



## PROYECTO DE TESIS

- ☒ Magíster en Ciencias de la Ingeniería Informática  
☐ Doctorado en Ingeniería Informática

1. Título del Proyecto de Tesis	Infraestructura Jerárquica para la Autentificación de sistemas <i>InterCloud</i>
2. Nombre del Alumno	Oscar Ricardo Segundo Encina Calquín
3. Número de Teléfono	+56 9 65960634
4. e-Mail	oscar.encina@usm.cl
5. Fecha de Ingreso al Programa	Diciembre 2011
6. Título de Pregrado	Ingeniero Civil en Informática, Universidad Técnica Federico Santa María, 2011
7. Profesor Guía de Tesis	Dr. Raúl Monge
8. Fecha Presentación Tema	Agosto de 2013
9. Fecha Aprobación Tema	
10. Fecha tentativa de Término	Julio de 2013
11. Comisión de graduación	· Dr. Raúl Monge · Dr. Eduardo Fernández · ·

En la actualidad, el *Cloud Computing* es considerado el nuevo paradigma de la computación. Esta tecnología tiene la capacidad de alcanzar nuevos e impensados niveles de eficiencia en la entrega de servicios, aprovechamiento de infraestructura y capacidad de procesamiento. Las empresas de *TI* han visto una clara oportunidad de negocios en ella, y por tanto, el ambiente que rodea al *Cloud Computing* ha tendido a caracterizarse por el aumento de proveedores de *Clouds* independientes, heterogéneos, administrados de manera privada y capaces de proveer una variedad de servicios basados en *Cloud* a sus clientes. Hoy en día, gran parte de los *Clouds* que se encuentran en operación pueden ser considerados como islas en el océano del *Cloud Computing*, ya que no presentan ninguna forma de interoperabilidad o *Federación*. Sin embargo, también hay *Clouds* (aunque una minoría) que están utilizando los servicios *Cloud* de otros *Clouds*. Pese a lo anterior, aún existe un largo camino hacia el establecimiento de un sistema global de *Clouds* capaz de interoperar y pertenecer a una *Federación* que incluya cientos o miles de *Clouds* capaces de cooperar unos con otros. Dado lo anterior, existe una tendencia en el área del *Cloud Computing* que es dominada por la idea de *Federar Clouds* heterogéneos, en donde distintos *Clouds*, que pertenecen a dominios totalmente distintos, puedan interactuar unos con otros, compartiendo y ganando acceso a recursos físicos virtualizados, convirtiéndose al mismo tiempo en *clientes* y *proveedores de recursos*. La propuesta de la *Federación del Cloud* suele llamarse también *InterCloud*, y es una nueva perspectiva del *Cloud Computing* en donde los *Cloud* cooperan con otros *Federados* con el propósito de incrementar sus capacidades computacionales y de almacenamiento.

La *Federación del Cloud* está en su etapa más temprana de desarrollo, los proyectos que trabajan en ella implementan subsistemas como el de *Autenticación* de manera totalmente *Centralizada* o *Descentralizada*. En un ambiente dinámico y global, en donde, y tal como se dijo anteriormente, *cientos o miles* de *Clouds* podrían llegar a *Federarse*. Una *arquitectura Centralizada* es susceptible a los problemas de *cuello de botella* y *único punto de fallo*, por otro lado, una *arquitectura Descentralizada* es difícil de administrar, requiriendo un diseño mucho más dedicado y planificado. Por tanto, se hace necesario plantear un nuevo sistema de *Autenticación* para el *InterCloud* que pueda resistir un escenario dinámico y global.

El sistema deseado se podría implementar utilizando una arquitectura *Jerárquica* ya que de ese modo adquiriría las propiedades inherentes a este tipo de sistemas (tales como: un mejor entendimiento debido a su estructura, reducción de la complejidad de comunicación y computación, modularidad y adaptabilidad al cambio, robustez y escalabilidad). Los sistemas que utilizan este tipo de arquitecturas se caracterizan por ser masivamente utilizados y porque administran una gran cantidad de información, como ejemplo de este tipo de sistemas se puede mencionar el *Sistema de Nombres de Dominio (DNS)* y los *Sistemas de Archivos* de cualquier *Sistema Operativo* moderno. Es por eso que este trabajo plantea una nueva arquitectura para la *Autenticación* de *Clouds Federados* que posee características *Jerárquicas*, las cuales podrían incrementar el desempeño, escalabilidad y disponibilidad de los sistemas actuales.

En base a lo anterior, se propone el diseño de un sistema de *Autenticación Jerárquica* que sirva como soporte para el desarrollo del *InterCloud*, y además, realizar una simulación computacional del comportamiento y desempeño del sistema cuando las condiciones son más cercanas a la realidad (cientos o miles de solicitudes de *Federación* en cientos de *Clouds Federados* de manera concurrente).

Con este trabajo se espera aportar a la comunidad científica un nuevo método de implementación del sistema de *Autenticación InterCloud* optimizando el desempeño, escalabilidad y disponibilidad de las propuestas actuales.

**Palabras clave:** *InterCloud, Federación Cloud Computing, Autenticación Jerárquica*

## Abstract

Nowadays, *Cloud Computing* is considered the new paradigm of computing. This technology has the ability to reach new and unforeseen levels of efficiency in service delivery, exploitation of infrastructure and processing capacity. *IT* companies have seen a clear business opportunity in it, and therefore, the environment surrounding the *Cloud Computing* has tendend to be characterized by an increase of the independent *Cloud Providers*, heterogeneous, privately managed and able to provide a variety of *Cloud-based* services to their customers. Today, much of the *Clouds* that are in operation can be considered as islands in the ocean of *Cloud Computing*, as it does not have any form of interoperability or *Federation*. However, there are *Clouds* (albeit a minority) who are using cloud-based services from other *Clouds*. Despite this, there is still a long way toward establishing a global system capable of interoperating *Clouds* belonging to a *Federation* that includes hundreds or thousands of *Clouds* able to cooperate with each other. Given this, there is a trend in the area of the *Cloud Computing* that is dominated by the idea of *Federating* heterogeneous *Clouds*, where different *Clouds*, belonging to completely different domains, can interact with each other, sharing and gaining access to virtualized physical resources, becoming at the same time in clients and resource providers. The proposal of the *Federation of Cloud*, also often called *InterCloud*, is a new perspective of *Cloud Computing*, where *Federated Clouds* cooperate with each others in order to increase their computational and storage capabilities.

The *Federation of Cloud* is in its earliest stage of development, projects that are working in this subject, implements its subsystems as the *Authentication* in a totally centralized or decentralized way. In a dynamic and global environment, where, and as mentioned above, hundreds or thousands of *Clouds* could reach *Federating*. A *Centralized architecture* is susceptible to *bottleneck* problems and *single point of failure*, on the other hand, a *Decentralized architecture* is difficult to manage, requiring a design much more dedicated and planned. Given this, it is necessary to propose a new *Authentication* system for the *InterCloud* that can resist a dynamic and global scenario.

The desired system could be implemented using a hierarchical architecture acquiring the inherent properties of these systems (such as: a better understanding due its structure, reducing the complexity of communication and computation, modularity and adaptability to change, robustness and scalability). Systems using such architectures are characterized by being massively used and because manage a lot of information, as an example of this type of systems can be mentioned the Domain Name System (DNS) and the File System of any modern Operating System. That is why this paper proposes a new authentication architecture for federated clouds which has hierarchical characteristics, which could increase performance, scalability and availability of current systems.

Based on the above, it is proposed the design of a hierarchical authentication system that serves as support for the *InterCloud* development, and also perform a computational simulation of the behavior and performance of the system when conditions are closer to reality (hundreds or thousands of requests for *Federation* in hundreds of federated *Clouds* concurrently).

This work is expected to contribute the scientific community with a new method for the implementation of an *InterCloud Authentication* system, optimizing the performance, scalability and availability of current proposal.

**Keywords:** *InterCloud, Cloud Computing Federation, Hierarchical Authentication*

# I. Formulación General de la Problemática y Propuesta de Tesis

## 1. Formulación de la Problemática

La adopción de la tecnología *InterCloud* se encuentra siendo desarrollada por varias universidades y empresas privadas. Uno de los problemas más importantes a ser resueltos consiste en el sistema de *Autenticación* entre *Clouds*, sin embargo, las propuestas actuales se basan en escenarios bastantes disímiles a los propios de la red. Un escenario real incluye el manejo de que hipotéticamente cientos o incluso miles de *Clouds* deseen *Federarse* de manera concurrente, y dado que el sistema es completamente dinámico, muchos de ellos podrían estar constantemente ingresando y saliendo de la *Federación*; Por lo tanto, el sistema que dé soporte a la *Autenticación* de todos ellos debe ser lo suficientemente escalable para poder sobrellevarlo.

Los proyectos que se encuentran desarrollando actualmente el modelo *InterCloud* implementan subsistemas como el de *Autenticación* de manera totalmente *Centralizada* o *Descentralizada*. En un ambiente dinámico y global, en donde, y tal como se dijo anteriormente, *cientos o miles* de *Clouds* podrían llegar a *Federarse*, una *arquitectura Centralizada* es susceptible a los problemas de *cuello de botella* y *único punto de fallo*, por otro lado, una *arquitectura Descentralizada* es de difícil administración, requiriendo un diseño mucho más dedicado y planificado. Dicho lo anterior, es evidente la necesidad de plantear un sistema de *Autenticación InterCloud* que pueda adecuarse a un escenario dinámico y global.

## 2. Marco Teórico y Discusión Bibliográfica

### 2.1. Cloud Computing

**Definición 1 -Cloud Computing:** *Es un modelo que hace posible el acceso de red ubicuo, conveniente y bajo demanda a un conjunto de recursos computacionales (Ej: almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden ser rápidamente aprovisionados y publicados con un mínimo esfuerzo de administración o interacción con el proveedor de servicio. Este modelo Cloud está compuesto de cinco características esenciales, tres modelos de servicio, y cuatro modelos de implantación [MG11].*

En [MG11] se plantean cinco características que forman parte de la esencia de la computación *Cloud* son: i) El Auto-Servicio Bajo Demanda (un cliente puede auto-aprovisionarse recursos), ii) Acceso desde múltiples dispositivos (incluso desde tecnologías heterogéneas como teléfonos móviles, *tablets*, estaciones de trabajo o *laptops*), iii) Existencia de un *Pool* de Recursos disponibles, iv) Rápida *Elasticidad* (para suplir repentinas demandas) y v) Servicio Medido (existe la capacidad de medir y monitorear el uso de los recursos utilizados).

Los servicios ofrecidos en *Cloud* pueden ofrecerse de acuerdo a diferentes modelos:

1. *Software como Servicio (SaaS)*: La capacidad provista al cliente es para utilizar las aplicaciones corriendo en la infraestructura *Cloud* (una infraestructura *Cloud* es una colección de hardware y software que posibilita las cinco características esenciales del *Cloud Computing*). Las aplicaciones son accesibles desde varios dispositivos de clientes. El cliente no administra ni controla la infraestructura del *Cloud*.
2. *Plataforma como Servicio (PaaS)*: La capacidad provista al cliente es para implementar en la infraestructura *Cloud* aplicaciones creadas o adquiridas usando lenguajes de programación, librerías o herramientas soportadas por el proveedor. El cliente no administra ni controla la capa inferior de infraestructura que incluye redes, servidores, sistemas operativos ni almacenamiento, pero tiene el control sobre las aplicaciones implementadas y posiblemente ajustes de configuración del entorno del *hosting* de la aplicación.
3. *Infraestructura como Servicio (IaaS)*: La capacidad provista al cliente es para aprovisionar procesamiento, almacenamiento, redes, y otros recursos computacionales fundamentales donde el cliente es capaz de implementar y correr software de manera arbitraria, el cual puede incluir sistemas operativos y aplicaciones.

Los modelos mencionados anteriormente son conocidos en su conjunto como '*\*aaS*', haciendo énfasis en la entrega de cualquier tipo de tecnología como un servicio; Por otro lado, estos modelos pueden ser implementados

de diferentes formas considerando la ubicación del cliente (dentro, fuera, o perteneciente a una comunidad) que desea hacer uso del *Cloud*. Los modelos de implementación del *Cloud* son:

1. *Cloud Privado*: La infraestructura *Cloud* es aprovisionada para el uso exclusivo de una organización comprometiendo múltiples clientes. Este podría ser de propiedad, administrada y operada por la organización, una *tercera parte*, o alguna combinación de ellas, pudiendo existir dentro o fuera de las instalaciones.
2. *Cloud Comunitario*: La infraestructura *Cloud* es aprovisionada para el uso exclusivo de una comunidad específica de clientes de organizaciones que comparten necesidades (Ej.: misión, requisitos de seguridad, políticas, etc). Podría ser propiedad de, administrada y operada por una o más de las organizaciones en la comunidad, una *tercera parte*, o alguna combinación de ellas, pudiendo existir dentro o fuera de las instalaciones.
3. *Cloud Público*: La infraestructura *Cloud* es aprovisionada para uso abierto y por el público en general. Podría ser propiedad de, administrada y operada por negocios, academia, u organizaciones gubernamentales, o alguna combinación de esos. Existe dentro de las instalaciones del proveedor de *Cloud*.
4. *Cloud Híbrido*: La infraestructura *Cloud* es una composición de 2 o más infraestructuras *Clouds* distintas (privada, en comunidad o pública) que siguen siendo entidades únicas, pero están unidas por tecnología estandarizada o propietaria que permite la portabilidad de datos y aplicaciones.

Cada uno de estos modelos puede ser implementado sobre cualquier conjunto de máquinas (laboratorios, datacenter, oficina, etc) utilizando herramientas que permiten la virtualización de equipos. Uno de esos componentes recibe el nombre de *Hypervisor* o *Virtual Machine Manager (VMM)*, y es el que permite administrar la cantidad de máquinas virtuales corriendo en cada máquina; Además, existe un componente encargado de sincronizar la operación de todas estas máquinas como un todo, creando la ilusión de un único sistema conocido como *Cloud*. Ejemplos de las herramientas que permiten crear *Clouds* serían: *Eucalyptus*, *CloudStack*, *OpenStack* y *vCloud Director*. Por otro lado, si se deseara rentar los servicios de *Clouds* ya implementados y consolidados (grandes *Proveedores Cloud*), los más conocidos son: *Amazon*, *Microsoft* y *Rackspace*.

### 2.1.1. Evolución del *Cloud*

Hasta hoy, el ecosistema *Cloud* ha sido caracterizado por el incremento de cientos de *Proveedores de Cloud* independientes y heterogéneos, con recursos administrados de manera privada, los que rentan a sus clientes. Muchas empresas han previsto que el proceso de cambio hacia un escenario *Interoperable Federado* llamado *InterCloud* se encuentra cerca. Este nuevo escenario, consiste en que diferentes *Clouds* pertenecientes a *dominios administrativos* distintos, podrían interactuar unos con otros, convirtiéndose ellos mismos en *clientes* y *Proveedores de Servicio* al mismo tiempo.

**Definición 2 -Federación:** *Unión por alianza o pacto entre varias partes. Un dominio Federado será aquel compuesto por la unión de dos o más dominios que han acordado compartir sus recursos de tal manera de hacerlos visibles y que su acceso sea transparente a las partes suscritas, independiente del dominio en que estén. Federarse corresponderá entonces a la acción de construir una Federación.*

La evolución del mercado del *Cloud Computing* se ha hipotetizado hacia la evolución de las siguientes subsecuentes *Fases* [WRC11]:

- *Fase 1: 'Clouds Independientes'* (hoy) - los servicios *Cloud* están basados en arquitecturas propietarias, islas de servicios *Cloud* entregados por *mega-proveedores*. Ejemplos de este tipo de *Clouds* serían: *Amazon*, *Google*, *Salesforce* y *Microsoft*.
- *Fase 2: 'Clouds usan \*aaS de otros Clouds'* - con el tiempo, algunos *Proveedores Cloud* aprovecharán *Servicios Cloud* de otros *Proveedores*. Los *Clouds* seguirán siendo 'islas', pero el ecosistema se habrá iniciado.
- *Fase 3: 'InterCloud'* - *Proveedores* pequeños, medianos y grandes se *federarán* para obtener economías de escala, un uso eficiente de sus recursos, y una ampliación de sus capacidades.

Línea de Evolución del Cloud Computing	Fase	Descripción	Tipo de Federación	Estado de Evolución Actual
	1	<i>Clouds</i> Independientes	Ninguna	Completa
	2	<i>Clouds</i> usando los <i>*aaS</i> de otros <i>Clouds</i>	Leve Cooperación y Federación	Parcialmente completa
	3	<i>InterCloud</i>	Fuerte Cooperación y Federación	En desarrollo

Figura 1: Evolución hipotética del *Cloud Computing*

La idea y concepto de *InterCloud* son definidos en la sección siguiente. Este mismo concepto es el componente principal de la *Propuesta de Tesis*.

## 2.2. InterCloud

**Definición 3 -*InterCloud*:** Modelo que permite la compartición de capacidad computacional y de almacenamiento entre *Clouds* heterogéneos que se han federado. La propuesta *InterCloud* también se le conoce con el nombre de Federación de *Clouds*, *MultiCloud* y Federación *Multi Cloud*.

El concepto de *InterCloud* puede ser tratado como una evolución del propio concepto del *Cloud*, ya que desde el punto de vista de los clientes, el *Cloud* cumple con la función de externalizar la administración y control de los recursos computacionales necesarios para desarrollar su negocio, mientras que desde el punto de vista del *Proveedor*, el *Cloud* cumple el rol de optimización de los recursos computacionales debido a la virtualización. Dado lo anterior, un sistema *InterCloud* es un sistema que externaliza y posibilita la compartición de recursos computacionales entre *Clouds*, convirtiéndose en una plataforma que permitiría al cliente aprovisionar de manera transparente y automática capacidad computacional según sea necesario. Por lo tanto, un sistema *InterCloud* puede ser considerado un *Servicio Federado* de *Clouds*. Si no existiera un sistema *InterCloud*, cada *Cloud* debería realizar negociaciones independientes con cada uno de los *Clouds* con los que quisiera trabajar, un escenario desventajoso para un sistema que debe ser *dinámico* y *escalable*.

Los sistemas *InterCloud* están siendo desarrollados por varias instituciones científicas, universidades y empresas alrededor del mundo. Dentro de las propuestas es posible identificar y realizar una clasificación de acuerdo al tipo de arquitectura utilizada. Por ejemplo, en el trabajo de [BRC10] se plantea un sistema *centralizado*, cuyo componente principal actúa como un verdadero *Mercado* en donde es posible resolver las solicitudes y requerimientos de clientes y proveedores. Un concepto similar, pero más sofisticado, es presentado en los trabajos de [KKN<sup>+</sup>12] y [MKKK11], en donde los sistemas propuestos se *centralizan* alrededor de un componente encargado de delegar los trabajos y solicitudes a los demás *Clouds*. En [CTVP10b], [CTVP10a] y [WRC11] también se hace presente una arquitectura *centralizada*, pero esta vez es sólo para realizar el proceso de *Autenticación*, combinándolo con una arquitectura *descentralizada* para buscar y asignar recursos. Por otro lado, es posible encontrar sistemas cuya propuesta apuesta por arquitecturas totalmente *descentralizadas*, como es el caso de [MMS12] y [SBA12].

Los componentes utilizados en una infraestructura *InterCloud* varían en cada propuesta; Por ejemplo, en [BRC10] se hace énfasis en tres elementos claves: Un *Cloud Coordinator* encargado de publicar los recursos disponibles, un *Broker*, cuyo rol es el de realizar peticiones de recursos y presentarse ante el *Cloud Exchange*, quien resuelve las demandas de infraestructura de los *Brokers* y las evalúa contra lo ofrecido por los *Cloud Coordinators*. Por otro lado, en [CTVP10b], [CTVP10a] y [WRC11] utilizan un componente llamado *Cross-Cloud Federation Manager* ubicado dentro de cada *Cloud*, a su vez, este componente cuenta con otros tres subcomponentes encargados de realizar procesos de descubrimiento, selección y *Autenticación*. En la propuesta de [KKN<sup>+</sup>12] y [MKKK11] se presentan tres componentes: un *Cloud Broker* encargado de realizar las solicitudes, un repositorio encargado de almacenar imágenes de los diferentes *Clouds* y un componente llamado *Cloud Meta Brokering Service*, el que decidirá quién debe responder a las solicitud de recursos realizada por el *Cloud Broker*. Finalmente en [SBA12] se mencionan tres componentes: un *Broker* y un *Coordinator*, ambos dentro del *Cloud*, encargados de solicitar recursos y asignar recursos respectivamente, y un componente llamado *Meta-Broker*, cuyo rol es el de buscar los recursos solicitados por el *Broker* dentro de los otros *Meta-Brokers* fuera del *Cloud*.

### 2.3. Problemas resueltos y abiertos

La implementación de un sistema *InterCloud* es una tarea que involucra muchos desafíos, entre ellos destacan: *Autenticación* segura y confiable, *Escalabilidad* y *Disponibilidad* del sistema, *Descubrimiento de recursos*, *Selección del mejor candidato* para *Federarse*, *Monitoreo de recursos distribuidos*, y la *Migración de máquinas virtuales* para incrementar la eficiencia energética y económica.

El problema de la *Autenticación* confiable entre los distintos *Clouds* es abordado en [CTVP10b] utilizando el modelo *Proveedor de Identidad/Proveedor de Servicios (IdP/SP)*. Para realizar una *Federación*, cada uno de los *Clouds* existentes debe tener registrada sus credenciales en la *Tercera Parte de Confianza* correspondiente (*Proveedor de Identidad*).

El *Descubrimiento de recursos* es un problema que se ha solucionado de diversas formas. Una de ellas es la comunicación utilizando un sistema *peer-to-peer (P2P)*, cuya implementación sigue el patrón de diseño conocido como *Publish-and-Subscribe (pub-sub)*, en donde una aplicación publica su propio conjunto de información a un lugar centralizado, desde el cual sólo un conjunto de suscriptores autorizados podrá recuperarlo, este método fue utilizado en [AKAL12] y [CTVP10a].

En los trabajos [KKN<sup>+</sup>12] y [MKKK11] se utiliza un componente central que busca y toma las distintas decisiones sobre la *Federación* (entre las decisiones se encuentra la de seleccionar el mejor candidato).

En [CTVP10a] se utiliza un software llamado *Nagios* para obtener métricas y pasarlas al *Broker*, para que este último las envíe a un componente central con el fin de que éste sea capaz de *Monitorear* todo el sistema.

Sin embargo, aún existen problemas que no tienen una solución, o bien, dicha solución no es la adecuada. Por ejemplo, en el trabajo de [WRC11] se menciona y trata el tema de la *Migración de máquinas virtuales* con el propósito de obtener beneficios *Energéticos* y *Económicos*, sin embargo este problema no ha sido resuelto de manera concreta en el ámbito del *InterCloud*.

El problema de la creación de un sistema que proporcione *Escalabilidad* y *Disponibilidad* en un ambiente que se caracteriza por ser muy dinámico y cuya tasa de solicitudes puede incrementarse significativamente (en determinado momento muchos participantes podrían incorporarse o desistir de una *Federación*) no ha sido resuelto. Otro tema bastante relevante, sobre todo para la industria, es el problema de integrar el pago de los recursos rentados con el acuerdo previamente establecido, es decir, que un cliente pague efectivamente por lo prometido en términos de *Calidad de Servicio* y *SLAs*.

### 2.4. Industria

En el año 2013, la empresa *CISCO* introdujo al mercado una tecnología 'única', presentada como un *Switch virtual distribuido* llamado '*Nexus 1000V InterCloud*' (<http://www.cisco.com/en/US/products/ps12904>). Utilizando una arquitectura centralizada (único punto de administración) y la habilidad de manejar múltiples *Proveedores Clouds* vía *APIs*, tiene por objetivo ayudar en la construcción de *Clouds Híbridos*, vale decir, su propósito es el de conectar de manera segura un *Cloud Privado* con un *Cloud Público*, obteniendo la *elasticidad*, *disponibilidad* y *agilidad* necesaria en los negocios de *SaaS* del *Cloud Público*, combinándolo con la seguridad y control del *Cloud Privado*. Por otro lado, la empresa alemana *ScaleUp Technologies* se encuentra desarrollando desde el año 2011 una tecnología que permitiría la *Federación de Clouds* entre múltiples *Proveedores* llamada *ScaleUp Cloud Management Platform* (<http://www.scaleupcloud.com/scaleup-cloud-management>), siendo ésta la que proveería el servicio de *Punto de Adquisición*, en donde los *Proveedores* y *Consumidores* se encuentren para realizar la negociación de requerimientos (similar al concepto de *Mercado*, utilizado y propuesto en el sistema de [BRC10]).

### 2.5. Estándares

El *Institute for Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* en el año 2011 inició un proyecto que sirve como catalizador para la innovación en el área de *Cloud Computing*, éste incluye la creación de dos nuevos estándares para el desarrollo de proyectos de *Cloud Computing*. El *IEEE2301*, una norma para la portabilidad y perfiles de interoperabilidad en el *Cloud* y el *IEEE2302*, una norma para la interoperabilidad y *Federación* en ambientes '*InterCloud*'. El *IEEE P2302 Working Group* ha publicado recientemente un borrador del *Standard on Intercloud Interoperability and Federation (SIIF)* (llamado también *Intercloud Standard*) que propone una arquitectura y define topologías, funciones y políticas para la interoperabilidad y *Federación Cloud-to-Cloud*. Este estándar estará disponible a partir del año 2014. Junto a los proyectos anteriores, la *IEEE* ha creado una nueva

iniciativa (complementaria a ambos) llamada *IEEE InterCloud Testbed* o simplemente *Testbed*, que pretende ser un laboratorio global para probar y mejorar el '*InterCloud*'. El *Testbed* pretende contar con una topología completa de un sistema '*InterCloud*', contando con muchos *Clouds* heterogéneos separados por una red de alta velocidad en un ambiente geográficamente disperso (globalmente). Esta red estaría en el futuro compuesta por cientos de colaboradores, quienes facilitarían su infraestructura para llevar la propuesta *InterCloud* a cabo.

## 2.6. Organizaciones Jerárquicas

Por *Jerarquía* se entiende a la disposición u orden de personas o valores en grados sucesivos, ascendentes o descendentes. Una *Organización* o *Sistema Jerárquico* será aquel que distribuya su información y componentes de manera *Jerárquica*. Existen buenas razones para organizar el control de grandes sistemas de manera *Jerárquica*, entre éstas están: mejor entendimiento del sistema debido a su estructura, reducción de la complejidad de comunicación y computación, modularidad y adaptabilidad al cambio, y además, robustez y escalabilidad [Var00].

En los sistemas computacionales, podemos encontrar grandes sistemas organizados de esta manera, por ejemplo, el *Sistema de Nombres de Dominio (DNS)* (<http://www.ietf.org/rfc/rfc1034.txt>) el cual resuelve direcciones *host* a direcciones *IP*. Otro sistema de este tipo se puede encontrar en la organización de *Archivos de Directorios* de cualquier *Sistema Operativo* moderno. Los ejemplos anteriores tienen en común que son masivamente utilizados y que administran una gran cantidad de información de manera exitosa, escenarios similares a los que se encontrarían en un sistema *InterCloud*.

## 2.7. Conclusiones/Resumen

En la actualidad los sistemas de *Cloud Computing* no presentan ningún tipo de interoperabilidad ni *Federación*; sin embargo, se prevee que esto cambie en el mediano plazo ya que existe la tendencia de *Federar Clouds* heterogéneos, en donde distintos *Clouds*, pertenecientes a dominios administrativos distintos, puedan interactuar unos con otros, compartiendo y ganando acceso a recursos físicos virtualizados. A esta propuesta se le ha llamado *InterCloud*.

Ante esta evolución, se hace indispensable resolver el problema de la *Autenticación* de *Clouds*, con el fin de poder reconocerse unos a otros y realizar la compartición de recursos. Se han planteado sistemas de *Autenticación centralizados* y *descentralizados* basados en el modelo *IdP/SP*, sin embargo, éstos carecen de propiedades fundamentales para operar bajo una demanda dinámica y significativa, convirtiéndose en propuestas no adecuadas debido a su baja capacidad de escalamiento y disponibilidad.

Aprovechando las características inherentes de las *Organizaciones Jerárquicas*, sería posible plantear un *Sistema Jerárquico* de *Autenticación* que incremente las prestaciones del *InterCloud* cuando la cantidad de solicitudes para ingresar, dejar, o utilizar una *Federación* aumenten significativamente, mejorando tanto la escalabilidad como la disponibilidad del sistema.

## 3. Propuesta de Tesis

En base a lo expuesto anteriormente, es posible realizar una *Propuesta de Tesis* que involucre la creación de un nuevo tipo de sistema de *Autenticación* para el *InterCloud* que permita una *Federación* masiva de participantes. Se propone, por tanto, el diseño de un *Sistema de Arquitectura Jerárquica* para la *Autenticación InterCloud*.

Este proyecto contempla la realización de un modelo y su posterior análisis mediante una simulación computacional, que involucre la ejecución de cientos o miles de solicitudes de *Federación*. La *Arquitectura Jerárquica* propuesta para la resolución de la problemática se justifica en el hecho que las propuestas revisadas anteriormente carecen de la capacidad de *escalamiento* suficiente para poder mantener el sistema funcionando de manera correcta cuando aumente significativamente la cantidad de participantes. Con este tipo de solución, el sistema podrá responder de mejor manera ante cambios imprevistos, adquiriendo las propiedades inherentes de las *Organizaciones Jerárquicas* mencionadas anteriormente. Por otro lado, la solución propuesta deberá proporcionar garantías que aseguren la seguridad y confiabilidad del sistema.

La propuesta realizada no contempla aspectos de *Búsqueda* ni *Selección* de *Clouds* candidatos para la *Federación*. Tampoco se preocupa de monitorear la *Calidad de Servicio* o *Acuerdos de Nivel de Servicios (SLAs)*, centrándose exclusivamente en el proceso de *Autenticación* como servicio para los sistemas *InterCloud*.



## II. Hipótesis de Trabajo

### Hipótesis

‘Una *arquitectura Jerárquica* para la *Autenticación InterCloud* mejora el desempeño, disponibilidad y escala mejor en escenarios de alta demanda al compararla con otras de *arquitecturas Centralizadas y Descentralizadas* manteniendo al menos el mismo nivel de seguridad’.

Dada la hipótesis anterior, se puede precisar que el *desempeño* guarda relación a la capacidad del sistema para recibir y responder en menor tiempo una mayor cantidad de solicitudes. La *disponibilidad* se refiere a la capacidad del sistema de seguir operando pese a que uno o más componentes dejen de estar operativos, y el *escalamiento* se refiere a la capacidad del sistema de crecer significativamente considerando la cantidad de participantes del sistema.

## III. Objetivos

### Objetivos Generales

- Proponer el diseño de un sistema de *Autenticación* de *arquitectura Jerárquica* para el *Cloud Computing Federado* que pueda mejorar las prestaciones de esquemas *Centralizados y Descentralizados*.

### Objetivos Específicos

- Desarrollo de un modelo teórico *Jerárquico* para la *Autenticación de Clouds*.
- Analizar el modelo, evaluando la seguridad y confiabilidad del sistema, identificando vulnerabilidades, potenciales ataques y encontrando las defensas correspondientes.
- Experiencia, simulación, obtención de resultados y análisis de esos resultados.

## IV. Metodología y Plan de Trabajo

1. Revisión de la literatura y *Estado del Arte*: Se examinan los artículos científicos y proyectos de investigación relacionados con el tema. Se confecciona el primer capítulo de la tesis en base a la información encontrada y las bases teóricas que la sustentan.
2. Diseño de la Arquitectura propuesta: Se formaliza el diseño de la arquitectura utilizada para que cumpla con los objetivos planteados.
3. Simulación del Sistema: Aprendizaje y Simulación del sistema de *Cloud Computing* planteado comparándolo con resultados del *Estado del Arte*. La simulación se realizará utilizando el *framework* de *Cloud Computing* llamado *CloudSim*, presente en la mayoría de los artículos revisados.
4. Análisis y Evaluación de Seguridad: Se analiza el modelo, evaluando tanto la seguridad como la confiabilidad del sistema, identificando posibles vulnerabilidades, potenciales ataques y proponiendo las defensas correspondientes.
5. Análisis y Resultados: Se analizan los datos obtenidos de la simulación y de la evaluación de seguridad.
6. Documento de Tesis: Se realiza la escritura del análisis y evaluación de los resultados del proyecto.
7. Difusión de resultados con publicación de artículo para revista *ISI* o conferencia internacional reconocida en el tema.

Actividad	Fecha
Revisión de la Literatura y Estado del Arte	Enero y Febrero 2013
Diseño de la Arquitectura Propuesta	Marzo y Abril 2013
Simulación del Sistema	Mayo 2013
Análisis y Evaluación de Seguridad	Junio 2013
Análisis y Resultados	Julio 2013
Documento de Tesis	Julio y Agosto 2013
Difusión	Julio y Agosto 2013

**Tabla 1,** Planificación proyecto de Tesis

## V. Resultados

### Aportes y Resultados Esperados

- Contribuir con un nuevo método de implantación de un sistema de *Autenticación InterCloud*.
- Se espera que el sistema propuesto mejore la escalabilidad, disponibilidad y desempeño de los sistemas actuales de *InterCloud*.
- Se espera que esta propuesta sirva como guía para otros desarrollos que permitan mejorar la escalabilidad, disponibilidad, seguridad y desempeño de los sistemas computacionales basados en *Cloud*.

### Formas de Validación

- Utilización de un software de simulación de *Cloud Computing* (*CloudSim* [CRB<sup>+</sup>11]) para obtener métricas de desempeño, disponibilidad y escalabilidad del sistema propuesto considerando cientos o miles de *Clouds* que deseen entrar y salir de la *Federación*.
- La *Seguridad* y *Confiabilidad* se validará mediante una evaluación de *Seguridad* que contempla la búsqueda de potenciales vulnerabilidades y ataques que pudiese sufrir el sistema y las respectivas defensas a cada uno de ellos.
- Comparar el sistema implementado con el *Estado del Arte*.

### Trabajo Adelantado

- Implementación de un *Cloud privado* utilizando *Eucalyptus* [ARAJ12] como parte del trabajo de *Memoria de Ingeniería Civil Informática*.
- Investigación bibliográfica del *InterCloud* y conceptos de seguridad relacionados a la *Gestión de Identidades*.

## VI. Recursos

### Recursos Disponibles

Los recursos que a la fecha están disponibles para el desarrollo del trabajo son los siguientes:

- Biblioteca de la Universidad (incluyendo tanto recursos físicos como digitales).

### Recursos Solicitados

Para realizar el trabajo presentado se requerirá de los siguientes recursos:

- Financiamiento para inscripción en congresos donde se pueda presentar los resultados obtenidos y transporte a la localidad donde se realice dicho evento.
- Financiamiento para cubrir gastos de publicación.
- Recursos para impresión de artículos y otros documentos.

## Referencias

- [AKAL12] Muhammad Bilal Amin, Wajahat Ali Khan, Ammar Ahmad Awan, and Sungyoung Lee. Intercloud message exchange middleware. In *Proceedings of the 6th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*, page 79. ACM, 2012.
- [ARAJ12] V. Amiry, S.Z. Rad, M.K. Akbari, and M.S. Javan. Implementing hadoop platform on eucalyptus cloud infrastructure. In *P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC), 2012 Seventh International Conference on*, pages 74–78, 2012.
- [BRC10] Rajkumar Buyya, Rajiv Ranjan, and Rodrigo Calheiros. Intercloud: Utility-oriented federation of cloud computing environments for scaling of application services. *Algorithms and architectures for parallel processing*, pages 13–31, 2010.
- [CRB<sup>+</sup>11] Rodrigo N Calheiros, Rajiv Ranjan, Anton Beloglazov, César AF De Rose, and Rajkumar Buyya. Cloudsim: a toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms. *Software: Practice and Experience*, 41(1):23–50, 2011.
- [CTVP10a] Antonio Celesti, Francesco Tusa, Massimo Villari, and Antonio Puliafito. How to enhance cloud architectures to enable cross-federation. In *Cloud Computing (CLOUD), 2010 IEEE 3rd International Conference on*, pages 337–345. IEEE, 2010.
- [CTVP10b] Antonio Celesti, Francesco Tusa, Massimo Villari, and Antonio Puliafito. Security and cloud computing: Intercloud identity management infrastructure. In *Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises (WETICE), 2010 19th IEEE International Workshop on*, pages 263–265. IEEE, 2010.
- [KKN<sup>+</sup>12] A Kertész, G Kecskemeti, Z Nemeth, M Oriol, and X Franch. A holistic service provisioning solution for federated cloud infrastructures. In *Software Services and Systems Research-Results and Challenges (S-Cube), 2012 Workshop on European*, pages 25–26. IEEE, 2012.
- [MG11] Peter Mell and Timothy Grance. The nist definition of cloud computing (draft). *NIST special publication*, 800:145, 2011.
- [MKKK11] Attila Csaba Marosi, Gabor Kecskemeti, Attila Kertesz, and Peter Kacsuk. Fcm: an architecture for integrating iaas cloud systems. In *CLOUD COMPUTING 2011, The Second International Conference on Cloud Computing, GRIDs, and Virtualization*, pages 7–12, 2011.
- [MMS12] Rao Mikkilineni, Giovanni Morana, and Ian Seyler. Implementing distributed, self-managing computing services infrastructure using a scalable, parallel and network-centric computing model. *Villari, M., Brandic I., and Tusa F., Achieving Federated and Self-Manageable Cloud Infrastructures: Theory and Practice. IGI Global*, 2012.
- [SBA12] Stelios Sotiriadis, Nik Bessis, and Nick Antonopoulos. Decentralized meta-brokers for inter-cloud: Modeling brokering coordinators for interoperable resource management. In *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2012 9th International Conference on*, pages 2462–2468. IEEE, 2012.
- [Var00] Pravin Varaiya. 23 a question about hierarchical systems. *System Theory: Modeling, Analysis, and Control*, page 313, 2000.
- [WRC11] Lizhe Wang, Rajiv Ranjan, and Jinjun Chen. *Cloud computing: methodology, systems, and applications*. CRC Press, 2011.