



## Plataforma cloud computing como infraestructura tecnológica para laboratorios virtuales, remotos y adaptativos

### Cloud computing as technologic infrastructure for virtual, remote and adaptive labs

### Cloud computing infra-estructura para as technologic virtual, remoto e adaptativa labs

Frey Alfonso Santamaría Buitrago<sup>1</sup>  
Javier Antonio Ballesteros Ricaurte<sup>2</sup>  
Juan Sebastián González Sanabria<sup>3</sup>

**Fecha de recepción:** mayo 2015

**Fecha de aceptación:** diciembre 2015

**Para citar este artículo:** Santamaría, F., Ballesteros, J. y González, J. (2015). Plataforma cloud computing como infraestructura tecnológica para laboratorios virtuales, remotos y adaptativos. *Revista Científica*, 23, 98-110. **Doi:** [10.14483/udistrital.jour.RC.2015.23.a8](https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2015.23.a8)

#### Resumen

Actualmente las instituciones de educación superior desarrollan su docencia apoyada en los campus virtuales, en modalidad tanto presencial como semipresencial. De igual manera, la internacionalización de la enseñanza abre nuevos desafíos como: la creación de redes de investigación, espacios de trabajos compartidos, laboratorios virtuales y remotos, entre otros, apostando por sistemas de producción, publicación y distribución de contenidos educativos digitales que permitan compartir el conocimiento y el material educativo. La presente propuesta pretende potencializar el desarrollo de ecosistemas de experimentación académica, abiertos, reusables e interoperables, a través del diseño de marco de trabajo e integración tecnológica orientado a la implementación de laboratorios virtuales y teleoperados, basado en el estándar IMS Learning Tools Interoperability® (LTI®). Para lograrlo se

partió del reconocimiento del contexto para luego caracterizar el conjunto de métodos y tecnologías aplicables al desarrollo de laboratorios virtuales y teleoperados, identificar los alcances procedimentales y criterios técnicos para su desarrollo que permita ofrecer servicios informáticos en entornos académicos a través de internet, el control de los recursos, procesos e información, acceso infraestructuras de red con otros usuarios para la puesta en marcha de nuevos servicios, sin altos costos o inversión para su implementación, permitiendo una alta escalabilidad y flexibilidad en la modificación del dimensionamiento del servicio, la investigación académica y científica apoyado en estándares, arquitecturas, tecnologías, herramientas y aplicaciones abiertas y de propósito general.

**Palabras Clave:** cloud computing, laboratorios virtuales, laboratorios remotos, aprendizaje adaptativo, entorno personal de aprendizaje

<sup>1</sup>. Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia. Tunja, Colombia. Contacto: [frey.santamaria@uptc.edu.co](mailto:frey.santamaria@uptc.edu.co)  
<sup>2</sup>. Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia. Tunja, Colombia. Contacto: [javier.ballesteros@uptc.edu.co](mailto:javier.ballesteros@uptc.edu.co)  
<sup>3</sup>. Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia. Tunja, Colombia. Contacto: [juansebastian.gonzalez@uptc.edu.co](mailto:juansebastian.gonzalez@uptc.edu.co)

## Abstract

Nowadays, institutions of higher education are developing teaching process leaning on virtual campus, in classroom and blended learning; as well as the internationalization of teaching creates new challenges, such as: creating research networks, shared workspaces, virtual and remote labs, among others; betting on production, publication and distribution systems of educative digital contents that allow sharing knowledge and educational material. This proposal pretends to potentiate the development of open, reusable and interoperable academic experimentation ecosystems, through the design of a framework and the technological integration oriented to the implementation of virtual and tele operated labs, based on IMS Learning Tools Interoperability® (LTI®) standard. This coupled with the characterization of a set of methods and technologies applicable to the development of virtual and tele operated labs, identifying its scope and technical criteria, in order to offer informatics services in academic environments through the Internet and allowing a high scalability and flexibility in modifying the sizing of the service, academic and scientific research, supported on open standards, architectures, technologies, tools and apps.

**Keywords:** cloud computing, virtual labs, remote labs, adaptive learning, Personal Learning Environment (PLE).

## Resumo

Hoje em dia, as instituições de ensino superior estão a desenvolver processo de ensino apoiado em campus virtual, em sala de aula e blended learning; bem como a internacionalização do ensino cria novos desafios, tais como: a criação de redes de investigação, espaços de trabalho compartilhados, laboratórios virtuais e remotos, entre outros; apostando em sistemas de produção, publicação e distribuição de conteúdos digitais educativos que permitem a partilha de conhecimentos e material educativo. Esta proposta pretende potenciar o desenvolvimento de ecossistemas experimentação académicos abertos, reutilizáveis e interoperáveis, através da concepção de um quadro ea integração tecnológica orientada para a implementação de laboratórios virtuais operados e tele, com base em IMS Learning Tools Interoperability® (LTI®) padrão. Isso, combinado com

a caracterização de um conjunto de métodos e tecnologias aplicáveis ao desenvolvimento de laboratórios operados virtuais e tele, identificando o seu âmbito e critérios técnicos, a fim de oferecer serviços de informática em ambientes académicos através da Internet e que permite uma alta escalabilidade e flexibilidade na modificar o dimensionamento do serviço, pesquisa académica e científica, apoiada em padrões abertos, arquiteturas, tecnologias, ferramentas e aplicativos.

**Palavras-chave:** cloud computing, laboratórios virtuais, laboratórios remotos, de aprendizagem adaptativa, Personal Learning Environment (PLE).

## Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), han mantenido un desarrollo acelerado en las últimas décadas, modificando y potenciando diferentes ámbitos como la economía, la producción y la educación, entre otros, y a la vez demanda contar con personal con una formación de alto nivel. Así como realizar cambios estructurales en la educación formal, no formal e informal, dada las nuevas características y principios en la enseñanza como el aprendizaje autónomo, autoformación, la desterritorialización, la descentración, la virtualización, la tecnologización y la sociabilidad virtual (Rosario).

Estos cambios, o evolución en el proceso educativo, favorecen la formación continua al ofrecer herramientas que permiten la aparición de entornos virtuales de aprendizaje, cambios en los objetivos educativos, dado que tanto docentes como dicentes deben prepararse para vivir en la sociedad de la información y del conocimiento; cambios en los centros educativos dotados de tecnología de punta y conexión a internet de banda ancha; cambios en los contenidos didácticos para el aprovechamiento de los nuevos contenidos educativos más interactivos, atractivos y variados (Moya, 2009).

Esta evolución trae consigo varias dificultades al abordar la implantación de las TIC en entornos de investigación, desarrollo e innovación, dentro

de los cuales se destacan: grandes desigualdades relacionadas con el acceso a la tecnología que a la postre aumenta la brecha tecnológica generando exclusión social, dependencia tecnológica, necesidad de alfabetización digital, el libre acceso a la información, exceso de información, altos costos de adquisición de equipos y programas, propiedad intelectual de los programas informáticos y de los materiales educativos, confidencialidad de los datos de los usuarios, límites de la virtualidad y vulnerabilidad de los sistemas informáticos (Graells).

## Materiales y métodos

La computación en la nube según el Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST— en inglés, National Institute of Standards and Technology—):

es un modo de estructurar y usar las TIC, que permite el acceso ubicuo y adaptable a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden ser rápidamente provisionados y liberados con un esfuerzo mínimo de gestión o interacción mínima por parte del proveedor de servicios. (ONTSI Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y SI , 2012)

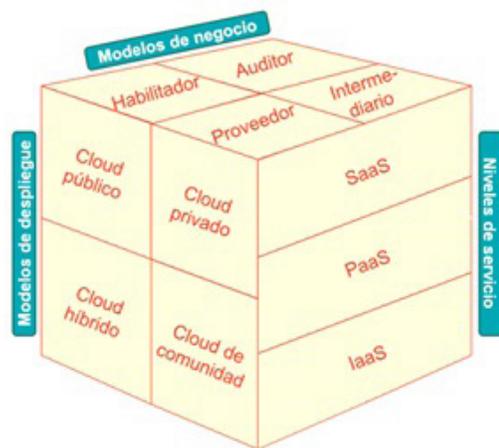
Según la Sociedad de Computación del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE Computer Society) (Nube, 2013), es un paradigma en el que la información se almacena de manera permanente en servidores de internet y se envía a memorias caché temporales de cliente, lo que incluye equipos de escritorio, portátiles, entre otros dispositivos computacionales.

La nube surge de la infraestructura de computación global desarrollada por grandes empresas, como Google, Amazon, eBay y Microsoft, usada en un principio para administrar sus propias empresas. Habiendo desarrollado centros de datos masivos con conexiones de alta velocidad a internet, observaron el potencial de ingresos al ofrecer

el excedente de almacenamiento de datos y servicios de computación a otras empresas.

Cada uno de estos servidores ejecuta software de sistema operativo que puede presentar diversos entornos *virtualizados* a los usuarios, que pueden ejecutar sus propias aplicaciones de software sin que estas interfieran con otras aplicaciones o servicios que se estén ejecutando al mismo tiempo en el mismo servidor. Los centros de datos también pueden almacenar los datos de usuarios cuando lo soliciten. Los usuarios pueden pedir los recursos de computación y almacenamiento que necesiten en cualquier momento y se les cobrará en función del uso (Civic Consulting, 2012).

Clasificación de soluciones de computación en la nube: Las soluciones disponibles en el mercado admiten diferentes clasificaciones y junto a sus diferentes tipos asociadas, se pueden representar en un cubo, tal y como se muestra en la Figura 1 (modelos de negocio, modelos de despliegue y Niveles de servicio):



**Figura 1.** Cubo de clasificación de soluciones de cloud computing.

**Fuente:** (Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación (INTECO), 2012).

Modelos de servicio: Como se muestra en la Figura 2, la computación en la nube se divide en tres niveles o capas, atendiendo los niveles de servicio Cloud: software, plataforma e infraestructura como servicio:



**Figura 2.** Modelos de Servicio Cloud.

**Fuente:** Adaptado de (AuraPortal Cloud, s.f.).

- a. Infraestructura como servicio (Infrastructure as a Service —IaaS—): Este tipo de nube pone a disposición del cliente el uso de la infraestructura informática (capacidad de computación, almacenamiento y bases de datos entre otros) como un servicio. Este servicio ofrece servicios a los demás servicios como se refleja en la figura 2.
- b. Software como Servicio (Software as a Service —SaaS—): Consistente en la entrega de aplicaciones como servicio, siendo un modelo de despliegue de software mediante el cual el proveedor ofrece licencias de su aplicación a los clientes para su uso como un servicio bajo demanda.
- c. Plataforma como servicio (Platform as a Service —PaaS—): Entrega, como un servicio un conjunto de plataformas informáticas orientadas al desarrollo, testeo, despliegue, hosting y mantenimiento de los sistemas operativos y aplicaciones propias del cliente.

## Computación Grid

La computación Grid o computación en malla (Oscar Alberto Nieto Mora, 2004), es una línea de investigación que ha sido abordada, hasta el momento, casi exclusivamente por la academia, pero que empieza a verse como una opción poderosa para la industria y el comercio. Su origen se dio a mediados de los noventa, cuando un grupo de investigadores pensó en construir lo que se llamó *malla de energía computacional* o *Computational Power Grid*, inspirados en las mallas eléctricas indispensables para el suministro de energía en las

ciudades, y que permiten a los usuarios conectarse a un toma corriente en la pared de su casa y acceder a toda la energía eléctrica que deseen de manera inmediata.

De forma análoga, un sistema de computación en malla busca proveer los recursos necesarios para ejecutar labores que sobrepasan las capacidades de un computador común, e inclusive, de un supercomputador usando selección y agregación de recursos compartidos en un entorno de red, y de esta manera brindarle al consumidor todo el poder computacional que requiera a través de una simple conexión.

El desarrollo de un sistema de esta envergadura no es una tarea sencilla. Sistemas como Globus, Condor, GRACE, Legion, SETI@home y otros, son claros ejemplos del nuevo interés mundial por las mallas y sus capacidades. De hecho, estas son consideradas como el más reciente avance en la evolución de las arquitecturas distribuidas y están alimentadas por la experiencia de aquellos enfoques que reinaron en el pasado. Desde los mainframes hasta los clusters, todos han sido pasos en el camino que ha llevado al nacimiento de las mallas de computación distribuida o Grids.

En resumen, las funcionalidades básicas de un sistema de computación en malla son:

- Explotación de recursos subutilizados.
- Balanceo de carga.
- Agregación y retiro de recursos.
- Procesamiento en paralelo.
- Soporte de Aplicaciones.
- Recursos y organizaciones virtuales.
- Acceso a recursos adicionales.

## Laboratorios virtuales y remotos

Un laboratorio remoto es un conjunto de recursos reales situados en algún lugar del mundo y que son controlados remotamente desde el ordenador del usuario. Hay que insistir en el término *recursos reales* o *equipos reales* para los equipos a los que

el alumno accede y las herramientas que utiliza para la gestión sean los mismos que va a utilizar posteriormente en el desempeño de su actividad laboral. Este aspecto es muy importante y es clave a la hora de diferenciar recursos remotos de recursos virtuales. Estos últimos simulan el componente o el comportamiento del mismo de manera más o menos similar a la del equipo real. La calidad de estos últimos depende en gran medida del grado de simulación conseguido (Icteduca, 2014).

En (López, 2011), *Diseño de un sistema de aprendizaje para un laboratorio remoto usando una metodología de Ingeniería. Un estudio de caso*, se propone una clasificación de los ambientes de aprendizaje según la naturaleza de los recursos usados y según la forma de acceso a dichos recursos. La naturaleza de los recursos usados la clasifica como real o simulada, y la forma de acceso a los recursos la clasifica como local o remota, ver Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación de ambientes de experimentación. Imagen transferida y adaptada de (López, 2011)

Naturaleza de los recursos Acceso a los recursos	Real	Simulado
	Local	Presencial con dispositivos reales.
Remoto	Remoto con dispositivos reales.	Simulador Remoto.

**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de esta clasificación, se define un laboratorio remoto como un ambiente de experimentación cuyos recursos se encuentran en una ubicación remota al usuario que interactúa con ellos y cuya naturaleza puede ser real o simulada.

De forma particular, un laboratorio remoto real es un ambiente de experimentación que permite a sus usuarios interactuar con dispositivos reales

que están ubicados remotamente, usando una conexión a internet y la tecnología apropiada tanto del lado del usuario como de los dispositivos. Tales características expanden las posibilidades de los usuarios de un laboratorio al brindarles libertad de independencia de tiempo y espacio para acceder a los dispositivos, que es una de las características mejor valoradas soportado por herramientas de comunicación que permiten trabajo colaborativo entre aprendices y facilitadores.

La interacción directa con el equipamiento del laboratorio aporta una experiencia difícil de igualar dado que, además de las variables medidas, los alumnos perciben los experimentos con los cinco sentidos. También resulta de alto interés didáctico la resolución de problemáticas asociadas a la puesta a punto de los equipos, la configuración de los experimentos y la medida de las variables de interés.

Los laboratorios remotos permiten (ICTEDUCA, 2014):

- Realizar actividades experimentales con equipamiento real.
- Acceso desde cualquier ubicación que disponga internet.
- Máximo rendimiento de los equipos del laboratorio por su disponibilidad 24 horas al día, 7 días a la semana.
- Organización flexible del trabajo de los alumnos. Con los laboratorios remotos los alumnos y profesores pueden organizar mejor su tiempo, al igual que los horarios de estudio.
- Aprendizaje autónomo. Los laboratorios remotos fomentan el trabajo autónomo, algo fundamental en el nuevo espacio de educación superior.
- Organizar cursos no presenciales 100% online.
- Integración de discapacitados. Toda vez que los elementos hardware pasan a ser controlados por un ordenador pueden ser gobernados utilizando técnicas software/hardware para discapacitados.

## Aprendizaje electrónico e-learning

Se puede entender el aprendizaje electrónico como

aquella actividad que utiliza de manera integrada recursos informáticos de comunicación y de producción para la formación de un ambiente y una metodología de desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, la cual tendrá como medio de transmisión el uso de las redes de comunicación electrónicas públicas tales como la Internet, o redes privadas. (MIMO LAB, 2012)

Se puede analizar las características distintivas desde una doble perspectiva: por una parte, comparándola con la enseñanza presencial tradicional, y por otra, presentando dichas características distintivas del aprendizaje en red. En la Tabla 2 se ofrece lo expuesto (Cabrero, 2008).

Por otra parte, y por lo que respecta a sus características básicas, se pueden sintetizar, así:

- Aprendizaje mediado por ordenador.
- Uso de navegadores web para acceder a la información.

**Tabla 2.** Características de la formación presencial y en red.

Formación basada en red	Formación presencial tradicional
Permite que los estudiantes vayan a su propio ritmo de aprendizaje.	Parte de una base de conocimiento y el estudiante debe ajustarse a ella.
Formación basada en el concepto de formación en el momento en que se necesita (just-in-time-training).	Los profesores determinan cuándo y cómo los estudiantes recibirán los materiales formativos.
Permite la combinación de diferentes materiales (auditivos, visuales y audiovisuales).	Parte de la base de que el sujeto recibe pasivamente el conocimiento para generar actitudes innovadoras, críticas e investigadoras.
Con una sola aplicación puede atenderse a un mayor número de estudiantes.	Tiende a apoyarse en materiales impresos y en el profesor como fuente de presentación y estructuración de la información.
El conocimiento es un proceso activo de construcción.	Tiende a un modelo lineal de comunicación.
Tiende a reducir el tiempo de formación de las personas.	La comunicación se desarrolla básicamente entre el profesor y el estudiante.
Tiende a ser interactiva, tanto entre los participantes en el proceso (profesor y estudiantes) como con los contenidos.	La enseñanza se desarrolla de forma preferentemente grupal.
Tiende a realizarse de forma individual, sin que ello signifique la renuncia a la realización de propuestas colaborativas.	Puede prepararse para desarrollarse en un tiempo y en un lugar.
Puede utilizarse en el lugar de trabajo y en el tiempo disponible por parte del estudiante.	Se desarrolla en un tiempo fijo y en aulas específicas.
Es flexible.	Tiende a la rigidez temporal.
Tenemos poca experiencia en su uso.	Tenemos mucha experiencia en su utilización.
No siempre disponemos de los recursos estructurales y organizativos para su puesta en funcionamiento.	Disponemos de muchos recursos estructurales y organizativos para su puesta en funcionamiento.

**Fuente:** (Cabrero, 2008).

- Conexión profesor-alumno separados por el espacio y el tiempo.
  - Utilización de diferentes herramientas de comunicación tanto sincrónica como asincrónica.
  - Multimedia.
  - Hipertextual-hipermedia.
  - Almacenaje, mantenimiento y administración de los materiales sobre un servidor web.
  - Aprendizaje flexible.
  - Aprendizaje apoyado en tutorías.
  - Materiales digitales.
  - Aprendizaje individualizado versus colaborativo.
  - Interactiva.
  - Uso de protocolos TCP y HTTP para facilitar la comunicación entre los estudiantes y los materiales de aprendizaje o los recursos.
- Formación flexible. La diversidad de métodos y recursos empleados, facilita el que se pueda adaptar a las características y necesidades de los estudiantes.
  - El alumno es el centro de los procesos de enseñanza-aprendizaje y participa de manera activa en la construcción de sus conocimientos, teniendo capacidad para decidir el itinerario formativo más acorde con sus intereses.
  - El profesor, pasa de ser un mero transmisor de contenidos a un tutor que orienta, guía, ayuda y facilita los procesos formativos.
  - Contenidos actualizados. Las novedades y recursos relacionados con el tema de estudio se pueden introducir de manera rápida en los contenidos, de forma que las enseñanzas estén totalmente actualizadas.
  - Comunicación constante entre los participantes, gracias a las herramientas que incorporan las plataformas e-Learning (foros, chat, correo-e).

Los procesos de enseñanza-aprendizaje que se llevan a cabo a través de internet, caracterizados por una separación física entre profesorado y estudiantes, pero con el predominio de una comunicación tanto síncrona como asíncrona, a través de la cual se lleva a cabo una interacción didáctica continuada. Además, el alumno pasa a ser el centro de la formación al tener que autogestionar su aprendizaje con ayuda de tutores y compañeros (Centro de Formación Permanente de la Universidad de Sevilla, 2014).

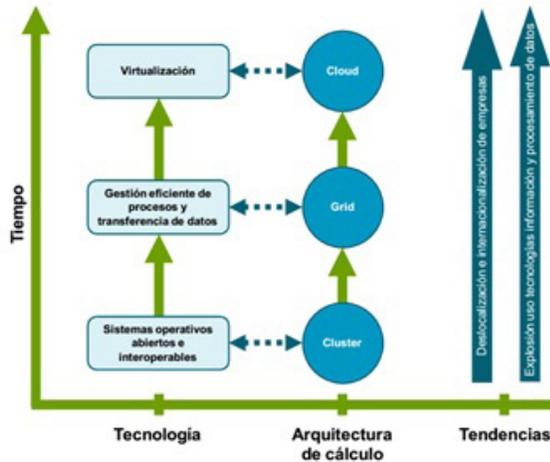
Esta modalidad formativa a distancia a través de internet o semipresencial (una parte de los procesos formativos se realizan de manera presencial), ha contribuido a que la formación llegue a un mayor número de personas. Entre las características más destacadas del e-Learning están:

- Desaparecen las barreras espacio-temporales. Los estudiantes pueden realizar un curso en su casa o lugar de trabajo, al estar accesibles los contenidos cualquier día a cualquier hora. De esta forma se optimiza al máximo el tiempo dedicado a la formación.

### **Diseño de la plataforma Cloud Computing como infraestructura tecnológica para laboratorios virtuales, remotos y adaptativos**

De todos los paradigmas de la computación, los dos de mayor prospectiva son la computación Grid o sistemas de computación distribuido, que permite compartir recursos remotamente para resolver problemas de gran escala y disponibilidad y la computación en la nube. La computación Grid ha contribuido notablemente a su madurez, conllevando al desarrollo de estándares, arquitecturas, tecnologías, herramientas y aplicaciones abiertas y de propósito general. Mientras que la computación en la nube es un paradigma en desarrollo (CINTEL, 2010), para la cual aún no existen acuerdos generales para su definición y hay discrepancia en cuanto a sus posibles arquitecturas, modelos y estándares. Sin embargo, es considerado el paradigma sucesor de la computación Grid, porque supone una evolución

disruptiva al facilitar la personalización y disposición de software, plataformas e infraestructuras como servicio, en la Figura 3 se abstrae esta evolución.

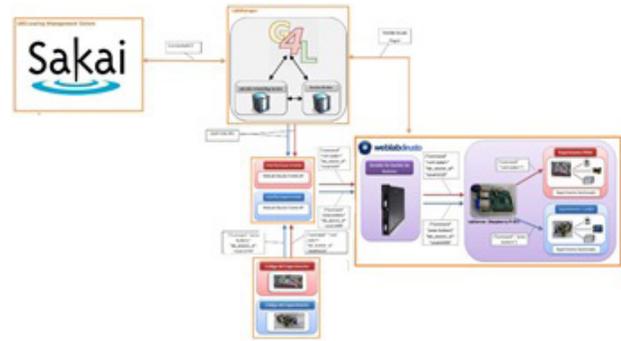


**Figura 3.** Evolución de las arquitecturas de cálculo.  
**Fuente:** (ONTSI Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y SI, 2012).

El diseño del sistema se llevó a cabo en base a el modelo de capas de desarrollo de software, atendiendo la arquitectura cliente-servidor y el entorno de las tecnológicas involucradas. El objetivo primordial es la separación de la lógica de negocios de la lógica del diseño al separar la plataforma propuesta de la capa de presentación al usuario.

La ventaja principal es que el desarrollo y puesta en marcha se puede llevar en varios niveles y, en caso de algún cambio por escalamiento o error, solo se modifica al nivel requerido sin tener que alterar todo el sistema. Esto es posible gracias al estricto cumplimiento de estándares y el modelo de interconexión de sistemas abiertos, de este modo, cada grupo de trabajo está totalmente abstraído del resto de niveles, de forma que basta con conocer los estándares que existe entre niveles.

A continuación, se describen las tres capas principales de un patrón de arquitectura (Figura 4) por capas:



**Figura 4.** Arquitectura propuesta.  
**Fuente:** (Alba Quiroga & Rodríguez Ríos, 2014).

### Capa de Presentación

También llamada capa de usuario, para el diseño de esta capa se requiere definir cada uno de los roles de usuario que participan dentro del sistema con sus privilegios y funciones sobre las diferentes herramientas y servicios que están integrados dentro de este sistema. Como herramientas para el análisis y diseño en esta fase se emplearon: casos de uso, historias de usuario, jerarquización de roles y funciones.

Dentro de la capa usuario se establece una jerarquía a nivel general de roles propia en el sistema, empezando desde el más alto nivel de gestión hasta los usuarios finales. Se quiere desarrollar un sistema sencillo de puesta en marcha y gestión de laboratorios virtuales en entornos de aprendizaje electrónico.

El sistema debe admitir el alta y la baja de usuarios y objetos virtuales de aprendizaje (OVA). Los docentes o tutores pueden agregar los recursos, para ser utilizados por los estudiantes inscritos en los diferentes cursos, en este caso algunos laboratorios virtuales solo podrán ser utilizados durante una sesión asignada y se controla tanto el acceso como el tiempo, para una mejor gestión de los recursos de computo en el proceso de enseñanza aprendizaje.

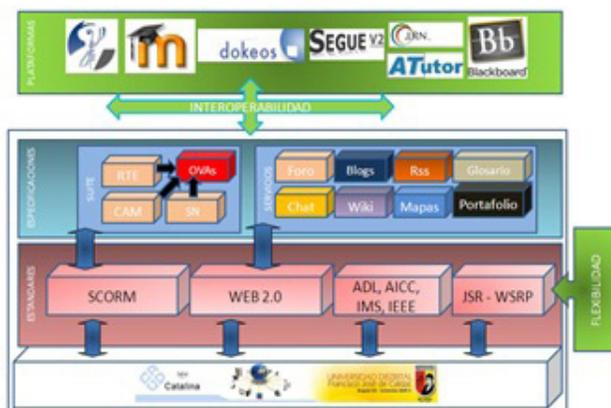
En esta capa se define cada uno de los roles de usuario que participan dentro del sistema con sus

privilegios y funciones sobre las diferentes herramientas y servicios que están integrados dentro de este sistema.

### Capa de negocio o lógica del dominio

En esta capa residen las diferentes aplicaciones o plataformas que define las reglas de negocio, elegidas en el análisis. La capa de servicios de negocios, consiste en la lógica que realiza las funciones principales para el prototipo de la plataforma propuesta, gestores para el aprendizaje LMS, coordinación de usuarios y administración de recursos externos como: el software para el diseño, implementación y el Sistema de gestión del laboratorio remoto (Remote Laboratory Management System—RLMS—) Weblab-Deusto y el gestor de laboratorios Gestor de Laboratorios G4L, entre otros sistemas heredados.

Esta capa está formada por componentes firmemente acoplados que se ajustan al modelo de componentes distribuidos y servicios web que no estén firmemente acoplados en un modelo de arquitectura orientada a servicios, gracias los estándares de la interfaz SOAP (Simple Object Access Protocol), XML, WDSL o UDDI, algunos de ellos vistos en la Figura 5 y estándares e-learning como: SCORM y LTI, ver Figura 4.



**Figura 5.** Modelo de plataforma interoperable para E- Learning.

**Fuente:** (Joven Sarria, 2012).

Elección del LMS: Para definir la interfaz de usuario que cumpla con los requisitos definidos en la capa de usuario y dado el entorno del proyecto, se determina elegir un sistema para la gestión del aprendizaje LMS, que permita la gestión y la interacción con la plataforma, para ello se parte de la caracterización, selección y elección del sistema informático a utilizar, esta herramienta deberá recibir las peticiones del usuario, ya sea este el administrador, profesor, estudiante o invitado, y el consumo de los servicios y herramientas de aprendizaje necesarias para cada uno de los roles. Para cumplir con sus funciones el sistema de gestión de aprendizaje deberá cumplir con las siguientes funciones:

- Brindar un acceso seguro.
- Permitir interacción.
- Brindar en un entorno intuitivo la navegación dentro del portal.
- Diversidad de recursos y herramientas para la formación y comunicación entre los usuarios.
- Interoperabilidad de herramientas.
- Acceso a la información y contenidos proporcionado diversidad de objetos virtuales de aprendizaje y contenidos compatibles.
- Administración sencilla que permita las actividades relacionadas con la gestión académica, como registro, consulta de perfiles y registros, de una manera directa y sencilla.
- Ofrecer la posibilidad de trabajo colaborativo entre usuarios a través de aplicaciones que permitan compartir información y trabajar con documentos conjuntos.
- Seguimiento del rendimiento del estudiante que informen al docente de la participación del alumno y sobre el avance en las actividades académicas programadas y los resultados de la evaluación si se requiere.
- Debe ser de carácter libre y de código abierto, requerido para la integración de los diferentes componentes de la plataforma.

Para ello se eligieron las principales plataformas LMS basadas en software libre:

**Tabla 3.** Caracterización de herramientas LMS basadas en software libre.

CARACTERÍSTICAS	HERRAMIENTAS		
	SAKAI	MOODLE	CLAROLINE
Brindar un acceso seguro.	✓	✓	✓
Permitir interacción	No incluye la interacción entre grupos de trabajo dentro de los cursos	✓	No incluye la interacción entre grupos de trabajo dentro de los cursos
Entorno intuitivo.	✓	✓	✓
Diversidad de recursos y herramientas para la formación y comunicación.	✓	✓	✓
Interoperabilidad de herramientas.	xAPI IMS CC IMS LIS IMS LTI IMS QTI IMS CP SCORM	xAPI IMS LTI IMS QTI SCORM	xAPI IMS LTI IMS QTI SCORM
Acceso a la información y contenidos.	✓	✓	✓
Portal de administración sencilla	✓	✓	✓
Aprendizaje colaborativo	✓	✓	✓
Seguimiento del rendimiento del estudiante	✓	✓	✓
Carácter Libre	✓	✓	✓
Portal de administración sencilla	✓	✓	✓
Facilidad de uso (Usabilidad)	✓	✓	✓
Soporte Continuo	✓		
Personalización	✓	Es complicada de realizar.	Es complicada de realizar

**Fuente:** (Alba Quiroga & Rodríguez Ríos, 2014).

Luego del análisis, ver Tabla 3, se elige Sakai el cuál que ofrece mejor interoperabilidad, usabilidad, personalización y soporte continuo. Sakai tiene su origen en la Universidad de Míchigan y en la Universidad de Indiana, a las que se unieron el Instituto Tecnológico de Massachusetts y la Universidad de Standford, junto a la Iniciativa de Conocimiento Abierto (OKI) y el consorcio uPortal.

Sakai recibe las peticiones del usuario mostrando el contenido y herramientas de aprendizaje de una forma adecuada. Al mismo tiempo, Sakai cuenta con la última herramienta de administración básica LTI o Herramientas externas, permitiendo a los administradores e instructores integrar y desplegar herramientas LTI y contenidos, que sigan este estándar.

Elección del estándar de integración LTI IMS (Learning Tools Interoperability): El objetivo principal de LTI es establecer un procedimiento estándar para integrar herramientas de aprendizaje con plataformas como los sistemas de gestión del aprendizaje, portales, u otros entornos educativos, ver Figura 6, es un protocolo desarrollado por IMS Global Learning Consortium. En LTI, estas herramientas de aprendizaje son llamados proveedores de herramientas (TP) y el LMS o entornos educativos se llaman Tool Consumidores (TC). Cuando un usuario hace clic en un enlace LTI que solicita un lanzamiento de la herramienta, el sistema de aprendizaje prepara un mensaje de lanzamiento (incluidos algunos parámetros personalizados opcionales), envía un mensaje al navegador, y un mensaje al proveedor de herramientas.

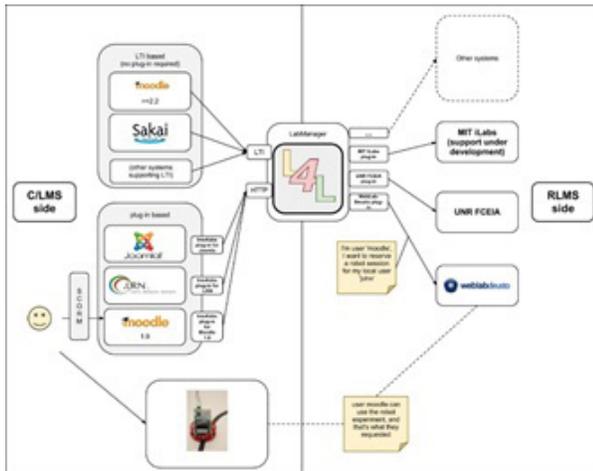


**Figura 6.** Estándar LTI.

**Fuente:** (Charles, 2012).

Capa Gestor de Laboratorios: Es necesario intercambiar entre ambas capas información de autenticación y de autorización, envío y recepción de experimentos, entre otras asignaciones. Todo ello debe realizarse a través de la nube localmente. Actualmente, la solución más utilizada son los servicios web que ofrecen: Interoperabilidad entre aplicaciones independientemente del lenguaje utilizado o de

la plataforma en que se ejecutan. Para esto se utiliza el G4L debido a que se acopla a estos servicios y LMS, mediante plugins, como el WebLab Deusto plugin, y el estándar LTI, permitiendo conectarse al RLMS, cumpliendo con las necesidades del sistema.



**Figura 7.** Gateway4labs

**Fuente:** (Gateway4labs, 2012).

Sistema de gestión de laboratorios remotos Weblab-Deusto: tiene el objetivo de aumentar el aprendizaje experimental en el uso y desarrollo de laboratorios remotos. Con este fin, varios laboratorios se ofrecen de forma gratuita a través de internet, el software subyacente está disponible bajo una licencia de código abierto (*WebLab-Deusto, s.f.*). Antes de elegir Deusto como sistema de gestión de laboratorios remotos, se elaboró una caracterización de las plataformas relacionadas más representativas, destacando sus funciones o servicios, condensada en la Tabla 4, se llegó a la conclusión que Deusto era la mejor opción frente a sus competidores.

Un laboratorio remoto es una solución de software y hardware que permite a los estudiantes tener acceso a un equipo que se encuentra físicamente en una universidad, institución educativa o centro de investigación. Hay muchos tipos de laboratorios remotos (por física, química, electrónica, etc.). Ver Figura 6.

WebLab-Deusto proporciona un conjunto de APIs para desarrollar nuevos laboratorios remotos, gestionar laboratorios remotos y gestionar usuarios, permisos, seguimiento de los usuarios, programación, compartir laboratorios remotos para que otras instituciones educativas o investigadores utilicen sus laboratorios.

**Tabla 4.** Caracterización de los gestores de laboratorios.

CARACTERÍSTICAS	LABORATORIOS VIRTUALES		
	Labsahare	MIT iLabs	WebLab Deusto
Laboratorios por lotes	No	Si	Si
Laboratorios interactivos	No	No	Si
Gestión por medio de colas	No	Si	Si
Balaneo de carga local	No		Si
Son federados	Si	Si	Si
Interacción con otros RLMS	Si	Si	Si
Interoperabilidad con LMS	No	Si	Si
Sistema personalizable	Si	Si	Si

**Fuente:** (Alba Quiroga & Rodríguez Ríos, 2014).

### Conclusiones

Luego de identificar y evaluar las principales estrategias, características y aspectos de diseño y despliegue para implementar un modelo de cloud computing ubicuo y adaptable, provisión de un conjunto compartido y configurable de recursos informáticos que pueden ser rápidamente aprovisionados y liberados con un esfuerzo mínimo de gestión o interacción mínima por parte del proveedor de servicios y soportado en infraestructuras oportunistas de crecimiento horizontal, los resultados obtenidos demuestran la viabilidad de la convergencia y representan un referente para el desarrollo de experimentación cloud computing

abierta, extensible, interoperable, eficiente, escalable y a bajo costo en ambientes de experimentación académica.

Siendo tecnologías y/o aplicaciones emergentes, que han probado su validez en ámbitos comerciales y académicos, las instituciones académicas tienen una tarea primordial en el desarrollo de materiales curriculares y unidades didácticas para su impartición en sistemas escalables de cloud computing tanto para poder ser utilizadas en los sistemas físicos propuestos en este proyecto como en otros sistemas más sencillos para poder ser utilizadas por el máximo número de centros.

En este tipo de proyectos es fundamental la orquestación de un grupo de investigación centrado en la comunicación, colaboración e integración entre desarrolladores de software y los profesionales de operaciones en las tecnologías de la información, de diferentes instituciones académicas aprovechar de manera óptima los recursos hardware de los que se dispone.

## Referencias bibliográficas

- Aguilar, L. J. (2012). Computación en la nube. Notas para una estrategia española en cloud computing. *revista del instituto español de estudios estrategicos(0)*, 87-110. Obtenido de [http://www.ieee.es/Galerias/fichero/Revista\\_Digital/RevistaIEEE\\_Num\\_0.pdf](http://www.ieee.es/Galerias/fichero/Revista_Digital/RevistaIEEE_Num_0.pdf)
- Alba Quiroga, D. Y., & Rodríguez Ríos, J. A. (2014). *Plataforma de computación en la nube para la implementación de laboratorios virtuales y remotos. "UPTCloud"*. Tunja, Boyacá.
- Álvarez, J. V. (2004). Uso de estándares e-learning en espacios educativos. *Fuentes*. Obtenido de <http://institucional.us.es/revistas/fuente/5/08%20uso%20de%20estandares.pdf>
- AuraPortal Cloud. (s.f.). *¿Qué es Cloud Computing?* Recuperado el 7 de 12 de 2014, de <http://www.auraportal.com/1385P623L1/3-AURA-PORTAL-CLOUD.aspx>
- Cabero, J. (2006). Bases pedagógicas del e-learning. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*.
- Cabrero, J. (2008). Bases pedagógicas del e-learning. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*.
- Centro de Formación Permanente de la Universidad de Sevilla. (2014). *e-Learning. Definición y Características*. Obtenido de <http://www.cfp.us.es/e-learning-definicion-y-caracteristicas>
- Charles, S. (2012). IMS Learning Tools Interoperability. IMS Global Learning Consortium (IMS GLC).
- CINTEL. (2010). *Cloud computing una perspectiva para colombia*. Bogotá DC.
- Civic Consulting. (2012). *Computación en nube*. Bruselas: Civic Consulting.
- Clarenc, C. A., & S. M. Castro, C. L. (2013). *Analizamos 19 plataformas de e-learning: Investigación colaborativa sobre LMS*. Grupo GEIPITE.
- Docebo. (04 de 2014). *E-Learning Market Trends and Forecast 2014-2016*. Recuperado el 16 de 05 de 2014, de <http://www.docebo.com/landing/learning-management-system/elearning-market-trends-and-forecast-2014-2016-docebo-report.php>
- E-doceo Colombia. (s.f.). *e-doceo Colombia*. Recuperado el 02 de 06 de 2014, de [www.es.e-doceo.net](http://www.es.e-doceo.net)
- E-learning industry*. (04 de 2014). Recuperado el 16 de 05 de 2014, de <http://elearningindustry.com/list-of-authoring-tools-part-1>
- E-Learning Industry. (04 de 2014). *eLearning Industry*. Obtenido de <http://elearningindustry.com/the-ultimate-list-of-cloud-based-learning-management-systems>
- Gateway4labs. (2012). *gateway4labs 0.1 documentation*. Recuperado el 15 de 09 de 2014, de <http://gateway4labs.readthedocs.org/en/latest/design.html>
- Graells, P. M. (s.f.). *Las tic y sus aportaciones a la sociedad*. Recuperado el 15 de 05 de 2014, de *Las tic y sus aportaciones a la sociedad*. pdf

- ICTEDUCA. (21 de 05 de 2014). *Laboratorio mrlab tdt*. Obtenido de [www.icteduca.com/archivos/imagenes/portal/55/Guia%20uso%20de%20MRLAB-TDT%20Rev%201\\_1.pdf](http://www.icteduca.com/archivos/imagenes/portal/55/Guia%20uso%20de%20MRLAB-TDT%20Rev%201_1.pdf)
- ICTEDUCA. (2014). *Laboratorios remotos para experimentación*. Obtenido de <http://sfm.icteduca.com/laboratorios-remotos.php>
- Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación (INTECO). (2012). *Estudio sobre el cloud computing en el sector público en España*. Navarra: INTECO. Obtenido de [http://www.cfnararra.es/observatorios/pdf/estudio\\_inteco\\_cloud\\_computing\\_en\\_sector\\_publico/estudio\\_inteco\\_cloud\\_computing\\_en\\_sector\\_publico.pdf](http://www.cfnararra.es/observatorios/pdf/estudio_inteco_cloud_computing_en_sector_publico/estudio_inteco_cloud_computing_en_sector_publico.pdf)
- J. García-Zubia, P. O. (05 de 2009). *MoreLab - Mobility Research Lab*. Recuperado el 16 de 05 de 2014, de <https://www.weblab.deusto.es/joomla/images/publications/mooteuskadi09.pdf>
- Joven Sarria, W. (2012). *Modelo de plataforma interoperable para E-Learning*. Recuperado el 20 de 10 de 2014, de <http://gicoge.udistrital.edu.co:8001/rid=1KNYXX4P1-1KYW2K5-FGW/Modeloplataforma.v1Fuente.pdf>
- López, M. M. (2011). *Universidad EAFIT*. Obtenido de [http://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/236/MonicaMaria\\_ZuluagaLopez\\_2011.pdf?sequence=1](http://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/236/MonicaMaria_ZuluagaLopez_2011.pdf?sequence=1)
- MIMO LAB . (2012). *Cátedra Telefónica UPC*. Obtenido de Universitat Politècnica de Catalunya: <http://catedratelefonica.upc.edu/documentos/articulos/mimo-lab/working-report-mimol-2004-01.pdf>
- Moya, M. A. (2009). *Las nuevas tecnologías en la educación. Innovación y experiencias Educativas*(24). Obtenido de [http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod\\_ense/revista/pdf/Numero\\_24/ANTONIA\\_M\\_MOYA\\_1.pdf](http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_24/ANTONIA_M_MOYA_1.pdf)
- NIST. (s.f.). *Cloud Computing Program*. Recuperado el 15 de 05 de 2014, de The National Institute of Standards and Technology (NIST): <http://www.nist.gov/>
- Nube, U. a. (2013). Yordanis Alonso Roque. *Revista Telemática*, 11-20.
- ONTSI Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y SI . (2012). *Cloud Computing. Retos y Oportunidades*. Barcelona: Ministerio de Industria energía y Turismo Gobierno de España. Obtenido de [http://www.ontsi.red.es/ontsi/sites/default/files/1-estudio\\_cloud\\_computing\\_retos\\_y\\_oportunidades\\_vdef.pdf](http://www.ontsi.red.es/ontsi/sites/default/files/1-estudio_cloud_computing_retos_y_oportunidades_vdef.pdf)
- Nieto Mora , Oscar Alberto, A. A. (2004). *Especificación de requerimientos y construcción de un modelo de análisis para la implementación de una malla de computación distribuida en la universidad nacional de Colombia*. Bogotá DC.
- Rosario, J. (s.f.). *Observatorio para la CiberSociedad*. Recuperado el 15 de 05 de 2014, de <http://www.cibersociedad.net/archivo/articulo.php?art=218>
- UDIMA Universidad a Distancia de Madrid. (2007). *Libro de Buenas Prácticas de e-learning*. (UDIMA ) Recuperado el 03 de 06 de 2014, de <http://www.buenaspracticas-elearning.com/parte-I-tendencias-materia-e-learning.html>
- Universidad de Deusto. (s.f.). *Technical description*. Recuperado el 20 de 10 de 2014, de <https://weblabdeusto.readthedocs.org/en/latest/technical.html>
- WebLab-Deusto. (s.f.). *WebLab-Deusto*. Recuperado el 5 de 12 de 2014, de <http://weblab.deusto.es/website/>

