

Experiencia en la renovación TIC de la Universidad de Costa Rica: Proyecto Nube Académica Computacional

Luis Guillermo Loría Chavarría
Área Investigación y Desarrollo, Centro de Informática, Universidad de Costa Rica.
luis.loria@ucr.ac.cr

Resumen. Este artículo presenta un proceso de renovación tecnológica de la Universidad de Costa Rica (UCR) desde el año 2012 hasta el 2015. Se abordan los aspectos contractuales, financieros, de adquisición y los recursos TIC para implementar una nube computacional, dirigida a los sectores de la docencia e investigación de esta institución de educación superior latinoamericana. El proyecto se articuló con una cantidad significativa de mejoras en la infraestructura tecnológica universitaria, por lo tanto, representa un gran reto. La renovación tecnológica, se lleva a cabo incluso hoy día, al ser un programa en ejecución y donde el proyecto de Nube Académica Computacional está en su etapa de pruebas finales con usuarios definidos. Este es un proyecto modelo en su conceptualización en Costa Rica, ya que representa gran inversión económica y de recurso humano de altísimo nivel académico y técnico, los cuales evaluaron y utilizaron las mejores herramientas y productos TIC del mercado. La mayoría de las soluciones de software, tienen licencias libres y fueron personalizadas en algunos casos para el proyecto, para explotar las características que el Software Libre posee.

Palabras Clave: nube computacional, proyectos TIC, renovación TIC, virtualización, apoyo para la investigación y la academia, software libre.

1 Introducción

El cambio es posiblemente la situación más frecuente y cotidiana en el universo, dentro del ámbito humano, basta con realizar alguna actividad física que hace ya varios años no se practicaba, para sentir en nosotros mismos el paso del tiempo y la dificultad de llevar a cabo esa tarea. En el mundo de la tecnología pasa exactamente lo mismo, ya que sino nos mantenemos en ritmo, un cambio significativo, nos toma por sorpresa y en la mayoría de casos duele tanto como esa tarea física olvidada.

El cambio es tedioso, caro y agobiante, pero debemos enfrentarlo. Este artículo, trata de compartir la experiencia de la renovación en el ámbito de las TIC. Toda institución tiene el deseo de sobrevivir en el mercado, de mejorar sus servicios, al adaptarse a las tendencias, y porqué no, marcar la pauta. Esas labores son decisivas en ciertos momentos en una organización.

En el caso de la Universidad de Costa Rica (UCR), el cambio tecnológico desde el 2012 hasta la actualidad ha sido realmente importante y necesario, por cuanto, el uso de los recursos no era el más óptimo, desde el recurso humano hasta el tecnológico, como los equipos de comunicaciones, de procesamiento, de almacenamiento y algunas facilidades de sustentabilidad. Paralelamente, la UCR pasa por un cambio generacional y por ende cultural. Eso significa un gran riesgo y por supuesto una oportunidad de mejorar.

El Centro de Informática (CI) de la UCR, departamento de gestión TIC, se cuestiona los cambios recientes y cómo brindar mejores y más servicios a toda la comunidad universitaria; un ejemplo es la reciente contratación de una evaluación del Centro de Datos Institucional (CDI).

Hace menos de seis años, la tecnología de *cloud computing*, computación en la nube o nube computacional, se populariza, hoy es un tema TIC en boga por ser un paradigma útil para el despliegue de servicios y aplicativos de forma dinámica y escalable. Representa un cambio de paradigma para la industria TIC: de trabajar tradicionalmente hacia la visión del servicio. Coincidentemente, este paradigma llega a la UCR en el momento de aplicar mejoras y reemplazos de elementos bajo la figura de un programa de renovación TIC; pero llega de la mano de una variante en el quehacer ordinario de la UCR, el desarrollo de un proyecto entre el sector de investigación a cargo de docentes y el grupo administrativo, ambos de las áreas de computación e informática. Esta iniciativa, es la primera de esta naturaleza en la UCR; representa un desafío, pero ante todo una gran oportunidad, por cuanto no todas las instituciones pueden tener un área de investigación con personal de altos grados académicos y técnicos para este fin. El Centro de Investigación en Tecnología de la Información y Comunicaciones (CITIC) como el Centro de Informática (CI) estuvieron dispuestos a intentar y recorrer juntos, el camino de la incertidumbre que representa investigar.

La realidad del mercado es dura en términos de realizar los cambios TIC, en ocasiones sin tiempo y recurso para probar alternativas. Las universidades, tienen la posibilidad de investigar y probar, cuyo valor concreto es llegar al objetivo con la certeza de recorrer por el mejor camino posible y luego compartirlo.

Este trabajo comparte esa experiencia de investigación y renovación TIC, donde no solo el hardware y software son importantes, sino, donde las personas marcan la diferencia al trabajar en grupo y porqué no, en equipo.

2 Proceso de renovación TIC en la UCR

La UCR para el año 2012 requería actualizar la plataforma TIC, este proceso tiene forma de programa, con diversos proyectos que tienen como objetivo renovar aspectos específicos TIC en la institución. En este artículo se mencionarán algunos de ellos, principalmente los ligados al proyecto denominado “Nube Académica Computacional” (NAC).

La renovación del equipamiento de procesamiento, comunicaciones y almacenamiento en el Centro de Datos Institucional (CDI) es punto de inicio y crucial para el proyecto de Nube Académica Computacional (NAC) en la UCR, de allí que vale la pena entender el proceso.

Para el 2012, se gestiona presupuesto para renovar la plataforma de servidores existentes tipo rack o bastidor por obsolescencia y capacidad de carga. En esos equipos, se ejecutaban una serie importante de aplicativos como parte de la plataforma de colaboración institucional, a decir: calendario, chat, correo electrónico, el servicio de virtualización de servidores institucionales, además, del servicio de autenticación, entre otros. En ese momento, el equipamiento eran servidores marca

SUN con el almacenamiento HITACHI, los cuales para el 2015 estarían fuera soporte por parte del fabricante, además de la obsolescencia por más de 6 años de utilización. Aunado a esto, existe el gran inconveniente para la Universidad que solo un proveedor local vende y brinda soporte de esas marcas, lo cual no da pie a negociar precios más bajos por los servicios.

Luego del cambio de Rectoría de la Universidad y de la dirección del CI, en mayo del 2012, se plantea el paradigma computacional diferente; al pasar de servidores tipo rack o bastidor a equipos tipo blade u hojas. Además, de impulsar concretamente el reemplazo del almacenamiento por uno moderno y de más altas velocidades. Este giro representa variaciones; por cuanto todos los procesos deben ser evaluados y replanteados; por ejemplo, el financiamiento y compra del equipo es diferente, las unidades académicas usuarias de los servicios de colocación en el CDI deben de cambiar su forma de atender los servidores puesto que *ya no podrían indicar o tocar "su" servidor físico* puesto que la utilización de servidores blade se basa en la virtualización con equipos de alto procesamiento compartidos. Por lo tanto el concepto de *"mio"* pasa a ser *"nuestro"*.

Las mejoras no son únicas ni exclusiva del hardware ya señalado, los retos se amplían, algunos ejemplos son:

- La atención del núcleo de telecomunicaciones universitaria.
- Reemplazo del equipamiento de red de conmutación y enrutamiento.
- Reemplazo y ampliación de los enlaces de fibra óptica del núcleo de la red en el campus principal de la Universidad y en las sedes regionales.
- Ampliación y renovación de la telefonía IP
- Negociación de las plataformas de software institucional como el caso del Oracle y VMWare, entre muchas otras necesidades.

Este cambio provoca un efecto dominó en muchas de las aristas ya mencionadas.

2.1 Adquisición del equipamiento nuevo para procesamiento, almacenamiento y comunicaciones

La Ley de Contratación Administrativa costarricense posee la figura denominada audiencia de descuento, en el artículo 28 bis del Reglamento de la Ley [1], lo cual es la oportunidad de adquirir un servicio o bien donde los oferentes plantean en una segunda y definitiva oportunidad las ofertas pero con montos más bajos en relación a la oferta original, en otras palabras, es una especie de subasta pero a la baja, donde solo se tiene una oportunidad para ofrecer este tipo de mejora. En el caso de las adquisiciones para la renovación TIC, se realizaron tres etapas que descalifican en cada una los incumplimientos. En la primera, se evaluó los requerimientos técnicos, atestados y certificaciones solicitadas en el cartel; con los oferentes admisibles se ejecuta la segunda etapa, que es una prueba de concepto técnica donde se prueba la tecnología de cada oferente. Finalmente, en la tercera etapa se aplica la audiencia de descuento únicamente con los oferentes que pasaron en cada etapa. De esta forma, la administración pública se garantiza primero el cumplimiento de aspectos técnicos de lo solicitado y en segunda instancia, el mejor precio que el mercado pueda ofrecer por los servicios o bienes. Esta figura de contratación administrativa no había sido utilizada nunca antes en la UCR para la adquisición de servicios o bienes TIC.

Así, se realizaron las adquisiciones del proyecto de renovación; el resultado fue obtener una diferencia por debajo del precio de mercado del 37,84% y 57,27% en relación a la oferta inicial más baja; eso significó una disminución de \$391.529,00 a favor de la Universidad para el arranque del proyecto pasando de invertir \$1.034.612,36 a un pago de \$643.083,36 (ver tabla 1). Estas contrataciones, incluían el equipamiento nuevo de almacenamiento, procesamiento y comunicaciones de Centro de Datos así como la instalación física e implementación inicial de acuerdo a los requerimientos de la Universidad, además, el equipamiento adicional para gestionar las plataformas nuevas lo cual en este caso incluían servidores tipo rack externos y software de cada fabricante.

Tabla 1. Inversión inicial en equipamiento de almacenamiento, procedimiento y comunicaciones (Fuente: Centro de Informática, año 2012)

Proceso de compra	Precio de mercado	Precio audiencia de descuento	% descuento
No. 2012LA-000089 UADQ “Solución llave en mano para la implementación de la Infraestructura (red y servidores) para una solución de hosting, virtualización y procesamiento a nivel Institucional.	\$617.429,86	\$373.266,86	39,55%
No. 2012LA-000084-UADQ “Solución llave en mano para la implementación del sistema de almacenamiento Institucional (Etapa 1)”	\$417.182,50	\$269.816,5	35,32%
Totales	\$1.034.612,36	\$643.083,36	37,84%

El impacto en el proyecto de renovación fue considerable por cuanto las estimaciones iniciales realizadas entre presupuesto y necesidades básicas de TIC habían arrojado 4 años como el periodo en el cual se podría llegar a equipar la plataforma, sin embargo, con esta dinámica se acertó a dos años, e impactó positivamente en el presupuesto; pero provocó carga de trabajo adicional a lo programado como la renovación del Centro de Datos Institucional donde se hospedaría el equipo nuevo.

2.2 Renovación en el Centro de Datos Institucional (CDI) de la UCR

La UCR centraliza los servicios TIC en el CDI. Entonces, con la renovación TIC el CDI se ve involucrado; por lo tanto, se identifican debilidades así como las acciones y costos para mejorarlas, muchas se han puesto en marcha durante los últimos tres años. El CDI debe transformarse por cuanto todo el equipamiento en producción versus el nuevo representa una seria diferencia en en gestión del hardware, peso y enfriamiento, entre otros. El tema del enfriamiento es el más complejo. Entonces, como parte de la renovación, se pasa de una sala única a una sala que contiene una sección encapsulada con el equipamiento nuevo, por cuanto, la generación de calor es superior a la

tecnología tipo blade. Por esta razón, se decidió encapsular tanto el pasillo frío como el caliente, para buscar la mayor eficiencia en el enfriamiento por medio de aires acondicionados de precisión con el menor impacto posible en la sala principal. Es importante tener en cuenta que el CDI tiene una única sala rectangular, por lo tanto los trabajos de mejora se realizaron en medio de la producción y se procura ser lo menos invasivo.

Con la implementación del encapsulado se requirieron varias obras en el CDI, con una inversión de \$40.000; esto implicaba reubicar unidades de enfriamiento de precisión por expansión directa para el enfriamiento del encapsulado, además, se instaló una tercer unidad para cumplir con la filosofía de la UCR en el CDI de implementar tecnología bajo el esquema N+1. Estos equipos de precisión inyectan el flujo desde el piso suspendido, esto conlleva mejoras del piso falso y el sellado de la losa de concreto en la zona donde se colocaría el encapsulado. Las labores en la losa del CDI también fueron aprovechadas para implementar la conectividad eléctrica y de datos del encapsulado. También se rediseña el sistema para la detección y mitigación de incendios para la sala principal y el encapsulado. Este sistema utiliza como elemento de mitigación la sustancia conocida como FM200.

En cuanto al peso, se trabajó en la instalación de una base metálica para anclar los bastidores nuevos y distribuir el peso. Se realizó en una zona del CDI que soporta más de 750 Kilos sobre un sólo punto. Todas estas obras se realizaron en un periodo de 2 meses durante el cual el CDI no se pudo apagar por ser el único centro de datos de la institución.

La sala principal del CDI, antes de estas labores, presentaba problemas de enfriamiento, por lo tanto, se invirtió también en la reubicación de los equipos dentro de la sala así como las salidas de aire. La mejora ambiental de la sala fue realmente significativa, tal como se puede observar en las figuras 1, 2 y 3 mostrando la situación original y la posterior a los trabajos.



Fig. 1. Vista del CDI con el sistemas de bastidores con equipos tipo rack. Se puede observar que es una sola sala. (Fuente: Centro de Informática UCR 2012)

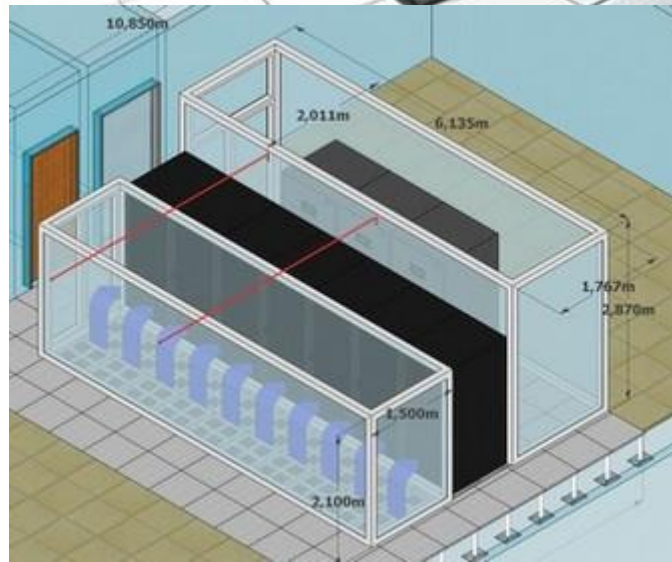


Fig. 2. Diseño del encapsulado

para una sola fila de bastidores. Se encapsularon tanto el pasillo frío como el caliente. (Fuente: Centro de Informática UCR 2012)



Fig. 3. Vista del pasillo frío durante la instalación. (Fuente: Centro de Informática UCR 2013)

3

Trabajo entre el sector académico y el administrativo

El Centro de Investigación en Tecnología de la Información y Comunicaciones (CITIC) inscrito a la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática (ECCI) de la UCR, a finales del año 2012 participó en talleres sobre la temática de *Cloud Computing* que la empresa IBM impulsó en el país; de allí surge la iniciativa de crear una nube que apoye a los sectores de investigación y académico. Sin embargo, el CITIC no contaba con recursos financieros ni tecnológicos para iniciar el proyecto, por lo tanto el Dr. Ricardo Villalón, líder del proyecto en el CITIC, se acercó al CI para crear una propuesta de trabajo. En ese periodo el CI se encontraba en el proceso de renovación TIC universitaria y aún no conocía el fabricante a través de sus canales de distribución iba ser el adjudicado; así las cosas, no se conocía el tipo específico de equipamiento por adquirir puesto que fue un proceso abierto. Por esta razón, al trabajar en conjunto el proyecto denominado como Nube Académica Computacional (NAC) se planteó un diseño agnóstico. Este proyecto, se registró en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad con el nombre de *Creación de una Nube Académica Computacional de la UCR (NAC)* con el número de proyecto 834-B3-145.

El objetivo inicial de la renovación TIC del CI era mejorar y ampliar los servicios de virtualización, sin embargo, con el proyecto NAC este objetivo se ve ampliado y remozado significativamente, para incorporar las necesidades del sector docente e investigación de la Universidad.

Para dilucidar el proyecto, se realizaron sesiones de trabajo, que iniciaron cuando se tenía claro los elementos computacionales por adquirir, a decir, el almacenamiento, se adjudicó al fabricante EMC con un equipo VNX modelo 5700; en cuanto al equipo

de procesamiento, el fabricante HP fue el adjudicado, con equipamiento enclouse o chasis modelo HP BLc7000 para servidores tipo blade, cuchilla u hoja modelo BL-460c, cada servidor con 128GB RAM, dos procesadores eight core de 2,4 Ghz y dos discos duros SAS de 146GB. Además, se adquirieron equipos de comunicaciones para centros de datos, dos conmutadores modelo HP 12500. Para ver el detalle de la compra ver tabla 2.

Tabla 2. Detalle de la compra de equipo de procedimiento y comunicaciones. (Fuente: Centro de Informática UCR 2015)

Tipo de equipo	Compra original	Aplicación artículo 200 ¹	Aplicación artículo 201 ²	Total
Enclouses o chasis	6	0	0	6
Servidores	55	0	21	76
Comunicaciones	2	0	0	2

Tabla 3. Detalle de la compra de almacenamiento. (Fuente: Centro de Informática UCR 2015)

Tipo de almacenamiento	Compra original	Aplicación Art. 200	Aplicación Art. 201	Totales
Sólido – SSD 200GB	16	9	5	30
Ultra rápido – NLSAS 3TB	60	25	59	144
Rápido - SAS 600GB	65	62	45	172

Según la tabla 2 y tabla 3, con las mejoras de precio en el proceso de adjudicación fue posible aplicar los artículos 200 y 201 del Reglamento de la Ley de Contratación Administrativa [1] para ampliar las cantidades equipamiento, esto por las rebajas obtenidas y la posibilidad de invertir el presupuesto del año 2013. Un detalle importante de mencionar es la posibilidad de mantener el precio de la compra original con la aplicación de los artículos 200 y 201 de la ley citada. Con esa cantidad de equipo por ingresar el grupo de trabajo NAC inicia toda la investigación de productos y aplicaciones para el modelo de nube computacional que se desea para la Universidad.

¹ Ley y reglamento de contratación administrativa, artículo 200 denominado Modificación.

² Ley y reglamento de contratación administrativa, artículo 201 denominado Ampliación.

4 Premisas y retos de la NAC

Para la Universidad de Costa Rica un proyecto de esta envergadura presenta desafíos desde varios ángulos y para enfrentarlo se tomaron en cuenta aspectos y situaciones concretas, a decir algunas de ellas:

Presupuesto. Los presupuesto de año a año no se garantizan, es decir, no existe la posibilidad de mantener un flujo constante y exacto de dinero asignado a un proyecto presupuestario; sin embargo, en casos calificados se logra mantener un porcentaje de apoyo presupuestario. Pero, ese flujo dependerá también de los resultados preliminares del mismo en el tiempo. Por ese motivo, al iniciar el proyecto de renovación se planteó por etapas a completar en cuatro años.

Políticas para la adquisición y uso de software. Desde el 2013 se inició formalmente un proceso de migración hacia herramientas informáticas basadas en Software Libre y de Código Abierto. Esto como producto de todo un movimiento de años atrás que se incrementó desde el año 2007 por parte de la agrupación denominada “*Comunidad de Software Libre de la UCR*”. Este movimiento logra impulsar un acuerdo del Consejo Universitario, sesión 5574 del 13 de setiembre del 2011 basándose en la sesión 5302 del 28 de octubre del 2008 [2], donde se ordena la utilización de ODF y PDF como formato para documentos digitales y se incentiva el uso de aplicativos basadas en Software Libre y de Código Abierto en todas las bandas de software posibles utilizadas en la Universidad y declara de interés institucional su utilización, modificación, difusión y creación. En la resolución, se destacó que la Comisión Institucional de Equipamiento de la Universidad logró reducir, para el periodo 2010-2011, el presupuesto de alquiler de licencias de programas ofimáticos más de \$120.000. Este ahorro de fondos se reinvierten en la compra de software especializado y científico, que antes no se podía adquirir por falta de presupuesto. En las consideraciones previas al acuerdo, el Consejo Universitario resaltó la importancia de utilizar Software Libre en la Universidad, ya que “*el uso del software libre deriva del establecimiento de un modelo de pensamiento democrático, que potencia el conocimiento humano, de su construcción y su difusión, sin límites que eviten el surgimiento de oportunidades para el desarrollo*”. Por cuanto, el proyecto NAC se plantea desde esta visión. Lo importante de estas políticas universitarias radica en utilización de plataformas y protocolos abiertos, que potencian a la Universidad como un centro de educación superior usuario y creador de tecnología abierta y a su vez que la comparte. Un caso de éxito es el proyecto de Firma Digital Avanzada para LibreOffice desarrollado por el CI, este complemento se puede descargar del sitio web del CI. [3]

La iniciativa de Software Libre y Código Abierto de la UCR ha desembocado en un proceso de migración de envergadura institucional para las herramientas de ofimática y el impulso del uso de muchas más herramientas, aplicativos, servidores y versiones de GNU/Linux. Hasta la fecha el proceso continua, sin embargo, es de gran orgullo señalar el reciente reconocimiento internacional hacia la UCR como la entidad número uno en Hispanoamérica que impulsa el Software Libre según el “*Ranking de Universidades en Software Libre*” [4], donde de listan las instituciones universitarias en Latinoamérica más comprometidas con el movimiento, uso y desarrollo de Software Libre.

Recurso humano. Las diferencias entre el personal de las dos unidades

involucradas, CITIC y el CI, en el proyecto NAC son evidentes y generan desafíos para la gestión; esto por cuanto las diferencias radican en conocimientos, estilos de trabajo, gestión de las labores y por supuesto la presión sobre el proyecto. Por tanto, se aborda con perspectivas, visiones y expectativas diferentes.

Para generar mejor entendimiento y coordinación se nombra un recurso de apoyo al control y seguimiento de las labores así como articulador entre los diferentes grupos de especialización en el CI; es un “puente” entre el CITIC y el CI ya que ambas unidades tienen ritmos y necesidades diferentes.

Población meta y su tamaño. El proyecto de la NAC por la naturaleza del mismo podría abarcar todos los ámbitos de la Universidad, sin embargo, para sus etapas iniciales se definieron como sectores meta el docente e investigadores. Se enfocó en proveer recursos TIC dichos sectores, a decir, los docentes podrían utilizar recursos de forma individual o solicitar un grupo de recursos para sus lecciones. Por otro lado, el investigador podría también solicitar recursos individuales y grupales tal como el docente, pero en esta etapa no se trabajan aspectos de Computación de Alto Rendimiento, HPC; por ese motivo se le denomina investigación básica. Ambos sectores serán atendidos bajo la filosofía de virtualización y prestación de servicios remotos efímeros con acuerdos y condiciones de los servicios.

La realidad del tamaño y distribución de las diversas poblaciones universitarias en el país hacen que los proyectos TIC en la Universidad sean de gran envergadura con términos de riesgos y oportunidades asociados. Otro aspecto importante de señalar es la distribución geográfica en términos de ubicación de los clientes; el servicio NAC se proporcionará en etapas, en el siguiente orden: *1. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, sede principal de la Universidad de Costa Rica, ubicada en San Pedro de Montes de Oca, San José. 2. GAM (Gran Área Metropolitana), zona del país donde se concentra la mayor cantidad de población nacional. En esta zona se ubican las provincias de San José, Cartago, Alajuela y Heredia. 3. Sedes regionales, ubicadas en centros de población importantes en las provincias periféricas del país, a decir: Limón, Guanacaste y Puntarenas. 4. Estaciones experimentales y científicas, ubicadas por todo el país en zonas rurales.* Esta propuesta se plantea por razones de conectividad del cliente y capacidades de concurrencia, además, del despliegue de aplicativos de forma escalable.

Crecimiento paulatino. Es importante mencionar que la NAC tiene una variedad interesante de servicios que se irán prestando paulatinamente a la comunidad universitaria. Al igual que el tema de la población meta, los servicios base tienen un alcance definido y se centran primero en explotar servicios de almacenamiento en la nube y virtualización de computadores.

Relaciones con otros proyectos del programa. Con la renovación del equipamiento se generaron muchas expectativas, ya que el poder TIC adquirido es algo nunca visto en la institución; además, es indispensable la renovación por obsolescencia de muchos de los servicios de atrás o “backend” que el departamento de TIC brinda, por ejemplo:

- Servidor de nombres, es decir DNS, “Domain Name Server”, por sus siglas en inglés. La implementación era poco segura, ineficiente y con serios problemas de gestión.
- Servidor de autenticación y autorización, es decir LDAP, “Light Directory Authentication Protocol”, por sus siglas en inglés. Este servicio había

crecido con muy pocas restricciones llegando al punto de saturar el hardware donde se albergaba. Además, la versión del software no se podía actualizar por razones de obsolescencia tecnológica y fuera de soporte. Para el año 2015 este servicio tiene registradas más de 132.000 cuentas.

- Servidor de páginas web institucional, es decir Web Hosting, este servicio presentaba problemas de ineficiencia, problemas de gestión y estaba saturando el hardware base, el cual también ya estaba obsoleto y fuera de soporte.
- Servidor de correo electrónico, un servicio de este tipo es vital para cualquier institución, la UCR no es la excepción más aún considerando una población activa de 81.400 en todo el país. Pero, este servicio presenta los mismos problemas ya señalados, es decir: obsolescencia, inseguridad, ineficiencia, además es muy básico en funcionalidad y almacenamiento.
- Servicio de virtualización de servidores, este servicio atiende diversos tipos de servidores de las unidades académicas y administrativas de la UCR, son más 200 servidores. Se utilizan varios clusters de VMWare para este servicio.

Los servicios mencionados son básicos en cualquier institución académica actual, y en el caso de la UCR, se requieren trabajos de renovación importantes en ellos, por obsolescencia propia del hardware y software de cada uno.

También, surgen nuevos proyectos que requieren elementos TIC o el fortalecimiento de las mismas como el caso de la plataforma educativa virtual denominada METICS[5], utiliza Moodle como herramienta de aprendizaje en línea [6] y actualmente se implementa Big Blue Botton [7] como herramienta para video conferencia.

En ese escenario es que la NAC se encuentra íntimamente relacionado con varios de estos proyectos, no sólo por dependencia, sino incluso, como origen de nuevos requerimientos; tal es el caso del reemplazo del LDAP y los mecanismos de aseguramiento de las comunicaciones entre servidores. Es decir, las relaciones y dependencias entre los proyectos en el CI son fuertes y cercanas, Por lo tanto, los recursos se mueven con altos impactos en sus acciones y disponibilidad crítica.

La implementación exitosa de la NAC también depende de como se mercadeen los servicios por prestar, es decir, *¿Cómo incentivar el uso de los servicios TIC de la NAC en el entorno Universitario?* No todo parte de lo técnico exclusivamente; los elementos de difusión e inserción en la realidad cotidiana universitaria son vitales para el éxito del proyecto. De esta forma, el líder de la NAC desde el sector académico, el Dr. Villalon, realizó un acercamiento estratégico con la oficina que gestionan la plataforma educativa virtual, METICS, la cual es utilizada por un gran porcentaje de la población docente y estudiantil; así se convierte en un gran aliado. La idea es proveer máquinas virtuales con acceso remoto, efímeras y bajo demanda para los cursos universitarios a través de VCL [8]. Además, se mejora a través de la migración de METICS a la plataforma de hardware nueva y la implementación del crecimiento horizontal basada en la tecnología de nube computacional.

5 Modelo de Nube Computacional de la NAC - UCR

El modelo de nube computacional es un tema establecido por la reciente literatura especializada [9][10][11] y tendencias de búsquedas en Internet, tal como se muestra en las tendencias de Google Trends [12] sobre del tema en los últimos años. Pero, siendo un tema aún muy novedoso tanto en la arista teórica como en la implementación fue importante el tiempo dedicado a la investigación sobre los conceptos y teoría de la computación en la nube para su aplicación .

En el caso de la UCR, se opta por la implementación en un esquema de nube computacional privado. Esta tecnología, según Thomas [13] tiene cuatro propuestas para abordar los niveles de privacidad, desarrollo y gestión. A decir:

1. Nube pública: comparten el hardware, las facilidades de conectividad y demás con varias entidades o personas físicas. No se tiene control sobre el hardware y/o software ya que esas instalaciones son de terceros, se rigen según sea el tipo de acuerdo de servicio arrendado. Cualquiera que tenga el dinero puede contratar los servicios de computación en la nube de forma pública, el recurso técnico puede ser mínimo o incluso nulo por parte del usuario.
2. Nube privada: es la implementación de computación en la nube bajo toda una infraestructura de una única organización, al ser esta la única en utilizar esos recursos y por supuesto de gestionarla. Requiere inversiones considerables en las TIC, facilidades de conectividad y en el recurso humano dedicado.
3. Nube híbrida: este esquema plantea la utilización de servicios de computación en la nube donde algunos de ellos se ubican en nubes públicas y otra en nubes privadas. Es un escenario muy utilizado para lograr la alta disponibilidad para un servicio crítico.
4. Nube comunitaria: es una iniciativa en la cual varias organizaciones del mismo nicho de mercado se unen bajo la necesidad de servicios en la nube, en este caso sería privada pero compuesta por varios dueños o socios bajo un esquema que raya en una nube pública. Se reúnen esfuerzos y recursos, puede estar distribuida en términos de algunos elementos TIC como es el caso del procesamiento y almacenamiento, así como la gestión de este tipo de nube.

Dentro del CI la idea de un esquema de nube híbrida pero en comunidad se esta valorando de manera muy fuerte; esto por cuanto con el esquema híbrido tenemos servicios fuera de la institución, como sería el caso de respaldo de datos o la replicación de servicios vitales. Recientemente, se inició la discusión sobre la migración de la plataforma de correo electrónico institucional a la nube pública de Google, denominada Google Apps for Education [14], esto según acuerdos del Comité Gerencial de Informática³ de la UCR en sus sesiones de diciembre 2014 y junio del 2015; se debe tomar la decisión luego de evaluar varios escenarios de desarrollo e implementación tanto interno, externo y de arrendamiento. De tomar la decisión de migrar hacia Google Apps for Education se crea entonces un esquema híbrido de nube computacional para la UCR bajo un esquema SaaS, es decir, Software como servicio.

³ El Comité Gerencial de Informática de la UCR esta compuesto por los Vicerrectores y el Rector de la Universidad y del Director del Centro de Informática.

La realidad en términos presupuestarios de las universidades públicas de Costa Rica, impulsa el concepto de nube computacional comunitaria, donde cada Universidad aporta insumos y recursos en una sola infraestructura. Cabe mencionar que a la fecha, el CDI de la UCR es el más grande de los miembros de CONARE [15], a decir la UNA [16], la UNED [17] y el TEC [18].

Dentro de los aspectos importantes de asumir es el concepto de las TIC como un servicio, esto conlleva definir el tipo de servicio y las condiciones del mismo. Como segundo punto por analizar, son las capas de hardware y software para la implementación y posterior aprovisionamiento de una nube con los niveles de servicios ya establecidos; y finalmente el tema de automatización y gestión de algunas de las tareas dentro del paradigma de nube computacional.

La teoría de nube plantea niveles de uso o servicio que una organización puede utilizar según lo que se busca obtener. Los niveles [9][13] más importantes y normalizados son:

- MaaS: (*Metal as a Service* es decir Metal como servicio) consiste en arrendar equipo de computación en un espacio físico y las facilidades necesarias de conectividad. Esto implica que el arrendatario debe gestionar y administrar a partir del servidor hacia las capas superiores. El equipo se puede explotar en toda su capacidad.
- IaaS: (*Infrastructure as a Service* es decir Infraestructura como servicio) en este esquema se brinda el servicio desde el sistema operativo, incluye el sistema operativo, el equipo virtual y físico, espacio físico y las facilidades de conectividad. El equipo es virtual en la mayoría de los casos. Este esquema hace que el arrendatario deba trabajar desde el sistema operativo hacia arriba.
- PaaS: (*Platform as a Service* es decir Plataforma como servicio) se brinda desde las aplicaciones que residen en un sistema operativo, es decir incluye una serie definida y concreta de aplicativos, el sistema operativo, el equipo virtual, equipo físico, espacio físico y las facilidades de conectividad. El equipo es virtual en la mayoría de los casos. El arrendatario trabaja desde los aplicativos hacia arriba.
- SaaS: (*Software as a Service* es decir Software como servicio) es el nivel más alto de servicio. En este esquema se brinda el servicio desde la aplicación de usuario final, el arrendatario sólo gestiona el aplicativo final como podría ser Drupal, Moodle, Wordpress y no se debe preocupar por los componentes de toda la solución hacia abajo ya que la implementación y gestión se hace a través de herramientas como cPanel, zPanel y SimpleScripts.

Cada uno de los tipos de servicios plantean necesidades y requerimientos diferentes de cara al grupo de profesionales que los brindan hacia el usuario final y de allí al cliente. En la UCR, todas las labores recaen en la misma institución como prestador y consumidor de los servicios y por supuesto como operador del Centro de Datos, además, del rol de proveedor de servicios de Internet.

La implementación de servicios en la nube brinda oportunidades para explotar las ventajas naturales de este tipo de tecnología [9][10][13]:

- Uso por demanda: Se utilizan los recursos según las demandas del momento, esto posibilita maximizar los recursos disminuyendo el recurso

ocioso.

- Acceso ubicuo: Es la posibilidad de acceder a los servicios desde cualquier punto y dispositivo.
- Agrupamiento de recursos -Multitenancy: Los recursos se comparten a través de agrupamientos por niveles.
- Elasticidad: Es la capacidad de flexibilizar los recursos en el lanzamiento de un servicio cuando se requiera de acuerdo a procesos o momentos críticos. Existe el crecimiento horizontal y vertical.
- Resiliencia: Capacidad de reponerse ante fallas de forma automática.
- Medida del uso: Monitoreo constante de los servicios.

Estas características requieren varios elementos y más trabajo para explotarse adecuadamente, es decir, no se puede brindar acceso ubicuo sin fortalecer los servicios de red de la institución ni revisar el “peso” de los aplicativos. De igual forma la resiliencia es poco probable alcanzarla si no se cuenta con las instalaciones y el equipamiento necesario que facilite la replicación y duplicidad evitando fallos. También, el concepto de elasticidad es llevado a la práctica el aplicar el crecimiento dinámico y automático de forma horizontal y/o vertical del servicio, pero esto no se puede lograr si el servicio no fue diseñado así; o al menos no de forma dinámica o automática. Así las cosas, el trabajo en la Universidad en relación a la NAC necesita madurar e invertir en aspectos más allá del equipamiento, donde el software es vital para esta tecnología y es una de las causas que provoca el desarrollo escalonado de la NAC en la UCR.

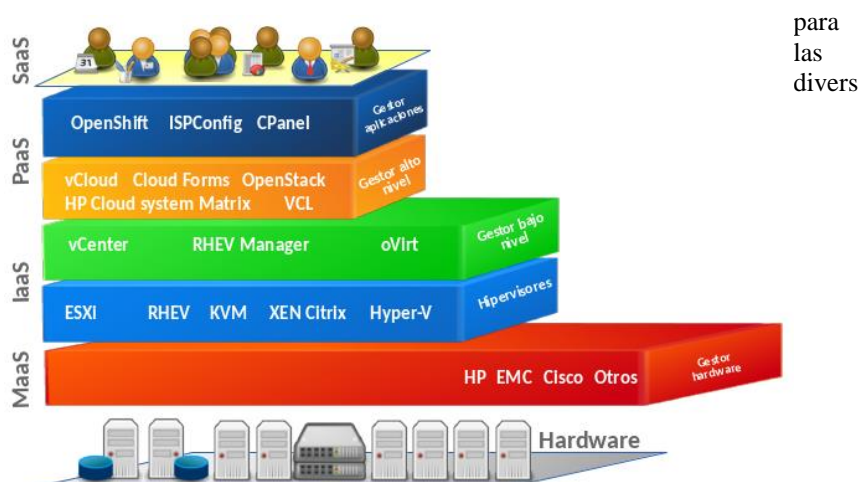
En resumen, el modelo que la UCR plantea es una nube computacional privada con tres niveles de servicio: IaaS, PaaS y SaaS; donde sólo los dos últimos serán los accedidos por los usuarios, y en particular el SaaS, que será impulsado hacia el usuario final en una última etapa con aplicaciones que faciliten la operación.

6 Proceso de investigación y puesta en marcha

Durante los procesos de renovación TIC en el CDI para la instalación del mismo el equipo de la NAC, inició la investigación de las aplicaciones y sistemas por utilizar en ella. El modelo de gestión y utilización se completaba poco a poco con la investigación que recayó principalmente en el CITIC.

El CI se concentra en la implementación y seguimiento de la misma, además, como parte de las dinámicas de renovación se deben ordenar aspectos tan básicos como por ejemplo el direccionamiento IP, la distribución de VLAN (Redes LAN virtuales), la propuesta de almacenamiento nuevo y sus agrupaciones, además, de la propia conectividad y distribución de los servidores. Todos estos aspectos generaron esfuerzos y discusiones intensas entre el CITIC y el CI; pero siempre con el norte claro: una implementación sólida y estable que permitiera crecimiento tecnológico.

El modelo por capas de servicio planteado se puede ver en la figura 4. Se mapeó el servicio con el software necesario. El CITIC evaluó varias alternativas de software



as funcionalidades deseables, en su mayoría Software Libre, a decir los más importantes: Nimbus, Eucaliptus, OpenStack, OpenShift, Shibboleth, HP Blade Matrix ahora denominado Cloud System Matrix, KVM, Ovirt, VMWare, Nebula, VCL de Apache, Microsoft Hyper-V, Owncloud, entre otros.

Fig. 4. Planteamiento básico de distribución por las diferentes capas de una nube. (Fuente: Centro de Informática UCR 2014)

De todas las alternativas evaluadas por el CITIC con apoyo del CI se perfilaron los aplicativos a utilizar en cada capa. Estos aplicativos y sistemas se implementaron en la infraestructura nueva a modo de prueba en el CDI.

7 NAC, estado actual

Con las evaluaciones preliminares de software listas por parte del proyecto de investigación del CITIC, se procede al trabajo específico con cada uno de los productos a probar de forma individual. Este proceso llevó varios meses dedicados a revisar las capacidades unitarias de las alternativas deseables. Luego de esa etapa, se descartaron varios aplicativos, y quedaron al final solo las mostradas en la figura 5. Estas son las herramientas que se someten a una segunda etapa de trabajo, las implementaciones que incluyen:

- Instalación nueva, al aplicar las mejores prácticas del desarrollador del producto de software.
- Endurecimiento de la herramienta de software de acuerdo con las mejores prácticas del desarrollador del producto de software.
- Pruebas unitarias de funcionalidad de acuerdo a las expectativas de uso para el proyecto NAC.
- Pruebas de funcionalidad de integración con otras herramientas seleccionadas para el proyecto NAC.

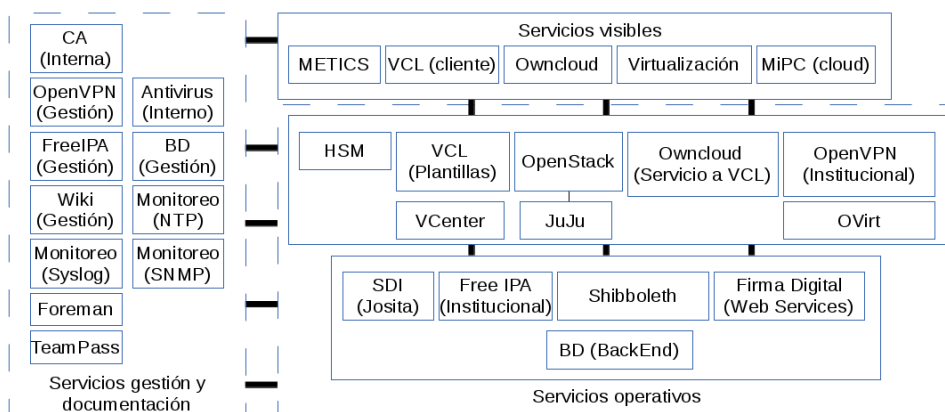


Fig. 5. Modelo de relación conceptual de las aplicaciones y módulos de servicio explorados

por la NAC. (Fuente: Centro de Informática UCR 2015)

Luego de esta implementación individual y de integración con los demás productos de software para la NAC, se dedican todos los recursos en aplicar las mejoras necesarias para la alta disponibilidad basada en redundancia de los servidores; esto se logra a partir de diversas estrategias, una de ellas es la instalación de varios servidores del mismo producto y configurándolos bajo el esquema de “clustering” o agrupamiento, donde todas las instancias trabajan para distribuir la carga en tiempo real. La segunda estrategia, es la instalación de dos servidores en configuración activo – pasivo, es decir, un servidor atiende las solicitudes y otro idéntico en modo de espera o “stanby” recibe copia del principal en segundo plano, para atender o pasar a modo activo en caso de ser necesario. Se debe dar una solicitud o evento previo de ponerse en línea o activo, esto implica un tiempo de sincronización y de espera. Finalmente, la última estrategia probable, es la configuración de replicas exactas y actualizadas en tiempo real en modo activo – activo, se escriben los datos en ambos servidores simultáneamente, pero donde sólo uno de los servidores atiende las peticiones del servicio, sin embargo, el secundario esta en línea siempre y no requiere ningún proceso previo de sincronización para atender solicitudes, el evento usual que dispara su participación es la saturación del primer servicio o la caída.

También se realizan pruebas de disponibilidad para el hardware donde se hospeda la NAC. Esto lo realiza el CI por medio de pruebas de desconexión y movimiento de máquinas virtuales de un servidor en un chasis o “enclouse” e incluso a otro chasis; estas pruebas se realizan con la plataforma de virtualización de servidores institucionales el cual es ejecutado con la tecnología de VMWare. Es importante considerar que el servicio de virtualización de servidores institucionales se ejecuta en parte de la plataforma nueva y responde a una necesidad puntual de uso institucional por parte de la unidades universitarias, de hecho es uno de los servicios ya tradicionales que el CI presta desde hace más de 5 años.

El proyecto de investigación del CITIC [20] formalmente finalizó el 28 de febrero del 2015, al tener un alcance definido fue completado a satisfacción. Su objetivo, en términos prácticos, era investigar sobre las tecnologías de nube computacional y la posibilidad de implementar una plataforma de este tipo en la Universidad.

8 Retos y conclusiones

De acuerdo a la mirada, de todos los participantes del programa de renovación TIC, es mucho lo que está pendiente: labores delicadas y detalladas, procesos de mejoramiento. Sin embargo, es mucho lo avanzado, desde mediados de abril de este año toda la plataforma de virtualización está trabajando en el equipamiento del encapsulado. A partir de mediados del 2014 el servicio de Bases de Datos Institucionales está migrado y operando sobre los servidores tipo blade. La NAC se encuentra en pruebas finales internas para iniciar pruebas en ambientes controlados y luego continuar con los despliegues ya definidos. Es decir, la plataforma de hardware renovada esta en utilización.

Los ajustes, pendientes y mejoras en la TIC para la UCR se abordan desde

diferentes frentes, algunos de los trabajos en desarrollo son:

- Políticas y directrices: Por ejemplo, 1. Gestión del riesgo y continuidad del negocio. 2. Seguridad en las TIC.
- Equipamiento: Por ejemplo, 1. Mejoras en el CDI. 2. Eficiencia energética en las TIC. 3. Renovación de telecomunicaciones: en el núcleo de comunicaciones Campus Rodrigo Facio, equipamiento en las Sedes Regionales:
 - Reemplazo y ampliación de la canalización de fibra óptica.
 - Ampliación del sistema de almacenamiento actual.
 - Almacenamiento multimedial, masivo y distribuido.
- Recursos humanos: Por ejemplo, 1. Capacitación continua en las TIC para la comunidad universitaria. 2. Capacitaciones especializadas para el personal técnico TIC de la Universidad. 3. Obtención de más recurso humano.

Estas situaciones y otras similares abundan en los entornos TIC de las Universidades.

El trabajo con la NAC, específicamente, tiene como mayor escollo la adopción y utilización de esta tecnología tanto a lo interno del CI como en la población meta. Como segundo reto, el presupuesto destaca, la constancia presupuestaria no existe, simplemente no se puede garantizar un flujo constante de inversión, por lo tanto, los procesos de aprovisionamiento para la NAC se deben unir con los demás proyectos usuarios de la plataforma nueva de hardware con el objetivo de hacer frente común y maximizar los recursos.

En términos técnicos, lo más importante es la integración de todos los proyectos de mejora en curso, a decir, LDAP, METICS y por supuesto la NAC entre otros. Donde el cambio de LDAP es crucial para cumplir el alcance de cada uno de ellos, este proyecto esta totalmente a cargo del CI y tiene un componente importante de programación para la integración con varios servicios de plataformas distintas y sistemas de información a la medida de la UCR.

Dentro de las tareas pendientes, y también trascendentales se encuentra la autenticación segura y única. Esto se logra, según la propuesta de la UCR con la implementación de firma digital avanzada como método de autenticación de los diversos servicios universitarios pero con la aplicación de la tecnología SSO, Single Sing On es decir autenticación única. Este proyecto se está definiendo en estos primeros meses del año con el objetivo de tener una solución implementada para finales del 2015.

Como parte de la integración de proyectos y de productos de la NAC también se esta implementando un HSM, (Hardware Security Module) es decir, Módulo de Seguridad por Hardware, esta herramienta es parte del aseguramiento de las comunicaciones entre los servicios y equipos de la renovación.

Dentro de las conclusiones, desde la perspectiva de gestión del proyecto se logran los objetivos, pero, las lecciones aprendidas por la relación entre el CITIC, el CI, proveedores locales y los fabricantes es invaluable. El personal del CI y los coordinadores de área involucrados en el proyecto NAC y el programa de renovación han aprendido como lidiar con el recurso humano, los tiempos de un proyecto y por supuesto con tecnología nueva. No ha sido un proceso fácil, principalmente por las

diferencias en cultura de trabajo, conocimiento, pero ante todo, por las expectativas. La comunicación clara y asertiva marcó la diferencia en procesos internos. Luego de esta experiencia ambos grupos de trabajo crecieron.

La UCR se encuentra en proceso de cambio y su forma de ver las TIC y como las utiliza, el mayor desafío es atender esta generación de usuario con el nivel de conexión a la red y con la dependencia hacia las TIC, ese ya es un reto gigante. Al monitorear la red inalámbrica de la UCR y obtener datos de hasta 6 mil dispositivos conectados revela la magnitud servicios que consumen por esa población hambrienta de buena conectividad, procesamiento y almacenamiento, la cual no desea excusas, si no, acciones concretas que le impacten positivamente. En ese escenario, salta a escena la NAC y todos los demás proyectos del programa que comprende la renovación en la Universidad. Donde aún, hay mucho por abarcar y mejorar. El mismo CI sufre el retiro de personal por jubilación, lo cual crea espacios para cambios en la cultura a pesar de perder las curvas de aprendizaje ya obtenidas.

La frase de Mahatma Gandhi “*Cuando hay una tormenta los pajaritos se esconden, pero las águilas vuelan más alto*” me viene a la mente cuando miro los desafíos, retos y oportunidades de las TIC en las Universidades Latinoamericanas y en especial al caminar día a día en el campus Rodrigo Facio mientras me pregunto *¿Cómo servir más y de mejor forma? ¿Cómo podemos cambiar para ser mejores?*

Agradecimientos

Este trabajo surge con la colaboración de todas las personas que durante el proceso de renovación TIC universitaria y específicamente con el proyecto NAC, son más de veinte personas involucradas entre docentes y personal administrativo del CITIC, en especial al Dr. Ricardo Villalon, M.Sc Francisco Arroyo y al Sr. Mauricio Rodríguez. Del CI, es necesario expresar el agradecimiento amplio y puntal a la Sra. Yenory Solórzano, al MATI Juan José León, al M.Sc. Sergio Blanco, el Ing. Sergio Vargas, a la M.Sc. Fabiola Rodríguez y a la M.Sc. Rebeca Esquivel por todo el trabajo y coordinación dedicada a estos cambios. De igual forma se agradece el trabajo de todas las áreas y unidades del CI que hacen posible el desarrollo de los proyectos y programas. Sin olvidar a dos grandes colegas y amigos, los ingenieros Jeans Espinoza y Reymer Vargas con los cuales se realizó el proyecto de renovación y su proceso de compra.

Finalmente, es necesario e importante agradecer la voluntad política y de recursos que las direcciones del CITIC y del CI han tenido para con el proyecto a cargos de la Dra. Gabriela Marín y el M.Sc. Alonso Castro respectivamente.

Referencias

1. La Gaceta, diario oficial, versión digital, http://www.gaceta.go.cr/editorialdigital/libros/textos%20juridicos/ley_de_co

- [ntratacion_administrativa_y_su_reglamento.pdf](#)
2. La Gaceta Universitaria, Consejo Universitario, UCR, <http://cu.ucr.ac.cr/gacetitas/2011/g33-2011.pdf>
 3. Complemento firma digital avanzada, Centro de Informática, <http://ci.ucr.ac.cr/firmadigital>
 4. Ranking de Universidades en Software Libre, <http://www.portalprogramas.com/software-libre/ranking-universidades/clasificacion-hispanoamerica>
 5. Mediación Virtual, plataforma institucional de aulas virtuales, UCR, <http://mediacionvirtual.ucr.ac.cr/>
 6. Moodle, <http://moodle.com/>
 7. Big Blue Botton, <http://bigbluebutton.org/>
 8. VCL, <https://vcl.apache.org/>
 9. Jadeja, Yashpalsinh., Modi, Kirit: Cloud Computig – Concepts, architecture and challenges. En International Conference on computing, electronics and Electrical Technologies, ICCEET. IEEE (2012)
 10. Mohsen, Seyyed., Khatibi, Amid., Cloud Computing vs. Grid Computing. ARPN Journal of system and software. ISSN 2222-9833. (2012)
 11. Wang, Lizhe., Laszewski von, Gregor: Scientific cloud computing: Early definition ans experience. (2008)
 12. Google Trends, <https://www.google.es/trends/explore#q=virtualizacion%2C%20%20cloud%20computing> , accesado abril 2015
 13. Erl, Thomas., Cloud computing, concepts, technology y architecture. Prentice Hall (2013)
 14. Google Apps for Education, <https://www.google.com/edu/>
 15. CONARE, <http://www.conare.ac.cr/>
 16. Universidad Nacional, <http://www.una.ac.cr/>
 17. Universidad Nacional Estatal a Distancia, <http://uned.ac.cr/>
 18. Tecnológico de Costa Rica, <http://www.tec.ac.cr>
 19. Proyecto NAC, Centro de Investigación en Tecnología de la Información y