvodova, M. Cernansky, P. Lustig, F. y Schauer, F. (2005). Experience with Remote Physics Experiments in Student's Laboratory. Recuperado de [http://www.ises.info/old-site/clanky\\_pdf/paper2.pdf](http://www.ises.info/old-site/clanky_pdf/paper2.pdf) (9/6/2015)

Pálka, L. Schauer, F. y Jaše, R. (2014). Safety of database storage for remote laboratories and laboratory management system. Recuperado de <http://www.europment.org/library/2014/varna/bypaper/AMCSE/AMCSE-13.pdf> (12/6/2015)

Rodríguez, L. (2013). Diseño e implementación de la plataforma Boole-WebLab-Deusto para el prototipado rápido de sistemas digitales mediante el uso de laboratorios remotos y realidad aumentada. Recuperado de [http://weblab.deusto.es/pub/pfc\\_luis/pfc\\_luis.pdf](http://weblab.deusto.es/pub/pfc_luis/pfc_luis.pdf) (9/6/2015)

Vega, E. Muñoz, G. Roncancio, H. Velasco, H. Ballén, J. y Rodríguez, C. (2002). Laboratorio Remoto en la Educación de la Ingeniería. *Revista de Ingeniera Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. 7(1), pp. 85-87. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/view/2276/3071> (14/6/2015)

Wong, H. Kapila, V. y Tzes, A. (2001). Mechatronics/process control remote laboratory. Recuperado de [http://search.asee.org/search/fetch;jsessionid=vmv6ugjyqtd5?url=file%3A%2F%2Flocalhost%2F%3A%2Fsearch%2Fconference%2F25%2FAC%25202001Paper672.PDF&index=conference\\_papers&space=129746797203605791716676178&type=application%2Fpdf&charset](http://search.asee.org/search/fetch;jsessionid=vmv6ugjyqtd5?url=file%3A%2F%2Flocalhost%2F%3A%2Fsearch%2Fconference%2F25%2FAC%25202001Paper672.PDF&index=conference_papers&space=129746797203605791716676178&type=application%2Fpdf&charset) (28/5/2015)