

## Experiencia de enseñanza-aprendizaje de Cloud Computing y Cloud Robotics en la UNLP

Armando De Giusti<sup>1,2</sup>, Ismael Rodriguez<sup>1</sup>, Sebastián Rodríguez Eguren<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI), Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata – Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Argentina  
{degiusti, ismael, seguren} @lidi.info.unlp.edu.ar

**Resumen.** Se presenta y analiza el conjunto de experiencias obtenidas en la enseñanza de los temas relacionados con Cloud Computing y Cloud Robotics, en las carreras de Licenciatura e Ingeniería de la Facultad de Informática de la UNLP, considerando el impacto tecnológico de los paradigmas actuales. Asimismo, se exponen algunos resultados concretos de la experiencia obtenida en los últimos años.

**Palabras Clave:** Cloud Robotics, Cloud Computing, Internet of Things, Informática, Enseñanza, Amazon Web Service (AWS).

### 1 Introducción

Los avances en las tecnologías de virtualización y cómputo distribuido han dado origen al paradigma de Cloud Computing, que se presenta como una alternativa a los tradicionales sistemas de Clusters y Grids para ambientes de HPC y también como un esquema de procesamiento masivo de datos y de servicios remotos de gran impacto en la Informática actual. Esta tecnología provee una abstracción de los recursos de hardware permitiendo ejecutar simultáneamente múltiples instancias de Software en máquinas virtuales sobre un único hardware físico (centralizado o distribuido).

Cloud Computing proporciona grandes conjuntos de recursos físicos y lógicos (infraestructura, plataformas de desarrollo, almacenamiento y/o aplicaciones), fácilmente accesibles y utilizables por medio de una interfaz de administración web, con un modelo de arquitectura “virtualizada”. Estos recursos son proporcionados como servicios (“As a Service”) y pueden ser dinámicamente re-configurados para adaptarse a una carga de trabajo variable (escalabilidad), logrando una mejor utilización y evitando el sobre o sub dimensionamiento (elasticidad). [1] [2].

Al mismo tiempo, considerando la gran influencia de la robótica en la sociedad y la diversidad de servicios ofrecidos por robots, nos encontramos que los mismos presentan grandes limitaciones en consumo de energía, poder de cómputo, capacidad de almacenamiento, toma de decisiones, tareas cognitivas, etc., por lo tanto, surge la

necesidad de integrar las tecnologías de Cloud Computing con los sistemas de Robots. [3][4][5].

En el año 2010, comenzaron a surgir proyectos de investigación (ej.: RoboEarth [6]), que integraban las tecnologías de Cloud con los sistemas de robots. Es así, que James Kuffner propone el concepto de Cloud Robotics, basado en combinar las tecnologías de robots con el paradigma de Cloud Computing [7].

La idea de Cloud Robotics, permite por medio de aplicaciones tratar los datos de los componentes de hardware del robot (sensores, actuadores, cámaras, microcontroladores, memoria, etc.), sin importar las limitaciones de cómputo de las placas de desarrollo con microcontroladores y la capacidad de almacenamiento de las mismas [8]. En otras palabras, este concepto permite a los robots obtener resultados de tareas de cómputo intensivo, tales como: procesamiento de imágenes, reconocimiento de voz, determinación de rutas, confección de mapas, acciones cognitivas, etc., sin tratamiento local, sino en el Cloud.

Este paradigma brinda la capacidad de establecer escenarios para sistemas de multi-robot, donde cada robot se integra de un hardware mínimo; una placa microcontroladora con conectividad WiFi permite al robot comunicarse con el Cloud y otros robots. Los datos de sensores y/o sistemas de adquisición de imágenes se procesan en el Cloud y los actuadores de cada robot llevarán a cabo las operaciones necesarias [9].

El presente trabajo está estructurado de la manera siguiente: en la Sección 2, se mencionan los antecedentes en las experiencias de enseñanza de temas de Cloud Computing y Cloud Robotics; en la Sección 3, se presenta la propuesta general aplicada en la asignatura “Cloud Computing. Cloud Robotics” de las carreras de la Facultad de Informática de la UNLP. En la Sección 4, se describen las actividades desarrolladas en los cursos dictados. Por último, en la Sección 5, se presentan algunos comentarios finales y proyecciones a futuro.

## 2 Antecedentes

En el año 2013, el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Informática, aprobó la propuesta de enseñanza de la asignatura “Cloud Computing. Aplicaciones en Big Data” [10], con régimen de cursada semestral, de carácter optativa, con una carga horaria semanal de seis horas, válida para alumnos de 4to/5to año de los planes de estudio de las carreras de Licenciatura en Sistemas, Licenciatura en Informática e Ingeniería en Computación de la Facultad.

Los objetivos generales de la asignatura eran:

- Profundizar el conocimiento de la tecnología Cloud y su utilización.
- Presentar algunos de los problemas principales en las aplicaciones sobre Cloud Computing.
- Estudiar los fundamentos de Big Data.
- Resolver problemas de Big Data, utilizando arquitecturas Cloud.

Para alcanzar tales objetivos, se propuso incorporar actividades colaborativas de carácter teórico-práctico que permitieron a los alumnos relacionar los contenidos

presentados en las clases teóricas y las actividades/talleres, con el fin de resolver un caso problema.

La práctica de la materia se llevó a cabo realizando todos los trabajos colaborativos sobre el Cloud público de Amazon Web Services (AWS) [11]. Para esto, la asignatura contó con una beca de investigación y educación proporcionada por AWS, que permitió a cada alumno disponer de un acceso vía WEB, con un usuario con perfil de administrador. Sobre AWS, los alumnos desplegaron instancias de máquinas virtuales configuradas en Clúster, ejecutaron aplicaciones de HPC y realizaron tratamiento masivo de datos utilizando Amazon Elastic MapReduce (Amazon EMR) [12].

Luego de tres años de dictado de la asignatura, visto el gran interés manifestado por los alumnos y atento a los requerimientos de los desafíos actuales, se consideró necesario ampliar la propuesta de enseñanza, desdoblando la misma en dos asignaturas que consideraran los temas en forma más amplia, denominadas “Conceptos y Aplicaciones de Big Data” y “Cloud Computing. Cloud Robotics”; en esta última, se busca profundizar en el conocimiento de la integración de tecnologías del paradigma de Cloud Computing y sistemas de Robots, logrando conectar Robots al Cloud.

Paralelamente, en el año 2015 se dictó el curso de “Cloud Computing con AWS (Amazon Web Services)” en la Escuela Internacional de Informática en el marco del XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2015) [13], destinado a alumnos avanzados de grado.

Asimismo, en el año 2016 y 2017 se dictó el curso de “Cloud Robotics” en el marco de las Jornadas de Cloud Computing & Big Data [14] [15], destinado a alumnos avanzados de grado, alumnos de Postgrado e investigadores del área.

### 3 Propuesta general

En vista a los antecedentes mencionados, en el año 2016, se presentó al Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Informática, la propuesta de una nueva asignatura que mantiene el régimen de cursada semestral y su carácter optativo, para alumnos avanzados de 4to/5to año, presentando un nuevo paradigma de integración de las tecnologías de Cloud Computing y los sistemas de Robótica, denominada “Cloud Computing. Cloud Robotics”, entrando en vigencia para la oferta académica de Optativas 2017.

Los objetivos generales de esta asignatura son:

- Profundizar el conocimiento de las arquitecturas CLOUD y su utilización.
- Analizar los problemas principales en las aplicaciones de Cloud Computing.
- Estudiar los fundamentos de los problemas de Robótica.
- Resolver los sistemas de Robots utilizando arquitecturas Cloud.

Los contenidos de la asignatura son:

#### A. Fundamentos de Cloud Computing

- Evolución: de Clusters y GRID a Cloud.
- Análisis de beneficios del empleo de arquitecturas Cloud: Escalabilidad, Disponibilidad, Confiabilidad.

- Riesgos y desafíos del empleo de arquitecturas Cloud: Seguridad, Portabilidad, Eficiencia.
- Características de un Cloud.
- B. Arquitecturas en Cloud Computing
  - IaaS. Infraestructura como Servicio.
  - PaaS. Plataforma como Servicio.
  - SaaS. Software como Servicio.
  - Tipos de arquitecturas Cloud. (públicas, privadas, híbridas).
  - Virtualización.
  - Manejo de las Comunicaciones en Cloud.
  - Manejo de Datos en Cloud.
  - Seguridad en Cloud.
- C. Software de Base y de aplicación en Cloud Computing
  - Hipervisores.
  - Balance de carga.
  - Administración de recursos distribuidos.
  - Configuración de máquinas virtuales.
  - Programación de aplicaciones sobre Cloud.
- D. Conceptos Fundamentales de IoT
  - Introducción: ¿Qué es Internet de las cosas?
  - Casos de estudio: Ciudades Inteligentes (Smart Cities) y Logísticas Inteligentes (Smart Logistic).
  - Tecnologías: NFC, RFID, Bluetooth 4.0, WiFi.
  - Tecnología M2M: Protocolo MQTT.
  - Seguridad en IoT.
  - Estudios de casos: Robots y Vehículos Autónomos.
- E. Robots conectados al Cloud
  - Placas basadas en Linux embebido: Arduino, Raspberry Pi, Intel Galileo entre otras.
  - Conectividad: USB, Ethernet y WiFi, y Bluetooth.
  - Dispositivos sensores: de Humedad Relativa y Temperatura (DHT22), Ultrasonido (HC-SR04), Infrarrojo PIR, de Humedad de Superficies, de Imagen (cámara VGA y HD).
  - Lenguajes de programación: C, Python y Node-Red.
  - Programación básica en Arduino y Raspberry Pi, conectados al Cloud.
  - Programación del protocolo MQTT para interactuar con el Cloud e inter-robots.
  - Estudios de casos: Robots Conectados al Cloud.

La propuesta metodológica de la asignatura, propone desarrollar actividades colaborativas de carácter teórico-práctico, que permitan a los alumnos relacionar los contenidos presentados en las clases teóricas con las actividades prácticas. Estas actividades se llevan a cabo sobre el Cloud público de Amazon Web Services (AWS). Para ello, la asignatura cuenta con una nueva beca de investigación y educación proporcionada por AWS, que permite a los alumnos acceder vía WEB a los servicios del Cloud.

La comunicación adicional con los alumnos y el espacio de consulta de contenidos del curso se efectúa bajo el entorno virtual de enseñanza y aprendizaje IDEAS [16],

desarrollado por el Instituto de Investigación en Informática III-LIDI de la Facultad de Informática de la UNLP. Este entorno ofrece un trabajo en áreas: Bienvenida, Comunicación, Información General y Contenidos, Trabajo Colaborativo, Recursos Educativos y Evaluación y Seguimiento. Cada área tiene, a su vez, diferentes herramientas para el trabajo entre los asistentes al curso virtual. Por ejemplo: en el área de Comunicación se puede elegir trabajar con mensajería, cartelera de novedades, foros y/o chat.

La asignatura presenta dos modalidades de cursada: presencial y semipresencial. En la modalidad presencial, los alumnos deben cumplir con la entrega de las actividades colaborativas y la aprobación de las mismas; el cumplimiento de estos requerimientos habilita al alumno a acceder a una modalidad de promoción, rindiendo un coloquio integrador al finalizar la cursada. En la modalidad semipresencial, los alumnos deben cumplir los mismos requerimientos que la modalidad presencial, debiendo rendir un examen final o elaborar un trabajo final experimental.

#### 4 Actividades experimentales

Para abordar los contenidos teórico-prácticos, se realizan clases con modalidad de laboratorio, donde los alumnos interactúan en grupo, aplicando los conceptos dados sobre el Cloud público AWS.

A lo largo del curso, se realizan cinco actividades colaborativas, consecutivas e interrelacionadas, con un aumento en la graduación de la dificultad de las mismas:

- Actividad N° 1: Introducción a Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2). El objetivo de esta actividad es que el alumno se familiarice con el Cloud Público AWS, administrando instancias EC2, gestionando accesos a las mismas por SSH y aplicando el concepto de IP elástica.
- Actividad N° 2: Gestión de almacenamiento Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) y Amazon Elastic Block Store (Amazon EBS). El objetivo de la actividad es que el alumno sepa diferenciar los sistemas de almacenamiento y adquiera los conocimientos necesarios para seleccionar la mejor herramienta a utilizar de acuerdo al problema a resolver, ya sea, almacenamiento en buckets (S3) o en volúmenes (EBS).
- Actividad N° 3: Utilización de AWS desde la Interfaz de Línea de Comandos (Amazon CLI). Se espera como resultado de esta actividad que el alumno logre familiarizarse con la interfaz de línea de comandos (CLI), como herramienta para gestionar y controlar los servicios de AWS, mediante la automatización de secuencias de comandos.
- Actividad N° 4: IoT utilizando AWS IoT. El objetivo de esta actividad es introducir al alumno al mundo de “Internet de las Cosas” utilizando los servicios de AWS IoT.
- Actividad N° 5: Robots conectados al Cloud. Se espera como resultado de esta actividad que el alumno implemente una solución mediante la cual conecte sensores a un microcontrolador y los pueda controlar por medio del Cloud.

Cada actividad práctica está planificada para desarrollarse en el transcurso de dos semanas.

## 5 Comentarios finales

Se presentan los resultados de las experiencias en el dictado de temas relacionados con Cloud Computing y Cloud Robotics, en los cursos de los últimos años.

En el curso dictado en el año 2014 [17], asignatura “Cloud Computing. Aplicaciones en Big Data”, se inscribieron 27 alumnos, donde 13 alumnos no iniciaron nunca la cursada, y participaron de la misma 14 alumnos: 12 en modalidad presencial y 2 en modalidad semipresencial. Los resultados obtenidos fue del 85% de alumnos que alcanzaron la resolución de las actividades colaborativas presentadas; como así también, el 100% de alumnos que promocionaron/aprobaron la materia por medio de la instancia de coloquio integrador/final.

En el curso dictado en el año 2015, asignatura “Cloud Computing. Aplicaciones en Big Data”, se inscribieron 15 alumnos, donde 5 alumnos no iniciaron nunca la cursada, participaron de la misma 10 alumnos: 8 en modalidad presencial y 2 en modalidad semipresencial. Los resultados obtenidos fue del 80% de alumnos que alcanzaron la resolución de las actividades colaborativas presentadas; como así también, el 100% de alumnos que promocionaron/aprobaron la materia por medio de la instancia de coloquio integrador/final.

En el curso dictado en el año 2016, asignatura “Cloud Computing. Aplicaciones en Big Data”, se inscribieron 65 alumnos, donde 15 alumnos no iniciaron nunca la cursada, participaron de la misma 48 alumnos: 35 en modalidad presencial y 13 en modalidad semipresencial. Los resultados obtenidos fue del 98% de alumnos que alcanzaron la resolución de las actividades colaborativas presentadas; como así también, el 85% de alumnos que promocionaron/aprobaron la materia por medio de la instancia de coloquio integrador/final.

Actualmente, en el curso del año 2017, asignatura “Cloud Computing. Cloud Robotics”, se inscribieron 33 alumnos, donde 8 alumnos no iniciaron nunca la cursada, participan de la experiencia 25 alumnos: 22 en modalidad presencial y 3 en modalidad semipresencial; a la fecha, el 88% de los alumnos cumple con los requisitos de entrega y aprobación de las actividades colaborativas, restando aún la presentación de la actividad N° 5, como así también la instancia del coloquio integrador o el examen final, según corresponda a la modalidad de cursada obtenida.

A lo largo del período analizado, los alumnos han manifestado gran interés sobre los temas abordados en la asignatura, y conformidad con la metodología, como así también, con las actividades colaborativas presentadas, derivando un trabajo final de carrera de grado de Licenciatura en Sistemas, con nota diez [18]; y actualmente, cuatro alumnos se encuentran desarrollando su trabajo final de carrera de grado con temas relacionados al área, bajo la dirección y asesoramiento de los docentes de la asignatura.

Como trabajo futuro a corto plazo, se proyecta incorporar a las actividades prácticas la interacción con un dispositivo de vuelo (Drone/Cuadrícóptero) con el fin de ampliar el sistema multi-robot con el que lo alumnos puedan trabajar.

Además, se considerará la posibilidad de incorporar el acceso al Cloud de Microsoft Azure, con el fin de comparar los servicios de los Cloud Públicos mencionados en este trabajo.

## Referencias

1. Thomas Erl “Cloud Computing. Concepts, Technology & Architecture”. Prentice Hall 2013.
2. Rothon J. “Cloud computing explained: Implementation handbook for enterprises”. Recursive Press 2013.
3. Terrisa L.S., Ayad S. “Towards a new cloud robotics approach”. IEEE Cist Conference 2016.
4. Chen Y., Du Z., Garcia-Acosta M. “Robot as a Service in Cloud Computing”. Fifth IEEE International Symposium on Service Oriented System Engineering 2010.
5. Doriya R., Chakraborty P., Nandi G. C. “Robotic Services in Cloud Computing Paradigm” International Symposium on Cloud and Services Computing 2012.
6. RoboEarth. In: <http://www.roboearth.org>.
7. Kuffner J.: “Cloud-enabled robots”. IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robot. Nashville, USA, 2010.
8. Wang L., Liu M., Meng M., Siegwart R.: “Towards Real-Time Multi-Sensor Information Retrieval in Cloud Robotic System”. IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI). Hamburgo, Alemania, 2012.
9. Turnbull L., et al.: “Cloud Robotics: Formation Control of a Multi Robot System Utilizing Cloud Infrastructure”. Proceedings of IEEE – Southeastcon. Jacksonville, USA, 2013.
10. De Giusti A., Naiouf M., De Giusti L., Chichizola F., Pousa A., Sanz V., Rodriguez I., Rucci E. “Enfrentando desafíos de la currícula en Informática: Concurrencia, Paralelismo, Cloud Computing, Multicores y GPUs. Proceedings del X Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2015). Corrientes, Argentina. (2015).
11. Amazon Elastic Compute Cloud (AmazonEC2). <http://aws.amazon.com/es/ec2>.
12. Amazon Elastic MapReduce (Amazon EMR). <https://aws.amazon.com/es/emr/>.
13. XXI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC 2015. <http://cacic2015.unnoba.edu.ar/>.
14. IV Jornadas de Cloud Computing & Big Data. JCC 2016. <http://www.jcc2016.info.unlp.edu.ar/wordpress/>
15. V Jornadas de Cloud Computing & Big Data. JCC 2017. <http://www.jcc.info.unlp.edu.ar/wordpress/>
16. Entorno virtual de enseñanza y aprendizaje IDEAS. <https://ideas.info.unlp.edu.ar>.
17. De Giusti A. Rodríguez I., Hasperue W., Rodríguez Eguren S. “Estrategias para la enseñanza de Cloud Computing en la UNLP”. II Jornadas de Cloud Computing & Big Data (JCC 2015). La Plata. Argentina (2015).
18. Tesina de grado. “Incidencia de idiomas populares en la lengua española con Big Data: análisis masivo de datos mediante Amazon Elastic MapReduce y Google N-grams”, De Luca J., <http://catalogo.info.unlp.edu.ar/meran/opac-detail.pl?id1=7178>.