



Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales

Tesis de Maestría en Tecnologías de la Información

TÍTULO

**Metodología para la selección de recursos
computacionales
gestionados con tecnologías de cloud computing
en ambientes educativos**

Director: Dr. David Luis la Red Martínez

Tesista: Hugo Rolando Haurech

Febrero de 2020

Dedicatoria

A los integrantes de mi familia, quienes supieron entender la importancia de alcanzar esta meta y comprender mis horas de ausencia, brindando su apoyo incondicional.

Agradecimiento

A mi director de tesis, doctor David Luis la Red Martínez, por su dedicación, paciencia, generosidad y excelencia profesional.

A los docentes y grupos de trabajo de las universidades que posibilitaron el dictado de la maestría, quienes han contribuido a enriquecer mi crecimiento académico.

A mis compañeros de la maestría, por su invaluable ayuda y camaradería en los tiempos de estudio.

A mis colegas de trabajo en la Facultad de Ciencias Económicas, quienes brindaron su apoyo incondicional.

Resumen

La motivación para realizar este trabajo proviene de la percepción personal del autor, del uso inadecuado de las tecnologías informáticas en el ámbito académico y administrativo de las dependencias de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM) y la necesidad de acompañar a las nuevas tendencias para el desarrollo de las actividades. Existe una variedad de antecedentes sobre el uso de recursos mediados con tecnologías de *cloud computing* (CC) para actividades que se desarrollan en organizaciones, donde tratan de la gestión y la inserción de los servicios en las tareas cotidianas, no obstante en ninguno de ellos trata sobre la metodología adecuada para la selección de aquellos y de sus proveedores. Para este trabajo de investigación se realizaron estudios descriptivos de las características de CC, y comparativos respecto a los servicios que ofrece en educación como instrumento facilitador y mediador en el acceso y construcción al conocimiento por parte de los actores del proceso educativo, por lo tanto fue necesario conocer en detalle las necesidades en cuanto a servicios y determinar cuales recursos se encuentran disponibles en la nube que permitan a la comunidad realizar tareas administrativas y académicas. Además de reconocer cuáles son las alternativas vigentes para las metodologías de selección, desde aquellas que se desarrollan mediante una simple comparación hasta las que se basan en procedimientos matemáticos.

Con esta investigación se obtuvieron los conocimientos necesarios para proyectar un despliegue de CC por medio de una infraestructura adecuada y con los servicios que sean de utilidad para los integrantes de una organización.

Descriptores: 1. computación en la nube, 2. unidades académicas, 3. recursos computacionales, 4. metodologías de selección.

Abstract

The motivation to carry out this work comes from the personal perception of the author, from the inappropriate use of computer technologies in the academic and administrative field of the dependencies of the Misiones National University (UNaM) and the need to accompany the new trends for development of activities. There is a variety of backgrounds on the use of resources mediated with cloud computing (CC) technologies for activities that take place in organizations, where they deal with the management and insertion of services in daily tasks, however none of them deals with on the appropriate methodology for the selection of those and their suppliers. For this research work descriptive studies of the characteristics of CC were carried out, and comparative studies regarding the services offered in education as a facilitating and mediating instrument in the access and construction of knowledge by the actors of the educational process, therefore it was. It is necessary to know in detail the needs in terms of services and determine which resources are available in the cloud that allow the community to perform administrative and academic tasks. In addition to recognizing the current alternatives for selection methodologies, from those that are developed by a simple comparison to those based on mathematical procedures.

With this research, the necessary knowledge was obtained to project a CC deployment through an adequate infrastructure and with the services that are useful for the members of an organization.

Key words: 1. cloud computing, 2. academic units, 3. computational resources, 4. selection methodologies.

Índice General

Índice de Figuras	VII
Índice de Tablas	IX
Abreviaturas	XIII
1 Introducción	9
1.1 Introducción	9
1.2 Hipótesis y Objetivos	12
1.2.1 Objetivos:	12
1.2.2 Objetivos específicos:	12
1.2.3 Hipótesis:	13
1.3 Antecedentes	14
1.4 Marco Teórico	19
1.5 Metodología	23
1.6 Estructura de la tesis	24
1.7 Discusiones y comentarios	25

2	Computación en la nube	27
2.1	Introducción	27
2.2	Paradigma y definición	29
2.3	Características esenciales	31
2.4	Agrupamiento de modelos	33
2.4.1	Modelo de servicios	33
2.4.1.1	Programas como servicio (SaaS)	34
2.4.1.2	Plataforma como servicio (PaaS)	34
2.4.1.3	Infraestructura como servicio (IaaS)	35
2.4.2	Modelo de despliegue	35
2.4.2.1	Nube privada	36
2.4.2.2	Nube pública	36
2.4.2.3	Nube comunitaria	37
2.4.2.4	Nube híbrida	37
2.5	Arquitectura de la computación en la nube	39
2.5.1	Consumidor de la nube	40
2.5.2	Proveedor de la nube	42
2.5.3	Auditor de la nube	43
2.5.4	Agente de la nube	44
2.5.5	Operador de la nube	44
2.6	Actividades particulares del proveedor de servicios	45

2.6.1	Servicio de despliegue	45
2.6.2	Servicio de orquestación	49
2.6.3	Administración de servicios	51
2.6.3.1	Soporte comercial	51
2.6.3.2	Aprovisionamiento y configuración	52
2.6.3.3	Portabilidad e interoperabilidad	53
2.6.4	Seguridad	53
2.6.5	Privacidad	53
2.7	Discusiones y comentarios	55
3	Entornos Académicos	57
3.1	Introducción	57
3.2	Descripción del ambiente	59
3.3	Aplicación de CC en ambientes académicos	62
3.4	Dispositivos tecnológicos y tecnologías utilizables	66
3.4.1	Virtualización	67
3.4.1.1	Características y ventajas de la virtualización	67
3.4.1.2	Hipervisores	69
3.4.1.3	Herramientas de virtualización	70
3.5	Discusiones y comentarios	72

4	Selección de recursos	73
4.1	Introducción	73
4.2	Modelo de servicio adecuado	75
4.3	Programas como servicio conveniente	77
4.4	Proveedores de servicios	81
4.4.1	Solución IaaS para aplicaciones	83
4.5	Discusiones y comentarios	84
5	Metodología de selección de recursos	85
5.1	Introducción	85
5.2	Modelos de selección	87
5.3	Modelo comparativo de selección	88
5.4	Modelo de selección AHP	91
5.5	Modelo de selección ANP	95
5.6	Modelo de selección propuesto	97
5.7	Discusiones y comentarios	101
6	Análisis y validación de los resultados	103
6.1	Introducción	103
6.2	Ejecución de la metodología de comparación	105
6.3	Ejecución de la metodología AHP	107
6.4	Ejecución de la metodología ANP	116
6.5	Ejecución de la metodología propuesta	121

6.6	Comparación de métodos por medio de la selección de proveedores IaaS .	127
6.6.1	Proveedores de servicios de IaaS	127
6.6.2	Ejecución del modelo AHP	130
6.6.2.1	Comparación de a pares y normalización para el criterio <i>Tenancy</i>	130
6.6.2.2	Comparación de a pares y normalización para el criterio Facturación	132
6.6.2.3	Comparación de a pares y normalización para el criterio Opciones de Configuración	133
6.6.2.4	Comparación de a pares y normalización para el criterio Potencia de Cómputo	134
6.6.2.5	Comparación de a pares y normalización para el criterio de Memoria RAM	136
6.6.2.6	Comparación de a pares y normalización del objetivo res- pecto a los criterios	137
6.6.2.7	Evaluación de las alternativas	138
6.6.3	Ejecución de la metodología propuesta	140
6.7	Discusiones y comentarios	144
7	Conclusiones y futuras líneas de investigación	147
7.1	Conclusiones	147
7.1.1	Capítulo I	149
7.1.2	Capítulo II	150
7.1.3	Capítulo III	150

7.1.4	Capítulo IV	150
7.1.5	Capítulo V	151
7.1.6	Capítulo VI	151
7.2	Futuras líneas de investigación	153
	Bibliografía	155
	A Apéndice de publicaciones	159

Índice de Figuras

2.1	Representación de CC.	29
2.2	Representación en bloques de las características esenciales.	32
2.3	Representación en bloques del modelo de referencia.	33
2.4	Representación del modelo de servicio.	35
2.5	Representación del modelo de despliegue.	38
2.6	Representación de la arquitectura de CC.	39
2.7	Representación de las transacciones entre los actores.	40
2.8	Representación simple de una nube pública y sus clientes.	45
2.9	Representación de nube privada en instalaciones de la organización.	46
2.10	Representación de nube privada subcontratada.	47
2.11	Representación de nube comunitaria en las instalaciones de una organización.	48
2.12	Representación de nube comunitaria subcontratada.	48
2.13	Representación de nube híbrida.	49
2.14	Representación de la orquestación de servicios del proveedor de la nube.	50
2.15	Representación de los aspectos de la administración de servicios.	51

3.1	Representación de la reducción de costos.	62
3.2	Representación de modelo SaaS en un entorno particular.	64
3.3	Representación conceptual de los beneficios del SaaS.	65
3.4	Representación del modelo de virtualización.	68
3.5	Representación de la inserción de la virtualización en el CC.	68
3.6	Representación de la clasificación hipervisores.	69
4.1	Representación de modelos y servicios.	76
4.2	Representación de los principales proveedores de servicios.	81
5.1	Representación del modelo de selección comparativo.	89
5.2	Representación del modelo AHP.	92
5.3	Representación del modelo AHP multinivel.	93
6.1	Representación de aplicación del modelo ahp.	114
6.2	Representación de los nodos y sus elementos.	118

Índice de Tablas

2.1	Actividades en relación al servicio requerido.	41
3.1	Relación entre claustros en función a las actividades.	60
3.2	Proveedores y características de hipervisores Tipo 1.	70
3.3	Proveedores y características de hipervisores Tipo 2.	71
4.1	Herramientas para el sector académico.	78
4.2	Herramientas para el sector administrativo.	79
5.1	Tabla de asignación de peso 1-9 de Saaty para AHP.	94
5.2	Tabla de asignación de peso 1-9 de Saaty para ANP.	96
5.3	Tabla/matriz de promedios para vectores de pesos.	100
6.1	Selección de recursos del modelo comparativo.	106
6.2	Tabla/matriz de ponderación del criterio de Formato de archivos.	109
6.3	Tabla/matriz de normalización del criterio de Formato de archivos.	110
6.4	Tabla/matriz de ponderación del criterio de Almacenamiento.	111
6.5	Tabla/matriz de normalización del criterio de Almacenamiento.	111

6.6	Tabla/matriz de ponderación del criterio de Integración y Servicios. . . .	112
6.7	Tabla/matriz de normalización del criterio de Integración y Servicios. . .	112
6.8	Tabla/matriz de ponderación de criterios.	113
6.9	Tabla/matriz de normalización de criterios.	113
6.10	Tabla/matriz de influencias.	118
6.11	Tabla/matriz de influencia de los criterios sobre Google App.	119
6.12	Tabla/matriz de influencia de los criterios sobre Office 365.	119
6.13	Supermatriz original.	120
6.14	Tabla de cantidades por criterios.	123
6.15	Tabla de cantidades por criterios y suma de valores.	124
6.16	Tabla de normalización sobre cada criterio.	124
6.17	Tabla de preferencia sobre cada criterio del decisor A, B, C y D.	125
6.18	Tabla general de preferencias sobre cada criterio.	125
6.19	Tabla de normalización de la preferencia sobre cada criterio.	125
6.20	Tabla/matriz de ponderación del criterio de Tenancy.	131
6.21	Tabla/matriz de normalización del criterio de Tenancy.	131
6.22	Tabla/matriz de ponderación del criterio de Facturación.	132
6.23	Tabla/matriz de normalización del criterio de Facturación.	132
6.24	Tabla/matriz de ponderación del criterio de Opciones de Configuración. .	133
6.25	Tabla/matriz de normalización del criterio de Opciones de Configuración.	133
6.26	Tabla/matriz de ponderación del criterio de Potencia de Cómputo. . . .	135

6.27	Tabla/matriz de normalización del criterio de Potencia de Cómputo. . . .	135
6.28	Tabla/matriz modificada de ponderación del criterio de Potencia de Cómputo.	136
6.29	Tabla/matriz modificada de normalización del criterio de Potencia de Cómputo.	136
6.30	Tabla/matriz de ponderación del criterio de Memoria RAM.	137
6.31	Tabla/matriz de normalización del criterio de Memoria RAM.	137
6.32	Tabla/matriz de comparación de a pares del objetivo respecto a los criterios.	138
6.33	Tabla/matriz de definición de prioridades del Objetivo.	138
6.34	Tabla de cantidades por criterios y suma de valores para proveedores IaaS.	140
6.35	Tabla de normalización sobre cada criterio.	141
6.36	Tabla de preferencia sobre cada criterio del decisores A, B, C y D.	142
6.37	Tabla general de preferencias sobre cada criterio.	142
6.38	Tabla general de preferencias sobre cada criterio.	142
6.39	Tabla de comparación entre métodos.	144

Abreviaturas

CC	Cloud Computing
XaaS	as a Service
SaaS	Software as a Service
IaaS	Infrastructure as a Service
PaaS	Platform as a Service
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
TI	Tecnologías de la Información
SO	Sistema operativo
CPU	Unidad Central de Procesamiento
UNaM	Universidad Nacional de Misiones
FCE	Facultad de Ciencias Económicas
FCEQYN	Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales
DTG	Dirección de Tecnologías para la Gestión
NIST	Instituto Nacional de Normas y Tecnología
VoIP	Voz sobre protocolo de Internet
VM	Máquina virtual
AHP	Proceso jerárquico analítico
ANP	Proceso sistémico analítico
TDM	Técnicas de decisión multicriterio

Capítulo 1

Introducción

RESUMEN

En el presente se realiza un abordaje descriptivo que permite identificar el objeto de estudio, se plantean los objetivos a alcanzar y se exponen, en líneas generales, los aportes de los autores que abordaron temáticas similares, constituyéndose en el marco referencial. Asimismo se detalla el esquema capitular y la metodológica utilizada para el desarrollo de la tesis.

1.1 Introducción

En la actualidad la informática afecta en forma transversal a las actividades en una organización. En su forma más sencilla y conocida puede estar representado por un terminal de usuario en el cual se encuentran instaladas junto al sistema operativo (SO) las aplicaciones necesarias para el desarrollo de alguna actividad y participando en un grupo de trabajo mediante la conexión a una red de datos.

Por nombrar una de estas actividades, el compartir archivos forma parte de tareas comunes y se suelen utilizar dos métodos: mediante un medio extraíble (*pen drive* o *sd card*) o por correo electrónico, lo cual requiere de un gestor de correos que

permita incorporar archivos adjuntos independientemente del tamaño, con el consecuente aumento en volumen del contenido de los agentes de transferencia correo (MTA: *Mail Transfer Agent*).

Éstos a su vez se pueden clasificar de acuerdo a las tareas que desarrolla e intercambia el personal de los distintos claustros, contenidos que son particulares y afines de cada área, y otros que poseen formatos estandarizados como planillas, notas, solicitudes y encuestas preelaboradas que son de uso común entre los miembros de la unidad académica y por tal motivo pueden ser adquiribles de manera simple y sin necesidad de mediar con algún interlocutor. Esta situación también se da en el plano académico, más específicamente en el ámbito de enseñanza y aprendizaje, con material para el desarrollo y presentación de trabajos prácticos, tesis o guías de estudio con formato definido. A esto se suman las diferentes estrategias docentes que incluyen la organización de sus cátedras con material audiovisual que requiere del acceso a Internet sin filtros y contar con la capacidad relacionado al ancho de banda, con la consecuente exigencia de infraestructura y configuraciones que demandan tareas de aspecto técnico. Las actividades planteadas por las cátedras para desarrollarse de manera colaborativa deben llevarse a cabo en ambientes externos a la organización, siendo el proveedor del servicio el encargado de brindar el soporte en cuanto a los recursos.

En cuanto a la edición de documentos, sean de texto o planillas de cálculo, se pudo evidenciar el uso de diferentes plataformas ofimáticas (*Office* de *Microsoft*, *LibreOffice*, *OpenOffice*) y de versiones, lo cual implica que el intercambio de archivo pueda estar sujeto a modificaciones de formato seguido de errores de interpretación y calificación.

Las alternativas como *Dropbox*¹, servicios de *Google*² u *Openmailbox*³ satisfacen en cierto modo las necesidades, no obstante aún existen limitaciones respecto al volumen, contenido y servicios, siendo indispensable disponer de conectividad a Internet. Además la utilización de estas herramientas genera cierta desconfianza respecto a confidencialidad y seguridad de la información, debido a que los datos se encuentran alojados fuera de las organizaciones y no todos los proveedores externos de servicios poseen la misma capacidad en lo referido a niveles tecnológicos. Ante lo expuesto surgen las siguientes interrogantes:

¹Dropbox <https://www.dropbox.com/>

²SuiteGoogle <https://gsuite.google.com>

³Openmailbox <https://www.openmailbox.org/>

1. ¿Existen recursos para optimizar las actividades en una organización, preferiblemente dedicada a la enseñanza?
2. Si fuese así. ¿Cuáles acompañan la tendencia de ser suministrados haciendo uso de una red de datos?
3. ¿Qué tecnologías son necesarias para suministrar recursos?
4. ¿Quiénes pueden brindar soporte para un despliegue de recursos, mediados de una conexión a una red de datos?
5. ¿Cuáles métodos para la selección de recursos y proveedores serían adecuados?

Por lo expuesto resulta imperioso investigar y evaluar la posibilidad concreta de incorporar nuevas alternativas para abordar las necesidades planteadas de manera objetiva, a fin de optimizar el nivel de desarrollo de las actividades académicas, implementando nuevas tecnologías que permitan cambiar el modo de adquirir y distribuir información y servicios en este entorno.

1.2 Hipótesis y Objetivos

1.2.1 Objetivos:

Distinguir conceptos y evaluar las opciones vigentes a fin de desarrollar una metodología válida, para identificar de manera adecuada servicios y proveedores a partir de la evaluación de alternativas, para la gestión de datos y servicios en la nube. La propuesta permitiría sentar las bases conceptuales para la identificación de recursos computacionales que permita abordar el despliegue de plataformas basadas en el modelo de *cloud computing*.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Efectuar estudios exploratorios sobre el CC, las tecnologías utilizadas, las plataformas de despliegue, los ambientes de utilización, casos de éxito, etc., centrando la atención en lo relacionado con el caso de estudio.
- Definir las características a considerar para los ambientes académicos que formarán parte de los casos de aplicación de la metodología.
- Analizar mediante un estudio descriptivo-comparativo los recursos computacionales vigentes en lo referente a *software* y *hardware* que puedan servir de base para la implementación de un prototipo.
- Analizar los recursos que surjan del estudio descriptivo-comparativo conforme a las buenas prácticas a fin de determinar las pautas que puedan ser necesarias para los activos informáticos y de información.
- Plantear el desarrollo de una metodología y un prototipo basado en el análisis de los recursos, atendiendo a las recomendaciones en cuanto a *software* y *hardware*.
- Obtener a partir de casos de validación los resultados necesarios para comparar y determinar las diferencias entre los métodos propuestos.

1.2.3 Hipótesis:

Es posible generar una metodología para reformular el desarrollo de las actividades de un ambiente académico a fin de que utilicen las nuevas tecnologías, por medio de la selección de recursos que puedan desplegarse mediante tecnologías de CC.

1.3 Antecedentes

La computación en la nube es un modelo tecnológico en auge para aquellas organizaciones que necesiten realizar un cambio tecnológico en la manera de gestionar sus servicios y datos. Las unidades académicas no están ajenas a esto, por lo que aprovechar los beneficios del CC se ha convertido en un tema de estudio de los responsables de TIC de cada una de ellas. De acuerdo al material recopilado en bibliotecas electrónicas, pudo establecerse una base de estudio que permitió determinar las tecnologías de CC vigentes, los recursos computacionales y las principales metodologías de selección. Se encuentran antecedentes en trabajos como:

En [1] brinda un marco conceptual y describe los modelos vigentes de CC.

En [2] describe los actores y tecnologías que forman parte de un despliegue de infraestructura de CC.

En [3] describe la arquitectura de CC y en particular las actividades de los actores respecto a los modelos de servicios.

En [4] proporciona un modelo de referencia en cuanto a la arquitectura de CC. Presenta sus componentes principales referidos a la gestión, orquestación, seguridad y privacidad.

En [5] se analizan los modelos del CC, sus ventajas e inconvenientes, así como la problemática de la computación en la nube conforme a la seguridad, la protección de datos y la privacidad.

En [6] se examinan casos de estudio e investigaciones donde tratan los beneficios y/o desventajas de la implementación de la CC. Además presenta una perspectiva desde el punto de vista operativo de este nuevo modelo tecnológico, proporcionando evidencias de su uso en el sector educativo y empresarial.

En [7] se expone que desde el órgano de gestión de las universidades deben aprovechar el impulso actual de las tecnologías vigentes, para brindar a los estudiantes y grupo administrativo el acceso a ellas. Abordar la tendencia en cuanto al acceso a aplicaciones que se encuentran en la nube, siendo necesarios dispositivos con navegadores *webs* y conexión a Internet.

En [8] aborda la investigación acerca del uso, aceptación, percepción de riesgo, experiencia en la utilización de la computación en la nube y de acuerdo a lo evidenciado elabora una estrategia para la migración de la computación tradicional a este nuevo modelo.

En [9] se expresa que el CC se está convirtiendo en una tecnología adoptable para muchas organizaciones, empresas e institutos educativos con su escalabilidad dinámica y el uso de recursos virtualizados como servicio a través de Internet. Se convertirá en un impacto significativo en los institutos educativos en el futuro. La computación en la nube es una excelente alternativa para las instituciones educativas con presupuestos acotados para operar sus sistemas de información de manera efectiva, reduciendo el capital para las computadoras y dispositivos de red.

En [10] proporciona una visión general de los conceptos de la computación en la nube para luego centrarse en SaaS como un modelo oportuno para el despliegue en una institución de nivel superior identificando beneficios y obstáculos.

En [11] se propone una arquitectura de CC para ser utilizada en entornos educativos de nivel superior, además presenta una estrategia para una migración exitosa basada en fases a fin de abordar la tarea por etapas, junto a recomendaciones a tener en cuenta para el proceso de migración.

En [12] identifica las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la computación en la nube, los problemas que puedan afectar a los actores y recomendaciones para los administradores.

En [13] presenta el modelo de referencia del NIST en cuanto la computación en la nube, describiendo los servicios, la gestión, la seguridad y la privacidad que debe poseer un proveedor. Además de la evaluación de la características que deben estar presentes en plataformas de código abierto.

En [14] describe el proceso de evaluación del rendimiento y aceptación, respecto a una arquitectura de CC desplegada en un ambiente virtualizado pensado para el uso en instituciones educativas. Los resultados obtenidos a partir de la encuesta y opinión del sector analizado son indicadores a tener presentes para un proceso de migración.

En [15] presenta la arquitectura de CC e identifica las capas y cómo se relacionan con los modelos de servicios.

En [16] define el concepto de virtualización, modelos y desempeño. Presenta las ventajas de su utilización para un ambiente de CC.

En [17] se analizan los conceptos de virtualización relacionadas con herramientas de implementación de CC que utilizan código abierto, además de comparar las características entre ellas. Enumera pasos y establece recomendaciones para la instalación en plataformas Unix y Windows del servicio Openstack ⁴.

En [18] se analiza evolución de la virtualización en una nube, los desafíos técnicos y organizativos relacionados con la gestión y los procesos operativos. Además se establecen pautas para determinar el estado actual de una organización y el camino para alcanzar el nivel deseado, acompañado de una guía de prácticas acerca de la virtualización.

En [19] explora metodologías para la toma de decisiones de donde intervienen múltiples variables o criterios de selección. Donde se considera que dentro de los diversos métodos de decisión multicriterio, el método Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) muestra fuertes potencialidades en el interés de identificar y priorizar los problemas y las subsecuentes acciones.

En [20] describe la resolución de problemas de selección mediante distintas metodologías multicriterio por medio de la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y una extensión gradual de dicho modelo mediante el Proceso de Análisis en Red (ANP) con el objeto de incorporar las relaciones de interdependencia y retroalimentación existentes en el sistema.

En [21] se presenta un modelo de selección para alcanzar un objetivo, utilizando la metodología de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) basada en la estructuración de árbol jerárquico con elementos como los objetivos, criterios y alternativas, a los cuales, posteriormente, se les determina la importancia relativa para apoyar la selección de Sistemas de Administración de Inventario (WMS) de un proveedor.

⁴Openstack <https://www.openstack.org/>

En [22] se describe un trabajo orientado al análisis y comprensión de la aplicación del método de selección conocido como Proceso de Análisis Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process* – AHP). Asimismo presenta las bondades del método como herramienta para la toma de decisiones multicriterio, en los problemas que requieren incluir juicios y evaluaciones subjetivas de los criterios de decisión.

En [23] se comparan las metodologías de Proceso Analítico Jerárquico y el de Proceso Analítico en Red para la selección de sistemas, presentando como ejemplo los de energía renovable a fin de determinar el adecuado para el auto consumo en edificaciones residenciales.

En [24] se presenta una alternativa de trabajo al utilizar el Proceso Analítico en Red (*Analytic Network Process* - ANP) para seleccionar un *Project Manager* para una empresa internacional, a partir del análisis de los diferentes criterios, sus influencias y de las valoraciones de los candidatos de manera que se puedan extraer conclusiones teóricas y metodológicas para resolver este tipo de problemas.

En [25] se presenta la propuesta de una metodología para sistemas de planeamiento empresarial (ERP) gestionados con tecnologías de CC y como parte del desarrollo lista los requisitos, funcionales no funcionales y económicos, a tener presentes.

En [26] se compara los operadores más comunes utilizados en el proceso de agregación, y los problemas que puedan ocasionar los elementos a agregar con cardinalidad mayor que uno.

En [27] se expone un nuevo operador de OWA donde los pesos son una función de los valores agregados para modelar el comité de trabajo y agregar las opiniones de los ciudadanos en los problemas de decisión democrática.

En [28] se presentan los operadores de agregación y sus propiedades a fin de obtener las herramientas adecuadas para su selección.

En [29] se compara el uso de uno o más operadores de agregación para proporcionar una relación de preferencia colectiva, además de los criterios específicos para su selección.

En [30] se proporciona una extensa revisión sobre operaciones de teoría de conjuntos difusos, y enfatiza la relevancia de la teoría de ecuaciones funcionales en la

Metodología para la selección de recursos computacionales gestionados con tecnologías de cloud computing en ambientes educativos.

construcción axiomática de clases de tales operaciones y la derivación de representaciones funcionales.

En [31] se caracteriza el orden estándar de los operadores de agregación en varias clases distinguidas, además se discuten los límites inferior y superior de los sistemas (finitos) en esas clases de operadores.

1.4 Marco Teórico

Los avances en el área de la informática y comunicaciones están transformando el modo en el cual una organización accede a recursos de tecnologías de la información. El CC representa un nuevo modelo tecnológico a través del cual las organizaciones tienen acceso a una plataforma con características técnicas como la escalabilidad y elasticidad; y funcionales como la eficiencia, por nombrar algunas. De acuerdo a ello se puede definir al CC como un modelo que permite el “acceso en red omnipresente conveniente y bajo demanda” [14], a recursos informáticos que permiten la escalabilidad en forma rápida y con poco esfuerzo.

De forma similar y con mayor precisión el NIST, lo define como “un modelo tecnológico que permite el acceso ubicuo, adaptado y bajo demanda en red a un conjunto compartido de recursos de computación configurables -redes, servidores, equipos de almacenamiento, aplicaciones y servicios-, que pueden ser rápidamente aprovisionados y liberados con un esfuerzo de gestión reducido o interacción mínima con el proveedor del servicio” [1]. El modelo de CC es dividido en dos grandes grupos: Modelo de servicio y Modelo de despliegue, el primero de ellos hace referencia a servicios que pueden contener y ser accedidos; caracterizados como SaaS (*Software as a Service*), PaaS (*Platform as a Service*) y IaaS (*Infrastructure as a Service*).

El modelo SaaS es el servicio de más alto nivel de abstracción para el usuario -cliente, se trata de la provisión de aplicaciones que se encuentran desplegadas sobre una infraestructura de CC. El usuario accede a las mismas a través de un navegador *web*, sin tener ninguna posibilidad de administración de la infraestructura subyacente ni sobre elementos avanzados de la configuración de las aplicaciones utilizadas. El modelo IaaS consiste en la provisión de servicios de infraestructura como las máquinas virtuales, los recursos de red, el espacio de almacenamiento, la capacidad de procesamiento y otras soluciones que tienen una marcada orientación al sector de administración de las tecnologías de la información (TI). Este modelo entrega los elementos necesarios para la ejecución de aplicaciones, incluyendo en ocasiones la provisión de un sistema operativo (SO), además de algún producto *software* específico para la gestión del conjunto de recursos demandados por el cliente. El modelo PaaS, consiste en un modelo en el que se provee un conjunto de herramientas de *software* orientadas a desarrolladores de *software*. Permite el despliegue de aplicaciones en una infraestructura de CC de forma

transparente, abstrayendo al desarrollador de la gestión de la misma. Dependiendo del proveedor, serán accesibles diversos lenguajes de programación y entornos o herramientas de desarrollo.

El segundo modelo se refiere a la localización y gestión del *cloud* como plataforma dentro de una infraestructura capaz de soportar servicios, se divide en cuatro grupos según el ámbito a ser desplegados y se definen como: Pública, Privada, Híbrida y Comunitaria [1], [12]. La infraestructura Pública se trata de una solución de CC disponible para el público en general, siendo propiedad de un determinado proveedor que puede comercializar los servicios de *cloud* que implemente a través de Internet. En este modelo, múltiples clientes acceden a los servicios sobre una infraestructura común, cuya seguridad y disponibilidad es gestionada por el proveedor del servicio. La infraestructura Privada es gestionada integralmente por una organización, independientemente de donde esté alojada, el acceso y configuración están restringidos a sus integrantes. La infraestructura Comunitaria es una infraestructura compartida por varias entidades, brindando servicios a un conjunto específico de usuarios en base a un objetivo común. La infraestructura Híbrida está compuesta por algunas de las soluciones mencionadas. Puede ser brindada por diferentes proveedores hacia un conjunto de organizaciones para hacer uso de los servicios disponibles tanto en entornos privados como en públicos.

Es necesario introducir un nuevo concepto, el de virtualización, como la tecnología capaz de favorecer el desarrollo de una infraestructura de CC. Así "estrechamente relacionados con los modelos anteriores, están los procesos relacionados con la virtualización" [5], que favorece la escalabilidad, elasticidad y la optimización de los recursos computacionales. Podemos citar como ejemplo que "una aplicación SaaS puede implementarse y alojarse en máquinas virtuales desde una nube IaaS" [2], por lo tanto la virtualización ha sido una estrategia exitosa para la consolidación de los centro de datos siendo ampliamente utilizada para poner en común los recursos de la infraestructura proporcionando los elementos básicos para lograr una mejora en la agilidad y flexibilidad de un sistema en nube.

Debido a los avances tecnológicos, las organizaciones educativas se enfrentan a diversos retos al proporcionar el apoyo mediados por las TI para el desarrollo de las actividades de índole académicas y administrativas. Ante el desafío que representa adoptar tecnologías nuevas y emergentes, resulta imperioso el uso eficaz de ellas en

el proceso de enseñanza y aprendizaje, a fin de brindar una educación acorde a los requerimientos actuales. Se deben "explotar las oportunidades que ofrece el CC" [11], para permitir el acceso conveniente a un conjunto compartido de recursos computacionales configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que se pueden aprovisionar y liberar rápidamente con un esfuerzo mínimo de gestión o una interacción con el proveedor de servicios.

Los servicios como: sitios *web*, *blogs*, distribución de videos, música, redes sociales, *software* de colaboración, edición / presentación y publicación, son formas de CC en las cuales el SaaS cumple una función predominante, siendo accesibles para cualquiera que se encuentre conectado a una infraestructura de red. El sistema educativo debe hacerse eco y "aprovechar la tendencia, lo cual enriquecerá la educación tecnológica de nuestros estudiantes" [7] dando valor agregado a la educación mediante la utilización de recursos tecnológicos. Estos servicios pueden estar desplegados en una nube pública (donde los servicios sean accesibles desde Internet, como *Amazon Web Services*), privada (los servicios computacionales se encuentran alojados en una red propietaria), comunitaria (donde organizaciones cuyos usuarios persiguen el mismo fin) o híbrida (combinación de las anteriores) "con el grado de confidencialidad que se requiera, los costos de equipamiento y contratación de servicio, y los ejes de discusión para una toma de decisión" [9]. La administración de las organizaciones educativas deben identificar y aprovechar las tecnologías vigentes y buscar el acceso amplio, factible y equitativo para los estudiantes y el personal.

Es necesario, por tanto, vincular la incorporación de estas nuevas tecnologías al cambio metodológico y analizar cómo influyen estas herramientas en el cambio de paradigma educativo, centrado en el estudiante y en el logro de competencias.

Aquellos servicios ofrecidos como recursos informáticos, sea de *software*, *platform* o *infrastructure* deben ser elegidos de manera adecuada. Debido a ello se requiere que tanto el personal de trabajo encargado de las TICs, como a sectores claves de una organización deban conocer las alternativas de modelos o procesos para la toma de decisiones y trasladarlas al plano de la selección de recursos, para un abordaje adecuado de la computación en la nube. Aunque éste sea un acto subjetivo a las preferencias de quienes utilizan algún recurso informático, se debería tener presente una serie de criterios, que permitan afrontar el proceso que implica una toma de decisión de manera adecuada. Resulta indispensable en ese momento contar con la mayor información

sobre la organización y las diferentes alternativas posibles a adoptar. Ello reduce la incertidumbre que genera naturalmente este tipo de determinación, en un ámbito de computación en la nube donde existen múltiples opciones disponibles. De lo expuesto se desprende que resulta necesario contar con una metodología que permita la selección de recursos informáticos, para ser utilizados mediante el modelo de computación en la nube.

1.5 Metodología

De acuerdo con el objetivo del trabajo, se ha resuelto aplicar un enfoque cualitativo, identificando conceptos relacionados con el área de estudio y vinculados al ambiente en cuestión a efectos de plantear las bases de conocimiento para determinar los recursos computacionales adecuados.

A tal fin, es preciso investigar acerca de las características que engloban el concepto de CC mediante la revisión de documentación concerniente, el análisis de información y la vinculación de los requerimientos necesarios para optimizar las actividades académicas. Todo ello con el propósito de plantear alternativas plausibles para desarrollar las tareas vinculadas a los ámbitos educativo y administrativo.

A partir del material obtenido, se pretende elaborar un método que establezca los criterios de selección de los recursos informáticos adecuados de acuerdo a la funcionalidad de los mismos.

La validación de los resultados quedará fijada a partir de la presentación de la propuesta de un prototipo que cumpla con los objetivos planteados.

1.6 Estructura de la tesis

Se ha presentado la problemática que motivó la realización de este trabajo de investigación, así como los principales antecedentes y los conceptos teóricos que constituyen su marco conceptual, y los principales aspectos de la metodología a utilizar, se indica a continuación los restantes capítulos en que se ha estructurado la tesis.

Capítulo II - Computación en la nube: se describirán los principales conceptos referidos al CC y se detallará su arquitectura, actores y el soporte tecnológico para el despliegue de una infraestructura en la nube.

Capítulo III - Entornos académicos: se presentarán las características del ambiente, descripción de dispositivos tecnológicos y tecnologías utilizadas para el desarrollo de las actividades áulicas y administrativas como las herramientas y/o aplicaciones *software*.

Capítulo IV - Selección de recursos: se establecerán los criterios que servirán de guía para la selección de los recursos.

Capítulo V - Metodología de selección: proyectar el desarrollo de una metodología y un prototipo basado en el análisis de los recursos, de acuerdo a los criterios planteados.

Capítulo VI - Análisis de los resultados: se realizará la evaluación de los resultados analizándose el cumplimiento de los objetivos planteados y la verificación de la hipótesis indicada.

Capítulo VII - Conclusiones y futuras líneas de investigación: se comentarán las principales conclusiones y se indicarán las posibles líneas futuras de investigación.

1.7 Discusiones y comentarios

Planteada la hipótesis y los objetivos del trabajo, mencionados los principales aspectos del marco teórico que sustenta al mismo y detallada la metodología y estructura completa, se deriva que existe una variedad de alternativas para abordar la problemática planteada, tendiente a identificar los recursos computacionales acordes a las necesidades de la organización y establecer los criterios para la selección de los mismos.

Capítulo 2

Computación en la nube

RESUMEN

En el presente se realiza una descripción del modelo de computación en la nube donde se presentan sus principales características y funcionalidades. Además, se detalla la agrupación en cuanto a los servicios que puede ofrecer, las opciones de localización y administración, asimismo las tecnologías vigentes para el despliegue de una infraestructura. Además, se expone el marco de referencia en cuanto a su arquitectura donde se presentan los actores y cómo se relacionan.

2.1 Introducción

En la actualidad la vida cotidiana personal y profesional está abarrotada de herramientas y productos tecnológicos destinados a crear una mejor experiencia en la ejecución de tareas, la mayoría funcionan en línea siendo respaldados por la computación en la nube.

La misma proporciona el acceso a servicios como programas, almacenamiento y plataformas para el desarrollo de aplicaciones por medio de Internet; de acuerdo a ello brinda a los usuarios la sensación de independencia debido a que pueden utilizar

una variedad de dispositivos incluyendo computadoras personales, computadoras portátiles (*Notebooks*), dispositivos inteligentes (*Smartphones, Tablets*), sin necesidad aparente de la instalación de un *software* dedicado.

Este paradigma se ha convertido en los últimos tiempos en una tendencia tecnológica que ha cambiado el modo en que los recursos computacionales son ofrecidos y por consiguiente ha influenciado en el mercado de las TI motivado por la eliminación de las complejas restricciones que supone el entorno informático tradicional como ser el espacio, el tiempo, la energía y los costos asociados a equipamiento.

Este capítulo se estructurará de la siguiente manera: en la Sección 2° se tratará el modelo de CC y las definiciones consideradas relevantes, en la Sección 3° se explicarán sus características principales, en la Sección 4° se presentarán los modelos para la entrega de servicios y cómo pueden ser desplegados, en la Sección 5° se tratará el modelo de referencia donde se visualizan las relaciones entre los participantes y sus funciones, en la Sección 6° se tratarán las actividades que desarrollan los proveedores de CC de acuerdo al despliegue y a las presentadas en el modelo de referencia, finalizándose con Discusiones y comentarios.

2.2 Paradigma y definición

Existen varias maneras de definir al CC las cuales dependen de la visión de los autores, el grupo de trabajo del *National Institute of Standards and Technology* (NIST) [1] define al CC como "un modelo que permite acceso de red ubicuo, conveniente y bajo demanda a un grupo compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden aprovisionarse y lanzarse rápidamente con un mínimo esfuerzo administrativo o la interacción del proveedor de servicios", la cual es utilizada como marco de referencia para los estudios.

Según [5] plantea que el CC "es la evolución de un conjunto de tecnologías que afecta al enfoque de la organizaciones donde un conjunto de *hardware* y *software*, almacenamiento, servicios e interfaces facilitan la entrada de la información como un servicio".

De estas definiciones se puede obtener la palabra clave **servicios** los cuales son ofrecidos/adquiridos mediante una red de datos como ser Internet, siendo esto el eje del concepto del CC. Ver Figura 2.1.

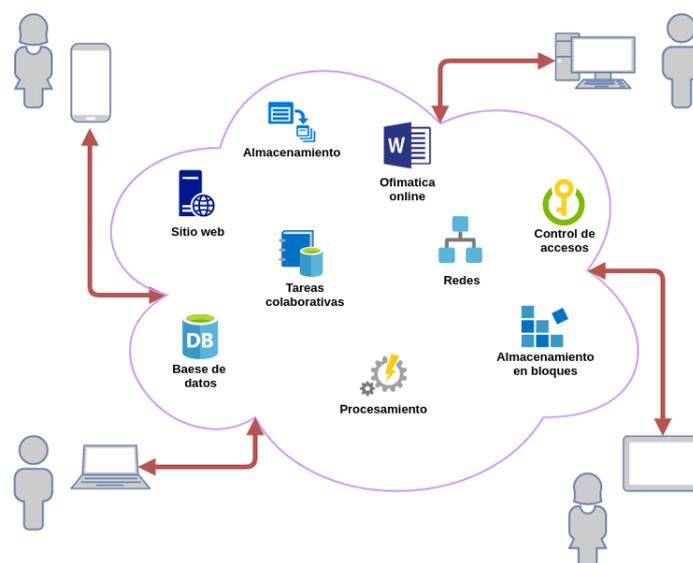


Figura 2.1: Representación de CC.

Fuente: Elaboración propia.

Debido a ello, se lo puede describir como un modelo de computación en auge donde los recursos como servicios son provistos sobre Internet, cuyas características como la escalabilidad y elasticidad la hacen atractivas para el uso en una organización.

Por lo tanto, la nube no es un lugar, sino un método de gestión de recursos de TI que reemplaza las máquinas locales y los centros de datos privados con infraestructura virtual. De este modo, los usuarios acceden a los recursos virtuales de computación, red y almacenamiento que están disponibles en línea a través de un proveedor remoto. Estos recursos se pueden aprovisionar de manera instantánea, lo que es particularmente útil para las organizaciones que necesitan escalar su infraestructura o reducirla rápidamente frente a una demanda fluctuante.

2.3 Características esenciales

El modelo de CC del NIST proporciona cinco características esenciales que la diferencian de la computación tradicional, con lo cual brinda una base para comparar los servicios en la nube y sus estrategias de implementación.

Por lo tanto a partir de la definición proporcionada por el NIST surgen cinco características, planteadas como esenciales, que debe poseer una implementación para ser considerada como CC [2]:

- **Autoservicio bajo demanda**, un consumidor puede aprovisionar unilateralmente capacidades informáticas, según sea necesario de forma automática sin requerir la interacción humana con cada proveedor de servicios.
- **Amplio acceso a la red**, las capacidades están disponibles a través de la red y se accede a ellas a través de mecanismos estándar que promueven el uso de plataformas heterogéneas (por ejemplo, teléfonos móviles, tabletas, computadoras portátiles y estaciones de trabajo).
- **Puesta en común de recursos**, los recursos informáticos del proveedor se agrupan para servir a múltiples consumidores utilizando un modelo de múltiples usuarios, con diferentes recursos físicos y virtuales dinámicamente asignados y reasignados de acuerdo con la demanda del consumidor.
- **Elasticidad rápida**, las capacidades se pueden aprovisionar y liberar elásticamente, en algunos casos automáticamente, para escalar rápidamente en proporción a la demanda.
- **Servicio medido**, los sistemas en la nube controlan y optimizan automáticamente el uso de los recursos al aprovechar una capacidad de medición para el tipo de servicio ofrecido (por ejemplo, almacenamiento, procesamiento, ancho de banda y cuentas de usuario activas). El uso de recursos puede ser monitoreado, controlado e informado, proporcionando transparencia tanto para el proveedor como para el consumidor del servicio utilizado.

De acuerdo a ello es posible resaltar los aspectos principales de cada uno:

El **autoservicio bajo demanda** refiere a que cualquier usuario de la nube puede tener acceso a los recursos computacionales cuando éste los necesite y sin algún tipo de interacción con el personal encargado de la nube, de manera automática y unilateral, de manera que logra cierta independencia para la gestión de recursos.

El **amplio de acceso a la red**, esto garantiza que cualquier usuario, con cualquier sistema operativo o dispositivo (computadores, teléfonos móviles, asistentes personales, etc.) tengan acceso a los servicios.

El **agrupamiento de recursos** permite a los distintos proveedores compartir sus recursos entre los distintos usuarios, disminuyendo los costes y maximizando la disponibilidad de los mismos.

La **rápida elasticidad** indica que los recursos deben ser otorgados según las necesidades del cliente en el momento en que éste los solicite. La adición de recursos se puede dar de dos maneras: horizontalmente (ampliando el número de recursos físicos) o verticalmente (cambiando los actuales recursos por otros con mayores capacidades).

El **servicio medido** indica que el uso de cualquier recurso debe ser medido, auditado y reportado al cliente en base a un sistema de medición acordado previamente entre el proveedor y el usuario. De esta manera al usuario se le generan cargos económicos según la capacidad o características del servicio contratado.

De este modo es posible confeccionar una representación que agrupe lo mencionado y en la cual se visualice como se relacionan (Figura 2.2), siendo el agrupamiento de recursos la base para los demás.



Figura 2.2: Representación en bloques de las características esenciales.

Fuente: Elaboración propia en base a [2], [4].

2.4 Agrupamiento de modelos

Es posible realizar una clasificación en grupos respecto a los tipos de servicios y la localización o gestión del CC como plataforma, de acuerdo a ello surgen los modelos de servicios y despliegue como una taxonomía capaz de marcar con claridad cuales son las incumbencias de cada uno.

Respecto al modelo de referencia presentado por el grupo de trabajo del NIST [2] existen dos marcados modelos que definen el CC, el primero refiere al tipo de servicios a los que se puede acceder en la plataforma, denominado como Modelo de Servicio. El segundo, a partir del lugar donde está ubicada y la manera en cómo se administra la infraestructura denominado Modelo de Despliegue.

Esta clasificación de modelos se relacionan con las características esenciales con lo cual es posible ser representado mediante un esquema de bloques (Figura 2.3).

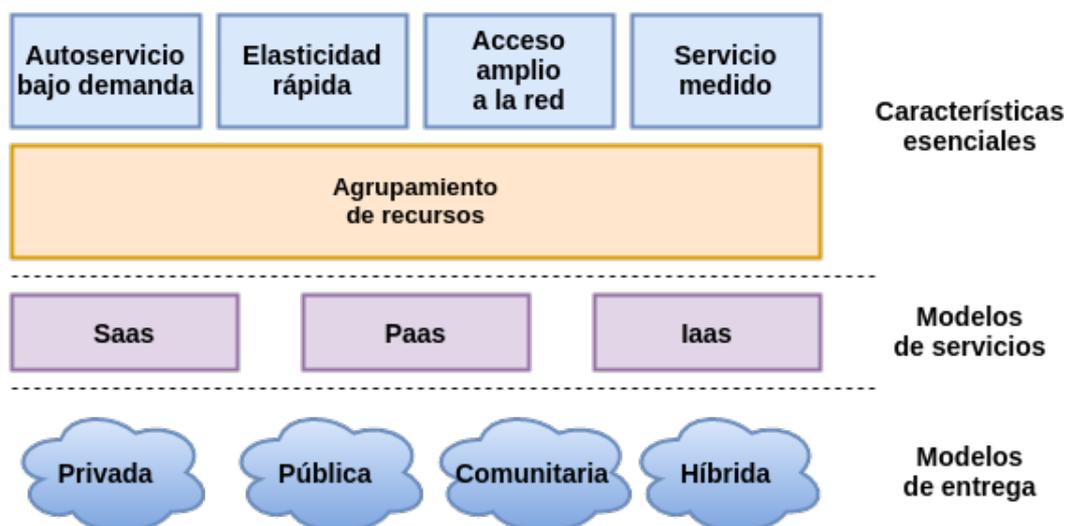


Figura 2.3: Representación en bloques del modelo de referencia.

Fuente: Elaboración propia en base a [2], [4].

2.4.1 Modelo de servicios

Se refieren a los "servicios específicos a los que se puede acceder en una plataforma de CC" [5], también conocido como XaaS (*as service* o como servicio) el NIST [2] presenta

y define tres modelos estandarizados los cuales son: SaaS (*software as service*), PaaS (*platform as service*) y IaaS (*infrastructure as service*) los cuales presentan las siguientes funcionalidades:

- Desarrollo de aplicaciones y otros servicios.
- Análisis de datos y creación de modelos estadísticos.
- Desarrollo y administración de *Software*.
- Almacenamiento, respaldo y recuperación de datos.
- Compartir videos, fotos y audios.
- Servicios de *hosting* de sitios *webs*.

2.4.1.1 Programas como servicio (SaaS)

Este servicio otorga al consumidor la capacidad de usar las aplicaciones del proveedor que se ejecutan en una infraestructura en la nube. Se puede acceder a ellas mediante dispositivos (con diferentes tecnologías) a través de una interfaz de cliente, como ser un navegador *web* (por ejemplo, correo electrónico basado en *web* o algún portal de usuario). El consumidor no posee la capacidad de administrar ni controlar la infraestructura de nivel inferior o subyacente de la nube como ser la red, los servidores, los sistemas operativos, el almacenamiento o incluso las capacidades de aplicaciones individuales. Siendo de manera excepcional el acceso a configuraciones limitadas de respecto a aplicaciones específicas para el usuario.

2.4.1.2 Plataforma como servicio (PaaS)

El consumidor posee la capacidad de implementar en la infraestructura de la nube aplicaciones creadas o nuevas utilizando lenguajes de programación y herramientas compatibles con el proveedor. El consumidor no posee la capacidad de administrar ni controlar la infraestructura de nivel inferior o subyacente de la nube, dentro de las cuales se encuentran incluidas la red, los servidores, los sistemas operativos o el almacenamiento, sin embargo tienen control sobre las aplicaciones implementadas y posiblemente las configuraciones del entorno de alojamiento de la aplicación.

2.4.1.3 Infraestructura como servicio (IaaS)

El consumidor posee la capacidad de acceder a procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos informáticos donde puede implementar y ejecutar *software* arbitrario, que puede incluir sistemas operativos y aplicaciones. En este caso, el consumidor no administra ni controla la infraestructura de nivel inferior, sin embargo tiene el control sobre los sistemas operativos, el almacenamiento, las aplicaciones implementadas y, posiblemente, el control limitado de los componentes de red seleccionados.

Los posibles servicios que se pueden ofrecer y cómo quedan organizados según su taxonomía quedan representados en la Figura 2.4.

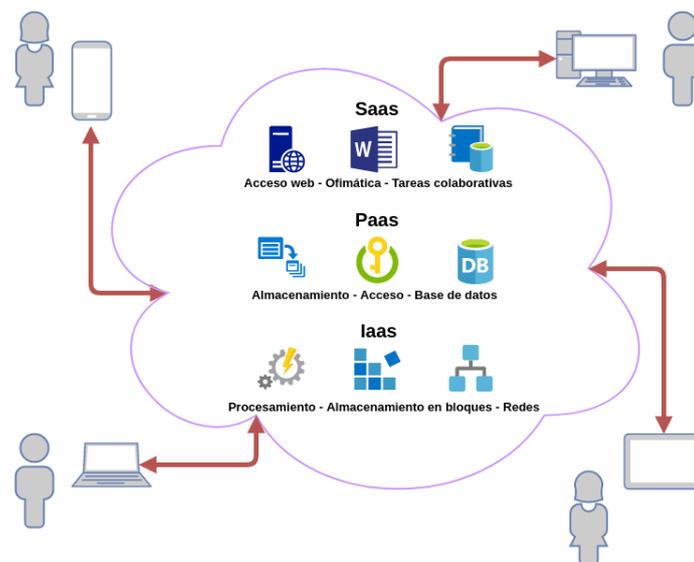


Figura 2.4: Representación del modelo de servicio.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.2 Modelo de despliegue

Según NIST el modelo de despliegue diferencia y define el propósito de la nube y además en donde se encuentra ubicada. Por lo tanto, esta clasificación hace referencia al nivel y tipo de compartición de los recursos contratados en la nube con otras entidades semejantes o de distintas naturalezas.

De acuerdo a ello existen cuatro topologías a fin de gestionar recursos informáticos en la nube, conocidas como: nube privada, pública, comunitaria e híbrida.

2.4.2.1 Nube privada

En este tipo de modelo la infraestructura de la nube se opera únicamente para una organización, puede ser administrado por la organización o un tercero y puede existir en el local o fuera del mismo.

Se caracteriza por [6]:

- Requerir inversión de capital para la implementación.
- Disponer de un control total de la infraestructura, de los sistemas y de la información.
- Poseer un tiempo de respuesta bajo y una alta flexibilidad de asignación de recursos.
- Ofrecer la posibilidad de aprovechar el personal existente y las inversiones realizadas con anterioridad.

2.4.2.2 Nube pública

La infraestructura en la nube está disponible para el público en general o para un gran grupo industrial y es propiedad de una organización que vende servicios en la nube.

Se caracteriza por [6]:

- Aprovechar de la infraestructura de los proveedores de servicios, otorgando una alta escalabilidad y flexibilidad para cambios en el dimensionamiento de servicios.
- Ofrecer el servicio bajo el principio de pago por uso, con lo cual se obtiene costos acordes a lo utilizado.

- Alojarse la información corporativa en la nube pública junto a la del resto de clientes del proveedor, lo que implica, además de no poder tener localizada físicamente dicha información, imponer al proveedor una serie de requisitos de alta exigencia en temas de seguridad y protección de datos.

2.4.2.3 Nube comunitaria

La infraestructura en la nube es compartida por varias organizaciones cuyas funciones y servicios sean comunes, permitiendo con ello la colaboración entre grupos de interés. Puede ser administrado por las organizaciones o un tercero y puede existir dentro o fuera de los locales.

Se caracteriza por [6]:

- Poseer un número de usuarios menor que los de la nube pública, lo que permite mayores prestaciones en cuestiones de seguridad y privacidad.
- Brindar conjunto de recursos disponibles mayor respecto a una nube privada, con las ventajas evidentes que ello conlleva en términos de elasticidad.
- Disponer de una cantidad de recursos menor que los existentes en una solución de nube pública, limitando la elasticidad respecto a dicha nube.

2.4.2.4 Nube híbrida

La infraestructura de nube es una composición de dos o más nubes (privadas, comunitarias o públicas) que permanecen como entidades únicas pero están unidas por tecnología estandarizada que permite la portabilidad de datos y aplicaciones.

Se caracteriza por [6]:

- Ofrecer una mayor flexibilidad en la prestación de servicios.
- Permitir una rápida puesta en servicio.

- Abordar mayor complejidad en la integración de servicios, debido a las diferencias en los tipos de implementación.
- Permitir integrar las mejores características de los distintos tipos de modelos.

La relación que guardan entre cada una de las categorías queda representada en la Figura 2.5.

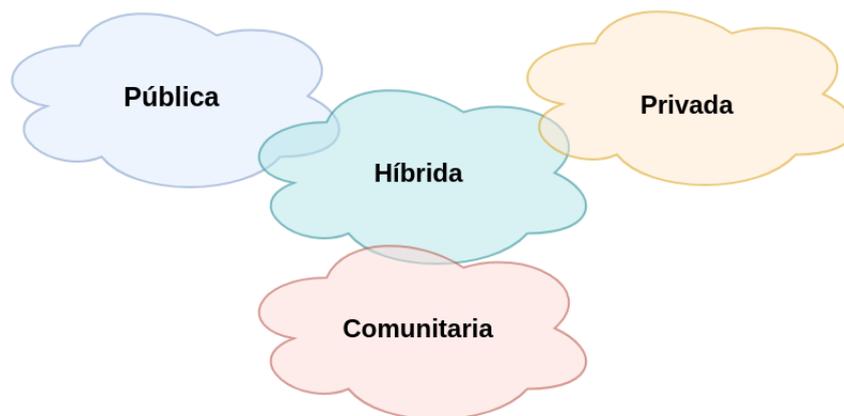


Figura 2.5: Representación del modelo de despliegue.

Fuente: Elaboración propia.

2.5 Arquitectura de la computación en la nube

La arquitectura de referencia de computación en la nube del NIST es un modelo conceptual, "que es utilizada como una herramienta para analizar los requisitos, las estructuras y las operaciones de la computación en la nube" [2]. Además define los actores, las actividades que desarrollan, como se relacionan y funciones en la computación en la nube.

Esta arquitectura sirve para los objetivos de ilustrar y comprender los servicios en la nube en el contexto de un modelo conceptual general de computación en la nube; además de proporcionar referencias técnicas para comprender, discutir, clasificar y comparar los servicios en la nube. Asimismo analizar los estándares en referencia a la seguridad, interoperabilidad y portabilidad.

Tal como se ejemplifica la Figura 2.6, cada actor cumple una función específica y se representa la relación que guardan entre ellos.

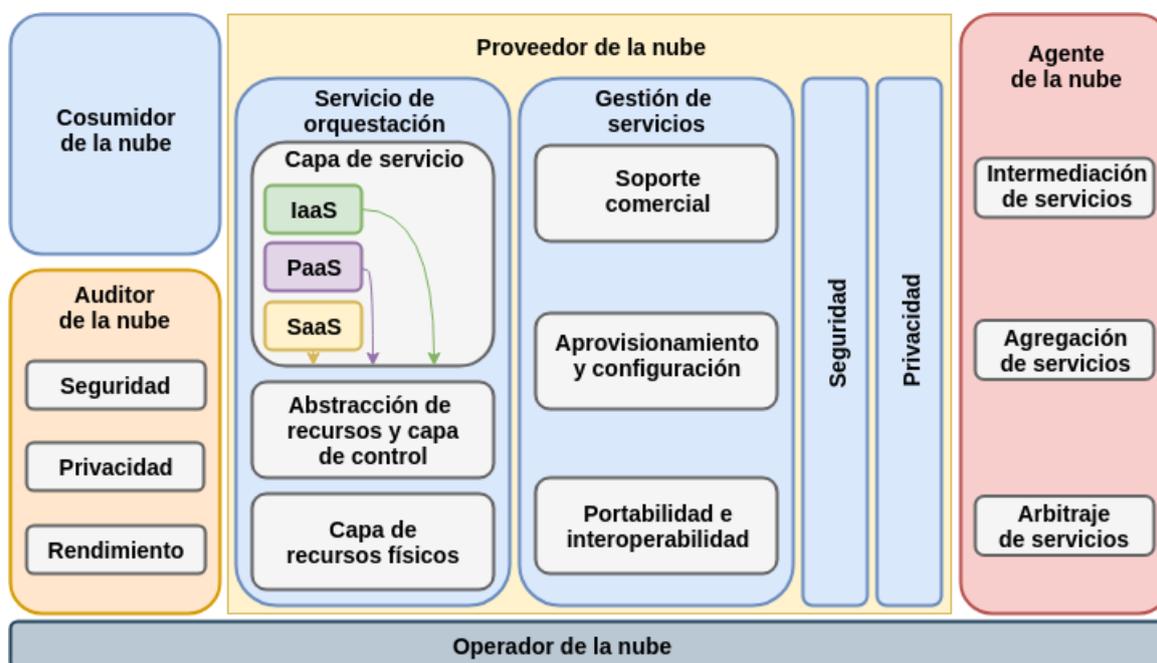


Figura 2.6: Representación de la arquitectura de CC.

Fuente: Elaboración propia en base a [4].

El modelo define cinco actores, el **consumidor** (*consumer*), el **proveedor** (*provider*), el **operador** (*carrier*), el **auditor** (*auditor*) y el **agente** (*broker*); los cuales pueden ser personas u organizaciones que participan de las transacciones o procesos y/o realizan tareas en la computación en la nube, cuya relaciones quedan representadas en la Figura 2.7.

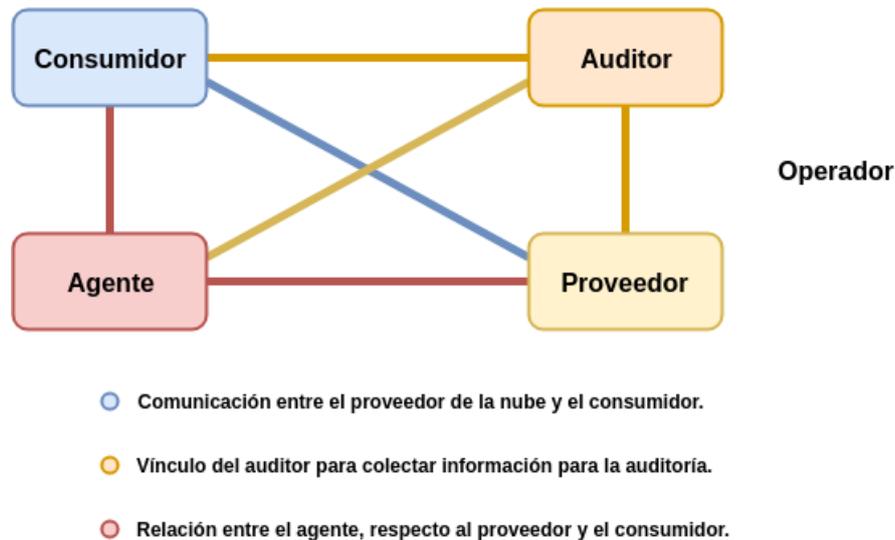


Figura 2.7: Representación de las transacciones entre los actores.

Fuente: Elaboración propia en base a [4].

A fin de comprender de mejor manera este ecosistema es necesario definir a cada uno de los actores y describir sus características, para ello se hace referencia a las definiciones propuestas por el NIST en [2] y [4].

2.5.1 Consumidor de la nube

El consumidor en la nube representa una persona u organización que mantiene una relación comercial con un proveedor de la nube y utiliza el servicio.

De acuerdo a sus necesidades examina las opciones de servicios que ofrece el proveedor, solicita el que se ajusta a sus requerimientos, establece contratos de servicio con el proveedor y utiliza el servicio. Como contraparte por los servicios prestados el

Tipo de servicio	Actividades del consumidor	Actividades del proveedor
SaaS	Utiliza programas o aplicaciones para el desarrollo de sus actividades	Instala, administra, mantiene y brinda soporte a la infraestructura
PaaS	Desarrolla, prueba, implementa y administra aplicaciones alojadas en un entorno de nube	Aprovisiona y administra infraestructura de nube y los programas intermedios (<i>middleware</i>) para los consumidores de la plataforma; proporciona herramientas de desarrollo, implementación y administración para los consumidores
IaaS	Crea / instala, administra y supervisa servicios para operaciones de infraestructura de TI	Aprovisiona y administra el procesamiento físico, almacenamiento, redes y el entorno de alojamiento y la infraestructura de la nube para los consumidores de IaaS

Tabla 2.1: Actividades en relación al servicio requerido.

Fuente: Elaboración propia en base a [3].

consumidor se compromete a realizar los pagos, de acuerdo a la facturación del proveedor. Dependiendo de los servicios solicitados, las actividades y los escenarios de uso pueden ser diferentes entre los consumidores de la nube, como muestra en la Tabla 2.1.

Las aplicaciones SaaS generalmente se implementan como servicios alojados y se acceden a ellas por medio de una red de datos que conecta a los consumidores y proveedores. Los consumidores de SaaS pueden ser organizaciones que proporcionan a sus miembros acceso a aplicaciones de programas, usuarios finales que usan directamente aplicaciones de programas o administradores de aplicaciones de programas que configuran aplicaciones para usuarios finales. Los consumidores de SaaS acceden y usan aplicaciones a pedido, y el costo puede ser facturado por la cantidad de consumidores. Otra manera es por la cantidad de servicios consumidos, por medio de tiempo de uso, el ancho de banda de la red consumido o la cantidad / duración de los datos almacenados.

Los consumidores de la nube que usan PaaS pueden emplear las herramientas y los recursos de ejecución proporcionados por los proveedores de la nube con el fin de

desarrollar, probar, implementar y administrar aplicaciones alojadas en un entorno de nube. Pueden ser desarrolladores de aplicaciones que diseñan e implementan aplicaciones de programas, probadores de aplicaciones que ejecutan y prueban aplicaciones en diversos entornos basados en la nube, implementadores de aplicaciones que publican aplicaciones en la nube y administradores de aplicaciones que configuran y supervisan el rendimiento de las aplicaciones en una plataforma. Los consumidores de PaaS pueden ser facturados por el tipo de recursos consumidos en la plataforma o la duración del uso de la plataforma.

Los servicios de infraestructura proporcionan a los consumidores la capacidad de acceder a computadoras virtuales, almacenamiento accesible en red, componentes de infraestructura de red y otros recursos informáticos fundamentales, en los que los consumidores pueden implementar y ejecutar programas arbitrarios. Los consumidores de IaaS pueden ser desarrolladores de sistemas, administradores de sistemas y gerentes de TI que estén interesados en crear, instalar, administrar y monitorear servicios para las operaciones de infraestructura de TI. Los consumidores de IaaS cuentan con las capacidades para acceder a estos recursos informáticos y se les factura la cantidad de recursos consumidos.

2.5.2 Proveedor de la nube

Un proveedor de la nube puede ser una persona, una organización o una entidad responsable de hacer que un servicio esté disponible para los consumidores de la nube.

Un proveedor de servicios en la nube brinda los servicios solicitados de programas / plataforma / infraestructura, administra la infraestructura técnica requerida para proporcionar los servicios, proporciona los servicios en los niveles de servicio acordados y protege la seguridad y la privacidad de los servicios.

Los proveedores de servicios en la nube llevan a cabo diferentes tareas para el aprovisionamiento de los diversos modelos de servicio tal como ilustra la Tabla 2.1, lo cual se puede expresar de manera ampliada de acuerdo al modelo de servicio:

- Respecto a SaaS, el proveedor de la nube implementa, configura, mantiene el funcionamiento y actualiza las aplicaciones de *software* en la infraestructura para

que los servicios se aprovisionen en los niveles esperados para los consumidores. Asimismo asume la mayoría de las responsabilidades de administración y control de las aplicaciones y la infraestructura, mientras que los consumidores tienen un control administrativo limitado de las aplicaciones.

- Para PaaS, el proveedor de la nube administra la infraestructura para la plataforma y proporciona herramientas y recursos de ejecución para que los consumidores desarrollen, prueben, implementen y administren aplicaciones. Los consumidores tienen control sobre las aplicaciones y, posiblemente, la configuración del entorno de alojamiento, pero no pueden acceder a la infraestructura subyacente a la plataforma, incluida la red, los servidores, los sistemas operativos o el almacenamiento.
- En cambio para IaaS, el proveedor de la nube proporciona el procesamiento físico, almacenamiento, redes y otros recursos informáticos fundamentales, además de gestionar el entorno de alojamiento y la infraestructura para los consumidores de IaaS. Los consumidores implementan y ejecutan aplicaciones, tienen más control sobre el entorno de alojamiento y los sistemas operativos, pero no administran ni controlan la infraestructura subyacente de la nube (por ejemplo, los servidores físicos, la red, el almacenamiento, los hipervisores, etc.).

2.5.3 Auditor de la nube

Un auditor de la nube es una parte que puede realizar una evaluación independiente de los servicios en la nube, de las operaciones del sistema de información, del rendimiento y la seguridad de una implementación, asimismo de las actividades en la nube del proveedor.

Unos de los aspectos de importancia en la computación de la nube es la seguridad, de acuerdo a ello para determinarla, un auditor puede hacer una evaluación de los controles de seguridad en el sistema de información para obtener el grado en que los controles se implementan correctamente, operando según lo previsto, respecto a los requisitos de seguridad del sistema. La auditoría de seguridad también debe incluir la verificación del cumplimiento de la política de regulación y seguridad.

Asimismo la privacidad que pueda brindar a los datos que son almacenados en los servidores del proveedor, será regulada por medio de la auditoría de impacto de la privacidad se puede realizar para medir qué tan bien el sistema de la nube se ajusta a un conjunto de criterios de privacidad establecidos.

2.5.4 Agente de la nube

De acuerdo a la implementación, la gestión de los servicios puede ser una tarea compleja por lo tanto un consumidor puede solicitar la asistencia a un intermediario en la nube, en lugar de contactar directamente a un proveedor de la nube.

El agente, como entidad, se encargaría de administrar el uso, el rendimiento y la entrega de servicios en la nube y negocia las relaciones entre los proveedores y los consumidores, por lo general un agente de la nube puede brindar tres categorías de servicios:

- **Intermediación de servicios:** el agente (intermediario) puede brindar al consumidor un servicio con características mejoradas respecto al contratado al proveedor, brindando servicios de valor agregado a los consumidores de la nube.
- **Agregación de servicios:** el agente (intermediario) puede combinar varios servicios, a fin de ofrecer a los consumidores nuevas capacidades, también proporciona integración de datos y asegura el movimiento seguro de datos entre el consumidor de la nube y múltiples proveedores de la nube.
- **Arbitraje de servicios:** esta categoría es similar a la anterior donde el agente (intermediario) puede combinar varios servicios, sin embargo éstos pueden ser de proveedores diferentes.

2.5.5 Operador de la nube

Un operador de la nube actúa como un intermediario que proporciona conectividad y transporte de servicios en la nube entre los consumidores y los proveedores. Ellos facilitan el acceso a los consumidores a través de redes, telecomunicaciones y otros dispositivos de acceso.

2.6 Actividades particulares del proveedor de servicios

Tal como se describe en la Figura 2.6, el proveedor de la nube lleva a cargo actividades para ofrecer las capacidades del servicio, de acuerdo a los diferentes modelos de implementación, de los componentes de infraestructura y las actividades de gestión.

Forma parte de esta taxonomía el servicio de despliegue, la orquestación de servicios, la administración de servicios, la seguridad y la privacidad, los cuales precisan ser detallados para comprender en profundidad como se relacionan con los actores.

2.6.1 Servicio de despliegue

Como se identificó en la definición de computación en la nube del NIST [1], una infraestructura de nube puede operarse en uno de los siguientes modelos de implementación: nube pública, nube privada, nube comunitaria o nube híbrida. La diferencias se basan en la exclusividad sobre los recursos informáticos que posee un consumidor. Una nube pública es aquella en donde la infraestructura y los recursos informáticos se ponen a disposición del público en general a través de una red pública. Es propiedad de una organización que vende servicios en la nube y se ocupa de un grupo diverso de clientes. La Figura 2.8 presenta una vista simplificada de una nube pública y sus clientes.

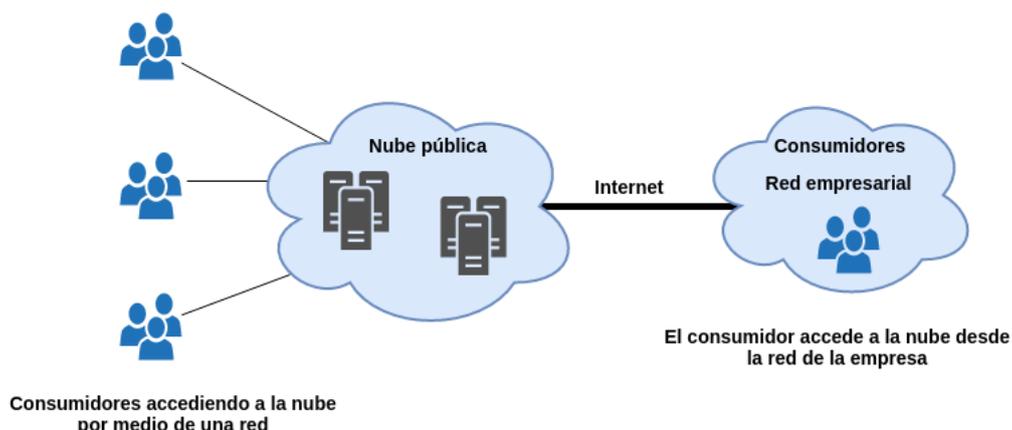


Figura 2.8: Representación simple de una nube pública y sus clientes.

Fuente: Elaboración propia en base a [4].

Por otro lado, en una nube privada se brinda a una organización única de consumidores el acceso exclusivo y el uso de la infraestructura y los recursos computacionales. Puede ser administrado por la organización (consumidores) o por un tercero. Puede ser alojado en las instalaciones de la organización o ser contratada a una compañía de alojamiento. La Figura 2.9 y la Figura 2.10 presentan una nube privada alojada en la organización y una nube privada cuyos servicios se encuentran alojados en una compañía externa a la organización.

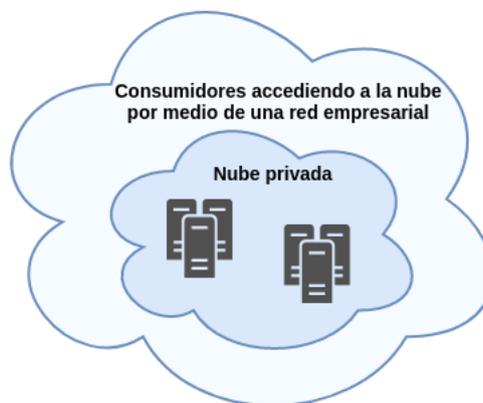


Figura 2.9: Representación de nube privada en instalaciones de la organización.

Fuente: Elaboración propia en base a [4].

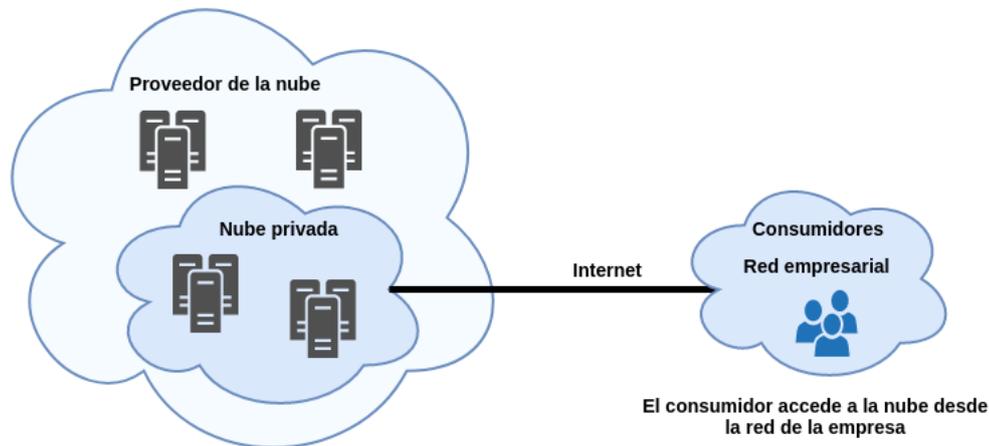


Figura 2.10: Representación de nube privada subcontratada.

Fuente: Elaboración propia en base a [4].

En tanto que una nube comunitaria sirve a un grupo de consumidores u organizaciones que tienen objetivos en común, los cuales pueden ser el tratamiento de la seguridad, el compromiso en cuanto a la privacidad o una misión. En una nube comunitaria, la gestión puede ser realizada por las organizaciones o por un tercero, y puede implementarse en las instalaciones del cliente (organizaciones) o contratar el servicio de alojamiento a una empresa (es decir, en una nube comunitaria subcontratada).

La Figura 2.11 muestra una nube de la comunidad compuesta por varias organizaciones como participantes. Un consumidor de la nube puede acceder a los recursos de la nube local y también a los recursos de otras organizaciones participantes a través de las conexiones entre las organizaciones asociadas. La Figura 2.12 muestra una nube comunitaria que contrata los servicios de alojamiento a una empresa, en este caso, construye su infraestructura fuera de los ambientes propios y sirve a un conjunto de organizaciones que solicitan y consumen servicios en la nube.

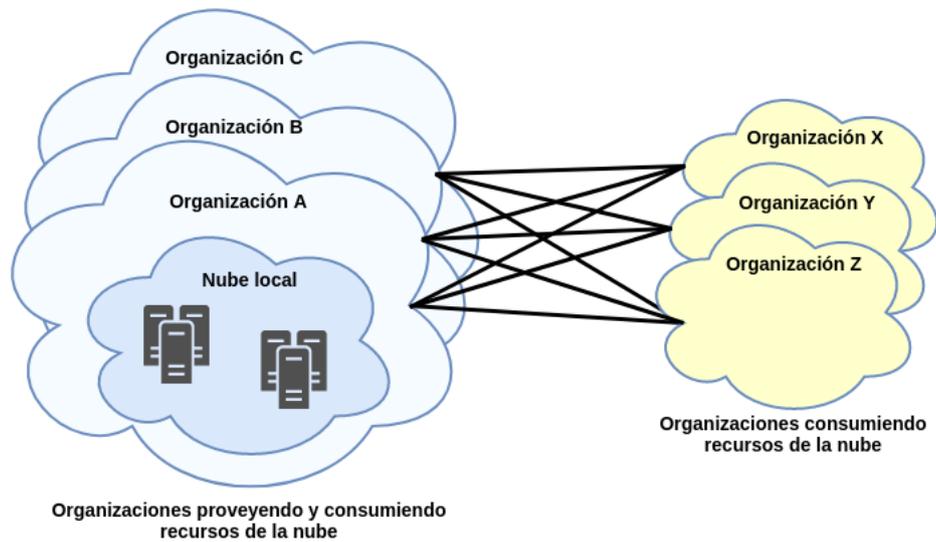


Figura 2.11: Representación de nube comunitaria en las instalaciones de una organización.

Fuente: Elaboración propia en base a [4].

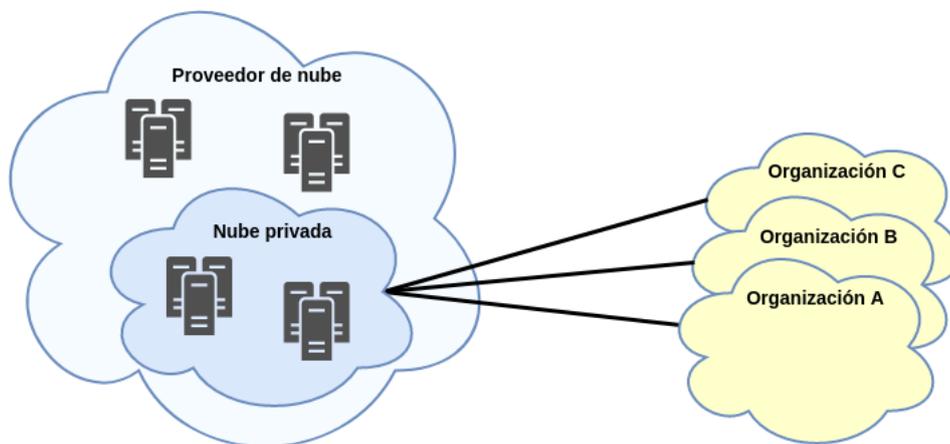


Figura 2.12: Representación de nube comunitaria subcontratada.

Fuente: Elaboración propia en base a [4].

Una nube híbrida es una composición de dos o más nubes (privada en el sitio, comunitaria en el sitio, privada fuera del sitio, comunitaria fuera del sitio o pública)

que permanecen como entidades distintas pero están unidas por una tecnología estandarizada. La Figura 2.13 presenta una vista sencilla de una nube híbrida que podría construirse con un conjunto de nubes en las cinco variantes del modelo de implementación.

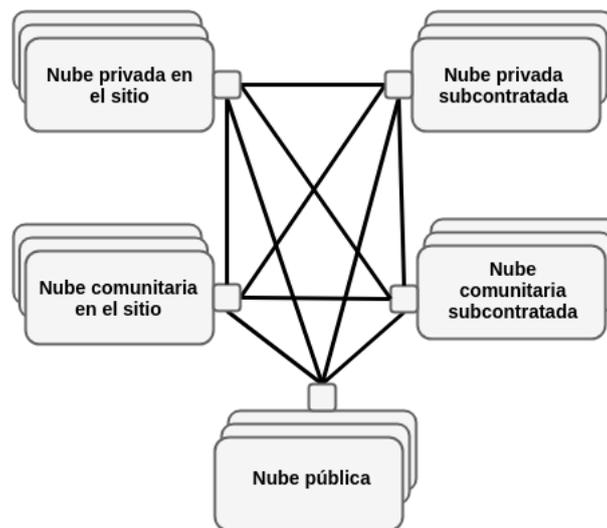


Figura 2.13: Representación de nube híbrida.

Fuente: Elaboración propia en base a [4].

2.6.2 Servicio de orquestación

Este servicio se refiere a la agrupación de los componentes del sistema que son necesarios para brindar soporte a las actividades de los proveedores, que junto a la coordinación y la administración de los recursos informáticos se ofrecen los servicios en la nube a los consumidores. La Figura 2.14 muestra un diagrama de pila de tres capas, que representa la agrupación de los componentes del sistema que los proveedores de la nube deben componer para prestar sus servicios.

El esquema muestra que la capa superior corresponde a la de servicio, aquí es donde los proveedores de la nube definen interfaces para que los consumidores de la nube accedan a los servicios informáticos. Es posible, aunque no es necesario, que las aplicaciones de SaaS se puedan construir sobre los componentes de PaaS y los componentes de PaaS se puedan construir sobre los componentes de IaaS. De acuerdo a ello

las relaciones de dependencia entre los componentes SaaS, PaaS y IaaS se representan gráficamente como componentes apilados unos sobre otros.

La capa intermedia en el modelo corresponde a la de control y abstracción de recursos. Ésta contiene los componentes del sistema que los proveedores utilizan para proporcionar y gestionar el acceso a los recursos informáticos físicos a través de la abstracción del *software*. Como ejemplo de componentes de abstracción de recursos se pueden citar los hipervisores, máquinas virtuales y aquellos utilizados para el almacenamiento gestionados por medio de un entorno virtual, los cuales deben garantizar un uso eficiente, seguro y confiable de los recursos físicos subyacentes. La capa de control refiere a los componentes de *software* cuya misión es la asignación de recursos, el control de acceso y el monitoreo de uso.

La capa más baja corresponde a la de recursos físicos, que involucra a todos los recursos informáticos físicos y está compuesto por los recursos de *hardware*, como computadoras (CPU y memoria), redes (enrutadores, cortafuegos, conmutadores, enlaces e interfaces de red), componentes de almacenamiento (discos duros) y otros elementos de infraestructura de computación física. También incluye recursos de instalaciones, como calefacción, ventilación y aire acondicionado, energía, comunicaciones y otros aspectos de la planta física.

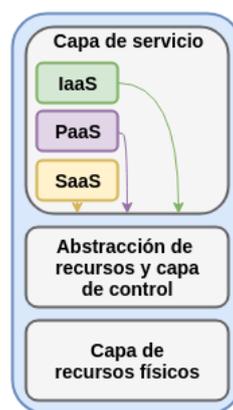


Figura 2.14: Representación de la orquestación de servicios del proveedor de la nube.

Fuente: Elaboración propia en base a [4].

2.6.3 Administración de servicios

Esta actividad incluye todas las funciones relacionadas con las actividades que son necesarias para la administración y operación de los servicios requeridos o propuestos para los consumidores de la nube. De acuerdo a la Figura 2.15, la administración de servicios en la nube se puede describir desde la perspectiva del soporte comercial, el aprovisionamiento y la configuración, y desde la perspectiva de los requisitos de portabilidad e interoperabilidad.



Figura 2.15: Representación de los aspectos de la administración de servicios.

Fuente: Elaboración propia en base a [4].

Conforme a la representación, la administración de servicios contempla tres categorías las cuales están compuestas por actividades propias del área que se detallan en los siguientes items.

2.6.3.1 Soporte comercial

Involucra al conjunto de actividades relacionadas con la empresa que se ocupan de los clientes y de apoyo a los procesos, está compuesto de componentes para ejecutar operaciones de negocios que están orientados al cliente, los cuales se detallan a continuación:

- **Gestión de clientes:** tiene como función la administración de cuentas de clientes, perfiles de usuarios, gestiones relacionadas con los clientes brindando puntos de contacto para la resolución de problemas, etc.
- **Gestión de contratos:** brinda el soporte necesario para administrar los contratos relacionados a los servicios requeridos, conforme a la configuración, el modelo de negocio, etc.
- **Gestión de inventario:** proporciona los recursos para configurar y gestionar catálogos de servicios, etc.
- **Contabilidad y facturación:** administra la información de facturación del cliente, envía los estados de cuenta, procesa los pagos recibidos, proporciona los recursos para el seguimiento de las facturas, etc.
- **Reporte y auditoría:** monitorea las operaciones del usuario, genera reportes, etc.
- **Costos y categoría de servicio:** la finalidad es proporcionar información sobre costos, promociones según las categorías de servicios solicitadas por los usuarios, etc.

2.6.3.2 Aprovisionamiento y configuración

Compone el conjunto de actividades a fin de proveer, acondicionar y habilitar un servicio, para que el consumidor, conforme a los requerimientos bajo demanda con la calidad acordada, y de una manera eficiente en tiempo, costo y uso de recursos. Estas actividades se detallan a continuación:

- **Rápido aprovisionamiento:** proporciona los recursos para una implementación automática de sistemas en la nube en función del servicio, los recursos y capacidades.
- **Cambio de recursos:** brinda el soporte necesario para realizar ajustes de la configuración y asignación de recursos para reparaciones y actualizaciones.
- **Supervisión e informes:** permite la supervisión de recursos virtuales, operaciones y eventos en la nube con la posibilidad de generar informes de rendimiento.

- **Medición:** proporciona una capacidad de medición en algún nivel de abstracción apropiado para el tipo de servicio contratado.

2.6.3.3 Portabilidad e interoperabilidad

La adopción de la computación en la nube depende en gran medida de cómo la nube pueda abordar las preocupaciones de los usuarios respecto a la portabilidad, debido a que los posibles clientes están interesados en saber si pueden mover sus datos o aplicaciones entre las distintas nubes. Además, respecto a la interoperabilidad, están interesados en la capacidad de comunicarse entre varias nubes.

2.6.4 Seguridad

La seguridad juega un papel importante en la adopción de tecnologías en la nube, por ello es transversal y abarca todas las capas del modelo de referencia, desde la seguridad física a la aplicación y por lo general se comparte la responsabilidad entre el proveedor de la nube y el consumidor. Como ejemplo, la protección de la capa de recursos físicos involucra desde el acceso al edificio, a las instalaciones, a los recursos o a la información almacenada.

Los proveedores deben asegurarse de que las instalaciones de servicios de alojamiento son seguras y su personal tiene una verificación de antecedentes adecuada. En cuanto a los datos o las aplicaciones que se mueven a una nube, es importante asegurarse de que la oferta cumpla con los requisitos de seguridad y se apliquen las reglas de cumplimiento.

2.6.5 Privacidad

Los proveedores deben proteger la recopilación, el procesamiento, la comunicación, el uso y la disponibilidad de la información personal de los consumidores de la nube. Es clave garantizar la privacidad de la información personal, en tanto se puede utilizar para distinguir o rastrear la identidad de una persona, como su nombre, número de

Metodología para la selección de recursos computacionales gestionados con tecnologías de cloud computing en ambientes educativos.

seguro social, registros biométricos, etc. Aunque la computación en la nube proporciona una solución flexible para recursos compartidos, *software* e información, también plantea la inquietud respecto de privacidad para los consumidores.

2.7 Discusiones y comentarios

Planteada la definición, mencionados los principales aspectos que presentan las características esenciales conforme a los modelos vigentes y detalladas las actividades que desarrollan los participantes de un despliegue de CC, se deriva que en base a las alternativas presentadas, el modelo de *software* como servicio (SaaS) sugiere ser el adecuado para abordar la problemática planteada. Lo antedicho se sostiene en que el SaaS se caracteriza por la entrega de recursos, sean programas o aplicaciones mediante una red de datos, que brinda soluciones a las demandas en el desarrollo de las actividades académicas y administrativas que fueron mencionadas en Capítulo I. No obstante, las dependencias u organizaciones cuyo fin se encuentre orientado al desarrollo de programas o precisen capacidades computacionales para el desarrollo de sus actividades, será adecuado optar por los modelos de PaaS e IaaS.

Además, de acuerdo al despliegue de los recursos se presentan alternativas viables y aplicables como un despliegue privado, con el fin de que sean utilizados únicamente por los miembros de la unidad académica, o híbrido (privado-comunitario), donde la misión u objetivo en común agrupa a universidades o en menor grado, unidades académicas con la misma oferta de estudio a fin que los recursos sean comunes entre las áreas.

Capítulo 3

Entornos Académicos

RESUMEN

En el presente se exponen las características de la unidad académica que forma parte del estudio, la descripción de los dispositivos tecnológicos y tecnologías que componen su estructura y que sirven de soporte para el desarrollo de las actividades, así como las herramientas y aplicaciones de *software* que son utilizados para las tareas de órdenes académico y administrativo.

3.1 Introducción

Las tareas que desarrolla el personal dentro de una organización están divididas según el área y el escalafón al cual pertenece cada individuo, de forma análoga, una unidad académica posee agrupamientos de acuerdo a las actividades o categorías, denominados claustros. Sin importar la orientación que posea, tiene como fin promover el conocimiento, la investigación, la extensión y el intercambio. De acuerdo a ello cada claustro tiene asignadas tareas, las cuales a medida que fue avanzando la tecnología debieron adecuarse para mantener la calidad en el desempeño de sus funciones. Esta era **digital** conllevó a un cambio de paradigma y con ello una serie de ajustes en la manera en que se desarrollan.

Las nuevas tecnologías, los dispositivos, aplicaciones y herramientas conforman una *suite* de recursos que el Departamento de TI debe conocer y operar para brindar el soporte adecuado a las actividades que se desarrollan tanto en el nivel académico como en el administrativo. Por lo tanto, migrar la educación tradicional al CC se está convirtiendo en un concepto adoptable debido, entre otras razones, a su escalabilidad y el uso de recursos como un servicio a través de Internet.

Este capítulo se estructurará de la siguiente manera: en la Sección 2° se describe el ambiente académico relacionado con el caso de estudio, en la Sección 3° se explicará como aplica el CC y enumera sus ventajas, en la Sección 4° se presentarán las herramientas tecnológicas referidas a los usuarios y proveedores para el despliegue de el CC, finalizándose con Discusiones y comentarios.

3.2 Descripción del ambiente

La Facultad de Ciencias Económicas (FCE) forma parte de una de las unidades académicas de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), conformada, de acuerdo a su Estatuto, por agrupaciones o claustros cuyas actividades tienen una marcada diferencia.

En líneas generales es posible caracterizar a dichos sectores en cuatro: el claustro docente, el no docente, el estudiantil y el de graduados; según lo dispuesto en el documento actualizado del Estatuto de la UNaM aprobado por la X Asamblea Universitaria según la Resolución HAU N° 009/12.

Las tareas que desarrollan cada uno de ellos pueden clasificarse de acuerdo al grado de incumbencia, en este contexto el **docente** es el encargado de impartir el conocimiento y las herramientas que permitan al alumnado su inserción al campo laboral, no obstante esto, también se encarga de cuestiones intrínsecas e ineludibles al universo académico tales como gestionar los recursos áulicos, publicar las calificaciones, organizar los horarios, etc. Por otro lado el personal **no docente** es el encargado de las tareas administrativas relacionadas con el funcionamiento de la dependencia, de acuerdo al esquema organizacional de dicha Institución. En tanto el segmento **estudiantil** es por naturaleza el receptor del contenido impartido por parte de los docentes y quien gestiona sus requerimientos de índole administrativo con el sector de los no docentes. Por último, el de **graduados** tiene como funciones participar en la promoción, organización y desarrollo de actividades de extensión, investigación, perfeccionamiento y acción social destinados a los estudiantes que se encuentren cursando la última etapa de las carreras. Además están abocados a la eventual formulación y/o modificación de planes y programas de estudio vigentes, por lo cual se puede concluir en que sus actividades son de índole administrativa.

Conforme esto, es posible afirmar que existe una relación entre los claustros de acuerdo a las actividades que desarrollan, así también distinguir que existen tareas que son propias y exclusivas de cada uno de ellos, como también existen algunas que son complementarias, tal como se muestra en la Tabla 3.1.

Entre las autoridades, secretarías y departamentos se conforma un plantel de aproximadamente 350 personas para una matrícula que asciende a 4800 alumnos (cifra correspondiente al año 2019). Conforme este número aumenta es necesario encontrar

nuevas alternativas para que el desarrollo de las actividades se realicen de manera óptima, independientemente del lugar y dispositivos tecnológicos utilizados, en una época en que el tiempo se resignificó tornándose como un bien escaso, cuya tendencia va en aumento.

Claustro/Actividades	Primarias	Secundarias
Docente	Académica	Administrativa
No docente	Administrativa	Administrativa
Estudiantil	Académica	Administrativa
Graduados	Administrativa	Administrativa

Tabla 3.1: Relación entre claustros en función a las actividades.

Fuente: Elaboración propia.

En el sistema educativo tradicional persisten ciertas prácticas como la presencia física necesaria de los profesores, la adecuación estricta a los horarios disponibles en los laboratorios, las tareas de bibliotecarios en pos de actualizar y gestionar cuestiones propias al material bibliográfico a su cargo, el material limitado para la lectura propuesto en los centros de copiado, el intercambio de archivos a través de dispositivos, etc. En conclusión, conforme avanza la tecnología, la mayoría de las instituciones educativas se ha vuelto altamente dependiente de ella para satisfacer sus necesidades cotidianas.

Según dicha tendencia, los servicios se proporcionan cada vez más mediante el uso de tecnologías de Internet tanto para profesores como para estudiantes, y se accede a ellos desde navegadores *web*. Es una constante la posibilidad de acceso a una innumerable cantidad de herramientas y recursos gratuitos o a muy bajo costo en el ambiente educativo, y a menudo con una disponibilidad (en cuanto a recursos) más amplia mayor que la proporcionada por la institución.

Por lo tanto migrar el sistema educativo tradicional a la nube, representaría además del soporte mencionado, apoyar el aprendizaje cooperativo, utilizando tecnología informática con los consiguientes métodos de colaboración que éste implica. De hecho, la computación en la nube además ofrece ventajas al permitir el aprendizaje en línea, proporcionando a través de la infraestructura de virtualización la plataforma y la aplicación, como servicios e instalaciones para el control de acceso a datos [8].

En cuanto a cómo llevar a cabo un despliegue en la nube en un ambiente académico, refiriéndonos a los recursos, una opción acertada es caracterizarlos en tres gru-

pos: recursos pedagógicos, recursos que apuntan a lo social y recursos de gestión [6]. De acuerdo a ello es posible organizar las herramientas necesarias para cada ambiente en particular de acuerdo a orientación de la institución.

Cabe aclarar que las características mencionadas del ambiente son similares a las de las dependencias de la UNaM y a otras unidades académicas, además el planteo de soluciones propuestas por [8] y [6] pueden considerarse aplicables a entornos similares.

3.3 Aplicación de CC en ambientes académicos

La computación en la nube representa una excelente alternativa para las instituciones educativas que se encuentran con escasez de presupuesto, ya que permiten operar sus sistemas de información de manera efectiva sin gastar más capital en computadoras y dispositivos de red [9].

Sugiere reducciones significativas en los costos debido a que no se requiere de *hardware* o de licencias de *software* para cumplir con las necesidades de TIC en una organización; además, de acuerdo al tipo de despliegue, es posible obtener una reducción de costos asociados al personal de TI. Cabe señalar que la reducción de equipamientos trae asociada una reducción importante de gastos de operación, particularmente referida a la energía necesaria para la puesta en marcha de los mismos, así como el gasto energético relacionado a la refrigeración.

Asimismo, la aplicación de CC para la entrega de servicios se presenta como un modelo económico atractivo, debido a que, entre otras ventajas, los proveedores ofrecen alternativas de acceso a bajo costo e incluso gratuitas. En la Figura 3.1 se representa la reducción de costo al implementar CC respecto a la una infraestructura tradicional.

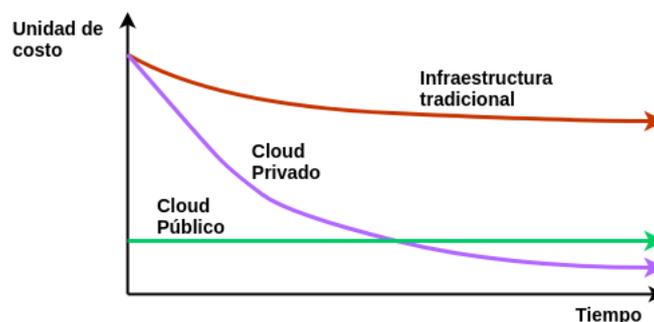


Figura 3.1: Representación de la reducción de costos.

Fuente: Elaboración propia en base a [9].

Así las universidades pueden hacer uso de las aplicaciones proporcionadas por la nube que se encuentran disponibles como servicios, permitiendo a los estudiantes, a los docentes y al sector administrativo abordar tareas concernientes a lo académico y de gestión. Como se mencionó en el Capítulo II, la alternativa del modelo de

nube híbrida es la más aconsejable bajo estas circunstancias, motivada en parte por la calidad del despliegue y restricciones económicas. De esta manera, los servicios ofrecidos pueden ser utilizados únicamente por los usuarios de la institución y otros de uso público o acotado un grupo de usuarios.

A modo de ejemplificar, en una institución cuyo perfil de egresado comprende el uso de aplicaciones para contaduría, sería posible ofrecer herramientas como Bejerman¹ y Tango Gestión² para abordar el conocimiento acerca de su utilización y adquirir los conocimientos necesarios para la inserción laboral. Las alternativas disponibles para el grupo académico y estudiantil para acceder a estas herramientas son:

1. Instalar en los terminales de uso para el aprendizaje.
2. Instalar un servidor de gestión con las llaves de acceso y los clientes de la aplicación en los terminales de aprendizaje.
3. Hacer uso de una combinación de acceso remoto a aplicaciones alojadas en forma local en combinación con el acceso a un espacio de trabajo alojados en servidores externos.

El primer punto, requiere la instalación y mantenimiento de *software* mayor demanda de trabajo para el personal de TICs, lo que no lo hace atractivo para ser utilizado en una institución. Si bien la segunda opción implica un menor esfuerzo debido a que un grupo de computadoras acceden a un servidor local, requiere realizar las tareas de instalación de los clientes en los terminales de aprendizaje. Respecto al tercer punto, implica un modo de entrega de servicios que permite el acceso a los sistemas mediante redes de datos alojados en la institución o fuera de ella.

En síntesis, en función a las necesidades del caso de estudio el modelo SaaS sugiere ser aconsejable debido a que el *hosting*³ representa la alternativa más viable para el acceso único del grupo de estudiantes, sumado a la contratación de un servicio

¹Bejerman: brinda una solución completa, capaz de cubrir todos los requerimientos del área contable de cualquier tipo de organización. <http://www.bejerman.com/>

²Tango Gestión: es un sistema totalmente integrado, orientado a administrar la información de una empresa. <https://www.axoft.com/>

³Servicio que provee a los usuarios el acceso a sistemas, almacenamiento de información, video, imágenes o cualquier contenido accesible vía *web*.

externo que permita compartir la aplicación con un grupo de personas que pueden o no pertenecer a la institución. Figura 3.2.

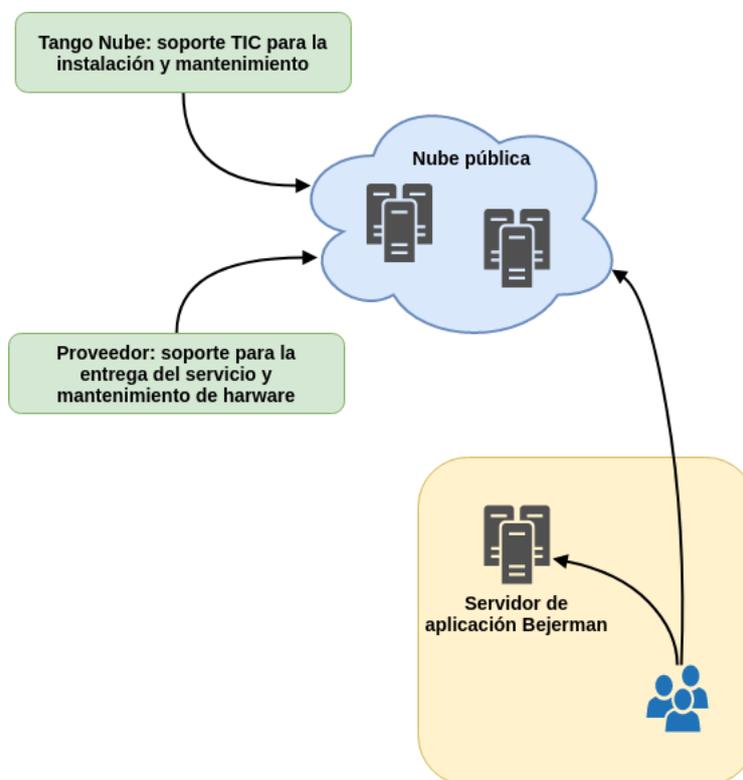


Figura 3.2: Representación de modelo SaaS en un entorno particular.

Fuente: Elaboración propia.

Bajo esta situación surgen diferentes alternativas que implican, de acuerdo a las necesidades, de la utilización de las herramientas mencionadas, Bejerman o Tango Gestión. El primero ofrece convenios de cooperación a cambio de su uso, el cual permite el acceso a un grupo de docentes y estudiantes a los servicios mediante un servidor instalado localmente. En cambio, el Tango Gestión brinda una alternativa de acceso a la nube a través de un abono mensual para el uso de la aplicación y *hosting*.

Una situación similar comparte el sector administrativo, donde las herramientas particularmente de ofimática son necesarias para el desempeño de sus funciones, así

el acceso compartido a un documento puede ser atractivo para el trabajo colaborativo. Una alternativa atractiva es hacer uso de Google Docs ⁴.

En líneas generales, los beneficios de CC en ambientes educativos se puede apreciar en la Figura 3.3.



Figura 3.3: Representación conceptual de los beneficios del SaaS.

Fuente: Elaboración propia en base a [10].

Sería acertado aprovechar el impulso, particularmente de los estudiantes ya están utilizando muchas de estas tecnologías en sus vidas personales [7], lo cual sería una estrategia acertada para introducir al CC en las universidades.

⁴Google Docs: es una sencilla, pero eficaz, suite ofimática que nos permite editar, compartir y publicar documentos de texto, presentaciones, hojas de calculo, formularios y un sencillo editor de imágenes, https://www.google.com/intl/es_AR/docs/about/

3.4 Dispositivos tecnológicos y tecnologías utilizables

Conforme a los avances en TI aquellas actividades que se desarrollan con soporte de papel, pizarra, archivos bibliográficos, etc. tienden a ser optimizadas mediante alguna solución informática y asociado a ello se encuentra la tecnología con la cual los usuarios pueden alcanzar estos cambios.

La capacidad de acceso a un medio tecnológico como las terminales de cómputos, *tablets*, *smartphone*, ha aumentado de manera significativa en los últimos tiempos, lo que condujo a un cambio en el paradigma de la gestión del conocimiento y el tratamiento de la información. A modo de ejemplo, los docentes evolucionaron desde las pizarras a las presentaciones creadas con herramientas ofimáticas y proyectadas mediante algún medio audiovisual; o de realizar el seguimiento de los avances de sus alumnos de un medio papel a una planilla de cálculos en la cual mediante macros pueden agilizar el proceso de puntuación. De la misma manera pero desde otro ángulo, los alumnos reemplazaron en cierta medida los apuntes o manuscritos por el archivo digital que les brinda el docente. Por otro lado la gestión administrativa pasó de utilizar archivos en papel a generarlos en formato digital.

Sumado a ello, la evolución en las telecomunicaciones, permite el intercambio de información (a través de redes de datos) entre docentes, alumnos y sector administrativo (caracterizados como usuarios), mejorando la difusión, la comunicación y promoviendo la inserción del CC.

Además al CC se lo puede considerar como un sistema distribuido, que consiste en un conjunto de computadoras interconectadas y virtualizadas [8], donde es de resaltar que una herramienta tecnológica como la virtualización se considera una pieza necesaria y fundamental para un despliegue de CC, debido a que mediante ella es posible alcanzar las características de elasticidad y escalabilidad, mencionadas en el Capítulo II.

3.4.1 Virtualización

La virtualización es una abstracción de los recursos informáticos, específicamente, es la tecnología que permite conformar o asignar recursos lógicos a partir de los recursos físicos subyacentes.

Se considera que una infraestructura con esta tecnología sienta las bases para nubes de alto rendimiento, por lo cual se considera una estrategia exitosa para la consolidación de los centros de datos, debido a que logra optimizar los recursos físicos así como también proporcionar los elementos básicos para que la entrega de servicios en un sistema en nube pueda realizarse de manera ágil y flexible.

En términos de [14], la virtualización es el proceso de crear la versión virtual de algo. En el contexto de la informática, es la capacidad de crear múltiples instancias de diferentes sistemas operativos, aplicaciones y otros recursos y ejecutarlos en un servidor. Éste puede actuar, a su vez, como uno o más servidores virtualmente.

3.4.1.1 Características y ventajas de la virtualización

Como se mencionó, virtualizar consiste en compartir recursos entre las diferentes aplicaciones con el objetivo de mejorar la utilización del servidor, esto permite que múltiples instancias de los recursos de la infraestructura (virtualizada) se ejecuten en el mismo *hardware*; a diferencia de la implementación por medio de un servidor tradicional, las aplicaciones o servicios comparten la infraestructura física de manera controlada.

Esta tecnología oculta a los usuarios las características físicas de una plataforma informática, en su lugar se presenta una plataforma informática emulada abstracta [12], la cual para propósitos prácticos se comporta como un sistema independiente, pero a diferencia de un sistema físico, se puede configurar bajo demanda y se puede mantener y replicar muy fácilmente, con ello se logra la utilización eficiente y completa en el uso del *hardware*.

Dicha acción nos introduce a las técnicas de abstracción, relacionadas con hipervisores, máquinas virtuales, almacenamiento de datos y otros recursos informáticos abstractos; y a los componentes de control, responsables de la asignación de recursos,

control de acceso y monitoreo de uso [13], mencionado en el Capítulo II y como se representa en la Figura 3.4.

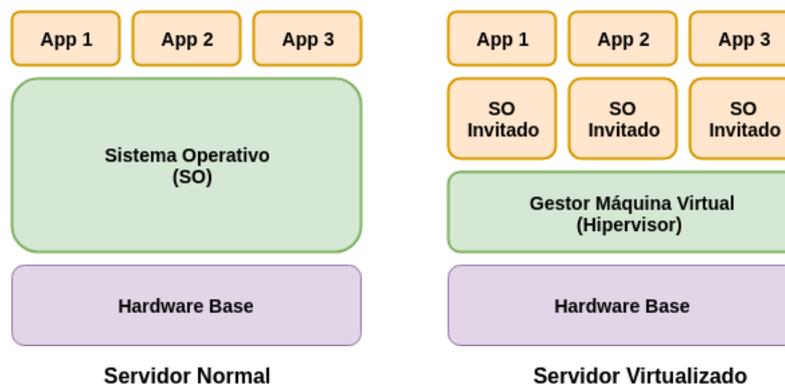


Figura 3.4: Representación del modelo de virtualización.

Fuente: Elaboración propia en base a [14].

En un modelo de la arquitectura de CC, la capa de infraestructura provee un conjunto de capacidades de almacenamiento y recursos informáticos al dividir los recursos físicos utilizando tecnologías de virtualización. De este modo IaaS tiene la capacidad de otorgar recursos virtualizados para el despliegue de una PaaS y ésta a su vez brindar los servicios necesarios para la puesta en común de SaaS como se representa en la Figura 3.5.

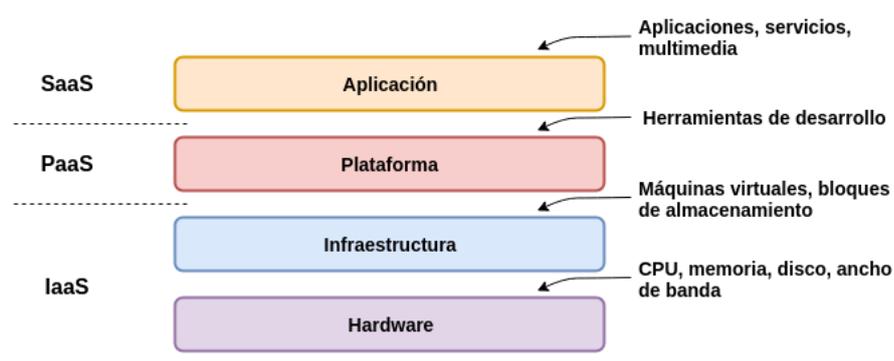


Figura 3.5: Representación de la inserción de la virtualización en el CC.

Fuente: Elaboración propia en base a [15].

3.4.1.2 Hipervisores

Un hipervisor es una delgada capa de *software* que se encarga de controlar y gestionar máquinas virtuales, ésta se encuentra entre el *hardware* y el SO. Una característica que hace atractiva su utilización es la capacidad que posee de ejecutar uno o más sistemas operativos virtualizados al mismo tiempo.

Como se representa en la Figura 3.6 existen dos tipos de hipervisores, los **na-tivos** conocidos como *unhosted* o Tipo 1 y los **Alojados** definidos como *hosted* o Tipo 2. El primero de ellos se ejecuta directamente en el *hardware* base y permite ejecutar múltiples sistemas operativos en el mismo *hardware* físico. En cambio el segundo, se ejecuta sobre el sistema operativo instalado en el *hardware* base para luego ejecutar entornos de sistemas operativos adicionales dentro del sistema operativo anfitrión.

Es posible determinar que los hipervisores de Tipo 1 poseen un rendimiento mayor y se consideran más estables, respecto a los de Tipo 2, debido a que interactúan directamente con el *hardware* base, no obstante requieren controladores específicos. En cambio a los del Tipo 2 se los considera orientados al usuario, debido a que pueden tener una administración de las VM relativamente sencilla. El SO que hace de nexo juega un papel de vital importancia debido a que los inconvenientes que pueda presentar ocasiona que el sistema de virtualizado en general no sea estable.

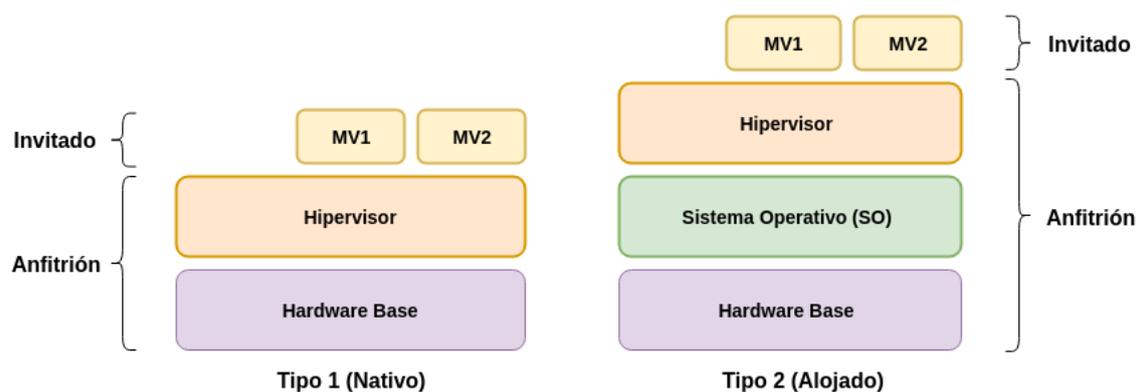


Figura 3.6: Representación de la clasificación hipervisores.

Fuente: Elaboración propia en base a [16].

3.4.1.3 Herramientas de virtualización

Es posible clasificar a los hipervisores para presentar sus características principales, de acuerdo a ello surge la Tabla 3.2 y la Tabla 3.3.

Hipervisor	Nombre	Descripción
Tipo 1	<i>Linux KVM</i>	Es un proyecto basado en GNU / <i>Linux</i> desarrollado para máquinas x86. Funciona con un módulo de <i>kernel</i> que se puede cargar llamando al <i>kvm.ko</i> , que convierte el <i>kernel</i> de <i>Linux</i> en un hipervisor.
	<i>VMware ESXi</i>	Está compuesto de un sistema operativo autónomo que proporciona el entorno de gestión, administración y ejecución al software hipervisor, los servicios y servidores que permiten la interacción con el software de gestión y administración y las máquinas virtuales.
	<i>Xen</i>	El hipervisor <i>Xen</i> tiene licencia GPLv2. Está disponible en forma comercial de <i>Citrix</i> . <i>Oracle VM</i> es otra implementación comercial de virtualización de <i>Xen</i> . Es compatible con plataformas como <i>Open-Stack</i> , <i>CloudStack</i> , etc.
	<i>Microsoft Hyper-V</i>	Está disponible para descarga gratuita desde un punto de vista de evaluación. El servidor independiente <i>Hyper-V</i> 2012 tiene todas las características que están integradas en la función <i>Hyper-V</i> en <i>Windows Server</i> 2012, como la migración en vivo.

Tabla 3.2: Proveedores y características de hipervisores Tipo 1.

Fuente: Elaboración propia en base a [16].

Hipervisor	Nombre	Descripción
Tipo 2	<i>Xvisor</i>	Hipervisor monolítico de código abierto que tiene como objetivo proporcionar soluciones de virtualización ligeras, portátiles y flexibles. Es compatible con las arquitecturas de CPU X86 y ARM.
	<i>Oracle Virtualbox</i>	Este hipervisor que puede ejecutarse en SO de <i>Linux</i> , <i>Windows</i> , <i>Macintosh</i> y <i>Solaris</i> . Es portátil, ya que puede ejecutarse plataformas de 32 y 64 bits.
	<i>Linux Containers (LXC)/Docker</i>	Es un método de visualización a nivel de sistema operativo para ejecutar varios sistemas <i>Linux</i> aislados (contenedores). No proporciona una VM, sino un entorno virtual que tiene su propia CPU, memoria, bloque de E / S, red, etc.
	<i>VMware Workstation Player</i>	Aplicación de virtualización de escritorio que proporciona una interfaz de usuario optimizada para ejecutar y evaluar SO y aplicaciones en una máquina virtual en máquinas <i>Windows</i> o <i>Linux</i> .

Tabla 3.3: Proveedores y características de hipervisores Tipo 2.

Fuente: Elaboración propia en base a [16].

3.5 Discusiones y comentarios

Descripto el ambiente, presentados los actores como usuarios que forman parte de los consumidores de servicios, expuesta una situación que involucra el CC en entornos académicos y presentadas las tecnologías para abordar soluciones; se deriva que la base para el despliegue de CC, cual fuera su modelo, involucra tecnologías de virtualización. Si bien ésta no es estrictamente necesaria, posee características que la hacen atractiva para su utilización como escalamiento de los recursos, de una manera que a entornos no virtualizados les resulta difícil de alcanzar.

Capítulo 4

Selección de recursos

RESUMEN

En el presente se exponen los modelos de servicios de CC y cuáles se consideran adecuados dependiendo de las actividades que se desarrollan en las organizaciones educativas, la descripción de los servicios propuestos para el ambiente en cuestión y la propuesta de proveedores de servicios *software* y aplicaciones capaces de cubrir las necesidades.

4.1 Introducción

En la UNaM, como en otras universidades, existen diversas orientaciones académicas donde las actividades áulicas, las de investigación y las administrativas pueden ser el indicador para determinar el modelo de servicio adecuado para un despliegue de CC. Además, de acuerdo al ambiente en cuestión, la elección de las aplicaciones *software* se encuentra sujeta a diversos aspectos relacionados con la capacidad que posea para cubrir las necesidades, la disponibilidad, la accesibilidad y los costos, entre otros.

Si bien la metodología para la selección de recursos se presenta en el Capítulo V, en el presente se buscará establecer pautas o criterios que sirvan como guía para

seleccionar los recursos adecuados mediante ejemplos, conforme a una organización. Una elección conveniente va a determinar el grado de éxito de un despliegue de CC.

Este capítulo se estructurará de la siguiente manera: en la Sección 2° se presentan los modelos de servicios y se relacionan con las actividades de una institución universitaria, en la Sección 3° se describen los programas como servicios que son adecuados para el ambiente de estudio, en la Sección 4° se presentan los proveedores que brindan servicios en la nube y se los relacionan con las aplicaciones *software*, finalizándose con Discusiones y comentarios.

4.2 Modelo de servicio adecuado

Como fue mencionado en los capítulos anteriores, existen tres modelos de servicios con características claramente definidas y reconocidas por el NIST, los cuales tienen como objetivo la entrega de programas, plataformas de desarrollo e infraestructura.

La selección del modelo adecuado para una organización, entre otras cosas, es una de las tareas que el personal de TI debe abordar al momento de decidir cómo llevar sus datos, utilizar servicios, programas y recursos de procesamiento en la nube. Resulta necesario un abordaje sistemático que implique como primera aproximación el análisis del ambiente de trabajo de la organización y los objetivos que persigue, a fin de obtener un conocimiento de las actividades que desarrolla y de acuerdo a ello determinar cuál o cuáles son los modelos que se adecuen de mejor manera al ambiente, y el grado de "profundidad" en cuanto a recursos que deba alcanzar. Así hecho el planteo, es posible que la solución final sea una combinación de modelos para cubrir las necesidades planteadas.

En la Figura 4.1 se representan las categorías de servicios que puede ofrecer cada modelo. Citando como ejemplo a una organización como Amazon ¹ cuyas actividades hacen que sea necesario utilizar y ofrecer los tres niveles o modelos presentados, tal es el caso de los terminales de ventas por escritorio remoto (SaaS), desarrollo de sus plataformas de ventas (PaaS) y procesamiento de datos (IaaS).

En particular, una institución académica puede alcanzar alguno de los tres niveles de acuerdo a la orientación, por ejemplo el Módulo de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQYN) dependiente de la UNaM se caracteriza, en lo académico, en formar profesionales cuya base es el desarrollo de programas informáticos. Por lo tanto, en primera instancia, es posible determinar que el modelo adecuado es el de PaaS. No obstante existen tareas complementarias que hacen al funcionamiento de la institución las cuales requieren de la utilización del correo electrónico, herramientas ofimáticas y de cálculo, colaborativas y entornos virtuales de aprendizaje. El modelo SaaS es el que brindaría cobertura para este tipo de actividades.

Por otra parte el núcleo de investigadores encargados de los proyectos del área de Química y Genética, para mencionar un ejemplo, como sería el de identificar el gen

¹Amazon Inc.: Compañía de comercio electrónico y servicios de computación en la nube a todos los niveles. <https://www.amazon.com/>

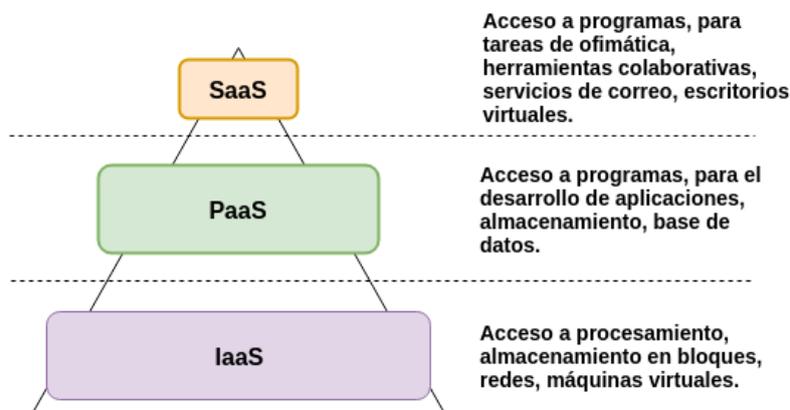


Figura 4.1: Representación de modelos y servicios.
Fuente: Elaboración propia en base a [15].

de la yerba mate, necesita alcanzar niveles de procesamiento de datos que superan a la de un ordenador convencional, por lo que este sector requeriría de la implementación de IaaS como modelo de servicio.

En el caso particular de estudio, las actividades que desarrollan los claustros de la FCE hacen notar que el modelo de SaaS es el adecuado para un despliegue de CC. Dicha afirmación se basa en que las tareas llevadas a cabo no implican la necesidad del procesamiento de datos o del desarrollo de programas informáticos. Más bien aquéllos se caracterizan por el uso de aplicaciones *software* según las áreas:

- Académica: análisis matemáticos y estadísticos, para el aprendizaje de la gestión contable, aplicaciones para la generación de gráficos, herramientas ofimáticas, herramientas colaborativas, entornos virtuales de aprendizaje.
- Administrativa y de gestión: herramientas ofimáticas, colaborativas, plataformas de gestión de alumnos, correo web, gestor de contenidos, redes sociales para difusión de la información, plataformas de logística administrativa, almacenamiento y compartición.

De acuerdo a lo anterior, es posible determinar que las características de las tareas desarrolladas en una organización, definen el modelo de servicio. No obstante queda por abordar la selección de programas considerados como posibles opciones para una implementación.

4.3 Programas como servicio conveniente

En la sección previa se analizaron las características de una organización y cuáles son los factores a tener en cuenta para la selección adecuada del modelo de servicio. De dicho desarrollo surge que el modelo de SaaS es el que debería ser abordado como objeto de análisis, con argumentaciones basadas en que los servicios que puede ofrecer son los adecuados para una organización y una actividad en particular, como las desarrolladas en el ámbito de la FCE.

De acuerdo a las actividades mencionadas, la entrega de servicios como *software* del modelo de SaaS lo hace atractivo para un despliegue de CC en la organización. Para la selección de servicios [6] propone tres categorías, **Nube pedagógica**, **Nube social, ética y legal** y **Nube de gestión escolar** para listar los procesos o actividades; y una herramienta que aborde una solución en la nube. No obstante también es posible adaptar la propuesta y realizar una comparación entre las herramientas *software* convencionales que son utilizadas en terminales de usuario o servidores locales y los programas (SaaS) que cumplen la misma función.

En cuanto a las categorías, se propone la **Académica** para enumerar los programas que son utilizados en las tareas relacionadas al orden del aprendizaje, y la **Administrativa y de gestión** para aquellas que hacen al funcionamiento institucional, soporte en lo académico y difusión. En función a ello quedan conformadas las tablas en las cuales se presentan las actividades que se desarrollan, las herramientas y aplicaciones que se utilizan comúnmente y la propuesta de solución en la nube, donde la Tabla 4.1 atiende lo referente a lo académico y la Tabla 4.2 lo concerniente a lo administrativo y gestión.

Metodología para la selección de recursos computacionales gestionados con tecnologías de cloud computing en ambientes educativos.

Actividades	Herramientas y Aplicaciones	Solución en la nube
Procesador de texto, hojas de cálculo y presentaciones	<i>Microsoft Office, Libreoffice</i>	<i>Google Docs, Collabora Online, Onlyoffice, Office 365, Prezi</i>
Análisis matemático	<i>FW, KMplot, Geogebra</i>	<i>Geogebra online, Google</i>
Análisis estadísticos	<i>Microsoft Excel, Libreoffice Calc, Infostat</i>	<i>Office 365, Libreoffice online (instalable en servidor)</i>
Gestión contable	Tango, Bejerman	Tango Nube, Bejerman Cloud
Videos/presentaciones	VLC, Media Player	Youtube, Video player (Nextcloud)
Entornos virtuales de aprendizaje	Gestión y seguimiento del alumno mediante archivos y planillas de cálculo	<i>Claroline, Moodle, Chamilo (conector Live stream), Schoology, Thatquiz</i>
Recursos bibliográficos	Libros impresos	<i>Google Scholar, Biblioteca Digital del Mincyt, Errepar, Sistema Argentino de Información Jurídica (SAIJ), Repositorios Científicos (UBA)</i>
Notas/agendas	<i>Agenda (Windows), Event Calendar (Linux)</i>	<i>Endnote, Google Calendar, Calendar (Nextcloud), Notes (Nextcloud)</i>
Compartición de archivos	Almacenamiento extraíble	<i>Dropbox, Google Drive, Nextcloud</i>
Creación y edición de diagramas	<i>Corel, Scribus</i>	<i>Draw.io (Nextcloud)</i>

Tabla 4.1: Herramientas para el sector académico.

Fuente: Elaboración propia en base a [6].

Actividades	Herramientas y Aplicaciones	Solución en la nube
Procesador de texto, hojas de cálculo y presentaciones	<i>Microsoft Office, Libreoffice</i>	<i>Google Docs, Collabora Online, Onlyoffice, Office 365, Prezi</i>
Videos/presentaciones	<i>VLC, Media Player</i>	<i>Youtube, Video Player (Nextcloud)</i>
Notas/agendas	<i>Agenda (Windows), Event Calendar (Linux)</i>	<i>Endnote, Google Calendar, Calendar (Nextcloud), Notes (Nextcloud)</i>
Compartición de archivos	Almacenamiento extraíble	<i>Dropbox, Google Drive, Nextcloud</i>
Gestión de actividades	Archivo de texto, Planilla de cálculo	<i>Redmine</i>
Repositorio de contenido institucional	-	<i>Dspace</i>
Gestor de contenidos	-	<i>Wordpress, Joomla</i>
Gestión de alumnos	Plataforma del consorcio SIU	-
Gestor de correos	<i>Postfix (MTA) - Roundcube (Webmail)</i>	<i>Gmail (Empresarial)</i>
Social y promoción	Publicaciones impresas	<i>Facebook, Twitter</i>

Tabla 4.2: Herramientas para el sector administrativo.

Fuente: Elaboración propia en base a [6].

Claro está que existen numerosas alternativas de *software* para migrar las actividades a una solución en la nube, parte de ellas utilizando aplicaciones gratuitas y abiertas para el uso a escalas de una organización. Respecto a las aplicaciones que son

de carácter particular, por ejemplo las plataformas del consorcio SIU ² o Roundcube ³, pueden ser instaladas en servidores en centros de datos para ser accedidas. Proveedores de servicios *cloud*, *hosting* y plataformas para el montaje y despliegue de CC se encuentran dentro de las alternativas, tanto para alojar servicios en plataformas externas o como servicios locales de una organización.

²Consortio SIU: Brinda a los organismos nacionales aplicaciones para la gestión de sus actividades. <https://www.siu.edu.ar/>

³Roundcube: Cliente de correo que permite visualizar los mensajes de cuentas de *email* a través de una página web. <https://webmail.isf.es/>

4.4 Proveedores de servicios

Anteriormente se analizaron los modelos y programas que son adecuados para una institución universitaria particularmente de orientación en ciencias económicas. Cabe abordar a partir de ahora el análisis de los proveedores de servicios que pueden cumplir con las necesidades.

La Figura 4.2 presenta a los principales proveedores para los modelos de SaaS, de PaaS y de IaaS donde se puede apreciar que algunos comparten categorías para la entrega de plataforma e infraestructura.

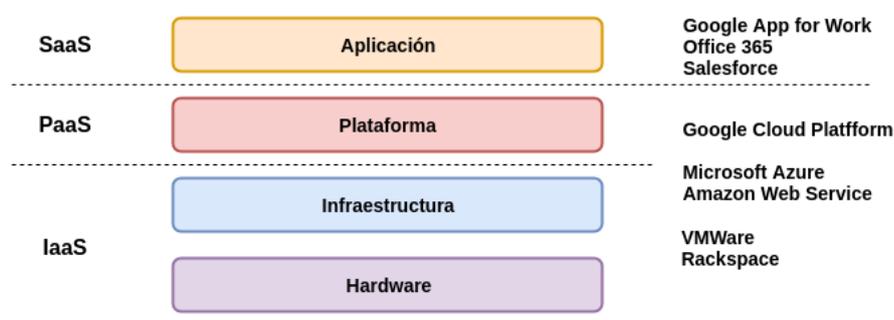


Figura 4.2: Representación de los principales proveedores de servicios.

Fuente: Elaboración propia en base a [17].

Cabe presentar una breve descripción a fin de conocer cuáles son los servicios ofrecidos y cómo se puede acceder a ellos:

- *Google App for Work* o *G-Suite*: proporciona aplicaciones web con funciones ofimáticas tradicionales, *Gmail*, *Hangouts*, *Calendar*, *Drive*, *Docs*, *Sheets*, *Slides*, *Groups*, *News*, *Play*, disponible en <https://gsuite.google.com>.
- *Office 365*: proporciona servicio de aplicaciones ofimáticas *Office*, además de almacenamiento y uso compartido de archivos en la nube, además de correo electrónico empresarial, disponible en <https://products.office.com/>.
- *Salesforce*: empresa que brinda servicios SaaS, ofrece una *suite* que está compuesta por *Sales Cloud*, *Service Cloud*, *Marketing Cloud*, *Commerce Cloud*, *Analytics*

Cloud, IoT Cloud, App Cloud, Health Cloud y Financial Services Cloud, disponible en <https://www.salesforce.com/>.

- *Google Cloud Platform*: ofrece una serie de herramientas para el desarrollo de aplicaciones además de almacenamiento, disponible en <https://cloud.google.com/>.
- *Microsoft Azure*: es conjunto de servicios en la nube para ayudar a una organización a satisfacer sus necesidades comerciales; otorga la libertad de crear, administrar e implementar aplicaciones en red, disponible en <https://azure.microsoft.com/>.
- *VMare*: proporciona *software* de virtualización disponible para ordenadores, se incluyen *VMware Workstation*, y los gratuitos *VMware Server* y *VMware Player*, disponible en <https://www.vmware.com/>.
- *Rackspace*: posee dos líneas principales de negocio, *Servidores Cloud* y *Servidores Dedicados* para diseñar, crear y operar cargas de trabajo en función de las necesidades individuales del cliente, disponible en <https://www.rackspace.com/>.

Conforme a los proveedores mencionados y los servicios en cuanto a *software* que fueron presentados en la sección anterior, permite establecer que en mayor medida las necesidades en cuanto a SaaS quedan cubiertas. Cabe mencionar además que existen soluciones cuyo acceso es libre y otras que requieren de una contraprestación para ser utilizadas. Respecto a esto último, es necesario establecer contratos de acuerdo y alcances de servicios con el proveedor.

No obstante, aquellas que no presentan una solución de SaaS, como por ejemplo las plataformas del consorcio SIU u otros casos particulares, donde la necesidad requiera desplegar un servicio completo como el de correos electrónicos (MTA y *Web-mail*), deben ser atendidas por el modelo de IaaS. Así, utilizando este modelo es posible acceder a las características esenciales del modelo de CC propuestas por el NIST y el principio de tenencia múltiple (*multitenancy*)⁴.

⁴Tenencia múltiple: Arquitectura de software en la cual una sola instancia de la aplicación se ejecuta en el servidor, pero sirviendo a múltiples clientes u organizaciones.

4.4.1 Solución IaaS para aplicaciones

De acuerdo a [18] el mercado de Plataformas de Gestión de Servicio en la Nube (CMP: *Cloud Management Platforms*) sigue evolucionando para ofrecen soluciones con conjuntos de características variadas.

Las soluciones de código abierto como *OpenStack* como parte de los servicios de *Rackspace* o *Eucalyptus* generalmente proporcionan un punto de entrada de bajo costo para el *software* y la posibilidad de portabilidad de aplicaciones, pero requieren una cantidad significativa de desarrollo interno. Los proveedores comerciales como *Microsoft Azure* y *VMware* ofrecen capacidades comerciales disponibles en el mercado, y suelen ser más costosos en términos económicos que las ofertas de código abierto.

La elección del CMP adecuado para un entorno de nube depende del grado de virtualización actual en la infraestructura de la organización, el alcance de su estrategia en la nube, los requisitos de la organización, la disponibilidad de recursos de personal calificado y del presupuesto asignado.

4.5 Discusiones y comentarios

Presentados los modelos de servicios, analizados los programas que poseen soporte en la nube y enumerados los proveedores a tal efecto; se deriva en que existe una variedad de alternativas viables para abordar el despliegue en la nube para alcanzar el modelo de SaaS. En tanto aquellos programas de carácter necesario para el desarrollo de las actividades que no poseen una alternativa de SaaS, pueden ser desplegados mediante herramientas de IaaS, donde los proveedores ofrecen distintas soluciones en cuanto a plataformas libres y subvencionadas.

Capítulo 5

Metodología de selección de recursos

RESUMEN

En el presente se exponen los modelos de selección basados en procesos ampliamente utilizados; el análisis de sus características, medios empleados, y su estructura, los cuales brindarán los conocimientos para hallar una solución ajustable a las necesidades de selección. En líneas generales el modelo propuesto serviría para abordar temas relacionados con la toma de decisión para la selección de recursos informáticos de la nube, en ámbitos donde existan diversas alternativas a evaluar. El mismo será representado mediante un ejemplo de aplicación en el capítulo siguiente.

5.1 Introducción

En ciertas oportunidades, suele ocurrir que la selección de recursos para abordar un despliegue en la nube se efectúe de una manera empírica o a través de recomendaciones informales, lo que conlleva a que no siempre se escoja la opción adecuada. Debido a ello se requiere que el personal de trabajo encargado de las TICs, junto a sectores claves de una organización deban conocer las alternativas de modelos o procesos para la toma de decisiones y trasladarla al plano de la selección de recursos para abordar, de manera adecuada, la computación en la nube.

Este capítulo se estructurará de la siguiente manera: en la Sección 2° se presentarán los modelos de selección utilizados comúnmente, en la Sección 3° se describirá el modelo de selección basado en comparación de recursos, en la Sección 4° se presentará un modelo basado en criterios y ponderaciones en una estructura jerárquica, en la Sección 5° se presentará una adecuación del modelo anterior proponiendo la relación entre criterios, en la Sección 6° se propondrá una alternativa de selección basada en operadores de agregación para combinar valores representados como datos y preferencias, finalizándose con Discusiones y comentarios.

5.2 Modelos de selección

La selección adecuada de recursos informáticos en una organización es clave para su funcionamiento, ya que al estar presentes las TICs de forma transversal en todas sus áreas, se traduciría en una mejora significativa en el rendimiento de la misma en lo que concierne al desarrollo de sus actividades.

Aunque ésta sea un acto subjetivo a las preferencias de quienes utilizan algún recurso informático, se debería tener presente una serie de criterios, que permitan afrontar el proceso que implica una toma de decisión de manera adecuada. Resulta indispensable para ese momento contar con la mayor información posible sobre la organización y las diferentes alternativas a adoptar. Ello reduce la incertidumbre que genera naturalmente este tipo de determinación, en un ámbito de computación en la nube donde existen múltiples opciones disponibles.

De lo expuesto se desprende que resulta necesario contar con una metodología que permita la selección de recursos informáticos, para ser utilizados mediante el modelo de computación en la nube. En las secciones posteriores se presentarán cuatro propuestas basadas en:

- la comparación de recursos.
- el análisis mediante el proceso analítico jerárquico (AHP), compuesto por objetivos, criterios y alternativas.
- el análisis mediante el proceso analítico sistémico (ANP), en cuyo desarrollo se encuentran objetivos, criterios y alternativas, y relación entre los elementos.
- operadores de agregación, particularmente las medias ponderadas.

5.3 Modelo comparativo de selección

Este modelo sugiere ser una manera sencilla para la selección de recursos debido a que simplemente se realiza la comparación entre las herramientas o aplicaciones que se utilizan comúnmente en las actividades y aquellas homólogas que tengan soporte XaaS, tal como fue presentado en el capítulo anterior basado en [6].

Así, el camino de selección de recursos se puede resumir en los siguientes pasos:

- Reconocer el tipo organización y la orientación.
- Identificar las áreas que componen la organización (académica, gestión o administrativa y estudiantil).
- Conocer las aplicaciones y herramientas tecnológicas que utilizan en sus terminales de usuario.
- Comparar éstas con las posibles soluciones que posee la computación en la nube.

En cuanto al tipo de servicio, es necesario determinar cuál de las alternativas se ajusta de mejor manera al perfil y actividades de la organización, por lo tanto el tipo de servicio de:

- **SaaS**, será requerido cuando en la organización solamente es necesario contar con aplicaciones *software*, recursos para la compartición de archivos, gestores de contenidos, entornos de aprendizaje, comunicacionales y redes sociales etc.
- **PaaS**, será requerido cuando sea necesario contar con plataformas o herramientas para el desarrollo de *software*, así los miembros de una organización podrán crear, modificar y poner a prueba programas informáticos basados en distintos lenguajes de programación.
- **IaaS**, será requerido cuando sea necesario contar con máquinas virtuales para la puesta en servicio de programas, capacidades de procesamiento, volúmenes de almacenamiento o algún servicio donde sean necesarios recursos virtualizados.

De acuerdo a lo anterior, es posible conformar un diagrama de flujo donde se describen los pasos a seguir, el cual queda representado por la Figura 5.1.

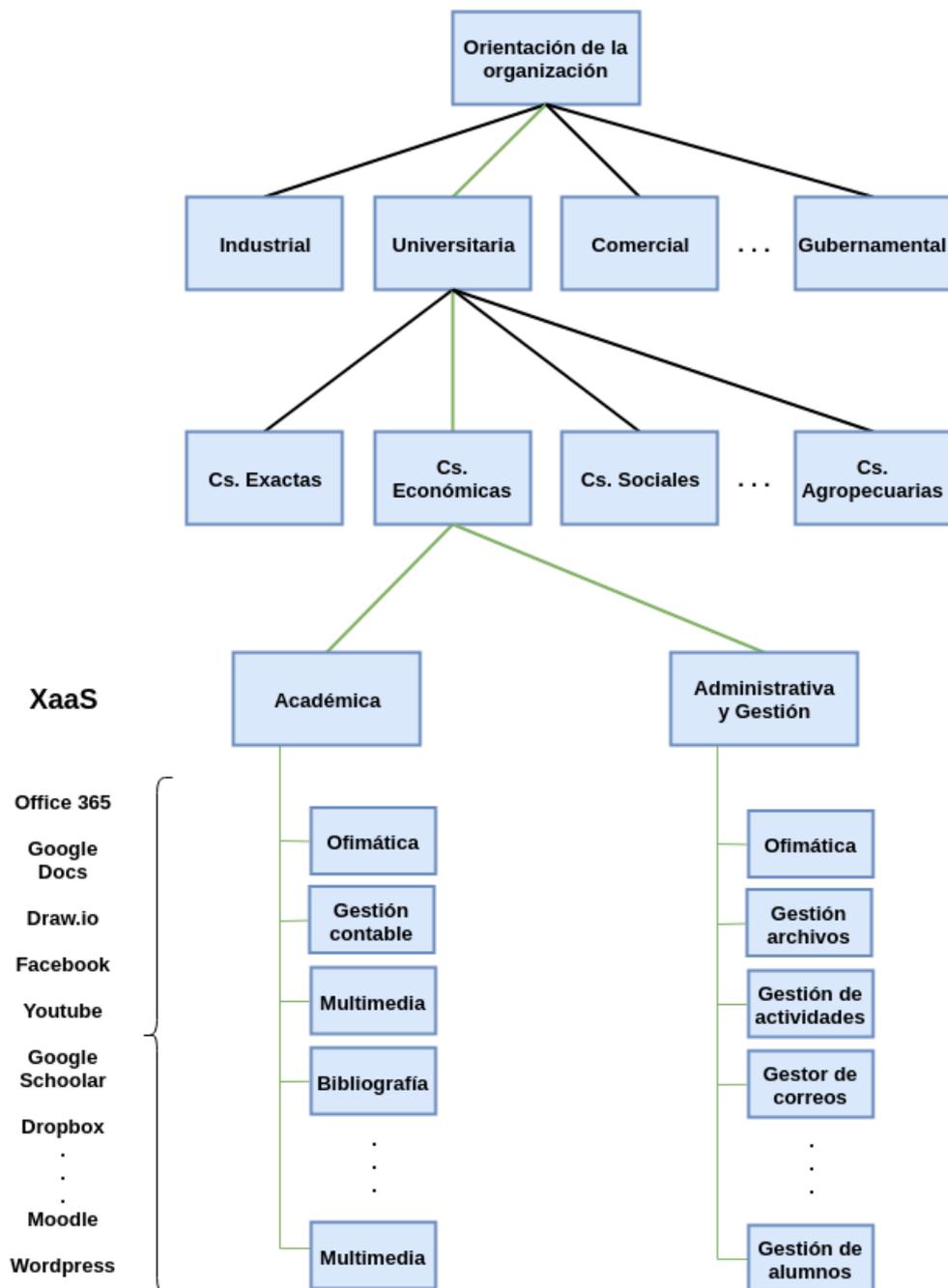


Figura 5.1: Representación del modelo de selección comparativo.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al diagrama, es posible reconocer dos secciones: la primera corresponde a la selección del tipo de organización y la orientación, que en líneas generales puede ser tomada como base para otros modelos de selección; seguido por una segunda etapa que refiere a la comparación de recursos. Así, las aplicaciones y *software* que se utilizan para el desarrollo de las actividades pueden ser seleccionados entre los recursos de XaaS que se ofrecen en la nube, presentada en la Tabla 4.1, orientada a las tareas del sector académico y la Tabla 4.2, a las tareas del sector administrativo.

La propuesta puede ser considerada alternativa válida aunque no adecuada, debido a que la selección queda definida solamente por la comparación de recursos y utilizarla puede presentar inconvenientes al seleccionar recursos inadecuados por la falta de criterios o características definidas.

5.4 Modelo de selección AHP

Este modelo fue definido por Saaty ¹ quien se caracterizó por realizar un modelo que ayude a afrontar tomas de decisiones complejas. Artículos referidos al tema sugieren emplear técnicas de análisis de resoluciones como el *Analytic Herarchy Process (AHP)*, basado en un método cuantitativo con criterios y alternativas que deberán ser incluidos.

Así, [19] define al AHP como un lógico y estructurado método de trabajo, que optimiza la toma de decisiones complejas cuando existen múltiples criterios o atributos, mediante la descomposición del problema en una estructura jerárquica.

Para [21] el AHP es en un método cuantitativo, mediado por criterios y alternativas para apoyar la toma de decisiones que contribuyan a los objetivos de una organización. De manera similar [23] define al método AHP como una propuesta para ordenar el pensamiento analítico, del cual se destacan tres principios básicos: el principio de la construcción de jerarquías, el principio de establecimiento de prioridades y el principio de la consistencia lógica.

Ésto permite dividir un atributo complejo en un conjunto de atributos sencillos y determinar cómo influyen cada uno de ellos en el objetivo de la decisión, así esa influencia está representada por la asignación de los valores que se fija a cada atributo o criterio. En resumen, esto facilita la objetividad del proceso y permite excluir a la intuición en la toma de decisiones.

Por lo tanto, es posible determinar que el método AHP es un instrumento multicriterio en el interés de trasladar la realidad percibida por el individuo a una escala de razón, en la que se reflejen las prioridades relativas de los elementos considerados [19].

Esto permite que se estructure un problema en forma visual, por medio de la construcción de una jerarquía de atributos, la cual contiene como mínimo tres niveles y queda representado en la Figura 5.2:

- El propósito o el objetivo global del problema, situado en la parte superior.

¹Thomas L. Saaty: July 18, 1926 – August 14, 2017, distinguido profesor universitario en la Universidad de Pittsburgh, es el inventor, arquitecto y teórico principal del proceso de jerarquía analítica.

- Los distintos atributos o criterios que definen las alternativas en el medio.
- Las alternativas que concurren en la parte inferior del diagrama.

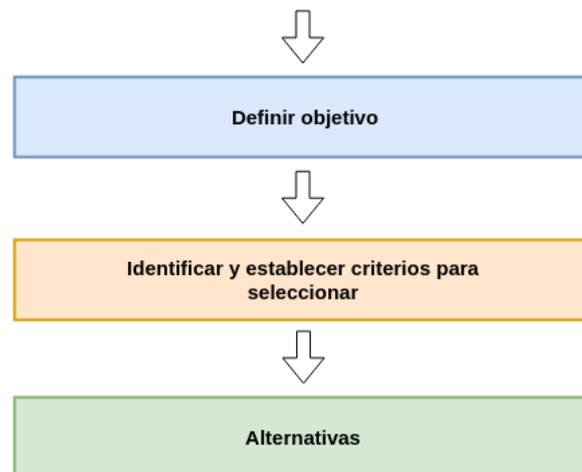


Figura 5.2: Representación del modelo AHP.

Fuente: Elaboración propia en base a [21].

Entre las alternativas y los criterios cabe la posibilidad de incorporar un nuevo nivel de acuerdo a la necesidad de explicitarlos, lo que origina un modelo jerárquico multinivel, como queda representado en la Figura 5.3. Así, una vez construido el modelo jerárquico, se realizan comparaciones por pares entre dichos elementos (criterios, subcriterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas.

Atendiendo la propuesta de trabajo de [22] es posible establecer un orden de tareas en el modelo AHP, quedando definida la siguiente estructura:

1. La estructuración del modelo jerárquico (objetivos, criterios, alternativas).
2. Priorización de los elementos del modelo jerárquico.
3. Comparaciones binarias entre los elementos.
4. Evaluación de los elementos mediante asignación de pesos (ponderación).

5. Medición de alternativas sujetas a los pesos dados.

6. Síntesis.

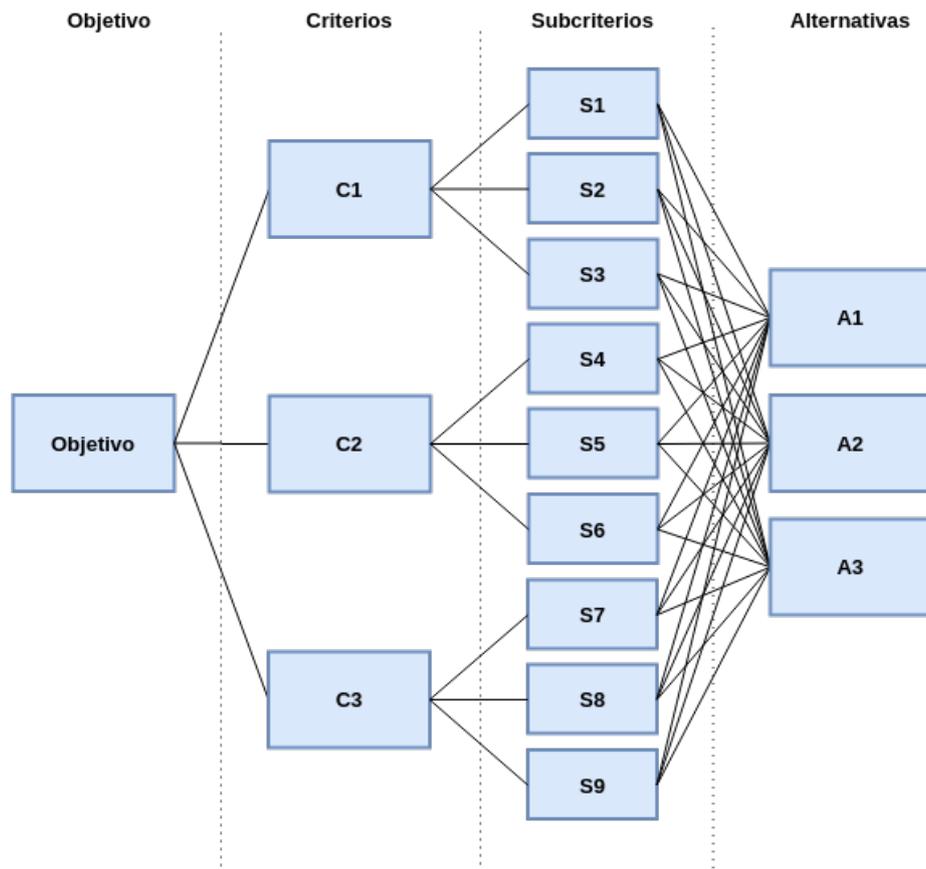


Figura 5.3: Representación del modelo AHP multinivel.

Fuente: Elaboración propia en base a [19].

La asignación del peso correspondiente a cada elemento, definido como criterio, puede ser resuelto por medio de una tabla de relaciones propuesta por [22] en base a las definiciones de Saaty, lo cual queda representado en la Tabla 5.1. Por lo tanto mediante el soporte informático de *software* como **Expert Choice**² es posible analizar el peso asignado a cada par de alternativas, mediante comparaciones pareadas y obtener

²*Expert Choice*: es un *software* que se basa en la toma de decisiones de criterios múltiples. Implementa el proceso de jerarquía analítica y se ha utilizado en campos como la fabricación, la gestión ambiental, la construcción naval y la agricultura. <https://www.expertchoice.com/>

una síntesis de acuerdo a una escala de valor. Aquí es necesario realizar una observación, si bien el peso o ponderación es asignado mediante una tabla definida, queda a criterio del decisor asignar el valor a cada par de alternativas, lo cual puede presentar cierta subjetividad en la selección por la preferencia hacia alguna alternativa en particular.

Planeamiento verbal de la preferencia	Calificación numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Tabla 5.1: Tabla de asignación de peso 1-9 de Saaty para AHP.

Fuente: Elaboración propia en base a [22].

5.5 Modelo de selección ANP

Al igual que el AHP el *Analytic Network Process* (ANP) forma parte de técnicas de decisión multicriterio (TDM), y fue desarrollado con el objetivo de extender las capacidades de AHP a casos en los que existe interdependencia y retroalimentación entre los elementos del sistema [20].

Conforme a [23] este método está dividido en dos partes:

- La primera es un control de jerarquía o de red de objetivos y criterios que controlan las interacciones del sistema objeto de estudio.
- La segunda corresponde a las diferentes sub-redes pertenecientes a cada criterio.

La mayor diferencia entre las metodologías de AHP y ANP, es que esta última permite incluir relaciones de interdependencia y realimentación entre elementos del sistema, mientras que los elementos en la metodología AHP son linealmente independientes. Por otro lado, en el método ANP no es necesario establecer diferentes niveles ya que permite obtener una representación del problema de decisión, en un entorno de estructura en red y no una estructura jerárquica [23].

En resumen para [24] el problema ante la disyuntiva para una toma de decisión, se estructura como una red formada por los criterios y las alternativas, representados como elementos formando grupos. Los elementos de la red ejercen influencia unos con otros, así el decisor valora mediante comparaciones pareadas y la intensidad de esa relación se mide por medio de la escala de asignación de peso, para ello es necesario el planeamiento verbal y el valor de peso asignado a cada término del planeamiento que se representa en la Tabla 5.2. El resultado de la influencia de unos sobre otros se representa mediante una supermatriz.

La realización de este análisis puede facilitarse y agilizarse si se emplea para ello un *software* de cálculo denominado **Superdecisions**³, considerada por el momento como el único *software* que implementa la metodología ANP.

³*Superdecisions*: es un *software* de toma de decisiones que implementa el proceso de jerarquía analítica y el proceso de red analítica. Se ha utilizado en muchos campos de investigación y prácticas como la fabricación, la gestión ambiental, la aviación, las pequeñas centrales hidroeléctricas y la agricultura. <http://www.superdecisions.com>

Planeamiento verbal de la preferencia	Calificación numérica
Extremadamente vinculado	9
Entre muy fuertemente y extremadamente vinculado	8
Muy fuertemente vinculado	7
Entre fuertemente y muy fuertemente vinculado	6
Fuertemente vinculado	5
Entre moderadamente y fuertemente vinculado	4
Moderadamente vinculado	3
Entre igualmente y moderadamente vinculado	2
Igualmente vinculado	1

Tabla 5.2: Tabla de asignación de peso 1-9 de Saaty para ANP.

Fuente: Elaboración propia en base a [22].

Atendiendo la propuesta de trabajo de [24] es posible establecer un orden de tareas para el modelo ANP, quedando definida la siguiente estructura:

1. Identificación y agrupación de los criterios de decisión.
2. Identificación de los objetivos.
3. Análisis de influencia entre los elementos del sistema (criterios y alternativas).
4. Construcción de la supermatriz original (*unweighted*).
5. Construcción de la supermatriz ponderada (*weighted*).
6. Obtención de la supermatriz límite.

En conclusión, la asignación de pesos a las relaciones entre pares, para representar la intensidad en cada relación, puede introducir inconsistencias asociadas a los juicios de los decisores.

De igual manera que lo analizado en el método anterior, la percepción y valoración de los decisores sobre las asignaciones de pesos, brinda la oportunidad a evaluar nuevas propuestas para la toma de decisión con el fin de minimizar las inconsistencias que podrían generar la selección por medio de AHP y ANP.

5.6 Modelo de selección propuesto

Hasta aquí se presentaron tres modelos para la toma de decisiones, sus características singulares y el proceso para alcanzar la selección. A partir de ello es posible presentar una alternativa que permita tomar aquellas características que puedan ser consideradas como positivas, como identificar los servicios que puedan ser requeridos para una determinada tarea y la consistencia que ofrece el análisis de alternativas mediante un proceso de operaciones matemáticas. De acuerdo a ello es posible proponer a los operadores de agregación como una alternativa que reúne las condiciones presentadas.

Existen autores que aportan información científica sobre el tema, entre ellos [26] expresa que "el proceso de agregación de información parece, en muchas aplicaciones, estar relacionado con el desarrollo de sistemas inteligentes. Se puede ver la agregación en redes neuronales, controladores de lógica difusa, sistemas de visión, sistemas expertos y ayudas de decisión multicriterio", según [27] "en todos los procesos de toma de decisiones, es necesario el uso de operadores de agregación", además [28] enuncia que "un problema que el ser humano debe afrontar muy habitualmente es el de tener que agregar, fundir o sintetizar información, esto es, combinar entre sí una serie de datos, procedentes de fuentes diversas, para llegar a una cierta conclusión o tomar una determinada decisión, esto supone el uso de uno o varios operadores de agregación". Además se puede anexar que la "agregación de información para la toma de decisiones, engloba todas aquellas situaciones en las que se dispone de varias opiniones o criterios distintos y se pretende tomar una decisión lo más coherente posible con la información de partida" [29].

De acuerdo a la propuesta de [30] es posible establecer una taxonomía de los operadores de agregación a partir de su comportamiento y se presentan como:

- Comportamiento conjuntivo o intolerante: se desea que todos los criterios a combinar se satisfagan y se representa mediante cualquier operador menor o igual que el mínimo. Las t-normas cumplen este requisito y pertenecen por lo tanto a esta categoría.
- Comportamiento disyuntivo o tolerante: basta con que uno de los criterios se satisfaga para obtener una satisfacción global; está representado por cualquier opera-

dor mayor o igual que el máximo. En este caso las t-conormas resultan operadores adecuados.

- Comportamiento de compromiso: en muchas ocasiones, se desea obtener un resultado intermedio que no refleje ni la falta absoluta de compensación que supone el comportamiento conjuntivo ni la compensación total del comportamiento disyuntivo, dicho comportamiento está presente en todos aquellos operadores comprendidos entre el mínimo y el máximo.

A partir de las definiciones y descripciones anteriores, cabe proponer una solución al problema de selección que permita obtener resultados donde las cantidades que representen los servicios ofrecidos, por los proveedores, se puedan combinar con la calificación otorgada por los decisores. Visto desde otro ángulo, correspondería a fundir los datos ofrecidos por los proveedores de CC, sobre un servicio en particular, y valores que representen el peso que el decisor haya otorgado. Este mecanismo se alinea con el comportamiento conjuntivo, precisamente con el modelo de medias ponderadas, cuya definición viene dada por:

$$M_w(x_1 \dots x_n) = \sum_{i=1}^n w_i * x_i \quad (5.1)$$

Donde, x_n valores representan las cantidades de las características o criterios que serán evaluados, además los w_n elementos con valores entre 0 y 1, representan el peso que el decisor aplica a cada elemento de x , que además al sumarlos su resultado debe ser 1, quedando representado según [27] por $w_i \in [0, 1]$ y $\sum_{i=1}^n w_i = 1$. De este modo el resultado $M_w(x_1 \dots x_n)$ corresponde a la combinación de valores que representa a un servicio y aquellos que corresponden a la preferencia de los decisores.

Este caso particular forma parte de la medias cuasi-lineales, donde también se encuentran a las medias cuasi-aritméticas y las generalizadas, las cuales se presentarán y argumentará porqué no fueron tomadas en cuenta.

A partir de los aportes de [31], es posible afirmar que el caso de las medias cuasi-aritméticas constituyen un caso particular de medias cuasi-lineales en las que el vector de pesos es tal que $w_i = 1/n$ para todo $i \in \{1 \dots n\}$, definida por:

$$M_f(x_1 \dots x_n) = f^{-1}\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(x_i)\right) \quad (5.2)$$

Siendo $f : I \rightarrow R$ una función continua y estrictamente monótona denominada función generadora de media. Donde se puede afirmar que el vector de peso queda definido $w_i = 1/n$, siendo ello el principal motivo de no haber tomado este modelo ya que utilizarlo deja de lado la voluntad del decisor en ponderar sobre un criterio, modelo o proveedor.

Por otro lado, las medias generalizadas obtenidas cuando se toma como función generadora de la media una función del tipo $f(x) = x^\alpha$ con $\alpha \in R^*$, donde una media generalizada se define por:

$$M_{\alpha, w}(x_1 \dots x_n) = \left(\sum_{i=1}^n w_i * x_i^\alpha\right)^{1/\alpha} \quad (5.3)$$

En este caso el vector w_i puede ser utilizado para ponderar, con lo cual se alinea con lo requerido, no obstante incorporar el valor α para adecuar la ecuación, puede transformar los valores que presentan los proveedores, lo que conlleva en una disminución en la representación de una realidad planteada.

Otras alternativas para sintetizar información es utilizar las variantes que puedan ofrecer las medias ordenadas ponderadas (OWA), donde tanto el vector de pesos y los valores de información pueden ser alterados. En el caso de los vectores de peso, pueden ser relacionados a una función por ejemplo lineal con umbrales o tipo ventana con los cual se puedan discriminar valores máximos o mínimos además de brindar prioridades a valores que se encuentren cerca de los valores extremos. Por otro lado, la información debe ser ordenada antes de ser utilizada, esta transformación aplica los valores de w_i al valor agregado e independiente de su orden original.

Expuesto el concepto de operadores OWA, se consideran no adecuados para el tratamiento de la información que se pretende. Con lo cual no se toma en cuenta para el desarrollo el modelo propuesto.

Con motivo de atender las distintas opiniones o valoraciones que puedan surgir de los integrantes de una organización, o sector de ella, cabe considerar tener en

cuenta esta colección de informaciones individuales y obtener un promedio. En resumen, es posible obtener distintos vectores de pesos w_{i_n} correspondiente a diferentes decisores y luego componer un vector transversal general w_i , que será utilizado para combinar la información junto a los criterios o proveedores y aplicar la Ecuación 5.1. A partir de lo anterior se confecciona la Tabla 5.3 que responde a lo mencionado.

Decisor/Posición	1	2	.	n
A	w_{A_1}	w_{A_2}	$w_{A.}$	w_{A_n}
B	w_{B_1}	w_{B_2}	$w_{B.}$	w_{B_n}
.
N	w_{N_1}	w_{N_2}	$w_{N.}$	w_{N_n}
Total	$(\sum_A^N w_1)/N$	$(\sum_A^N w_2)/N$.	$(\sum_A^N w_n)/N$

Tabla 5.3: Tabla/matriz de promedios para vectores de pesos.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto el vector transversal de pesos w_i tendrá como valores los siguientes términos:

$$w^t = ((\sum_A^N w_1)/N, (\sum_A^N w_2)/N, \dots, (\sum_A^N w_n)/N) \quad (5.4)$$

5.7 Discusiones y comentarios

Presentadas las metodologías de selección, analizadas sus características principales y sus procesos; se deriva en que existe una variedad de alternativas y de complejidad en su implementación que pueden generar incertidumbre, particularmente por la subjetividad que conlleva la calificación numérica de los métodos AHP y ANP. Por otro lado una simple comparación como método de selección puede dejar desatendidas cuestiones intrínsecas de despliegue en la nube. Así surge la necesidad de presentar una propuesta la cual reúna datos, valores o características, calificadas como criterios, y combinarlas con valores que reflejen la satisfacción o grado de importancia sobre un criterio a fin de obtener un resultado que sea representativo. Por ello, abordar una solución mediante operadores de agregación particularmente con el modelo de medias ponderadas resulta atractivo al combinar información, representado como datos, con grado de satisfacción sobre cada uno de ellos. Respecto a lo anterior, las valoraciones o preferencias pueden ser las de un decisor o un grupo de ellos, en tal caso la propuesta posibilita obtener un vector de pesos promedio a partir de las valoraciones individuales.

Capítulo 6

Análisis y validación de los resultados

RESUMEN

En el presente se expone, de acuerdo a la síntesis presentada en el capítulo anterior, la aplicación en un caso de uso de las metodologías de selección. Así, aplicando los modelos de comparación de recursos, proceso analítico jerárquico, proceso analítico en red y el propuesto, deberá ser posible seleccionar los recursos informáticos de una organización con vistas a introducirse en la computación en la nube. El resultado de la aplicación de la metodología responde a los objetivos y a la verificación de la hipótesis planteados en la propuesta.

6.1 Introducción

En las secciones anteriores se abordaron ampliamente temas referentes a la computación en la nube, sus características principales, cómo opera, sus técnicas y tecnologías, las opciones de servicios y proveedores, las posibilidades que existen para la selección de los mismos y una metodología que sugiere ser la adecuada para obtener los recursos informáticos.

Para fundamentar cada una de estas apreciaciones, es necesario recorrer las etapas que componen los modelos y realizar valoraciones en cuanto a determinar cuán

simples, complejas o necesarias son las actividades que presenta cada uno de los modelos al momento de ejecutarlos. Este capítulo propone plantear un caso y poner a prueba lo antedicho con el propósito de obtener resultados que conduzcan a una solución para validar la hipótesis presentada al inicio.

Este capítulo se estructurará de la siguiente manera: en la Sección 2° se aplicará el modelo de selección comparativo, en la Sección 3° el modelo de selección jerárquico (AHP), en la Sección 4° el modelo de selección en red (ANP), en la Sección 5° el modelo propuesto, todos adaptados a un caso ejemplo para la selección de recursos, en la Sección 6° se comparará los principales métodos para la selección de proveedores de IaaS, finalizándose con Discusiones y comentarios.

6.2 Ejecución de la metodología de comparación

En la presente sección se desarrolla una metodología de selección de recursos a través de analogías que permitan encontrar en la nube aquellos recursos que puedan brindar soluciones que respondan a tareas determinadas.

La comparación de recursos se proyecta como una metodología que suele resolver el problema de selección de manera sencilla debido a que no es necesario aplicar un modelo matemático y no precisa establecer criterios definidos. Así, el seguimiento secuencial de su estructura compuesta de cuatro etapas, da como resultado cuáles son aquéllos necesarios de la nube. Un ejemplo del desarrollo de la metodología previamente señalada, se daría en el caso **del requerimiento de servicios en la nube para el desarrollo de actividades de oficina, con capacidad de alojamiento de datos.**

Para esto se seguirán las etapas presentadas en el Capítulo V, Sección III. De acuerdo a ello es necesario:

1. Reconocer el tipo de organización y la orientación. En función al enunciado la información que se brinda no es suficiente para determinar el tipo de organización y orientación. Al no tener información suficiente para completar esta etapa, se presenta el riesgo de proponer recursos que no sean los adecuados.
2. Identificar las áreas que componen la organización. De manera similar a la etapa anterior, la información que brinda el enunciado no especifica cuál o cuáles son las áreas de la organización del caso de estudio. No obstante, se puede determinar que las tareas a desarrollarse con las herramientas en la nube son de oficina y reconocer que los recursos de SaaS cumplen con lo necesario.
3. Conocer aplicaciones y herramientas tecnológicas que utilizan en sus terminales de usuario. Las tareas de oficina requieren el uso de programas de ofimática como *Libreoffice* y *Office* para la creación y edición de documentos, planillas de cálculo y presentaciones. Para el almacenamiento y el uso compartido de archivos es común el uso de sistemas de archivos en red (*NFS, Network File System*). En los casos de creación y edición de gráficos, las opciones de *Gimp*, *Corel* o *Scribus* y para la reproducción de archivos multimedia se cuenta con *VLC* y *Media Player*.

4. Comparar aplicaciones y herramientas con las posibles soluciones que posee la computación en la nube. Como fueron presentadas en las Tablas 4.1 y 4.2, la comparación de los recursos da como resultado las opciones de servicios disponibles en la nube que pueden cumplir con las necesidades planteadas. Ellas quedan representadas mediante la Tabla 6.1.

Actividades	Herramientas y Aplicaciones	Solución en la nube
Procesador de texto, hojas de cálculo y presentaciones	<i>Microsoft Office, Libreoffice</i>	<i>Google Docs, Collabora Online, Onlyoffice, Office 365, Prezi</i>
Compartición de archivos	NFS	<i>Dropbox, Google Drive, Nextcloud</i>
Creación y edición de diagramas	<i>Corel, Scribus, Gimp</i>	<i>Gimp Online, Draw.io</i>
Videos/presentaciones	<i>VLC, Media Player</i>	<i>Youtube, Video Player (Nextcloud)</i>

Tabla 6.1: Selección de recursos del modelo comparativo.

Fuente: Elaboración propia en base a [6].

6.3 Ejecución de la metodología AHP

A continuación se presentará un ejemplo con el fin de exponer el desarrollo de la metodología analítica jerárquica. El mismo ha sido diseñado para resolver el problema que se presenta al tener que **escoger proveedores de servicios en la nube para el desarrollo de tareas que precisen herramientas de ofimática, alojamiento y capacidad de servicios e integración con aplicaciones no propias.**

Entre las alternativas surgen *Google App*, *Office 365*, *Prezi* y *Dropbox*; cuyas características se detallan a continuación:

- *Google App*: dentro del conjunto de servicios que brinda la aplicación, es posible reconocer la creación y publicación compartida de documentos de texto, presentaciones y hojas de cálculo, la comunicación en tiempo real (mensajería instantánea multimedia del servicio *Hangouts*) o diferido (correo electrónico). Además de éstas, cabe destacar que *Google* representa un importante recurso para crear y soportar la actividad de un grupo de trabajo con un conjunto de herramientas para tareas de ofimática, que permite la edición y creación de una amplia cantidad de formatos docx, odt, rtf, pdf, txt, html, epub, xls, ods, csv, pptx, odp, jpeg, jpg, capacidad de almacenamiento de 15GB, además de contar con aplicaciones propias para la gestión de documentos formularios, dibujos, mapas, micro sitios, pizarra digital colaborativa e integración con aproximadamente 400 servicios.
- *Office 365*: de manera similar al caso anterior, los servicios que brinda la aplicación son, entre otros, la creación y publicación compartida de documentos de texto, presentaciones y hojas de cálculo, la capacidad de comunicación en tiempo real (mensajería instantánea multimedia del servicio *Skype*) o diferido (correo electrónico), además de otorgar las herramientas necesarias para realizar tareas de manera colaborativa. Respecto al conjunto de herramientas para tareas de ofimática, permite la edición y creación de una cantidad de formatos como: docx, odt, pdf, xls, ods, pptx, odp, jpeg, jpg, capacidad de almacenamiento de 5GB, además de contar con aplicaciones propias para la gestión de formularios y dibujos.
- *Prezi*: permite la creación y edición de presentaciones mediante plantillas prediseñadas, posee la capacidad de exportar a formato pdf y compartir por medio de

redes sociales o enlaces generados por la aplicación. En la descripción que brinda el proveedor de servicios, especifica que la capacidad de almacenamiento para las presentaciones es inferior a 4GB.

- *Dropbox*: es un servicio *online* que permite almacenar archivos en la nube, como así también compartirlos con otros usuarios. Proporciona un almacenamiento en la nube de 2GB, sincronización de archivos, además permite la creación y edición de documentos (por medio de la aplicación *paper*) con formato propio.

Como fue mencionado, el proceso de la metodología de AHP implica un análisis de los criterios y alternativas para llegar a un objetivo, de lo cual resulta un establecimiento ponderado de esos mismos criterios y alternativas antes señalados, pero de acuerdo a una elección basada en una apreciación personal o de grupo.

Por lo expuesto es posible reconocer que:

- el objetivo es un proveedor que permita el trabajo colaborativo para la creación y edición de documentos, planillas de cálculo y presentaciones, contar con alojamiento para los mismos y que posea la opción no remunerada para su uso.
- los criterios que serán la base de la aplicación de la metodología son: los **Formatos** de archivos que puedan ser gestionados con las aplicaciones, la capacidad de **Almacenamiento** que pueden ofrecer los proveedores y la posibilidad de **Integración y Servicios**.
- las opciones o alternativas que forman parte del ejemplo son: *Google App, Office 365, Prezi y Dropbox*.

A continuación se presentarán las etapas:

1. Comparación de a pares de cada criterio respecto a las opciones: esto consiste en tomar cada criterio, establecer una comparación entre cada opción asignándole un peso (mediante las asignaciones de la Tabla 5.1) y la evaluación de las opciones para obtener un valor promedio que represente la prioridad que posee el criterio analizado para cada una de las opciones.

1.a. Comparación de a pares del criterio **Formato** y suma de los valores de cada columna.

La comparación y la asignación de un valor de acuerdo a la preferencia se efectúa recorriendo en forma horizontal cada fila y presentando en cada celda un valor que representa a la preferencia.

Así la fila que corresponde a la opción de *Google App* posee mayor preferencia respecto a las demás para el criterio de formato de archivos, debido a que posee mayor capacidad de gestión de archivos. En cuanto a la fila que corresponde a la opción de *Office 365*, predomina respecto a *Prezi* y *Dropbox*. Por último, la fila que corresponde a la opción de *Dropbox*, se considera con una valoración mayor a la opción de *Prezi*. La comparación de a pares y la asignación del peso se representan en la Tabla 6.2.

Formato	<i>Google App</i>	<i>Office 365</i>	<i>Prezi</i>	<i>Dropbox</i>
<i>Google App</i>	1	4	9	8
<i>Office 365</i>	$1/4=0,25$	1	3	4
<i>Prezi</i>	$1/9=0,111$	$1/3=0,333$	1	$1/3=0,333$
<i>Dropbox</i>	$1/8=0,125$	$1/4=0,25$	3	1
Total	1,486	5,585	16	13,333

Tabla 6.2: Tabla/matriz de ponderación del criterio de Formato de archivos.

Fuente: Elaboración propia.

1.b. Normalización y cálculo de la prioridad de cada una de las opciones respecto al criterio **Formato**.

Para normalizar los valores obtenidos se debe efectuar el cociente de cada celda respecto al valor de la sumatoria de cada columna de la Tabla 6.2. Luego de ello para obtener el valor de la prioridad es necesario realizar la sumatoria de los elementos de cada fila y realizar el cociente respecto a la cantidad de elementos. Efectuando estas operaciones para cada fila se obtienen el valor de las prioridades que corresponde a cada opción, como se presenta en la Tabla 6.3.

Formato	<i>Google App</i>	<i>Office 365</i>	<i>Prezi</i>	<i>Dropbox</i>	Prioridad
<i>Google App</i>	0,672	0,716	0,562	0,6	0,637
<i>Office 365</i>	0,168	0,179	0,187	0,3	0,208
<i>Prezi</i>	0,074	0,059	0,062	0,024	0,055
<i>Dropbox</i>	0,084	0,044	0,187	0,075	0,097

Tabla 6.3: Tabla/matriz de normalización del criterio de Formato de archivos.

Fuente: Elaboración propia.

Con base en lo expresado en [22], en el desarrollo del método se debe considerar la evaluación de la congruencia de los juicios que resultaron en la valoración de las opciones. Para esto es necesario recurrir al análisis de consistencia, a partir de la matriz normalizada, de ello se considerará consistente si los valores de las celdas de cada columna son iguales. Si no se cumple con la regla, se debe determinar el grado de inconsistencia.

De acuerdo con [22] lo anterior se determina a partir del Índice de Consistencia (CR), si es menor a 0,1 se puede considerar "Aceptable", de lo contrario, se deben considerar otros valores para la comparación de pares que cumplen con la relación mencionada anteriormente. De este modo:

$$RC = I_C/I_A < 0,1 \quad (6.1)$$

donde

$$I_C = \text{indice de consistencia} = (n_{max} - n)/(n - 1) \quad (6.2)$$

$$I_A = \text{indice de consistencia aleatoria} = (1,98 * (n - 2))/n \quad (6.3)$$

$$n_{max} = \sum \text{matriz de comparacion} * \text{matriz de prioridad} \quad (6.4)$$

$$n = \text{grado de la matriz} \quad (6.5)$$

Aplicando las ecuaciones anteriores se obtiene que $RC = 0,099 < 0,1$, por lo tanto, el grado de inconsistencia es aceptable y no es necesario modificar los valores de la matriz de comparación.

1.c. Comparación por pares del criterio **Almacenamiento** y suma de los valores de cada columna.

De manera que similar a lo anterior, se construye la Tabla 6.4 de ponderación para el criterio de Almacenamiento.

Almacenamiento	<i>Google App</i>	<i>Office 365</i>	<i>Prezi</i>	<i>Dropbox</i>
<i>Google App</i>	1	5	6	8
<i>Office 365</i>	1/5=0,2	1	2	4
<i>Prezi</i>	1/6=0,166	1/2=0,5	1	3
<i>Dropbox</i>	1/8=0,125	1/4=0,25	1/3=0,333	1
Total	1,491	6,75	9,333	16

Tabla 6.4: Tabla/matriz de ponderación del criterio de Almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia.

1.d. Normalización y cálculo de la prioridad de cada una de las opciones respecto al criterio **Almacenamiento** (Tabla 6.5).

Almacenamiento	<i>Google App</i>	<i>Office 365</i>	<i>Prezi</i>	<i>Dropbox</i>	Prioridad
<i>Google App</i>	0,67	0,74	0,642	0,05	0,638
<i>Office 365</i>	0,134	0,148	0,214	0,25	0,186
<i>Prezi</i>	0,111	0,074	0,107	0,187	0,119
<i>Dropbox</i>	0,083	0,037	0,035	0,062	0,054

Tabla 6.5: Tabla/matriz de normalización del criterio de Almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a este criterio, analizando los valores de la matriz de comparación por pares y las prioridades, se obtiene que $RC = 0,063 < 0,1$ con el cual el grado de inconsistencia es aceptable.

1.e. Comparación por pares del criterio **Integración y Servicios** y suma de los valores de cada columna (Tabla 6.6).

Int. y Serv.	<i>Google App</i>	<i>Office 365</i>	<i>Prezi</i>	<i>Dropbox</i>
<i>Google App</i>	1	4	9	5
<i>Office 365</i>	1/4=0,25	1	8	2
<i>Prezi</i>	1/9=0,111	1/8=0,125	1	1/5=0,2
<i>Dropbox</i>	1/5=0,2	1/2=0,5	5	1
Total	1,561	5,625	23	8,2

Tabla 6.6: Tabla/matriz de ponderación del criterio de Integración y Servicios.

Fuente: Elaboración propia.

1.f. Normalización y cálculo de la prioridad de cada una de las opciones respecto al criterio **Integración y Servicios** (Tabla 6.7).

Int. y Serv.	<i>Google App</i>	<i>Office 365</i>	<i>Prezi</i>	<i>Dropbox</i>	Prioridad
<i>Google App</i>	0,64	0,711	0,391	0,609	0,588
<i>Office 365</i>	0,16	0,177	0,347	0,243	0,232
<i>Prezi</i>	0,071	0,022	0,043	0,024	0,040
<i>Dropbox</i>	0,128	0,088	0,217	0,121	0,139

Tabla 6.7: Tabla/matriz de normalización del criterio de Integración y Servicios.

Fuente: Elaboración propia.

Nuevamente, analizando los valores de la matriz de comparación por pares y las prioridades, se obtiene que $RC = 0,015 < 0,1$ con el cual el grado de inconsistencia es aceptable.

2. Comparación de a pares y normalización de los criterios respecto al objetivo.

En esta etapa se deben confeccionar las dos matrices presentadas en las etapas anteriores (la correspondiente a las comparaciones de a pares y a la de normalización de los valores) para los criterios elegidos. Al plantear la comparación entre

los criterios respecto al objetivo se debe establecer cuáles poseen mayor preferencia entre los restantes, de esta manera se conforma la Tabla 6.8. Como parte del procedimiento, la Tabla 6.9 corresponde a la normalización de ellos.

Objetivo	Formato	Almacenamiento	Int. y Serv.
Formato	1	3	3
Almacenamiento	$1/3=0,333$	1	2
Int. y Serv.	$1/4=0,25$	$1/2=0,5$	1
Total	1,583	4,5	6

Tabla 6.8: Tabla/matriz de ponderación de criterios.

Fuente: Elaboración propia.

Objetivo	Formato	Almacenamiento	Int. y Serv.	Prioridad
Formato	0,631	0,666	0,5	0,599
Almacenamiento	0,21	0,222	0,333	0,255
Int. y Serv.	0,157	0,111	0,166	0,144
Total	1	1	1	1

Tabla 6.9: Tabla/matriz de normalización de criterios.

Fuente: Elaboración propia.

3. Representación jerárquica de objetivos, criterios y alternativas.

A partir de los valores de prioridades obtenidos de los criterios y alternativas es posible conformar el esquema de jerarquías donde se representa la preferencia de los criterios respecto al objetivo y de las alternativas respecto los criterios.

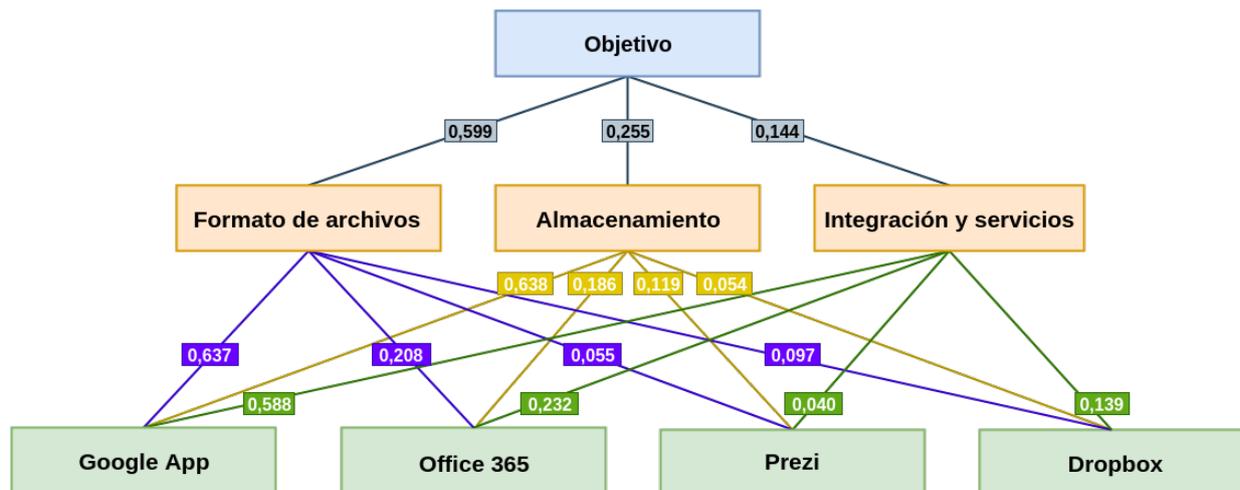


Figura 6.1: Representación de aplicación del modelo ahp.

Fuente: Elaboración propia.

4. Evaluación de las alternativas.

Para culminar con el desarrollo de la metodología restan evaluar las alternativas a partir de las matrices confeccionadas anteriormente. Para ello es necesario seleccionar una a una a aquéllas y realizar la sumatoria de los resultados de los productos entre las prioridades de los criterios y los objetivos, lo cual queda representado por la siguiente ecuación:

$$ALT_i = \sum_j^k Prioridad(alternativa)_j * Prioridad(objetivo)_k \quad (6.6)$$

Así para la alternativa *Google App* se obtiene el siguiente valor:

$$GoogleApp = 0,599 * 0,637 + 0,255 * 0,638 + 0,144 * 0,588 = \mathbf{0,629} \quad (6.7)$$

Siguiendo con el mismo procedimiento, se obtienen los valores para las demás alternativas.

$$Office365 = 0,599 * 0,208 + 0,255 * 0,186 + 0,144 * 0,232 = \mathbf{0,205} \quad (6.8)$$

$$Prezi = 0,599 * 0,055 + 0,255 * 0,119 + 0,144 * 0,040 = \mathbf{0,065} \quad (6.9)$$

$$Dropbox = 0,599 * 0,097 + 0,255 * 0,054 + 0,144 * 0,139 = \mathbf{0,092} \quad (6.10)$$

A partir de las evaluaciones se obtiene la siguiente jerarquía de las alternativas propuestas y con ello se puede afirmar que los servicios que brindan las aplicaciones de *Google* poseen el mayor grado de cumplimiento de las necesidades planteadas con un valor de **0,629**. Los siguen:

- *Office 365* con un valor de **0,205**
- *Dropbox* con un valor de **0,065**
- *Prezi* con un valor de **0,092**

6.4 Ejecución de la metodología ANP

A continuación se presentará un ejemplo con el fin de exponer el desarrollo de la metodología ANP anteriormente señalada. De manera similar al ejemplo de AHP, ha sido diseñado para una situación en la que se requiera **escoger proveedores de servicios en la nube para el desarrollo de tareas que precisen herramientas de ofimática, alojamiento y capacidad de servicios e integración con aplicaciones no propias.**

Planteadas las alternativas como *Google App* (G), *Office 365* (O), *Prezi* (P) y *Dropbox* (D) y determinados los criterios como la capacidad de gestión de Formatos (F), Almacenamiento (A) e Integración y Servicios (I), son considerados como elementos que formarán parte de los nodos o clústers. Las alternativas se agrupan en un nodo o clúster y los criterios en otros componentes o clústers, ya que normalmente nos encontraremos con criterios (elementos) con distintos caracteres como sociales, económicos o técnicos, y por ende se agruparán en distintos nodos o clústers.

De esta manera los nodos y elementos se presentan a continuación:

Clúster 1 (C1):

- *Google App*
- *Office 365*
- *Prezi*
- *Dropbox*

Clúster 2 (C2):

- Formato de archivos
- Almacenamiento
- Integración y servicios

Conocidos todos los clústers y sus componentes, el siguiente paso es determinar las interdependencias entre clústers y las realimentaciones entre elementos dentro de los clústers. Para representar estas influencias, utilizaremos la Matriz de dominación interfactorial, también conocida como Matriz de influencias que está compuesta por 1 (unos) y 0 (ceros). Los símbolos 1 significan que entre los elementos que confluyen en él hay influencia y los términos 0 que no la hay, de forma que al final del análisis la matriz tendría el aspecto que puede verse en la Tabla 6.10.

El procedimiento para construir esta matriz, es el siguiente:

Se toma C1 el cual comprende cuatro elementos G, O, P, D y se determina si esos elementos tienen alguna influencia sobre ellos mismos. En primera instancia se consulta si cada uno de esos cuatro elementos tiene influencia sobre G para determinar si existe realimentación entre los elementos de C1. Conforme a las características de las alternativas, no existe influencia de una sobre otra, por lo tanto el vector columna es (0,0,0). Siguiendo con C1, se consulta si cada uno de esos cuatro elementos tiene influencia sobre O. De manera similar y por los mismos motivos el vector columna es (0,0,0). De la misma manera se completa C1 con los elementos mencionados, culminando con el primer cuadrante.

Completado el análisis de las influencias de los elementos del C1 sobre ellos mismos se continúa con el análisis de influencias de los elementos del C2 sobre los elementos del C1 (interdependencia de C2 con C1). Aquí se puede apreciar que los elementos del C2 (F, A, I) influyen de alguna manera sobre los elementos del C1. Así los vectores columna se construyen a partir de la influencia que tienen F, A, I sobre cada uno de los elementos del C1, culminando con el segundo cuadrante.

Para analizar el tercer cuadrante, las influencias de los elementos del C1 sobre cada elemento del C2 (interdependencia de C1 con C2), se construyen los vectores columna. De acuerdo a las características de las alternativas y cómo se relacionan con los criterios, se puede determinar que no existen influencias.

Para completar el cuarto cuadrante se opera de manera similar, analizando la influencia de los elementos del C2 sobre sí mismos, proceso considerado de realimentación entre elementos del C2.

		C1				C2		
		G	O	P	D	F	A	I
C1	G	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0
	P	0	0	0	0	0	0	0
	D	0	0	0	0	0	0	0
C2	F	1	1	1	0	0	0	0
	A	1	1	0	1	0	0	0
	I	1	1	0	0	0	0	0

Tabla 6.10: Tabla/matriz de influencias.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los valores expuestos en la Tabla 6.10 se pueden representar los nodos, elementos y sus relaciones en la Figura 6.2.

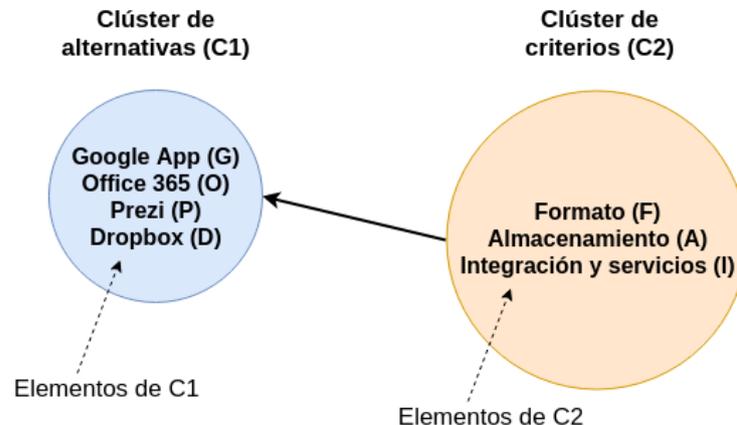


Figura 6.2: Representación de los nodos y sus elementos.

Fuente: Elaboración propia.

Conocidas todas las influencias pasamos a determinar la cuantificación de las mismas, mediante el planteamiento de las matrices de comparación pareada correspondientes para aquellos elementos del C1 donde exista el valor 1 (uno) en la Tabla 6.10. Por lo tanto el análisis queda reducido a las alternativas de *Google App* y *Office 365*, las

demás no necesitan ser evaluadas debido a que poseen vectores columna con un solo valor. Las Tablas 6.11 y 6.12 corresponden a las comparaciones de a pares planteadas, cuyos pesos de los vínculos se obtienen de la Tabla 5.2, y a partir de la normalización y promedio de los valores se obtienen los vectores propios.

Google App	Formato	Almacenamiento	Int. y Serv.	Vector Propio
Formato	1	0,2	0,25	0,098
Almacenamiento	5	1	4	0,669
Int. y Serv.	4	0,25	1	0,269
Total	9	1,45	5,25	

Tabla 6.11: Tabla/matriz de influencia de los criterios sobre Google App.

Fuente: Elaboración propia.

Office 365	Formato	Almacenamiento	Int. y Serv.	Vector Propio
Formato	1	0,25	5	0,244
Almacenamiento	4	1	3	0,578
Int. y Serv.	0,2	0,333	1	0,119
Total	5,2	1,583	9	

Tabla 6.12: Tabla/matriz de influencia de los criterios sobre Office 365.

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso es confeccionar la Supermatriz original (*unweighted*) a partir de los vectores propios, como muestra la Tabla 6.13.

		C1				C2		
		G	O	P	D	F	A	I
C1	G	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0
	P	0	0	0	0	0	0	0
	D	0	0	0	0	0	0	0
C2	F	0,098	0,244	1	0	0	0	0
	A	0,669	0,578	0	1	0	0	0
	I	0,269	0,119	0	0	0	0	0

Tabla 6.13: Supermatriz original.

Fuente: Elaboración propia.

Para culminar con el desarrollo de la metodología es necesario multiplicar la Supermatriz por sí misma tantas veces como sea necesario hasta que los valores de los vectores columna sean iguales. Al culminar estas operaciones se llega a la siguiente conclusión: al realizar la operación del producto se obtiene que su resultado es cero para todas las celdas, ésto se da porque existe solamente un cuadrante con valores en la Tabla 6.13 por el hecho de no haber realimentación entre los clústers o influencias desde el C1 sobre el C2.

En resumen, para que el método sea de utilidad debe existir un grado mayor de vínculo entre los elementos de los clústers, de manera que la interdependencia y la realimentación formen parte del proceso, vinculando así los elementos del cuadrante.

6.5 Ejecución de la metodología propuesta

De acuerdo a lo expuesto, esta sección se compone de un ejemplo de aplicación de la metodología propuesta, la presentación de cada una de las etapas y obtención de los resultados. Para dar inicio es preciso realizar el planteo de la necesidad o interrogante, así: **Se necesita escoger proveedores de servicios en la nube para el desarrollo de tareas que precisen herramientas de ofimática, alojamiento y capacidad de servicios e integración con aplicaciones no propias.**

De aquí en adelante comienza el desarrollo de las etapas que componen la metodología:

Etapas 1: Identificar el tipo de organización. En función al enunciado la información que se brinda no es suficiente para determinar el tipo de organización. No obstante, se encuentra implícito que es una organización que realiza tareas administrativas, en cuyo caso podría tratarse del sector administrativo de una unidad académica.

Etapas 2: Identificar las áreas que componen a la organización. De manera similar a la etapa anterior, la información que brinda el enunciado no especifica cuál o cuáles son las áreas de la organización del caso de estudio. No obstante, se puede determinar que las tareas a desarrollarse con las herramientas en la nube son de oficina y reconocer que los recursos de SaaS cumplen con lo necesario.

Etapas 3: Plantear objetivos. En este caso el objetivo es identificable y consiste en seleccionar proveedores de servicios para aquellas tareas en la cuales el modelo SaaS ofrece las herramientas necesarias.

Etapas 4: Planteo de criterios y alternativas. Aquí se deben presentar, los criterios representados como servicios que pueden ser utilizados y las alternativas de proveedores de servicios. En primera instancia se deben presentar aquellas aplicaciones y herramientas que puedan cubrir las necesidades del personal y a la vez ser gestionadas en la nube. Por medio de la Tabla 4.2 es posible comparar cada aplicación y obtener las alternativas de solución, las cuales se presentan en la siguiente lista:

- Para las tareas de ofimática: *Google Docs, Collabora Online, Onlyoffice, Office 365, Prezi.*

- Para las tareas de agendamiento: *Google Calendar*, *Calendario de Office 365*, *Calendar (Nextcloud)*, *Notes (Nextcloud)*.
- Para las tareas de compartición de archivos y almacenamiento: *Dropbox*, *Google Drive*, *Prezi* (como espacio de trabajo para presentaciones), *Nextcloud*.

De aquí es posible reconocer que la *suite* de *Google* y de *Office* poseen herramientas y aplicaciones para las tareas que están siendo analizadas (ofimática, agendamiento y compartición), por lo tanto podrían ser consideradas como una solución integral para la situación planteada. En cuanto al acceso a ambas plataformas, es gratuito con limitaciones y con planes empresariales.

En el caso de la *suite* de *Nextcloud* presenta una alternativa con prestaciones similares a las anteriores, no obstante dentro del conjunto de aplicaciones disponibles se encuentra la conexión a *Onlyoffice* o *Collabora Online*; y aplicaciones de calendario e intercambio de archivos. Si bien el modelo de servicio es similar a los anteriores, provee lo necesario para ser instalado y abordar un despliegue de CC. Debido a lo mencionado anteriormente en referencia a la necesidad de contar con una infraestructura para su despliegue, puede darse como descartada esta opción al no cumplir con la consigna.

La plataforma *Prezi* ofrece las herramientas para la confección de presentaciones, el modelo de servicio es libre, limitado y con planes rentados para empresas.

El servicio de alojamiento de archivos *Dropbox* se caracteriza por ser una aplicación con la posibilidad de ser instalada a nivel usuario (con soporte multiplataforma) y brindar servicio *online*. Además brinda opciones de servicios con acceso libre o remunerado, de acuerdo a las necesidades del usuario u organización.

Los detalles de las aplicaciones presentadas fueron señaladas en la Pag. 103 del presente capítulo.

Conforme a lo anterior y con la intención de evaluar los modelos en iguales condiciones se mantiene la propuesta de presentar los criterios a los servicios de Formato, Almacenamiento e Integración y servicios para las alternativas o proveedores como *Google*, *Office 365*, *Prezi* y *Dropbox*.

Etapa 5: Análisis de las alternativas. Esta etapa consiste en introducir operadores de agregación, haciendo uso de aquellos de promedios mediante medias ponderadas, a los valores obtenidos en los criterios anteriores. De acuerdo a [28] la función queda representada como:

$$M_w(x_1 \dots x_n) = \sum_n^{i=1} w_i * x_i \quad (6.11)$$

En la cual, la matriz vertical de pesos w_i ajusta el sistema de acuerdo al grado de preferencia del decisor sobre los criterios, que en el caso particular serán las preferencias de los usuarios A y B. Aquella matriz debe poseer elementos con valores entre 0 y 1, además al sumarlos su resultado debe ser 1, quedando representado según [27] por $w_i \in [0, 1]$ y $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

En primera instancia se cuantifican las alternativas u opciones que ofrece cada proveedor sobre los criterios seleccionados, de acuerdo a las características detalladas al comienzo del presente capítulo. De esta manera es posible conformar la Tabla 6.14.

Prov. / Crit.	Formato	Almacenamiento	Int. y Serv.
<i>Google App</i>	14	15	400
<i>Office 365</i>	9	5	16
<i>Prezi</i>	1	4	0
<i>Dropbox</i>	3	2	13

Tabla 6.14: Tabla de cantidades por criterios.

Fuente: Elaboración propia.

Para el proceso de análisis es necesario sumar los valores de cada columna para obtener un resultado que servirá para realizar el cociente con las cantidades de las celdas, para los criterios de **Formato**, **Almacenamiento** e **Integración y servicios**. De ello se obtienen las Tablas 6.15 y 6.16.

Prov. / Crit.	Formato	Almacenamiento	Int. y Serv.
<i>Google App</i>	14	15	400
<i>Office 365</i>	9	5	16
<i>Prezi</i>	1	4	0
<i>Dropbox</i>	3	2	13
Total	27	26	429

Tabla 6.15: Tabla de cantidades por criterios y suma de valores.

Fuente: Elaboración propia.

Prov. / Crit.	Formato	Almacenamiento	Int. y Serv.
<i>Google App</i>	$14/27 = 0,518$	$15/26 = 0,576$	$400/429 = 0,932$
<i>Office 365</i>	$9/27 = 0,333$	$5/26 = 0,192$	$16/429 = 0,037$
<i>Prezi</i>	$1/27 = 0,037$	$4/26 = 0,153$	$0/429 = 0$
<i>Dropbox</i>	$3/27 = 0,111$	$2/26 = 0,076$	$13/429 = 0,0303$
Total	1	1	1

Tabla 6.16: Tabla de normalización sobre cada criterio.

Fuente: Elaboración propia.

Conforme a lo enunciado al comienzo de la sección, donde se presentaron las preferencias y con la Tabla 5.2 de asignación de pesos propuesta por Saaty, es posible componer la Tabla 6.17, que corresponde a las valoraciones y promedio de acuerdo a la Ecuación 5.4. Donde los decisores A y B acentúan sus preferencias sobre el Formato de archivos, de manera contraria el decisor C manifiesta que es interés contar con capacidades de Almacenamiento, por último la preferencia del decisor D en la capacidad de la aplicación para gestionar archivos en distintos formatos.

Si bien el objetivo definido al comienzo de la sección es claro y acotado, las necesidades particulares de cada decisor influyen en las preferencias y ello se refleja en los diferentes valores sobre cada criterio.

Decisor	Formato	Almacenamiento	Int. y Serv.
A	8	4	3
B	9	3	4
C	2	9	1
D	8	2	1
Promedio	$27/4=6,75$	$18/4=4,5$	$9/4=2,25$

Tabla 6.17: Tabla de preferencia sobre cada criterio del decisor A, B, C y D.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de promedio que fueron obtenidos a partir de la Tabla 6.17, serán los componentes del vector de pesos, el cual contempla las opiniones de dos decisores, en más resta normalizar los valores para cumplir lo expuesto por [27], con lo cual se obtiene la Tabla 6.18 y el correspondiente vector transversal de pesos representado en la Tabla 6.19.

Formato	Almacenamiento	Int. y serv.	Total
6,75	4,5	2,25	13,5

Tabla 6.18: Tabla general de preferencias sobre cada criterio.

Fuente: Elaboración propia.

Formato	Almacenamiento	Int. y serv.	Total
$6,75/13,5 = 0,5$	$4,5/13,5 = 0,333$	$2,25/13,5 = 0,166$	1

Tabla 6.19: Tabla de normalización de la preferencia sobre cada criterio.

Fuente: Elaboración propia.

Para concluir es necesario obtener el valor que represente a cada proveedor y con el cual será posible establecer una jerarquía, para ello se deben operar como vectores

los valores de la Tabla 6.16 y la Tabla 6.19 haciendo uso de la Ecuación 6.11. Así para la propuesta de *Google App*:

$$\text{Google App} = 0,518 * 0,5 + 0,576 * 0,333 + 0,932 * 0,166 = \mathbf{0,605} \quad (6.12)$$

Para las propuestas de *Office 365*:

$$\text{Office 365} = 0,333 * 0,5 + 0,192 * 0,333 + 0,037 * 0,166 = \mathbf{0,236} \quad (6.13)$$

Para las propuestas de *Prezi*:

$$\text{Prezi} = 0,037 * 0,5 + 0,153 * 0,333 + 0 * 0,166 = \mathbf{0,069} \quad (6.14)$$

Para las propuestas de *Dropbox*:

$$\text{Dropbox} = 0,111 * 0,5 + 0,076 * 0,333 + 0,0303 * 0,166 = \mathbf{0,085} \quad (6.15)$$

Etapa 6: Presentación del objetivo. A modo de culminar se presentan los proveedores de recursos de SaaS que cumplen con los criterios establecidos, ellos estarán ordenados de manera jerárquica de acuerdo a la puntuación obtenida. De la etapa anterior se puede confeccionar el siguiente orden:

1. *Google App* = **0,605**
2. *Office 365* = **0,236**
3. *Dropbox* = **0,085**
4. *Prezi* = **0,069**

6.6 Comparación de métodos por medio de la selección de proveedores IaaS

A partir del ejemplo anterior, donde se planteaba la selección de proveedores de recursos para SaaS, surge la interrogante de cómo plantear los métodos presentados en la selección de proveedores para un modelo de servicio de infraestructura. La decisión de evaluar las alternativas para este modelo se basa en llevar el problema de selección a un plano mayor donde sea necesario establecer criterios de manera específica, con el objetivo de seleccionar al proveedor de IaaS cuyos recursos serán utilizados para un despliegue orientado al cómputo de alto desempeño con cargas de trabajo no uniforme. De la experiencia adquirida en las secciones pasadas del capítulo, es posible precisar que el método AHP y el propuesto sugieren ser consistentes al momento de la evaluación de los resultados dado el desarrollo matemático que componen sus estructuras.

En primera instancia se realizará la presentación de proveedores para luego ejecutar los métodos mencionados.

6.6.1 Proveedores de servicios de IaaS

En la actualidad, los servicios de búsqueda en línea para proveedores de servicios de infraestructura responden actualmente a un número específico de aquellos considerados como destacados, particularmente se presentarán como candidatos a los que pudieran tener oficinas y soporte en la región. Si bien existen firmas que ofrecen servicios de terceros la decisión fue contar con aquellos que poseen infraestructura propia a fin de obtener características de recursos fidedignas. Por otra parte en [17] se presentan a proveedores de IaaS reconocidos a nivel global que pueden ser considerados para el caso. De lo expresado y sugerido por [17] se presentan como alternativas a IBM cuyas oficinas se encuentran desde hace 95 años en la Argentina, AWS con soporte desde el año 2017 en la región y RACKSPACE desde el año 2015, como proveedores de IaaS para dar validez al estudio. Es claro que en otras regiones puede haber firmas que brinden soporte de infraestructura en la nube, siendo lo presentado en adelante aplicable a ellos. A continuación se expone una lista con una descripción de estos proveedores y sus principales características de servicio.

IBM: posee dos modelos de servicios¹, el primero es por medio de la infraestructura de *Bare Metal* (BM) que es un servidor físico dedicado con características de *hardware* acorde al modelo de negocio. El segundo es mediante *Virtual Servers* (VS) donde el *hardware* físico es compartido y cuya diferencia respecto al anterior consiste en que puede contener varias instancias virtualizadas de servidores. Los servicios que ofrece presentan las siguientes características:

- *Tenancy*: Simple (*Bare metal*) o múltiple (*Virtual Server*).
- Facturación: Por hora o mes.
- Opciones de configuración: todo el *hardware* en BM o CPU, RAM y *storage* en VS.
- Potencia de cómputo: 1 CPU con 4 núcleos a 4 CPU con 12 núcleos en BM o más de 56 núcleos por VS.
- Almacenamiento: hasta 36 controladores para SSD 800GB a 1.2TB en BM o 25GB o 400GB provisionado por SSD en VS.
- Memoria RAM: 3 TB en BM o arriba de 242GB VS.
- Ancho de banda de salida: 10Gbps.
- Ancho de banda de entrada: libre.
- Tipo de servicio: ideal para cargas de trabajo intensivas en datos que priorizan el rendimiento y la confiabilidad BM o cargas de trabajo altamente variables que priorizan la flexibilidad y la escalabilidad VS.

AWS: posee dos modelos de servicios², el primero es por medio de la infraestructura *hosts* dedicados cuyas capacidades corresponden a instancias de servicios y el segundo es mediante *Virtual Servers*. En general las bases del modelo de servicio están diferenciadas por instancias agrupadas por categorías que son: de uso general, optimizadas para informática, optimizadas para memoria, informática acelerada y optimizada para almacenamiento. Los servicios que ofrece presentan las siguientes características:

¹<https://www.ibm.com/cloud/infrastructure>

²<https://aws.amazon.com/es/ec2/>

- *Tenancy*: *hosts* físicos dedicados o máquinas virtuales (MV).
- Facturación: Mensual o la modalidad es la de precio por hora de uso, salvo aquellas instancias de contrato bajo demanda que permiten fijar el precio por segundos (mínimo de 60 segundos).
- Opciones de configuración: fijo por instancias tanto en *hosts* dedicados como en MV.
- Potencia de computo: desde 20 a 224 núcleos físicos y de 1 a 128 núcleos en MV.
- Almacenamiento: desde 475GB a 60000 GB en SSD NVMe (NVMe: nueva generación de SSD con conector PCI o M.2).
- Memoria RAM: desde 166GB a 12TB.
- Ancho de banda: desde 10 a 25Gbps con 14000Mbps (EBS: *Excess Burst Size*).
- Tipo de servicio: instancias de servicios agrupadas por cualidades o capacidades.

RACKSPACE: posee dos modelos de servicios³, el primero es por medio de la infraestructura de *Bare Metal* (denominada *OnMetal*) corresponde a un servidor físico dedicado distribuidos en 4 modelos. El segundo es mediante *Virtual Servers* donde el *hardware* físico es compartido y cuya diferencia respecto al anterior consiste en que puede contener varias instancias virtualizadas, posee 4 grupos de opciones (para: propósito general, optimizada para computo, optimizada para entrada/salida de datos y optimizada en memoria) en la cual cada una de ellas posee 4 presentaciones. Los servicios que ofrece presentan las siguientes características:

- *Tenancy*: Simple (*Bare metal*) o múltiple (*Virtual Server*).
- Facturación: Por hora o mes.
- Opciones de configuración: fijo por instancias tanto en *hosts* dedicados como en VS.
- Potencia de computo: 1 CPU con 6 núcleos a 2 CPU con 6 núcleos BM o desde 2 a 32 vCPUs por VS.

³<https://www.rackspace.com/es-ar/library/what-is-iaas>

- Almacenamiento: 2x 240 GB (*raid1* - espejo) SSD a 2x 1.6 TB PCIe *storage devices* en BM o 20GB o 1.2TB aprovisionado por SSD en VS.
- Memoria RAM: desde 32GB a 128GB en BM o desde 1GB a 240GB en VS.
- Ancho de banda: 10Gbps en BM o desde 320Mbps a 10Gbps para VS.
- Tipo de servicio: instancias de servicios agrupadas por cualidades o capacidades.

Cabe aclarar que **VMWARE**⁴ no fue tomado en cuenta dentro de los proveedores de IaaS debido a que el servicio que ofrece es el de *software* para la implementación y gestión de la nube.

6.6.2 Ejecución del modelo AHP

De acuerdo a las etapas del modelo, corresponde establecer el objetivo que representa la solución del caso de estudio, los criterios en que formarán parte de las comparaciones de a pares y las alternativas que son objeto de la evaluación. Aquellos objetos de la estructura se presentan a continuación:

- **Objetivo:** Proveedor de IaaS cuyos recursos serán utilizados para un despliegue orientado al cómputo de alto desempeño con cargas de trabajo no uniforme.
- **Criterios:** Serán tomadas en cuenta las características de *Tenancy* (T), Facturación (F), Opciones de configuración (O), Potencia de cómputo (P) y Memoria RAM (M).
- **Alternativas:** IBM, AWS y RACKSPACE.

6.6.2.1 Comparación de a pares y normalización para el criterio *Tenancy*

En función a las características que brinda cada proveedor para el criterio *Tenancy* se elabora la tabla correspondiente de comparación, en particular los proveedores ofertan

⁴<https://www.vmware.com/>

capacidades similares por lo cual la valoración, que surge de la comparación entre alternativas, posee valor “1” en todas las celdas, como queda representado en la Tabla 6.20.

Tenancy	IBM	AWS	RACKSPACE
IBM	1	1	1
AWS	1	1	1
RACKSPACE	1	1	1
Total	3	3	3

Tabla 6.20: Tabla/matriz de ponderación del criterio de Tenancy.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los valores asignados se debe conformar la tabla de normalización de los elementos de las celdas para luego efectuar el promedio aritmético de cada fila, con ello se obtiene el valor de la prioridad asignado a cada alternativa (proveedor) respecto al criterio analizado. Se puede comprobar, a partir de la Tabla 6.21, que en el caso particular de plantear asignaciones de pesos iguales, se obtienen valores de prioridad análogos.

Tenancy	IBM	AWS	RACKSPACE	Prioridad
IBM	0,333	0,333	0,333	0,333
AWS	0,333	0,333	0,333	0,333
RACKSPACE	0,333	0,333	0,333	0,333

Tabla 6.21: Tabla/matriz de normalización del criterio de Tenancy.

Fuente: Elaboración propia.

Con base en lo expresado en [22], en el desarrollo del método se debe considerar la evaluación de la congruencia de los juicios que resultaron en la valoración de las opciones. Para esto es necesario recurrir al análisis de consistencia, a partir de la matriz normalizada, de ello se considerará consistente si los valores de las celdas de cada columna son iguales. Si no se cumple con la regla, se debe determinar el grado de

inconsistencia. En el caso del criterio de *Tenancy*, las columnas de valores de IBM, AWS y RACKSPACE tienen en cada una de sus filas valores iguales, con lo que se ha logrado la consistencia y, por lo tanto, la congruencia.

6.6.2.2 Comparación de a pares y normalización para el criterio Facturación

De acuerdo a las opciones de facturación que brindan los proveedores, se puede representar en la Tabla 6.22 que tanto IBM como RACKSPACE ofertan el modo de facturación por mes o por hora, en cambio AWS posee una granularidad en el tiempo de uso de con capacidad de medición en segundos. Ello lo califica como 'Muy fuertemente / extremadamente preferible' con respecto a los demás, por otra parte, IBM y RACKSPACE son igualmente preferibles.

Facturación	IBM	AWS	RACKSPACE
IBM	1	$1/8 = 0,125$	1
AWS	8	1	8
RACKSPACE	1	$1/8 = 0,125$	1
Total	10	1,250	10

Tabla 6.22: Tabla/matriz de ponderación del criterio de Facturación.

Fuente: Elaboración propia.

Al normalizar los valores se obtiene como conclusión la Tabla 6.23 donde la prioridad de hallada sobre proveedor AWS respecto al modo de facturación es superior a los demás.

Facturación	IBM	AWS	RACKSPACE	Prioridad
IBM	0,1	0,1	0,1	0,1
AWS	0,8	0,8	0,8	0,8
RACKSPACE	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabla 6.23: Tabla/matriz de normalización del criterio de Facturación.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los criterios de Facturación, los valores obtenidos de la normalización son iguales en cada fila, lo que indica congruencia en la decisión de valoración de los elementos.

6.6.2.3 Comparación de a pares y normalización para el criterio Opciones de Configuración

A partir del objetivo planteado, cuyas características requeridas de configuración hacen que los valores de peso asignados a los proveedores en la Tabla 6.24, sea preferible en distinto modo a IBM respecto a los demás.

Opciones	IBM	AWS	RACKSPACE
IBM	1	5	7
AWS	$1/5 = 0,2$	1	1
RACKSPACE	$1/7 = 0,142$	1	1
Total	1,342	7	9

Tabla 6.24: Tabla/matriz de ponderación del criterio de Opciones de Configuración.
Fuente: Elaboración propia.

Los valores de peso de acuerdo a las preferencias encontradas conllevan a que en la Tabla 6.25 la prioridad hallada para IBM sea ampliamente superior a los demás.

Opciones	IBM	AWS	RACKSPACE	Prioridad
IBM	0,745	0,714	0,777	0,745
AWS	0,149	0,142	0,111	0,134
RACKSPACE	0,105	0,142	0,111	0,119

Tabla 6.25: Tabla/matriz de normalización del criterio de Opciones de Configuración.
Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos de la estandarización del criterio de Opciones de Configuración determinan la existencia de inconsistencia, esto resulta en la necesidad de

saber cuál es el grado de la misma. De la misma manera que en el capítulo anterior se debe determinar el Índice de Consistencia (CR), si es menor a 0,1 se puede considerar "Aceptable", de lo contrario, se deben considerar otros valores para la comparación de pares que cumplan con la relación mencionada anteriormente. De este modo:

$$RC = I_C/I_A < 0,1 \quad (6.16)$$

donde

$$I_C = \text{índice de consistencia} = (n_{max} - n)/(n - 1) \quad (6.17)$$

$$I_A = \text{índice de consistencia aleatoria} = (1,98 * (n - 2))/n \quad (6.18)$$

$$n_{max} = \sum \text{matriz de comparacion} * \text{matriz de prioridad} \quad (6.19)$$

$$n = \text{grado de la matriz} \quad (6.20)$$

Aplicando las ecuaciones anteriores se obtiene que $RC = 0,006 < 0,1$, por lo tanto, el grado de inconsistencia es aceptable y no es necesario modificar los valores de la matriz de comparación.

6.6.2.4 Comparación de a pares y normalización para el criterio Potencia de Cómputo

De manera similar al ítem anterior, la definición del objetivo orienta a establecer los valores de preferencias sobre los proveedores. La Tabla 6.26 se refleja la preferencia de AWS sobre los demás proveedores, además las capacidades de cómputo que ofrece IBM respecto a RACKSPACE no son ampliamente superadora por lo cual se lo considera 'Moderadamente / fuertemente preferible'.

Potencia	IBM	AWS	RACKSPACE
IBM	1	$1/8 = 0,125$	4
AWS	8	1	9
RACKSPACE	$1/4 = 0,25$	$1/9 = 0,111$	1
Total	9,25	1,236	14

Tabla 6.26: Tabla/matriz de ponderación del criterio de Potencia de Cómputo.

Fuente: Elaboración propia.

Las prioridades halladas en la Tabla 6.27 refleja la preferencia del proveedor AWS.

Potencia	IBM	AWS	RACKSPACE	Prioridad
IBM	0,108	0,101	0,285	0,164
AWS	0,864	0,809	0,642	0,771
RACKSPACE	0,027	0,089	0,071	0,062

Tabla 6.27: Tabla/matriz de normalización del criterio de Potencia de Cómputo.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en los valores de la Tabla 6.27, hay inconsistencia y su grado debe ser analizado. Aplicando las ecuaciones mencionadas en apartado anterior, se obtiene que $RC = 0,255 > 0,1$ y con esto se determina que "no es aceptable", lo que lleva a modificar los valores de preferencia para las comparaciones por pares. Se hicieron dos cambios, el primero corresponde a la relación de IBM con RACKSPACE que otorga el juicio "Moderadamente preferido", el segundo cambio ocurre en la relación de AWS con IBM que otorga el juicio "Muy fuertemente preferido". La comparación de pares y la normalización se muestran en la Tabla 6.28 y la Tabla 6.29.

Metodología para la selección de recursos computacionales gestionados con tecnologías de cloud computing en ambientes educativos.

Potencia	IBM	AWS	RACKSPACE
IBM	1	$1/7 = 0,142$	3
AWS	7	1	9
RACKSPACE	$1/3 = 0,333$	$1/9 = 0,111$	1
Total	8,333	1,253	13

Tabla 6.28: Tabla/matriz modificada de ponderación del criterio de Potencia de Cómputo.

Fuente: Elaboración propia.

Potencia	IBM	AWS	RACKSPACE	Prioridad
IBM	0,12	0,113	0,23	0,153
AWS	0,84	0,798	0,692	0,744
RACKSPACE	0,039	0,088	0,076	0,067

Tabla 6.29: Tabla/matriz modificada de normalización del criterio de Potencia de Cómputo.

Fuente: Elaboración propia.

La relación de consistencia se calcula nuevamente a partir de los nuevos valores de preferencia, el valor obtenido para $RC = 0,066 < 0,1$, por lo que la consistencia es "aceptable".

6.6.2.5 Comparación de a pares y normalización para el criterio de Memoria RAM

Analizando las distintas ofertas de los proveedores queda expuesto en la Tabla 6.30 que AWS predomina respecto a los demás, también refleja la mínima diferencia en la capacidad de memoria que ofrece IBM respecto a RACKSPACE.

Memoria	IBM	AWS	RACKSPACE
IBM	1	$1/8 = 0,125$	2
AWS	8	1	9
RACKSPACE	$1/2 = 0,5$	$1/9 = 0,111$	1
Total	9,5	1,236	12

Tabla 6.30: Tabla/matriz de ponderación del criterio de Memoria RAM.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la Tabla 6.31, la superioridad de AWS se hace notar debido a la amplia diferencia en la prioridad respecto a los demás.

Memoria	IBM	AWS	RACKSPACE	Prioridad
IBM	0,105	0,101	0,166	0,124
AWS	0,842	0,809	0,75	0,8
RACKSPACE	0,052	0,089	0,083	0,074

Tabla 6.31: Tabla/matriz de normalización del criterio de Memoria RAM.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a este criterio, analizando los valores de la matriz de comparación por pares y las prioridades, se obtiene que $RC = 0,013 < 0,1$ con el cual el grado de inconsistencia es aceptable.

6.6.2.6 Comparación de a pares y normalización del objetivo respecto a los criterios

En este apartado la comparación de a pares y la asignación de peso se realiza en base a la preferencia sobre cada criterio, el resultado de ello es la Tabla 6.32 donde la potencia de cómputo, memoria y posibilidades de configuración predominan sobre los demás para el enunciado planteado en el objetivo.

Metodología para la selección de recursos computacionales gestionados con tecnologías de cloud computing en ambientes educativos.

Objetivo	T	F	O	P	M
T	1	1	0,25	0,125	0,125
F	1	1	1	0,25	0,333
O	4	1	1	0,25	0,25
P	8	4	4	1	1
M	8	3	4	1	1
Total	22	10	10,25	2,625	2,708

Tabla 6.32: Tabla/matriz de comparación de a pares del objetivo respecto a los criterios.
Fuente: Elaboración propia.

A partir de las asignaciones de la tabla anterior, se realizan la normalización de los valores obteniendo la Tabla 6.33.

Objetivo	T	F	O	P	M	Prioridad
T	0,045	0,1	0,24	0,047	0,046	0,0524
F	0,045	0,1	0,097	0,095	0,122	0,0918
O	0,181	0,1	0,097	0,095	0,092	0,113
P	0,363	0,4	0,39	0,38	0,369	0,38
M	0,363	0,3	0,39	0,38	0,369	0,36

Tabla 6.33: Tabla/matriz de definición de prioridades del Objetivo.
Fuente: Elaboración propia.

6.6.2.7 Evaluación de las alternativas

Finalizada la etapa de asignaciones es necesario evaluar las prioridades por lo tanto es necesario seleccionar una a una a aquéllas y realizar la sumatoria de los resultados de los productos entre las prioridades de los criterios y los objetivos, lo cual queda representada por la Ecuación 6.6.

$$ALT_i = \sum_T^M Prioridad(alternativa)_i * Prioridad(objetivo) \quad (6.21)$$

A partir de las evaluaciones se obtiene la siguiente jerarquía de las alternativas propuestas:

$$IBM = 0,333 * 0,0524 + 0,1 * 0,0918 + 0,745 * 0,113 + 0,153 * 0,38 + 0,124 * 0,36 \quad (6.22)$$

$$\mathbf{IBM = 0,213}$$

$$AWS = 0,333 * 0,0524 + 0,8 * 0,0918 + 0,134 * 0,113 + 0,744 * 0,38 + 0,8 * 0,36 \quad (6.23)$$

$$\mathbf{AWS = 0,677}$$

$$RACKSPACE = 0,333 * 0,0524 + 0,1 * 0,0918 + 0,119 * 0,113 + 0,067 * 0,38 + 0,074 * 0,36 \quad (6.24)$$

$$\mathbf{RACKSPACE = 0,0922}$$

De lo expuesto se puede establecer un orden de jerarquía donde la oferta de recursos y cualidades del proveedor AWS es superior a los demás, con una puntuación de 0,677 seguido por IBM y RACKSPACE.

6.6.3 Ejecución de la metodología propuesta

Definidos los objetivos, evaluadas las alternativas y presentados los requerimientos, es posible resumir el desarrollo de la metodología propuesta para concentrarse en la Etapa 5 la cual define, por medio de operadores de agregación, el orden jerárquico de los proveedores.

De acuerdo a ello, en primera instancia se realiza el ordenamiento de los proveedores, criterios y se expresan las cantidades. Aquí se presenta la situación donde los criterios de *Tenancy*, Facturación y Opciones de Configuración no poseen cantidades para ser representados, para ello la solución que se propone en casos donde una respuesta puede ser **verdadera** o **falsa** es representar dichas afirmaciones con **1** y **0** respectivamente, de forma análoga a lo planteado en matriz de influencias de la metodología ANP. Además deben figurar en la propuesta todas las características ofrecidas por los proveedores, por ello forman parte de la evaluación el Almacenamiento (A) expresado en *Gigabyte* (GB) y el Ancho de banda (BW) expresado en *Gigabit* por segundo (Gbps), asimismo se unifican las unidades de los valores de Memoria RAM quedando expresados en GB. De esta manera se puede confeccionar la Tabla 6.34 y la de valores normalizados en la Tabla 6.35.

Prov. / Crit.	T	F	O	P	M	A	BW
IBM	1	0	1	56	242	1200	10
AWS	1	1	0	128	12000	60000	25
RACKSPACE	1	0	0	32	240	1600	10
Total	3	1	1	216	12482	62800	45

Tabla 6.34: Tabla de cantidades por criterios y suma de valores para proveedores IaaS.

Fuente: Elaboración propia.

Prov. / Crit.	T	F	O	P	M	A	BW
IBM	0,333	0	1	0,259	0,019	0,019	0,222
AWS	0,333	1	0	0,592	0,961	0,955	0,555
RACKSPACE	0,333	0	0	0,148	0,019	0,025	0,222
Total	1						

Tabla 6.35: Tabla de normalización sobre cada criterio.

Fuente: Elaboración propia.

Resta dar tratamiento al vector de pesos y la normalización de sus valores, respetando la consigna de "seleccionar al proveedor de IaaS cuyos recursos serán utilizados para un despliegue orientado al cómputo de alto desempeño con cargas de trabajo no uniforme" y valorando la preferencia entre los criterios. De manera similar al caso de análisis realizado para proveedores de SaaS, se supone cuatro decisores, que exponen sus preferencias en torno al mismo objetivo.

Lo anterior queda representado en la Tabla 6.36, de la cual se puede obtener el vector general de preferencia, donde el decisor A entiende que para cumplir con el objetivo, es necesario acentuar las preferencias en la Potencia de cómputo y la Memoria RAM; en cambio el decisor B, en las alternativas que presentan Opciones de configuración y las capacidades de procesamiento que ofrecen las posibilidades de Potencia de cómputo; mientras que el decisor C, manifiesta la necesidad de poseer alternativas en las configuraciones y conseguir Almacenamiento para sus archivos y el decisor D, considera de interés las opciones de Facturación contemplando las cargas de trabajo fluctuante que conllevaría la reasignación de recursos, además de contar con alternativas para ello, a través de las Opciones de configuración. En la Tabla 6.37 queda representado lo anteriormente mencionado, donde las preferencias se acentúan en los criterios de Opciones de configuración seguido de Potencia de Cómputo y Facturación.

Metodología para la selección de recursos computacionales gestionados con tecnologías de cloud computing en ambientes educativos.

Decisor	T	F	O	P	M	A	BW
A	4	4	6	8	8	3	3
B	4	6	8	8	3	4	2
C	2	2	8	3	3	6	1
D	1	9	9	2	2	1	1
Prom.	11/4=2,75	21/4=5,25	31/4=7,75	21/4=5,25	16/4=4	14/4=3,5	7/4=1,75

Tabla 6.36: Tabla de preferencia sobre cada criterio del decisores A, B, C y D.

Fuente: Elaboración propia.

T	F	O	P	M	A	BW	Total
2,75	5,25	7,75	5,25	4	3,5	1,75	30,25

Tabla 6.37: Tabla general de preferencias sobre cada criterio.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe atender la normalización de los valores representados anteriormente, a partir de ello se obtiene la Tabla 6.38.

T	F	O	P	M	A	BW	Total
0,090	0,107	0,256	0,173	0,132	0,115	0,057	1

Tabla 6.38: Tabla general de preferencias sobre cada criterio.

Fuente: Elaboración propia.

Obtenidos los valores que representan a las características que ofrecen los proveedores y los pesos asignados a los mismos, resta aplicar la Ecuación 6.11.

$$IBM = 0,333 * 0,090 + 0 * 0,107 + 1 * 0,256 + 0,259 * 0,173 + 0,019 * 0,132 + 0,019 * 0,115 + 0,222 * 0,057 \quad (6.25)$$

$$\mathbf{IBM = 0,348}$$

$$\begin{aligned} AWS = & 0,333 * 0,090 + 1 * 0,107 + 0 * 0,256 + 0,592 * 0,173 + 0,961 * 0,132 \\ & + 0,955 * 0,115 + 0,555 * 0,057 \end{aligned} \quad (6.26)$$

$$\mathbf{AWS = 0,507}$$

$$\begin{aligned} RACKSPACE = & 0,333 * 0,090 + 0 * 0,107 + 0 * 0,256 + 0,148 * 0,173 + 0,019 * 0,132 \\ & + 0,025 * 0,115 + 0,222 * 0,057 \end{aligned} \quad (6.27)$$

$$\mathbf{RACKSPACE = 0,073}$$

De manera similar que en lo evaluado para el caso de la metodología AHP, se puede establecer un orden de jerarquía donde la oferta de recursos y cualidades del proveedor AWS es superior a los demás, con una puntuación de 0,507 seguido por IBM y RACKSPACE.

6.7 Discusiones y comentarios

Una vez presentadas las metodologías de selección descritas en capítulos anteriores y analizados los casos de aplicación práctica, se concluye en que la metodología de selección mediante el Modelo comparativo de recursos expone una ejecución sencilla, sin embargo el resultado no es preciso. La selección mediante el Modelo jerárquico presenta mayor complejidad, introduce inconsistencias asociadas a los juicios de los decisores al momento de valorar una preferencia, no obstante el resultado es preciso dejando de lado las ambigüedades que presenta el modelo anterior. El Modelo analítico en red incorpora un grado de complejidad en la resolución, al plantear las relaciones entre los nodos y la realimentación entre sus elementos, siendo un modelo que requiere al menos dos vinculaciones entre ambos para obtener un resultado. Por último, el Modelo propuesto puede ser abordado sin mayores dificultades debido a que el desarrollo se basa en las cantidades que proporciona cada criterio, si bien utiliza valoraciones de los mismos para componer el vector de pesos, ellas reflejan las características que el decisor desea; además contempla las preferencias u observaciones individuales de un grupo de decisores, por medio del promedio de ellas, permitiendo que la selección recursos y proveedores sea tratada de manera colectiva.

De los resultados que se obtuvieron de la comparación de recursos de SaaS y de IaaS, mediante el modelo AHP y el propuesto mediante operadores de agregación, se puede afirmar que ambos métodos brindan valores similares en sus resultados y los esquemas de jerarquía, iguales. Además comparando los resultados, el método propuesto puede considerarse como conservador debido a que los valores son ligeramente inferiores que para el caso del proceso jerárquico, esta afirmación se basa en la magnitud de los resultados de la siguiente tabla comparativa.

Ejemplo / Métodos	AHP	Propuesto (Agregación)
SaaS - <i>Google App</i>	0,629	0,605
IaaS - AWS	0,677	0,507

Tabla 6.39: Tabla de comparación entre métodos.

Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior, es menester que el personal de TIC de la organización posea los conocimientos de su infraestructura y de las alternativas que pueda ofrecer la computación en la nube, a fin de seleccionar los criterios de manera adecuada en función a las necesidades de cada actividad.

Para situaciones complejas donde los requerimientos sean elevados, será necesario modificar los criterios propuestos y el número de ellos a fin mejorar el grado de certeza en la selección de recursos.

En lo que respecta a la selección de recursos en general, teniendo en cuenta a SaaS, PaaS e IaaS, la aplicación de la metodología propuesta sería ejecutada mediante las mismas etapas, no obstante, el cambio estaría dado al priorizar los criterios según las necesidades requeridas sobre cada modelo.

Capítulo 7

Conclusiones y futuras líneas de investigación

7.1 Conclusiones

La computación en la nube es un modelo tecnológico que se encuentra presente y al alcance, donde su diversidad de servicios lo hace atractivo para su uso en el desarrollo de distintas actividades. Accesible desde cualquier lugar y mediante cualquier dispositivo, permite sortear las brechas territoriales y favorecer el trabajo colaborativo, gracias al avance en las tecnologías de comunicaciones y de infraestructura de servidores.

En función a ello, las herramientas, aplicaciones, datos e infraestructura que son utilizados por el personal pueden estar alojadas en parte o en su totalidad fuera de la organización y ser alcanzados de manera transparente; permitiendo además plantear un alternativa en cuanto al modelo de negocio, debido a que resulta prácticamente innecesario contar con un centro de datos y con la infraestructura para dar soporte a ello dentro de la organización. Por lo tanto, la nube resulta en un modelo económico atractivo, debido a que reduce la cantidad de equipamientos, licenciamientos y del mantenimiento respecto a los centros de datos alojados localmente. Relacionado a lo anterior, en cuanto a las características esenciales propuestas por el NIST, es posible determinar que el cumplimiento de ellas requiere poseer una infraestructura, capacidad operativa y de

gestión, por lo que llevar a cabo un despliegue de una nube local de manera óptima es posible para organizaciones con suficiente capacidad económica. Por ello contar con las alternativas de modelos de servicios y de despliegue, brinda la posibilidad de utilizar los servicios en la nube, además teniendo presente que algunos proveedores ofrecen capacidades de recursos en forma gratuita.

Para aquellas organizaciones que prefieran optar con programas, plataformas de desarrollo e infraestructura con capacidades superiores, mediante recursos externos, es posible contar con ellos por medio de agentes, operadores y proveedores de servicios en la nube; reguladas por medio de las actividades comprendidas en la administración de servicios de la nube como el soporte comercial, el aprovisionamiento y configuración de recursos y la portabilidad e interoperatividad de datos y servicios.

Los proveedores en la nube se apoyan en recursos tecnológicos para que los servicios ofrecidos funcionen de manera eficiente, además de brindar escalabilidad (horizontal o vertical) necesaria para incorporar recursos y la elasticidad suficiente para aumentar o reducir los recursos de infraestructura de forma dinámica según sea necesario para adaptarse a los cambios en la carga de trabajo de manera autónoma. Con ello la abstracción de recursos mediante la virtualización brinda a los proveedores la capacidad de despliegue que no puede ser alcanzada por medio de la computación tradicional basada en servidores dedicados. De esta manera los XaaS (programas, plataformas e infraestructura) pueden ser ofrecidos mediante las configuraciones convenientes en máquinas virtuales.

Por lo tanto, mediante la computación en la nube las organizaciones, cualquiera fuese su orientación, cuentan con herramientas, aplicaciones y servicios para el desarrollo de sus actividades proporcionadas por los modelos de SaaS, PaaS e IaaS. Así, de acuerdo a las necesidades de cada tipo y las áreas que la componen, pueden optar por utilizar herramientas de ofimática, compartición de archivos, las necesarias para tareas colaborativas, de análisis o de gestión por medio del modelo de SaaS; así también con herramientas para el desarrollo de programas y base de datos por medio de la PaaS o los recursos virtuales para que ellos puedan ser alojados mediante la IaaS. En cuanto al objeto de estudio, las organizaciones del tipo académicas pueden ser consumidores de alguno o todos los modelos presentados de acuerdo a su orientación. Respecto a lo anterior es posible precisar que las unidades académicas cuyas carreras están orientadas a lo social poseen actividades áulicas y administrativas cuyas aplicaciones *software* uti-

lizadas por medio de la computación tradicional quedan cubiertas con las del modelo de SaaS. Por otro lado aquellas cuyas carreras están orientadas a las ciencias exactas, podrían hacer uso de aplicaciones mediante el modelo SaaS, desarrollar programas con herramientas de la PaaS y utilizar los recursos de la IaaS para que puedan ser alojados.

Con el fin de seleccionar de manera objetiva los recursos informáticos, fueron presentados modelos que abordaban la toma de decisiones desde perspectivas diferentes, al analizarlas se pudo constatar que para su aplicación, una de ellas no poseía criterios definidos que actúen como filtro para la selección, por tal motivo los resultados que se pudieran obtener podrían no ser precisos; los siguientes utilizan ponderaciones para calificar elementos o relaciones y puede introducir inconsistencias asociadas a los juicios de los decisores. Con el fin de superar las limitaciones presentadas se propuso una metodología basada en la información que brindan los proveedores de servicios y calificaciones o pesos, lo cual se alinea con los operadores de agregación precisamente con las medias ponderadas.

Como medida de comparación se aplicaron los métodos mencionados a dos casos de estudio, para la selección de recursos de SaaS e IaaS, donde los resultados reflejan la carencia de precisión del método comparativo, la dificultad en el desarrollo y grados de desacierto de la comparación de a pares que proponen los métodos jerárquicos de ANP y AHP; y la consistencia que ofrecen los operadores de agregación.

Para culminar, las siguientes secciones reúnen las principales conclusiones de cada capítulo.

7.1.1 Capítulo I

Planteada la hipótesis y los objetivos del trabajo, mencionados los principales aspectos del marco teórico que sustenta al mismo y detallada la metodología y estructura completa, se deriva que existe una variedad de alternativas para abordar la problemática planteada, tendiente a identificar los recursos computacionales acordes a las necesidades de la organización y establecer los criterios para la selección de los mismos.

7.1.2 Capítulo II

Planteada la definición, mencionados los principales aspectos que presentan las características esenciales conforme a los modelos vigentes y detalladas las actividades que desarrollan los participantes de un despliegue de CC, se deriva que en base a las alternativas presentadas, el modelo de software como servicio (SaaS) sugiere ser el adecuado para abordar la problemática planteada. Lo antedicho se sostiene en que el SaaS se caracteriza por la entrega de recursos, sean programas o aplicaciones mediante una red de datos, que brinda soluciones a las demandas en el desarrollo de las actividades académicas y administrativas que fueron mencionadas en Capítulo I. Además, de acuerdo al despliegue de los recursos se presentan alternativas viables y aplicables como un despliegue privado, con el fin de que sean utilizados únicamente por los miembros de la unidad académica, o híbrido (privado-comunitario), donde la misión u objetivo en común agrupa a universidades o en menor grado, unidades académicas con la misma oferta de estudio a fin que los recursos sean comunes entre las áreas.

7.1.3 Capítulo III

Descrito el ambiente, presentados los actores como usuarios que forman parte de los consumidores de servicios, expuesta una situación que involucra el CC en entornos académicos y presentadas las tecnologías para abordar soluciones; se deriva que la base para el despliegue de CC, cual fuera su modelo, involucra tecnologías de virtualización. Si bien ésta no es estrictamente necesaria, posee características que la hacen atractiva para su utilización como escalamiento de los recursos, de una manera que a entornos no virtualizados les resulta difícil de alcanzar.

7.1.4 Capítulo IV

Presentados los modelos de servicios, analizados los programas que poseen soporte en la nube y enumerados los proveedores a tal efecto; se deriva en que existe una variedad de alternativas viables para abordar el despliegue en la nube para alcanzar el modelo de SaaS. En tanto aquellos programas de carácter necesario para el desarrollo de las

actividades que no poseen una alternativa de SaaS, pueden ser desplegados mediante herramientas de IaaS, donde los proveedores ofrecen distintas soluciones en cuanto a plataformas libres y subvencionadas.

7.1.5 Capítulo V

Presentadas las metodologías de selección, analizadas sus características principales y sus procesos; se deriva en que existe una variedad de alternativas y de variada complejidad en su implementación, el método comparativo presenta un desarrollo sencillo pero sus resultados no son precisos y tampoco presenta una jerarquía en la cual se pueda comparar en cuánto es mejor una elección respecto a otra. Los métodos AHP y ANP, presentan mayor complejidad y por lo tanto arrojan resultados precisos y comparables, no obstante la asignación de pesos a las relaciones entre pares, para representar la intensidad en cada relación, puede introducir inconsistencias asociadas a los juicios de los decisores. Ante ello, se introduce entre los modelos a los operadores de agregación, que brindan una solución al fundir o combinar información obtenida a partir de valores o datos aportados por los proveedores, cualquiera que fuese el modelo de servicio, y la preferencia sobre ellos a partir de cual sea la tarea a realizar.

7.1.6 Capítulo VI

Una vez presentados modelos de selección, fueron evaluados mediante un caso de aplicación práctica donde se puede afirmar que; la selección por medio de la comparación está compuesta por etapas que poseen una ejecución sencilla pero los resultados obtenidos son ambiguos; en tanto el desarrollo de AHP introduce una mayor complejidad y los términos de coherencia y consistencia que deben ser tenidos en cuenta para obtener resultados precisos, la capacidad de valorar datos como criterios y que puedan ser estructurados de forma lingüística o medible, hacen que pueda ser utilizado en varios campos; por otro lado ANP no alcanza a desarrollarse de manera completa debido a que su estructura se basa en las relaciones que pudieran tener los criterios entre sí, lo cuál no es posible establecer en el caso presentado debido a que tanto los recursos o proveedores no se encuentran vinculados y así determinar su intensidad; el modelo

propuesto que utiliza medias ponderadas permite valorar uno o más criterios para establecer preferencias de acuerdo al objetivo planteado, de lo expuesto en su desarrollo es posible verificar dos etapas, la primera de ellas es el tratamiento de los datos o criterios que pueden ser valores numéricos o expresados de manera lingüística, la segunda es la puntuación de ellos en función al objetivo que se define.

La consecuencia de aplicar los modelos citados a SaaS permitieron distinguir a aquellos que lograron resultados consistentes de otros, esto motiva a presentar a AHP y al propuesto para la selección de proveedores de IaaS y poder comparar sus resultados. De ello se concluye que ambos modelos permiten el tratamiento verbal y medible de los criterios, que es posible marcar preferencias mediante las valoraciones, que existe una notable diferencia en la complejidad en sus estructuras de desarrollo y que los resultados no poseen diferencias significativas. Como resultado, la propuesta para la selección de recursos o proveedores utilizando medias ponderadas permite alcanzar un resultado preciso y con una estructura jerárquica, mediante el tratamiento de los datos caracterizados como criterios que pueden ser valorados de acuerdo al objetivo que se persigue.

Ante lo expuesto, el personal de TIC de la organización debe poseer los conocimientos de su infraestructura y de las alternativas que pueda ofrecer la computación en la nube a fin de seleccionar los criterios de manera adecuada en función a las necesidades de cada actividad.

Para situaciones complejas donde los requerimientos sean elevados, será necesario modificar los criterios propuestos y el número de ellos a fin mejorar el grado de certeza en la selección de recursos.

En lo que respecta a la selección de recursos en general, teniendo en cuenta a SaaS, PaaS e IaaS, la aplicación de la metodología propuesta cumpliría con los mismas etapas, no obstante el cambio se daría en los criterios según las necesidades requeridas sobre cada modelo.

7.2 Futuras líneas de investigación

Avanzando con el tema de estudio, se propone para el futuro presentar la propuesta al organismo central, que en este caso representa al rectorado de la Univerisad Nacional de Misiones, a fin de proponer que las demás dependencias académicas participen en conocer los requerimientos particulares de SaaS, PaaS e IaaS conforme a tener una visión general y poder aplicar la metodología propuesta. Se buscará establecer un mecanismo de transición entre la computación tradicional y el CC de manera organizada a partir del conocimiento de los servicios adecuados para el desarrollo de sus actividades.

Metodología para la selección de recursos computacionales gestionados con tecnologías de cloud computing en ambientes educativos.

Bibliografía

- [1] P. Mell and T. Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology," Nist Spec. Publ., vol. 145, p. 7, 2011.
- [2] L. Badger et al., "US Government Cloud Computing Technology Roadmap," Nist Spec. Publ., vol. I; II, p. 85, 2014.
- [3] N. Jin, Michael D. Hogan, Fang Liu and Annie W. Sokol, "The NIST Cloud Computing Standards Roadmap," NIST Spec. Publ. 500-291, p. 76 pp., 2011.
- [4] R. B. Bohn, J. Messina, F. Liu, J. Tong, and J. Mao, "NIST cloud computing reference architecture," Proc. - 2011 IEEE World Congr. Serv. Serv. 2011, pp. 594–596, 2011.
- [5] L. Joyanes Aguilar, "Computación en la Nube. Notas para una estrategia española en cloud computing," Rev. del Inst. Español Estud. Estratégicos, pp. 89–112, 2012.
- [6] S. Carlos, B. Guzmán, and M. S. Rodríguez, "Computación en la nube, una tecnología emergente en la educación y en el sector empresarial: beneficios y desventajas desde el punto de vista operativo y ambiental," Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, pp. 1-42, 2007.
- [7] T. Ercan, "Effective use of cloud computing in educational institutions," Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 2, no. 2, pp. 938–942, 2010.
- [8] H. Chihi, W. Chainbi, and K. Ghdira, "Cloud computing architecture and migration strategy for universities and higher education," Proc. IEEE/ACS Int. Conf. Comput. Syst. Appl. AICCSA, vol. 2016-July, 2016.

- [9] M. Mannir and A. Getso, "Applications ' of Cloud Computing in Academic Institutions," *Int. J. Inf. Syst. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 65–72, 2014.
- [10] A. O. Akande and J.-P. Van Belle, "The Use of Software As a Service by Students in Higher Education Institutions: A Systematic Literature Review," *Int. Conf. Electron. Commer. E-Commerce Smart Connect. World*, pp. 1-6, 2016.
- [11] V. H. Pardeshi, "Cloud Computing for Higher Education Institutes: Architecture, Strategy and Recommendations for Effective Adaptation," *Procedia Econ. Financ.*, vol. 11, pp. 589–599, 2014.
- [12] S. Marston, Z. Li, S. Bandyopadhyay, J. Zhang, and A. Ghalsasi, "Cloud computing - The business perspective," *Decis. Support Syst.*, vol. 51, no. 1, pp. 176–189, 2011.
- [13] Q. Lei, Y. Jiang, and M. Yang, "Evaluating open IaaS cloud platforms based upon NIST Cloud Computing Reference Model," *Proc. - 17th IEEE Int. Conf. Comput. Sci. Eng. CSE 2014, Jointly with 13th IEEE Int. Conf. Ubiquitous Comput. Commun. IUCC 2014, 13th Int. Symp. Pervasive Syst.*, pp. 1909-1914, 2014.
- [14] A. Habbal, S. A. Abdullah, E. O. C. Mkpojiogu, S. Hassan, and N. Benamar, "Assessing Experimental Private Cloud Using Web of System Performance Model," *Int. J. Grid High Perform. Comput.*, vol. 9, no. 2, pp. 21–35, 2017.
- [15] M. A. Kale and R. Mente, "Impact of Cloud Computing on Education System," *Int. J. Electron. Electr. Comput. Syst. IJEECS ISSN 2348-117X*, vol. 6, p. 11, 2017.
- [16] D. Huang, H. Wu, D. Huang, and H. Wu, "Virtualization," *Mob. Cloud Comput.*, pp. 31–64, 2018.
- [17] B. Mohammed and M. Kiran, "Analysis of Cloud Test Beds Using OpenSource Solutions," *Proc. - 2015, Int. Conf. Futur. Internet Things Cloud, FiCloud 2015, 2015 Int. Conf. Open Big Data, OBD 2015*, pp. 195-203, 2015.
- [18] Intel, "Virtualization and Cloud Computing Steps in the Evolution from Virtualization to Private Cloud Infrastructure as a Service," Intel IT Center, 2013.
- [19] S. Berumen and F. Redondo, "La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente," *Cuad. Adm.*, vol. 20, no. 34, pp. 65–87, 2007.

- [20] J. María Moreno-Jiménez, "Selección Multicriterio de un Sistema Erp Mediante Las Metodologías Ahp Y Anp," Congreso de Logística y Gestión de la Cadena de Suministros, no. July 2014, 2014.
- [21] P. Medina, E. Cruz, and R. Gomez, "Selección de proveedor de WMS utilizando método AHP," *Sci. Tech.*, vol. 17, no. 52, pp. 65–72, 2012.
- [22] C. A. Bermubez Irreño and E. D. Quiñonez Aguilar, "Aplicación Práctica Del Proceso De Análisis Jerárquico (Ahp), Para La Toma De Decisiones," *Rev. Ing. Matemáticas y Ciencias la Inf.*, vol. 5, no. 9, pp. 91–100, 2018.
- [23] G. C. Guerrero-Liquet and J. Faxas-Guzmán, "Análisis de toma de decisión con AHP / ANP de energías renovables en República Dominicana República Dominicana," *Anuario de Jóvenes Investigadores*, vol. 8, pp. 27–29, 2015.
- [24] A. Sampredo-Durá, I. Puchol-García, and P. Aragonés-Beltrán, "Aplicación del proceso analítico en red ANP para la selección de un project manager," *XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, pp. 6–8, 2011.
- [25] F. Carrión, and P. Cedillo, "Metodología para la selección de sistemas Enterprise Resources Planning desplegados en la nube para pequeñas y medianas empresas: Aproximación alineada con la realidad ecuatoriana," *Maskana - Ciencias de la Computación*, pp. 35-49, 2017.
- [26] J. I. Peláez and J. M. Doña, "Majority Additive - Ordered Weighting Averaging: A New Neat Ordered Weighting Averaging Operator Based on the Majority Process," *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 18, pp. 469-481, 2003.
- [27] D. L. la Red Martínez, J. M. Doña, J. I. Peláez and E. B. Fernandez, "WKC-OWA, a New Neat-OWA Operator to Aggregate Information in Democratic Decision Problems," *Internacional Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Base Systems (IJUFKS)*, vol. 19 no. 5, pp. 759-779, 2011.
- [28] D. L. la Red Martínez and J. Acosta, "Revisión de Operadores de Agregación," *Campus Virtuales*, Vol. III, num. 2, pp. 24-44, 2014.
- [29] S. Cubillo, A. Pradera and E. Trillas, "On Joining Operators and their and / or behaviour," in *Internatinal Conference IPMU'98*, Francia, 1998, pp. 673-679.

- [30] D. Dubois and H. Prade, "A Review of fuzzy Set Aggregation Connectives," *Information Sciences* 36, pp. 85-121, 1988.
- [31] T. Calvo and R. Mesiar, "Aggregation operators: ordering and bounds," *Fuzzy Sets and Systems*, 139, pp. 685-697, 2003.

Apéndice A

Apéndice de publicaciones

1. "Metodología para la selección de recursos computacionales gestionados con tecnologías de cloud computing en ambientes educativos"; Hugo Rolando Haurech, David Luis la Red Martínez; XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación - WICC 2018; ISBN N° 978-987-3619-27-4; pp. 114-117; Universidad Nacional del Nordeste; Corrientes, Argentina.
2. "Metodología de selección de recursos de cómputo para entornos de Cloud Computing"; Hugo Rolando Haurech, David Luis la Red Martínez; Avances en Arquitectura y Tecnología de Computadores - Jornadas SARTECO 2019; ISBN N° 978-84-09-12127-4; pp. 424-430; Universidad de Extremadura; Cáceres, Extremadura, España.
3. "The Analytic Hierarchy Process As A Method For The Selection Of Resources In The Cloud"; H. Haurech; D. L. la Red Martínez; 2019 10th International Conference on Advanced in New Technologies, Interactive Interfaces and Communicability - ADNTIIC 2019; ISBN N° 978-88-96-471-91-3; pp. 1-20; 13-16 November 2019; Córdoba, Argentina.
4. "Comparison of Models for the Selection of Cloud Computing Resources"; H. Haurech; D. L. la Red Martínez; International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence (IJIMAI). En proceso de revisión.

5. "Models for the Selection of Cloud Computing Resources"; H. Haurech; D. L. la Red Martínez; International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC). En proceso de revisión.
6. "Operadores de agregación como alternativa para la selección de recursos en la nube"; H. Haurech; D. L. la Red Martínez; IEEE ARGENCON 2020 CONGRESS. En proceso de revisión.

