

TAXONOMÍA DE LABORATORIOS Y ESTRATEGIAS E-LEARNING PARA LA FORMACIÓN EN MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA

J. Divitt ED. G Velosa^{1}, Ernesto Córdoba Nieto²*

1: Ingeniero Mecánico, MBA, Msc en Ingeniería Materiales y Manufactura, Universidad EAN. Bogotá D.C., Colombia

2: Ingeniero Mecánico, Msc en Ingeniería de Producción y Diseño, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia

*Contacto: jvelosa@ean.edu.co

RESUMEN

La rápida expansión de Internet y su crecimiento mundial ha impactado significativamente la educación y la formación y ahora requiere de herramientas soportadas en medios virtuales y teleoperados para fortalecer las diferentes disciplinas. La investigación y el conocimiento en los campos de ciencia e ingeniería en el área de materiales y manufactura son fundamentales para la industria y el desarrollo tecnológico de un país, pero es vital para la formación la experimentación. En esta línea, existen factores que afectan la formación tradicional de forma negativa, causando en los estudiantes resultados no exitosos en el uso y experimentación de laboratorios.

- Limitada disponibilidad de horario en el laboratorio y equipos costosos
- Limitado espacio y factores de seguridad industrial en el laboratorio
- Sistema de evaluación basado por competencias (auto evaluación y aprendizaje autónomo)
- Uso del laboratorio para prácticas de investigación – mayor disposición de tiempo
- Dificultad de desplazamiento y horario de los estudiantes – educación a distancia

Para sortear estas dificultades la academia y la tecnología han presentado diferentes alternativas con diferentes alcances. Este artículo presenta la taxonomía y el análisis de estrategias e-Learning, estructura virtuales, y ejemplos para el aprendizaje e investigación en materiales y procesos de manufactura; aprovechando las redes de alta velocidad, nuevas tecnológicas TIC y proyectos de interconexión de laboratorios de varias instituciones. Estas taxonomías y tipologías son confrontadas con las capacidades necesarias y requeridas, que cada medio y herramienta brindar. Ya que las necesidades de formación son diferentes para el técnico, profesional, investigador o empresa.

Palabras Clave: *Laboratorios virtuales, Educación Virtual, Infraestructura Tecnológica de laboratorios*

ABSTRACT

Education and training has been significantly impacted by the rapid expansion of the Internet and also by the global growth, and now is requiring for virtual media tools and tele-operated in order to strengthen the different disciplines. The research and knowledge in the materials science and engineering, and the manufacturing processes are critical to the industry and technological

development of a country, but for the formation experimentation is vital. In this line, there are factors that affect negatively the traditional training, resulting in students unsuccessful in the use and testing laboratories.

- Limited time availability of the laboratory and expensive equipment
- Limited space and industrial safety factors in the laboratory
- System competency-based assessment (self-assessment and independent learning)
- Use of laboratory research practices - increased time available
- Difficulty to travel and schedule students - distance education

To solve these difficulties, the academia and technology have presented different alternatives with different scopes. This paper presents taxonomy and analysis of e-Learning strategies, virtual structure, and examples for learning and research in materials and manufacturing processes, taking advantage of high-speed networks, new ICT technology and laboratories interconnection projects of various institutions. The skills needed and required of these taxonomies and typologies are confronted with that each medium and tools provide. Training requirements are different for technical, professional, researcher or company

Keywords: *Virtual labs, Virtual Education, Infrastructure Technology laboratories*

1 INTRODUCCIÓN

La educación en la ciencia y la ingeniería requiere de experimentación práctica [1], ya que con ello se pueden afianzar los conceptos y experticias. Sin embargo las dificultades que traen los cambios actuales en la presencialidad frente a la adquisición de conocimiento se hace necesario explorar otros medios de comunicación. Actualmente y gracias al avance de las redes de comunicación, se han implementado herramientas apoyadas en las TIC, aunque inicialmente se presentaron como un medio de repetición de experiencias, actualmente se han implementado estrategias e-manufacturing¹, m-manufacturing² y trabajo colaborativo. En la tabla 1 se clasifican las ventajas y desventajas de los tres sistemas más extendidos como laboratorios para el área de manufactura.

2 LABORATORIOS E-LEARNING EN INGENIERÍA

Uno de los más recientes y completos estudios en el país sobre la realidad virtual y los procesos de manufactura [2], habla del concepto de Entorno Virtual (EV) reuniendo todas las herramientas TIC, que se apoyan en los computadores, redes y software, y que facilitan el acceso a sistemas reales y virtuales. Dependiendo de la naturaleza de los equipos y acceso de los usuarios; se establecen varios tipos de laboratorios y sus posibles combinaciones (hibrido). Ver Figura 1 a). Además de propuestas híbridas tanto en lo físico, lo técnico y las estrategias pedagógicas. Existen un gran número de beneficios al poder realizar laboratorios remotos, virtuales y de

¹ e –manufacturing es el proceso por el cual se puede apoyar la manufactura por medio de herramientas TIC, redes distribuidas o operadas a distancia.

² m-manufacturing es la reunión de disciplinas y de las actividades de control o de supervisión en un sistema de fabricación a través de una red inalámbrica

realidad virtual extendida: el desperdicio de material, la repetición y experimentación, la seguridad tácita y directa, son algunas de las ventajas para las instituciones que optan por tener este tipo de herramientas. Los laboratorios que tiene entre sus herramientas acercamientos a los equipos *Hand-on labs*, requieren en los estudiantes un desarrollo de entendimiento mayor en los principios físicos inmersos en ellos [3], y es necesario establecer integración en más campos que solo la experimentación directa.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de cada tipo de laboratorio

Tipo de Laboratorio	Ventajas	Desventajas	Objetivo
Real- Presencial	<ul style="list-style-type: none"> • Datos reales • Interacción con el equipo real • Trabajo Colaborativo • Interacción con el supervisor 	<ul style="list-style-type: none"> • Restricciones de tiempo y lugar • Requiere cronograma • Costosos • Requieren supervisión 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar prácticas con materiales reales y obtener datos para análisis posteriores
Remoto [RL]	<ul style="list-style-type: none"> • Interacción con el equipo real • Datos reales • No existen restricciones de tiempo y lugar • Costo medio 	<ul style="list-style-type: none"> • Únicamente presencia virtual en el laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> • Igual que el anterior , pero brindando la posibilidad de hacer la toma de datos y experimentación fuera del laboratorio
Virtual [RV]	<ul style="list-style-type: none"> • Buena explicación de conceptos • No existen restricciones de tiempo y lugar • Mediana interacción • Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos idealizados • Falta de colaboración • No es interactivo con el equipo real 	<ul style="list-style-type: none"> • Instruir al estudiante en competencias de supervisión, control y características de proceso
Virtual extendido [RVE]	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor acercamiento a los equipos reales • Facilidad en aplicaciones de entrenamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere herramientas de interfaz (casco, guante, manipulador) 	<ul style="list-style-type: none"> • Formar habilidades para la realización de procesos específicos , con elementos que aproximen a las sensaciones vivenciales del proceso

Fuente ³

Los laboratorios donde se interviene de forma real son la base para aquellos procesos donde se quiere implementar y desarrollar otro tipo de ambientes más virtualizados como virtual-labs (simulación) y laboratorios remotos (Online) los híbridos T1, T2, T3 y T4 que son combinaciones apoyadas en la tecnología y que hacen parte de la construcción del conocimiento. La identificación del tipo de laboratorio disponible debe estar fuertemente relacionada con las competencias del nivel al cual está dirigido y la posible ruta de implementación. Ver figura No.1 b) C: Educación básica, A: Técnico, B: Tecnólogo, E: Investigador y D: Profesional (sector real).

³ REMOTE LABORATORIES VERSUS VIRTUAL AND REAL LABORATORIES

Zoricu Nedic¹, Jan Machotkd and Andrew Najhlsk², 33^d ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference

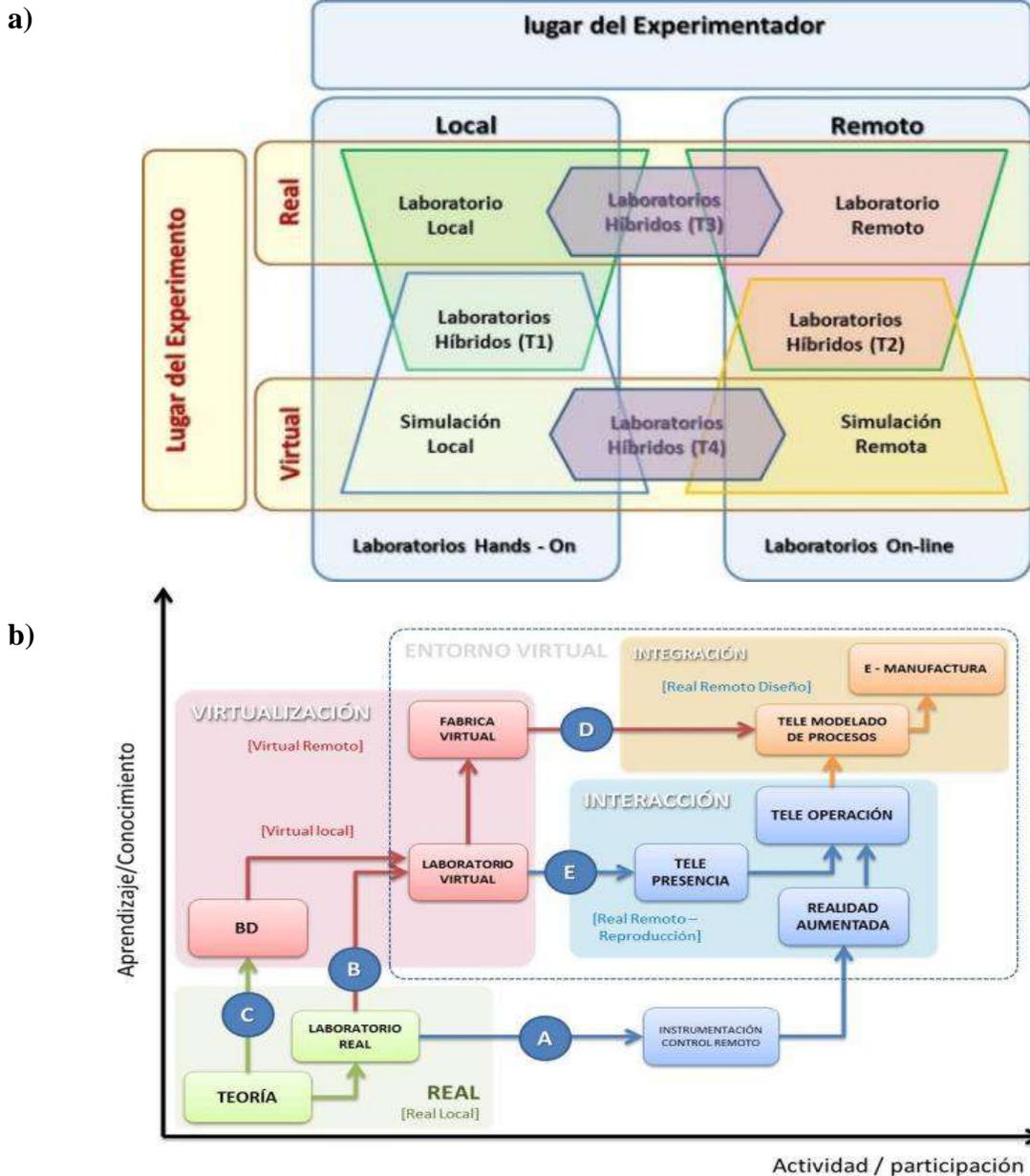


Figura 1. Clasificación de los entornos experimentales

Entre las acciones e-learning más utilizadas que se adaptan al uso de los laboratorios en ambientes virtuales cabe mencionar; las asincrónicas: la experimentación de un fenómeno puntual, la generación de propuestas de diseño, la solución de problemas e investigación sobre una problemática. Y de las sincrónicas; capacitación, tele-operación, control y simulación de fenómenos.

2.1 Formación en el campo real, virtual y tele operación en ingeniería

Tradicionalmente el campo donde más se ha utilizado el uso de laboratorios en la formación presencial para ingeniería está el en campo de la experimentación e investigación y en áreas como la robótica y control de procesos. El aumento en la automatización y TICs ha hecho que cada vez más se utilicen herramientas en línea para la operación de máquinas y equipo para la formación en ingeniería. Siguiendo el proceso de desarrollo de producto-proceso, se pueden presentar diferentes procesos de la ingeniería donde se pueden utilizar las herramientas virtuales o su apoyo para la formación virtual. Aunque existen programas de formación completamente virtuales en Ingeniería el término *Blended learning* se entiende como mecanismos de apoyo al estilo tradicional de clases por medio de actividades online [10]. Los laboratorios en los entornos virtuales nacen de la necesidad de brindar apoyo a la presencialidad sin embargo estos han evolucionado hasta brindar la posibilidad de experimentar en algunas nuevas aplicaciones como la Haptica Automática. Las prácticas en ingeniería de materiales se pueden clasificar en aquellas que corroboran un grupo propiedades y aplicaciones de manejo de equipos como es el caso del mecanizado CNC, ensamble con robots, o sistemas de soldadura.

2.2 Habilidades y experticias requeridas del ingeniero frente a entorno virtual de aprendizaje

Un entorno virtual es un espacio adaptativo que favorece el trabajo independiente y autónomo del estudiante, con la finalidad de ofrecer enfoques no secuenciales que fomenten la libre asociación de ideas soportado en herramientas y sistemas TIC. Para mantener el equilibrio entre la formación teórica y la práctica en ambientes virtuales es necesario verificar las experticias y los mecanismos de evaluación de las mismas. Se plantean por ABET⁴, cual ha de ser la estrategia de verificación frente a utilización de ambientes virtuales en cada etapa del proceso de aprendizaje del ingeniero. Estrategias e-learning en Ambientes virtuales de aprendizaje: Se presentan diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes virtuales que se basan en una escala de varias dimensiones y la relación con las estrategias de laboratorios virtuales. [11] Entre ellos cabe mencionar: Sensorial/intuitivo (Bases de datos Software de simulación, visual/auditivo (Videos tutoriales Teleconferencias), activo/reflexivo (Tele operación), secuencial/global (Software de Integración Ejem. CAD/CAM, e inductivo/deductivo (Laboratorios remotos)

2.3 Ejemplo de laboratorios para la enseñanza de materiales y manufactura

Los principales laboratorios presenciales en los que se han enfocado los procedimientos de operación remota o virtualización y que ya están en uso de forma remota o virtual son relacionados en la tabla 2:

⁴ ABET: Accreditation Board for Engineering and Technology

Tabla 2. Ejemplos de aplicación en áreas de materiales y manufactura.

ÁREA	EJEMPLO
Laboratorios de Robótica y CIM	Laboratorio distribuido con acceso remoto a través de Renata para la experimentación en robótica
Estructuras y dinámica estructural	Desarrollo tecnológica de los laboratorios remotos de estructuras e ingeniería sísmica y dinámica estructural
Ciencia e Ingeniería de Materiales	The idea of material science virtual laboratory.
Termodinámica y Control	Collaborative remote Laboratories in engineering Education challenges and vision
Resistencia de Materiales	Artificial intelligence and virtual environment application for materials design methodology
Soldadura	Prototype virtual reality-based demonstrator for immersive and interactive simulation of welding processes.
Fundición	Laboratorio virtual de Fundición, INTI Instituto nacional de Tecnología Industrial
Mecanizado CNC	Diseño de un Entorno Virtual para la Enseñanza de Procesos de Mecanizado
Selección de materiales	Applications of virtual manufacturing in materials processing
Diseño de Materiales	Development of an Internet System for Composite Design and Thermophysical Property Prediction

Fuente los autores

Uno de los ejemplos más exitosos de la operación remota es el desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, con el proyecto e-manufacturing (Labfabex⁵) para el desarrollo de producto proceso sobre la plataforma TIC, en el Laboratorio de Mecatrónica, con ayuda del sector real productivo, Colciencias y otras Universidades Nacionales o Internacionales.

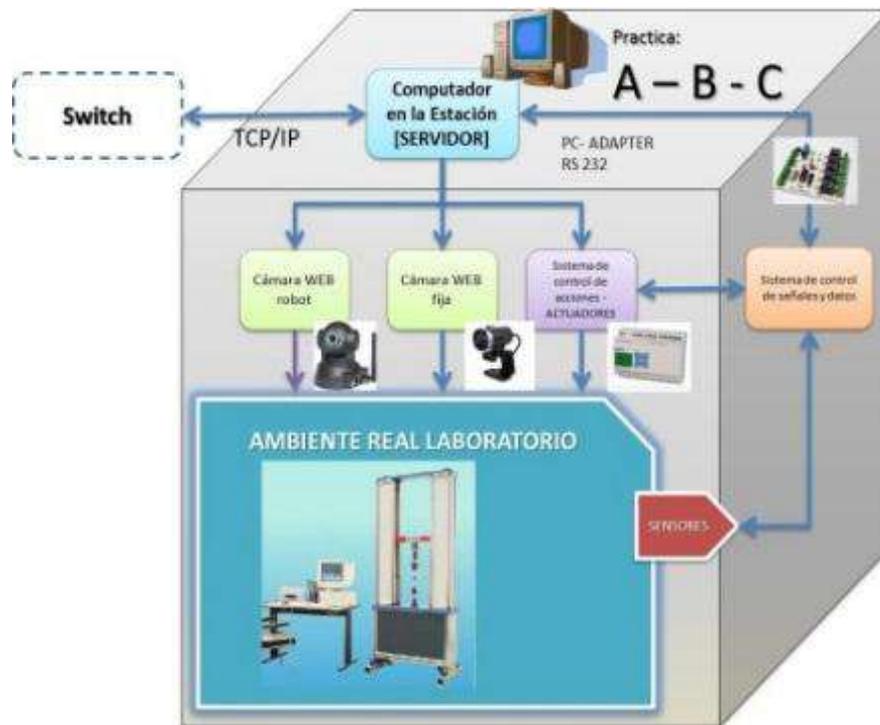
2.4 Taxonomía, estructura y modelos de LV

Una propuesta de clasificación los diferentes entornos virtuales se basa en la relación entre el usuario y lugar donde reside en ambiente. Los elementos que se identifican en esta estructura están: el computador del usuario, el lugar donde está la información o sistema a trabajar (browser), el software o sistema de comunicación y las características de las redes. Estas relaciones se pueden clasificar en Monolítica, Semi distribuida y distribuida. [12]. Según los elementos que lo componen: El estándar [IEEE P1484.1/D9, 2001] LTSA especifica una arquitectura de alto nivel para el aprendizaje, la educación y los sistemas de entrenamiento soportados a través de tecnologías de la información. Una arquitectura es un esquema o esqueleto para diseñar sistemas y para compararlos. Los niveles o capas (layers) de esta arquitectura son [11]: Nivel 1 - Interacciones entre el aprendiz y el ambiente. Nivel 2 - Características de diseño relacionadas con el aprendiz. Nivel 3 - Componentes del sistema. Nivel 4 - Perspectivas de implementación y prioridades. Nivel 5 - Componentes operativos e interoperabilidad, codificación, APIs, protocolos de comunicación. Como se observa en la figura No. 2, La

⁵ Laboratorio fabrica experimental e –manufacturing de la universidad nacional en Convenio con Imocom SA

propuesta para un laboratorio de tele operación para materiales está constituido por unidades modulares que integran los diferentes niveles.

a)



b)

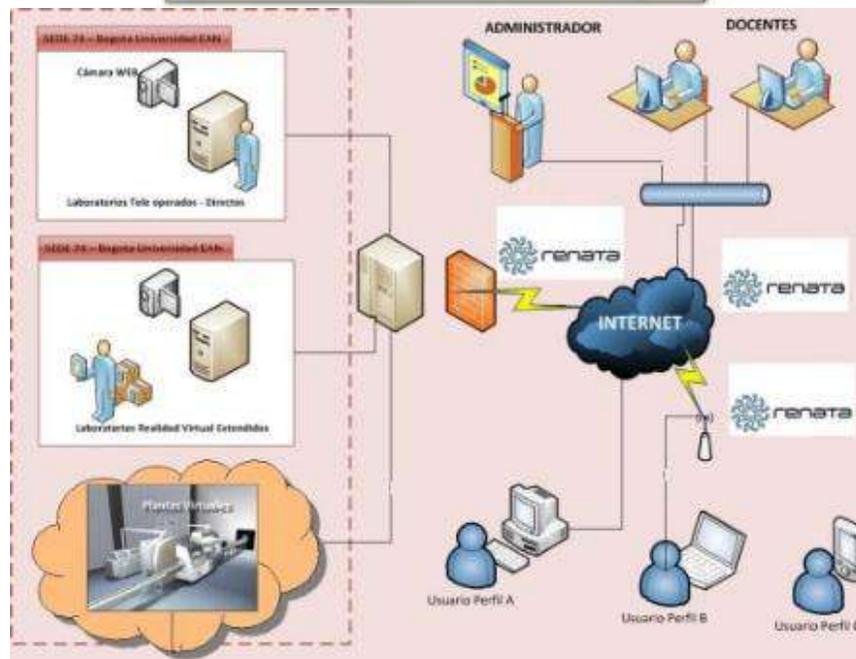


Figura 2. Arquitectura de laboratorios virtuales

3 CONCLUSIONES

Existen diferentes métodos de caracterizar los laboratorios virtuales para Ingeniería; la naturaleza y su aplicación, la experticia que se quieren lograr, las ciencias involucradas y la arquitectura, etc., sin embargo es necesario evaluar cuál es la más acorde con las necesidades educativas y de recursos.

La Universidad, docente o estudiante que quiera utilizar de estas herramientas virtuales debe estar muy atento de identificar las ventajas y desventajas de cada tipo y clasificación. Desde el punto de vista de las instituciones educativas el uso de estos entornos virtuales y su acceso debe enfocarse a: un acceso autónomo, elaborar laboratorios complejos, fortalecer laboratorios virtuales y Tele-operados, hacer uso de redes de alta velocidad y de redes de laboratorios como la Red de Laboratorios Virtuales y Tele-operados de Colombia (e-LAB Colombia, institución liderada por la Universidad Autónoma del Caribe y cofinanciada por RENATA y COLCIENCIAS). Para el docente su ventaja se visualiza en tener la posibilidad de evaluar el impacto de la implementación de este tipo de herramientas en su estrategia pedagógica, así como la facilidad de uso, asequibilidad y formación previa para su fortalecimiento. Y para el estudiante para poder formarse en ciencias complejas y el poder controlar y organizar su tiempo en el trabajo autónomo, sincrónico y asincrónico, frente a los nuevos retos de la modernidad y los cambios de paradigmas de la educación presencial.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. J. B. Silva, J. Bosco Alves y G. Alves, “Large and small scale networks of remote labs: a survey”.
2. J. D. Cardona y M. Á. Hidalgo, Realidad Virtual y Procesos de Manufactura, Cali, Colombia: Uniautonoma, 2007.
3. D. Muller y H.-H. Erbe, “Collaborative Remote Laboratories in Engineering Education: Challenger and Visions”de Advances on remote laboratories and e-learning experiences, Bilbao, España, University of Deusto, 2007, pp. 35 - 54.
4. L. MatWeb, “MatWeb Material Property Data” 10 agosto 2012. [En línea]. Available: <http://www.matweb.com/index.aspx>. [Último acceso: 12 agosto 2013].
5. M. I. S. Database, “Mat Navi” NIMS Materials Database, 12 agosto 2013. [En línea]. Available: http://mits.nims.go.jp/index_en.html. [Último acceso: 18 agosto 2013].
6. T. N. LIMITED, “Sketchup” TRIMBLE, 2 agosto 2013. [En línea]. Available: <http://www.sketchup.com/intl/es/index.html>. [Último acceso: 18 agosto 2013].

7. M. I. o. Technology, “MITOPENCOURSEWARE” MIT, 19 agosto 2013. [En línea]. Available: <http://ocw.mit.edu/courses/simulations-applets-and-visualizations/#materials-science-and-engineering>. [Último acceso: 19 agosto 2013].
8. CustomPartNet, “Custompart” Custompart, 30 julio 2013. [En línea]. Available: <http://www.custompartnet.com/>. [Último acceso: 10 agosto 2013].
9. G. INGCO, “Virtual Plant” EMZAC, 30 julio 2013. [En línea]. Available: <http://www.virtualplant.net/que-es-virtualplant>. [Último acceso: 30 julio 2013].
10. F. A. Candelas, S. T. Puente, F. Torres y C. A. Jara, “Hands-on experiences of undergraduate students in Automatics and Robotics using a virtual and remote laboratory” *Computers & Education*, vol. 1, n° 2451–2461, pp. 57-60, 2011.
11. I. G. Friss de Kereki, “Modelo para la Creación de Entornos de Aprendizaje basados en técnicas de Gestión del Conocimiento” Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2003.
12. S. Dormido, “Desarrollo de laboratorios virtuales y remotos con Easy Java Simulations (Ejs),» Dpto. Informática y Automática -UNED, Madrid, 2008.