

LABORATORIO DISTRIBUIDO CON ACCESO REMOTO A TRAVÉS DE RENATA PARA LA  
EXPERIMENTACIÓN EN ROBÓTICA

**Bayron Calvache+, Jaime Buitrago++, Jaiber Cardona++, Bladimir Bacca C.+,** Eduardo  
Caicedo B.+

+ Universidad del Valle, Escuela de Ing. Eléctrica y Electrónica, Cra 100 No. 13-00, Cali,  
Colombia, [ecaicedo@univalle.edu.co](mailto:ecaicedo@univalle.edu.co)

++ Universidad del Quindío, Facultad de Ingeniería, Cra 15 CII 12N, Armenia, Colombia,  
[jaibercardona@uniquindio.edu.co](mailto:jaibercardona@uniquindio.edu.co)

### Resumen

El objetivo de este proyecto es concebir e implementar un laboratorio distribuido de acceso remoto a través de la Red Colombiana de Datos de Nueva Generación RENATA para la experimentación en robótica, basado en una arquitectura cliente – servidor y constituido por una plataforma móvil estándar tipo Pioneer 3DX (Universidad del Valle), un manipulador Mitsubishi RV-2AJ (Universidad del Quindío) y una estructura de información para el control o supervisión de los robots por varios usuarios. El proyecto deberá cumplir las siguientes características: Fácilmente reproducible; con capacidad de experimentación en línea con los robots reales y facilidad de acceso; robusto, confiable y flexible; y con capacidad de gestión de la información de los usuarios que tienen acceso a la plataforma. Los productos finales propuestos de este proyecto son: Laboratorio remoto para experimentación en robótica móvil en la Universidad del Valle, Laboratorio remoto para la experimentación en robótica con manipuladores en la Universidad del Quindío, Laboratorio distribuido de acceso remoto sobre la red RENATA constituido por los laboratorios de cada institución, Curso Virtual en Robótica Móvil y un curso Virtual en Robótica de Manipuladores.

**Palabras Clave:** Robótica móvil, laboratorios virtuales, robótica de manipuladores.

### Abstract

The main objective of this project is conceive and implement a shared remote access laboratory through RENATA for robotics experimentation, it is based on a client-server architecture and composed for a Pioneer 3DX mobile platform (at Universidad del Valle), a Mitsubishi RV-2AJ robotic arm (at Universidad del Quindío) and a management software for robot control and monitoring by several users. The project must to satisfy the characteristics as follows: Easy reproducibility; On-line robot experimentation capability and easy access; Robust, feasible and flexibility; and user information management capability. The final results of this project are: A

remote laboratory for mobile robotics experimentation at Universidad del Valle; A remote laboratory for arm manipulators robotics at Universidad del Quindío; A shared remote access laboratory over RENATA network formed for both remote laboratories above; A virtual course on Mobile Robotics; and a virtual course on Arm Manipulators Robotics.

**Keywords:** Mobile Robotics, Virtual Laboratories, Arm Manipulator Robotics

## **INTRODUCCIÓN**

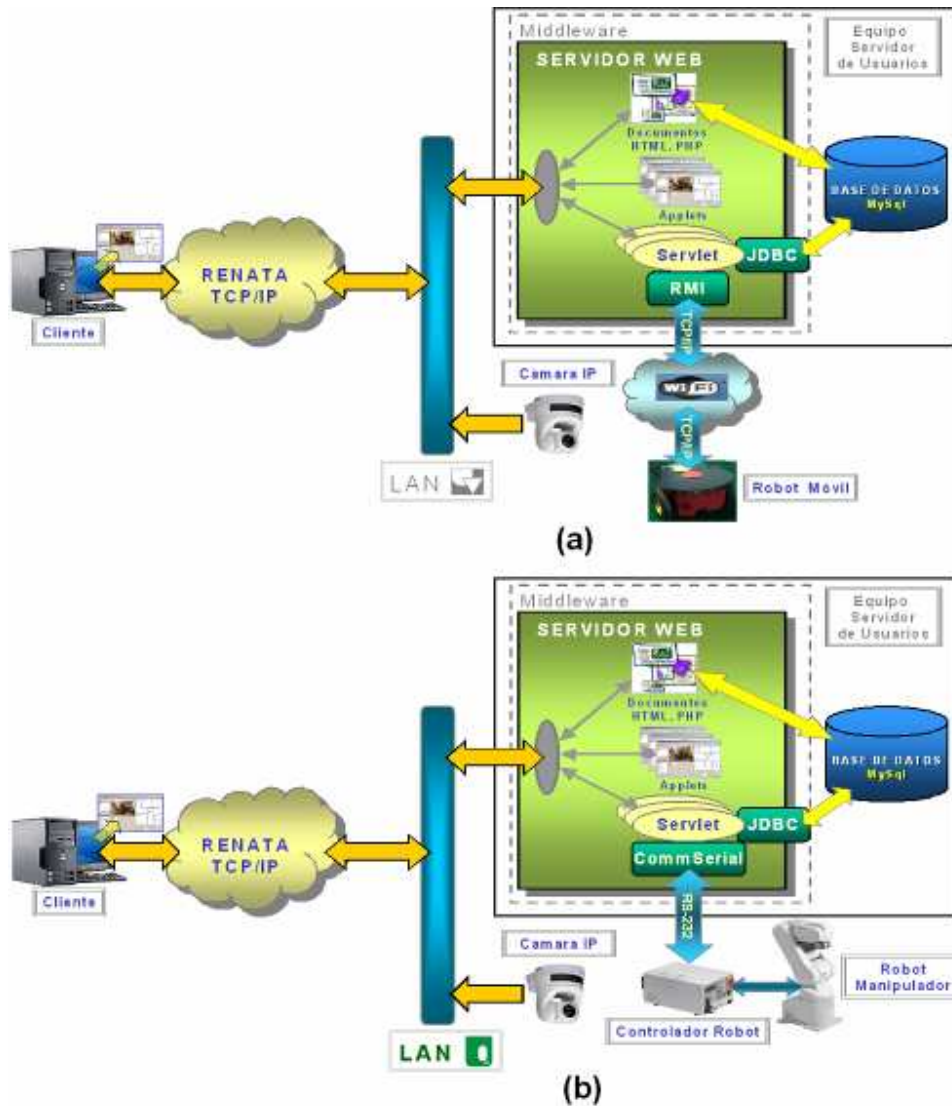
El aprendizaje autónomo gestionado a través de la Web, los sitios WEB especializados, los repositorios de recursos educativos abiertos, los libros electrónicos y los laboratorios de acceso remoto, juegan un papel cada vez más importante en los procesos de enseñanza-aprendizaje, logrando que el desarrollo de temas investigación de vanguardia se realice con mayor eficacia y menor movimiento de personal, llegando inclusive a estudiantes marginados económica y/o geográficamente [Dalton01] [Khamis03] [Sanchez05] [Sartorius05] [TakSum99] [Unesco00]. La robótica como un área del conocimiento inherentemente multidisciplinar no ha sido ajena a estos cambios.

Actualmente no se dispone en la región de suficientes herramientas, versátiles y robustas, que permitan la experimentación flexible en esta área. Cualquier desarrollo en algún campo de la robótica implica hoy, dentro de nuestro entorno, necesariamente la construcción del hardware para soportarlo o llegar solamente hasta la simulación, ya que las plataformas estándar (industriales) para el desarrollo de aplicaciones en robótica son costosas debido a la alta confiabilidad tanto en el hardware como en el software que incorporan. Por ello no todas las instituciones de educación superior cuentan con recursos humanos ni materiales suficientes para afrontar de manera eficiente la formación de nuevos ingenieros e investigadores en esta área.

La respuesta a esta problemática es la de crear laboratorios de acceso remoto que gracias a una infraestructura de comunicación de alta velocidad (como la entregada por RENATA) permitan compartir y optimizar el acceso y el uso de los recursos de diferentes instituciones así

como apoyar y fortalecer la investigación colaborativa y cooperativa entre los diferentes grupos de investigación.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA



**Figura 1. Arquitectura del Laboratorio: (a) componente Robótica Móvil, (b) componente Robótica de Manipuladores.**

La interfaz para la experimentación remota sobre robots móviles y manipuladores se basa en un modelo cliente-servidor y está constituida por cuatro componentes básicos: la plataforma de experimentación (robot móvil PIONEER 3DX o manipulador RV-2AJ) que actúan como

servidores de datos, un servidor de usuarios, el o los usuarios y la estructura de comunicación que enlaza cada componente. El acceso a los laboratorios virtuales se realizará a través de los Campus Virtuales de cada institución y estarán disponibles para estudiantes de la Universidad del Quindío que tomen un curso de Robótica Móvil y estudiantes de la Universidad del Valle que tomen un curso sobre Manipuladores industriales. El proyecto contempla un acceso independiente a través de una interfaz WEB, la cual controla el acceso de los usuarios, asigna horarios, permite el registro de usuarios y el acceso a las herramientas de aprendizaje.

### **Estructura del Laboratorio de Robótica Móvil y de Manipuladores**

La Figura 1 muestra la estructura del laboratorio de Robótica Móvil y de Manipuladores. En cada componente un servidor se encarga de realizar la gestión de los recursos del sistema (datos, video, etc.) incluyendo la interfaz del cliente (Applet). Adicionalmente el servidor actúa como middleware entre el servidor de datos (plataforma móvil o manipulador) y el cliente, dándole al usuario la capacidad de supervisión y control del robot. El nivel middleware está basado en Servlets y emplea el API JDBC de Java para el acceso a la base de datos. Bajo esta estructura, el acceso a los robots puede ser realizado desde cualquier red o punto externo a través del puerto 80 del servidor Web.

### **METODOLOGÍA**

El proyecto de investigación propone una metodología de aprendizaje para la robótica móvil y robótica de manipuladores orientada a la teoría – práctica y aplicación. La fase teórica es proporcionada a través de una clase presencial, tutoría o discusión en grupo; luego, la fase práctica y de aplicación se realiza usando las herramientas de aprendizaje que los laboratorios virtuales ofrecen, estas herramientas combinan conceptos teóricos contextualizados en aplicaciones definidas. Esta última fase está constituida por varias sesiones con diferentes aplicaciones para cada una, cada aplicación es muy propia del área en cuestión, es decir:

robótica móvil y de manipuladores. En las sub-secciones siguientes se describen las herramientas de aprendizaje y las aplicaciones prácticas de cada una.

### **Descripción de las Herramientas de Aprendizaje en Robótica Móvil**

Las herramientas de aprendizaje en Robótica Móvil están orientadas a resolver los siguientes problemas típicos: Evasión de Obstáculos, Seguimiento de Trayectorias, Homing (Navegación a lugares de interés) y Exploración de ambientes estructurados. Para resolver estos problemas el usuario posee una serie de habilidades que usará como herramientas que le permitirán concebir una solución. Estas habilidades representan las capacidades motoras y de percepción del robot según la arquitectura la Automática Deliberativa AD [Barber00]. Se destacan: Homing basado en odometría, campos de potencial, generación de campos vectoriales aleatorios, generación de mapas, evasión de zonas conocidas, entre otras. Además, se tiene disponibilidad de la información del robot como: odometría, ultrasonidos, control de movimiento, propioceptivos, vídeo real, vídeo 2D, vídeo 2D + Rejilla y vídeo 2D + Campos de Potencial. Finalmente, las interfases de usuario poseen módulos como: tele – programación (permite combinar diferentes habilidades), configuración de habilidades, ejecución y visualización de resultados, envío de datos del experimento y herramientas generales.

### **Descripción de las Herramientas de Aprendizaje en Robótica de Manipuladores**

Los experimentos que los usuarios del laboratorio desarrollarán, tendrán como objetivo principal el control y la programación del robot manipulador. Para esto, el usuario programará secuencias de movimientos, soportadas por el lenguaje de programación MELFA BASIC IV, para que el robot realice una tarea determinada. Los conceptos de robótica están fundamentados en: la cinemática inversa y directa, espacio de trabajo, programación secuencial de acciones, seguimiento de trayectorias y realimentación sensorial. Las prácticas a desarrollar son: **Teleoperado**. Manipulación directa del robot por parte del usuario. **Robot Mesero**. Se debe programar el robot para que sirva latas de gaseosa en una mesa. **Robot Escritor/Dibujante**. Se deberá escribir un texto o realizar un dibujo sobre un tablero. **Robot Jordan**, El robot deberá

ser programado para encestar un balón en una canasta. **Torres de Hanoi**, El robot será programado para que solucione el problema de las Torres de Hanoi con tres estacas y cinco discos. **Tetris**, Se deben ordenar u organizar piezas de diferentes formas y tamaños, procurando ocupar el mínimo espacio.

## **CONCLUSIONES**

El principal potencial del proyecto de investigación que se presenta en este artículo se orienta a ser una herramienta de aprendizaje de la robótica, la cual está asociada a la reconstrucción de los esquemas cognitivos actuando sobre las formas en que el alumno se apropia del conocimiento, como por ejemplo el análisis e interpretación de situaciones problemáticas, la formulación de estrategias y mecanismos de seguimiento de las mismas, el desarrollo de modelos para el trabajo colaborativo y cooperativo y el desarrollo de proyectos de trabajo como herramienta que sustenta la solución de las situaciones problemáticas. Finalmente, se espera que el laboratorio distribuido de robótica móvil y de manipuladores, no solo sea usado por la Universidad del Valle y la del Quindío, sino, por muchos grupos de investigación y Universidades del país que no poseen los suficientes recursos de software y hardware para interactuar con robots reales.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**[Barber00]** Barber Castaño, Ramon. **Desarrollo de una Arquitectura para Robots Móviles Autónomos**. Aplicación a un Sistema de Navegación Topológica. Tesis Doctoral Universidad Carlos III de Madrid, 2000.

**[Dalton01]** Dalton Barnaby, **Techniques for Web Telerobotics**. Tesis doctoral, Department of Mechanical and Materials Engineering University of Western Australia, Australia 2001.

**[Khamis03]** Khamis R. Alaa, **Interacción Remota con Robots Móviles Basada en Internet**. Tesis Doctoral Universidad Carlos III de Madrid, 2006.

**[Sartorius05]** Sartorius A., Hernandez L., Arcil R., **Laboratorio a Distancia para la Prueba y Evaluación de Controladores a través de Internet**. Revista Controle & Automação, Volumen 16, no.1, 2005.

**[Sanchez05]** Sánchez José, Candelas Francisco, **Recursos Didácticos Basados en Internet para el Apoyo a la Enseñanza de Materias del Area de Ingeniería de Sistemas y**

**Automática.** Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Volumen 2, Numero 2, 2005

**[TakSum99]** Tak-Sum Ho Teresa, **System Architecture for Internet-based Teleoperation System.** Tesis Maestría, University of Alberta, Edmonton Alberta 1999.

**[Unesco00]** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, **Informe de la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales.** Paris 2000, en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001191/119102S.pdf>. Consultado en Febrero de 2007.