

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**UNIDAD DE TITULACIÓN**

**DESARROLLO DE MÓDULO PARA ESTIMACIÓN DE COSTOS EN  
LA MIGRACIÓN A SERVICIOS CLOUD PARA LA F.I.S-E.P.N**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE COMPUTACIÓN**

**ANALY BELÉN CHINACALLE PAREDES**

analy.chinacalle@epn.edu.ec

**DIRECTOR: MSC. RODRIGO CHANCUSIG**

rodrigo.chancusig@epn.edu.ec

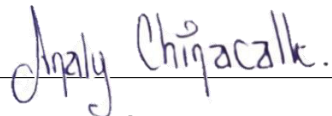
**CODIRECTORA: PHD. MYRIAM PEÑAFIEL**

myriam.penafiel@epn.edu.ec

## DECLARACIÓN

Yo, Analy Belén Chinacalle Paredes, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink that reads "Analy Chigacalle." The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

**Analy Belén Chinacalle Paredes**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Analy Belén Chinacalle Paredes,  
bajo mi supervisión

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end, positioned above a horizontal line.

**MSc. Rodrigo Chancusig**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Analy Belén Chinacalle Paredes, bajo mi supervisión



---

**PhD. Myriam Peñafiel**  
**CODIRECTORA DE PROYECTO**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación a mi familia, quienes me acompañaron y apoyaron durante toda mi carrera universitaria.

A mis hermanos, que me ayudaron siempre que lo necesité.

A mi mamá y a mis abuelitos, que con su bendición y consejos me alentaban a seguir adelante cada día.

A mi enamorado Alexander, que no dejó que me rindiera y me ayudó a crecer como persona.

A mi Meow Alfalfa que me acompañó todas las noches de estudio y trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirme culminar este trabajo.

Al MSc. Rodrigo Chancusig, por su paciencia y apoyo, por su guía, conocimientos y experiencia que permitieron el desarrollo y culminación de este trabajo de titulación.

A la Dra. Myriam Peñafiel por sus observaciones y apoyo en la realización de este trabajo de titulación.

Al ingeniero Jorge Miño, por su disposición y colaboración que fue de vital importancia para la realización de este proyecto.

A mi familia por darme su confianza y apoyo, lo que me permitió seguir adelante.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
1.2	OBJETIVOS .....	10
1.2.1	OBJETIVO GENERAL .....	10
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
1.3	ESTADO DEL ARTE DEL CLOUD .....	10
1.3.1	CLOUD.....	10
1.3.2	CLOUD COMPUTING .....	10
1.3.3	PROVEEDORES DE NUBE .....	12
1.3.3.1	GOOGLE VMWARE ENGINE .....	13
1.4	MARCO DE TRABAJO ITIL .....	14
1.4.1	INFORMATION TECHNOLOGY INFRASTRUCTURE LIBRARY .....	14
1.4.1.1	ESTRATEGIA DE SERVICIO.....	15
1.4.1.2	DISEÑO DE SERVICIOS.....	18
1.4.1.3	TRANSICIÓN DEL SERVICIO .....	19
1.4.1.4	OPERACIÓN DEL SERVICIO .....	20
1.4.1.5	MEJORA CONTINUA DEL SERVICIO .....	21
1.4.2	IMPORTANCIA PARA EL DESARROLLO .....	25
1.5	COSTO TOTAL DE PROPIEDAD .....	25

<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>
2.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS DE LA F.I.S.....	27
2.2	ASOCIAR MARCO DE TRABAJO ITIL CON EL DESARROLLO DEL PROYECTO 28	
2.3	DEFINIR SERVICIOS CLOUD A UTILIZARSE .....	35
2.4	EVALUAR COSTOS Y BENEFICIOS .....	43
2.4.1	TCO SERVIDOR F.I.S.....	43
2.4.2	ROI GOOGLE VMWARE ENGINE DE ACUERDO CON REQUISITOS F.I.S. .	46
2.5	REQUERIMIENTOS O REDIMENSIONAMIENTO DE RECURSOS PARA PRODUCTOS SOFTWARE.....	48
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y PROYECCIÓN.....</b>	<b>50</b>
3.1	RESULTADOS .....	50
3.2	PROYECCIÓN.....	52
3.2.1	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	52
3.2.2	RESULTADOS DE PROYECCIÓN A LA E.P.N.....	54
3.2.3	COMPARATIVA VDI Y COMPUTADOR FÍSICO .....	58
3.2.4	CASOS DE ÉXITO EN UNIVERSIDADES .....	63
3.2.4.1	Barton Community College.....	63
3.2.4.2	Notre Dame .....	63
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
4.1	CONCLUSIONES.....	64
4.2	RECOMENDACIONES .....	65
<b>5</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>69</b>



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Ciclo de vida del servicio ITIL [17].....	14
<b>Figura 2</b> - Triangulo de servicios (precio, funcionalidad y desempeño) ITIL [17].....	17
<b>Figura 3</b> - Cálculo de ROI [17] .....	18
<b>Figura 4</b> - Proceso de mejora de 7 pasos de ITIL [21].....	22
<b>Figura 5</b> . Metodología utilizada.....	26
<b>Figura 6</b> - Cuadrante mágico de Gartner [23].....	35
<b>Figura 7</b> - Costo mensual sin suscripción [25].....	41
<b>Figura 8</b> - Costo mensual con suscripción [25] .....	42
<b>Figura 9</b> – Costo mensual de 5 nodos con acuerdo de uso y prepago. [25] .....	42
<b>Figura 10</b> - Fórmula para el cálculo de depreciación [22]. .....	44
<b>Figura 11</b> - Cálculo de la depreciación del Hardware del servidor F.I.S. ....	44
<b>Figura 12</b> - Cálculo del salario del personal técnico que maneja el servidor F.I. S.....	44
<b>Figura 13</b> - Cálculo del T.C.O anual del servidor de la FIS.....	45
<b>Figura 14</b> - T.C.O anual del servidor F.I.S orientado a servicios .....	46
<b>Figura 15</b> - Fórmula cálculo del ROI Fuente: ITIL .....	47
<b>Figura 16</b> - Costo de inversión de Adquisición de 5 nodos de Google VMware Engine .....	47
<b>Figura 17</b> - Cálculo del ROI de la contratación del servicio Google Cloud VMware Engine	48
<b>Figura 18</b> - Tipos de VDIs estáticos para proyección .....	50
<b>Figura 19</b> - Requerimientos de procesadores para VDIs de Ingeniería de Sistemas .....	50
<b>Figura 20</b> - Cálculo de número de VDIs para Ingeniería de Sistemas.....	51
<b>Figura 21</b> - Recursos cloud disponibles con 5 nodos.....	51
<b>Figura 22</b> - Cantidad de VDIs estáticos por clase .....	51
<b>Figura 23</b> - Cantidad máxima de VDIs estáticos de clase I.....	52
<b>Figura 24</b> - Descripción de precios de contratación de nodos para la FIS .....	52
<b>Figura 25</b> - Estudiantes de pregrado de la E.P.N por Unidad Académica.....	53
<b>Figura 26</b> - Número aproximado de VDIs por unidad académica .....	54
<b>Figura 27</b> - Cantidad de nodos y recursos utilizados .....	55
<b>Figura 28</b> - VDIs de clase I.....	55
<b>Figura 29</b> - Número de VDIs clase I y II para carreras tecnológicas .....	56
<b>Figura 30</b> - Recursos necesarios para VDIs clase I y II .....	56
<b>Figura 31</b> - Cantidad de nodos necesarios para la E.P.N caso 2 .....	56
<b>Figura 32</b> - Costo de contratación de 25 nodos .....	57
<b>Figura 33</b> - Recursos disponibles sobrantes con 27 nodos .....	57
<b>Figura 34</b> - Costo de contratación de 27 nodos .....	58
<b>Figura 35</b> - Comparación de precios de computadores .....	58

<b>Figura 36</b> - Comparación del precio total de adquisición de computadores físicos .....	59
<b>Figura 37</b> – Costo Total de adquisición de infraestructura en 2016 .....	59
<b>Figura 38</b> - Costo Total de Adquisición de calculadora de Microsoft Azure .....	60
<b>Figura 39</b> - Comparación de TCO.....	60
<b>Figura 40</b> - Gráfico de comparación de TCO.....	61
<b>Figura 41</b> - Comparación de la capacidad de almacenamiento .....	61
<b>Figura 42</b> - Comparación de la capacidad de procesamiento.....	62
<b>Figura 43</b> - Comparación de la capacidad de la memoria.....	62

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> - Lista de servicios seleccionados.....	27
<b>Tabla 2</b> - Infraestructura total LAB-FIS.....	27
<b>Tabla 3</b> - VDIs asignados .....	27
<b>Tabla 4</b> - Características de la nube de IBM.....	36
<b>Tabla 5</b> - Características de nube de Microsoft .....	36
<b>Tabla 6</b> - Características de nube de Google .....	37
<b>Tabla 7</b> – Características de nube de Telconet .....	37
<b>Tabla 8</b> - Comparación de infraestructura de distintos servicios cloud .....	38
<b>Tabla 9</b> - Comparación de infraestructura con servicio cloud .....	39
<b>Tabla 10</b> - Comparación de infraestructura con Google VMware Engine.....	40
<b>Tabla 11</b> - Qué se puede medir de cada servicio y el medio de recopilación de información. .....	29
<b>Tabla 12</b> - Detalle de recursos utilizados .....	29
<b>Tabla 13</b> - Detalles usuarios VDI.....	30
<b>Tabla 14</b> - Mapeo de las metas, objetivos y motivos de los servicios seleccionados de la FIS .....	31
<b>Tabla 15</b> - CSFs, KPIs de los objetivos planteados.....	31
<b>Tabla 16</b> - Servicios de la F.I.S. ....	33
<b>Tabla 17</b> - Detalle e impacto de los servicios hospedados en el servidor de la F.I.S.....	34
<b>Tabla 18</b> - Requerimientos de sistema para Office.....	48
<b>Tabla 19</b> - Requerimientos de sistema para aplicaciones independientes de Office .....	48
<b>Tabla 20</b> - Requerimientos de sistema necesarios para Matlab R2021b.....	49
<b>Tabla 21</b> - Requerimientos de sistema de WebStorm 2021.3.....	49
<b>Tabla 22</b> - Requerimientos de sistema de Node js .....	49

## ABREVIATURAS

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
<b>TI</b>	Tecnología de Información
<b>IaaS</b>	Infrastructure as a Service – Infraestructura como servicio
<b>PaaS</b>	Platform as a Service – Plataforma como Servicio
<b>SaaS</b>	Service as a Service – Servicio como Servicio
<b>API</b>	Application Program Interface – Interfaz de Programación de Aplicación
<b>IDE</b>	Integration Development Environment – Entorno de desarrollo Integrado
<b>VDI</b>	Virtual Desktop Infrastructure - Infraestructura de Escritorios Virtuales
<b>GCVE</b>	Google Cloud VMware Engine
<b>ITIL</b>	Information Technology Infrastructure Library – Biblioteca de Infraestructura de Tecnologías de Información.
<b>ROI</b>	Return Over Investment – Retorno de la Inversión
<b>TCO</b>	Total Cost of Ownership – Costo total de Propiedad
<b>CSI</b>	Continual Service Improvement – Mejora Continua del Servicio
<b>KPI</b>	Key Performance Indicator – Indicador Clave de Rendimiento
<b>CSF</b>	Critical Success Factor – Factor Crítico de Éxito

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo desarrollar un módulo que permita estimar los costos de migración de servicios tecnológicos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas para su posterior proyección a los costos que tendría migrar los servicios a escala de la Escuela Politécnica Nacional. Con este objetivo se definieron los siguientes capítulos a seguir: introducción, metodología, resultados y proyección y conclusiones y recomendaciones.

En el primer capítulo, introducción, se planteó el problema a resolverse, los objetivos, se definió el estado del arte del cloud explicando sus modelos de servicio (IaaS, PaaS, SaaS), se describió y se introdujo al IaaS Google Cloud VMware Engine.

En el segundo capítulo se realiza una investigación de proveedores y los servicios tecnológicos de la FIS, con lo cual se aplicó las recomendaciones de ITIL para obtener los costos y el retorno de la inversión que tendría migrar las cargas de trabajo de la FIS a la nube.

En el tercer capítulo se definieron los VDIs estáticos que se utilizaron como entrada para saber cuántos recursos computacionales se requieren a nivel Facultad Ingeniería de Sistemas. Con este resultado se proyectó y se obtuvo el costo a nivel Escuela Politécnica Nacional.

En el cuarto capítulo se redactaron las conclusiones y recomendaciones en base a los objetivos planteados y al resultado de la investigación.

**Palabras clave:** cloud computing, IaaS, migración a la nube, VDIs, recursos computacionales

## **ABSTRACT**

This work aims to develop a module that allows estimating the Systems Engineering Faculty's technological services migration's costs for its subsequent projection of the costs that would have for migrate those services at Escuela Politécnica Nacional scale. With this objective in mind, the following chapters were defined: introduction, methodology, results and projection, and conclusions and recommendations.

In the first chapter, introduction, the problem to be solved, the objectives, were defined, the state of the art of the cloud was defined explaining its service models (IaaS, PaaS, SaaS), the IaaS Google Cloud VMware Engine was described and introduced.

In the second chapter, an investigation of providers and the Systems Engineering Faculty 's technological services are carried out, with which the ITIL recommendations were applied to obtain the costs and return on investment that would have to migrate the workloads from the Systems Engineering Faculty to the cloud.

In the third chapter, the static VDIs that were used as input to know how many computational resources are required at the Systems Engineering Faculty level were defined. With this result, the cost was projected and obtained at Escuela Politécnica Nacional scale.

In the fourth chapter, the conclusions and recommendations were drawn up based on the objectives set and the result of the investigation.

**Keywords:** Cloud computing, IaaS, cloud migration, VDIs, computing resources.

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La computación en la nube está firmemente establecida como la nueva norma para Tecnología de Información (TI) empresarial [1] debido a que muchas empresas han decidido optar por usar menos recursos locales y optar por Cloud Computing, que según la definición de Mell y Grance [2] es un modelo que permite el acceso desde cualquier lugar y bajo demanda a un grupo compartido de recursos informáticos configurables como servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios que apenas requieren de la interacción con el proveedor de servicios.

La contratación de servicios por demanda permite a la institución que lo contrate, realizar el pago de recursos de TI por su uso, en lugar de comprar, poseer, dar soporte y mantener centros y servidores de datos físicos [3]. Lo que implica reducción de costos en servicios básicos (electricidad, telefonía, entre otros), en personal técnico y de soporte, reducción de tiempo de configuración de los servicios y estrategias de seguridad ya brindadas por el proveedor de servicios.

Parte de los beneficios de la migración a la nube es que la infraestructura puede crecer o decrecer en forma muy rápida según las necesidades; además, no se pierde la autonomía sobre la información que, si bien no se tiene acceso a los servidores físicos, la información está siempre disponible a través de la red [4].

Con estas premisas, se considera necesario el desarrollo de un módulo de estimación de costos para la migración de servicios, acorde al arte actual, a la oferta de Cloud Computing y a las necesidades de la institución. El presente proyecto se utilizará como base para estimar los costos para migrar servicios locales de la Facultad de Ingeniería de Sistemas hacia la nube y con ello proyectar los costos a los servicios tecnológicos de la Escuela Politécnica Nacional.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un módulo de estimación de costos de migración hacia la nube de los servicios tecnológicos existentes en la F.I.S para proyectar en la E.P.N.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los servicios tecnológicos actuales de la Facultad de Ingeniería de Sistemas.
- Investigar los nuevos servicios tecnológicos que debería tener la Facultad de Ingeniería de Sistemas.
- Desarrollar un módulo de costeo de los servicios tecnológicos que se pueden contratar en la nube.
- Proyectar el costo de los servicios en la nube que demanda la Escuela Politécnica Nacional

## **1.3 ESTADO DEL ARTE DEL CLOUD**

### **1.3.1 CLOUD**

Las nubes son entornos de TI que extraen, agrupan y comparten recursos escalables en una red. Suelen crearse para habilitar cloud computing, que consiste en ejecutar cargas de trabajo dentro del sistema. Sin embargo, las nubes y el cloud computing no son tecnologías en sí mismas. Las nubes son sitios donde se ejecutan las aplicaciones y el cloud computing es la función que se encarga de ejecutar cierta carga de trabajo en una nube [5].

### **1.3.2 CLOUD COMPUTING**

Cloud Computing, es un modelo que permite el acceso desde cualquier lugar y bajo demanda a un grupo compartido de recursos informáticos configurables como servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios que apenas requieren



de la interacción con el proveedor de servicios, según la definición de Mell y Grance [2].

Cloud Computing tiene tres tipos de modalidades de servicio que incluyen: Infraestructura como Servicio (IaaS), Plataforma como Servicio (PaaS) y Software como Servicio (SaaS); cada una de las modalidades ofrece diferentes niveles de control, flexibilidad y gestión [3].

## **IaaS**

IaaS ayuda a evitar los gastos y la complejidad de comprar y administrar servidores físicos propios y otra infraestructura del centro de datos [6]. El proveedor de IaaS brinda la virtualización, el almacenamiento, la red y los servidores. De esta manera, quien adquiere no necesita tener un centro de datos ni debe preocuparse por actualizar o mantener físicamente estos elementos.

En la mayoría de los casos, el usuario de la IaaS controla totalmente la infraestructura a través de una interfaz de programación de aplicaciones (API) o de un panel. Dado que la IaaS es el modelo de nube como servicio más flexible, facilita el escalamiento, la actualización y la incorporación de recursos, como el almacenamiento en la nube, para que no tenga que prever las necesidades futuras y afrontar los costos por adelantado [7].

## **PaaS**

PaaS incluye infraestructura y middleware, permite evitar el gasto y la complejidad en la compra y la administración de licencias de software [8]. Es una modalidad del cloud computing en la cual un proveedor de servicios externo brinda el sistema de hardware y una plataforma de software de aplicaciones.

En PaaS, es el usuario quien maneja la aplicación y los datos en sí, se ofrece al usuario una plataforma en la que puede desarrollar, ejecutar y gestionar sus propias aplicaciones sin tener que diseñar ni mantener la infraestructura que, por lo general, se relaciona con el proceso. Las plataformas de nube son un tipo de

PaaS que incluye los servicios que proveen [9]:

- Servicios para desarrollar, probar, implementar, hospedar y mantener aplicaciones en el mismo entorno de desarrollo integrado (IDE).
- Herramientas de creación de interfaz de usuario (UI) basadas en web para ayudar a crear, modificar y probar distintos escenarios de interfaz de usuario.
- Una arquitectura multiempresa en la que varios usuarios simultáneos usan las mismas herramientas de desarrollo [10].

## **SaaS**

SaaS permite a los usuarios conectarse a aplicaciones basadas en la nube a través de Internet y usarlas, el proveedor de servicios administra el hardware y el software y garantizará la disponibilidad y la seguridad de la aplicación y de sus datos [11].

Las características típicas de SaaS incluyen:

- El acceso al servicio de software está basado en web.
- El proveedor de la nube administra el software desde una ubicación central.
- El software se entrega en un modelo de uno a varios en el que "uno" es el proveedor de nube y "varios" son los usuarios de la nube.
- El proveedor de nube controla las actualizaciones y revisiones de software [10].

### **1.3.3 PROVEEDORES DE NUBE**

Los proveedores de nube son empresas que ofrecen entornos de TI, como las nubes públicas o las nubes privadas gestionadas, que extraen, agrupan y comparten recursos escalables en una red. Además, pueden prestar servicios en línea que incluyen la infraestructura como servicio, las plataformas como servicio y el software como servicio [12].

### 1.3.3.1 GOOGLE VMWARE ENGINE

Google Cloud VMware Engine, es un servicio ofertado y administrado por Google Cloud alojado en un entorno dedicado en la infraestructura de alto rendimiento de Google. VMware Engine, puede migrar o extender cargas de trabajo locales a Google Cloud conectándose a un entorno VMware nativo que incluye los componentes: vSphere, vCenter, vSAN, NSX-T y HC, directamente desde la consola de Google Cloud [13].

Ayuda a mantener cargas de trabajo que ya están virtualizadas y ejecutándose en vSphere. Se incluyen cargas de trabajo basadas en servidor como las basadas en infraestructura de escritorio virtual (VDI). La migración es sencilla ya que es de vSphere a vSphere. Por lo tanto, los sistemas operativos utilizados por los entornos VMware locales también serán compatibles con la nube [13].

Las empresas con empleados distribuidos que acceden a sistemas regionalmente diversos en VMware Engine pueden mejorar drásticamente la experiencia del usuario final para VDI y el uso compartido de archivos de Windows (CIFS). Esto es posible porque VMware Engine admite el acceso a discos compartidos [13].

Con GCVE no se adquiere máquinas virtuales en la nube, se adquiere una pila de infraestructura completa. La infraestructura es hiperconvergente de alto rendimiento que consta de procesamiento, memoria y almacenamiento ejecutado en VMware de forma nativa. En términos de GCVE un usuario adquiere nodos, y cada nodo admite una cantidad de máquinas virtuales. Al aprovisionar el procesamiento y el almacenamiento, optimiza la eficiencia de su entorno [14].

VMware Engine se vende por nodos, con la configuración mínima de tres nodos hasta un máximo de 64 nodos por nube privada y se puede crear cualquier cantidad de nubes privadas [15]. Un nodo es un conjunto de recursos computacionales que incluye almacenamiento, memoria y procesamiento. Actualmente el servicio consta de 1 tipo de nodo con las siguientes especificaciones:

- CPU: Intel Xeon Gold 6240 (Cascade Lake), 2.6 GHz (x2), 36 núcleos, 72 procesadores lógicos
- Almacenamiento:

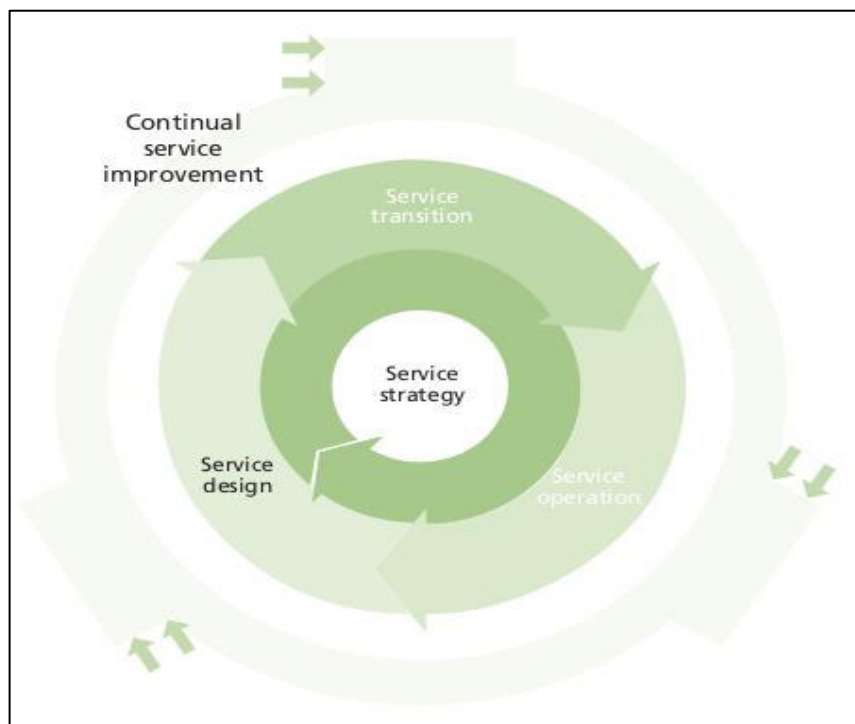
- 2 × 1,6 TB (3,2 TB) NVMe (caché),
- 6 × 3,2 TB (19,2 TB) NVMe (datos)
- VMware vSphere, VMware vSAN, VMware NSX-T y VMware HCX
- Diseño hiperconvergente con vSAN [15]

El precio de contratación del servicio se calcula por consumo o por plazo de compromiso de uso. Existen opciones que incluyen descuentos por compromiso de uso por períodos de uno y tres años, con un mínimo de tres nodos. Los descuentos por compromiso se ofrecen a cambio de comprometerse a usar continuamente los nodos de VMware Engine en una región en particular por un período de uno o tres años. Existe un descuento adicional sobre el precio con compromiso de uso, cuando se factura la totalidad de consumo al inicio del contrato (prepagado) [16].

## 1.4 MARCO DE TRABAJO ITIL

### 1.4.1 INFORMATION TECHNOLOGY INFRASTRUCTURE LIBRARY

ITIL es una suite de publicaciones de buenas prácticas para la administración de TI, propiedad de la Oficina de Comercio Gubernamental. ITIL brinda orientación sobre la prestación de servicios de TI de calidad, sus procesos, funciones y capacidades necesarias para respaldarlos. El marco ITIL se basa en un ciclo de vida del servicio y consta de cinco etapas del ciclo de vida [17].



**Figura 1 - Ciclo de vida del servicio ITIL [17]**

ITIL no es un estándar que se deba seguir al pie de la letra; es una guía que debe leerse, comprenderse y utilizarse para crear valor para el proveedor de servicios y sus clientes. ITIL permite utilizar sus mejores prácticas y adaptarlas para trabajar en entornos específicos de manera que satisfagan las necesidades de las empresas [17].

El núcleo de ITIL consta de cinco publicaciones basadas en el ciclo de vida del servicio. Cada publicación una brinda una guía necesaria para un enfoque integrado y se pueden manejar y aplicar de forma aislada.

Las cinco publicaciones son:

- Estrategia de servicio ITIL
- Diseño de servicios ITIL
- Transición del servicio ITIL
- Operación del servicio ITIL
- Mejora continua del servicio de ITIL [17]

#### **1.4.1.1 ESTRATEGIA DE SERVICIO**

La estrategia de servicio de ITIL comienza definiendo y discutiendo los procesos y principios genéricos de la gestión de servicios y como se aplican de forma coherente a la gestión de servicios de TI. Proporciona una guía de mejores prácticas para la etapa de estrategia de servicio del ciclo de vida del servicio ITIL [17].

El propósito de esta etapa es definir la perspectiva, los planes y los esquemas que un proveedor de servicios necesita para cumplir con los objetivos de TI de una organización. La publicación incluye orientación para las organizaciones que ofrecen servicios de TI como un negocio rentable y para aquellas que ofrecen servicios de TI a otras unidades de negocios dentro de la misma organización, sin fines de lucro [17].

En esta publicación se incluye las características de los tipos de proveedores internos y externos, los activos del servicio, la cartera de servicios y la implementación de la estrategia a lo largo del ciclo de vida del servicio. La gestión de relaciones comerciales, la gestión de la demanda, la gestión financiera, el

desarrollo organizacional y los riesgos estratégicos son temas importantes que son abordados en esta publicación [17].

La adopción e implementación de las mejores prácticas recomendadas en esta publicación permitirá:

- Apoyar la capacidad de vincular las actividades realizadas por el proveedor de servicios a los resultados que son críticos para los clientes internos o externos.
- Permitir que el proveedor de servicios tenga una comprensión clara de qué tipos y niveles de servicio harán que sus clientes obtengan el servicio requerido.
- Permitir que el proveedor de servicios responda rápida y eficazmente a los cambios en el entorno empresarial, lo que garantiza una mayor ventaja competitiva a lo largo del tiempo [17].

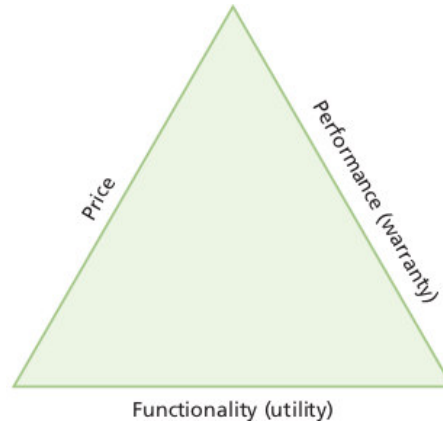
### **Proveedores de servicios**

Los proveedores de servicios se diferencian por aspectos como los clientes, los contratos, la competencia, los espacios de mercado, los ingresos y la estrategia que utilizan. Hay tres tipos principales de proveedores de servicios:

- Tipo I: proveedor de servicios interno. Está integrado en una unidad de negocio.
- Tipo II: unidad de servicios compartidos. Proporciona servicios de TI compartidos a más de una unidad de negocio.
- Tipo III: proveedor de servicios externo. Proveedor de servicios que proporciona servicios de TI a clientes externos [17].

### **Triángulo de servicio**

Una buena relación entre un proveedor de servicios y sus clientes se basa en que el cliente reciba un servicio que satisfaga sus necesidades, a un nivel aceptable de desempeño y a un costo que pueda pagar. El proveedor de servicios debe averiguar cómo lograr un equilibrio entre estas tres áreas.



**Figura 2** - Triángulo de servicios (precio, funcionalidad y desempeño) ITIL [17]

Solo cortar el rendimiento o la funcionalidad de un servicio no necesariamente resultará en una disminución significativa del precio. Reducir el rendimiento disminuirá la cantidad de dinero gastado, pero puede aumentar el costo del soporte reactivo y el tiempo de inactividad. Cada cliente requerirá un equilibrio diferente entre estas tres áreas [17].

### **Economía del servicio**

La economía del servicio se relaciona con el equilibrio entre el costo de la prestación de los servicios, el valor de los resultados obtenidos y los beneficios que los servicios permiten lograr. El éxito del proveedor de servicios se mide por el retorno de su inversión (ROI). Calcula la inversión total necesaria para prestar el servicio y lo compara con los ingresos obtenidos por la prestación de este [17].

### **Retorno de la inversión**

El ROI se utiliza como una medida de la capacidad de utilizar activos para generar valor. Es la ganancia neta de una inversión dividida por el valor neto de los activos invertidos. El porcentaje resultante se aplica a los ingresos totales adicionales o a la eliminación del costo final. En términos económicos, una buena inversión es aquella que supera la tasa de rendimiento del mercado de capitales.

Un cálculo de ROI muy simple se puede definir de la siguiente manera:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Increase in profit resulting from the service}}{\text{Total investment in the service}}$$

**Figura 3** - Cálculo de ROI [17]

Si bien los cálculos del ROI pueden ser útiles para indicar el éxito de un servicio o la implementación de una gestión de servicios, hay una serie de factores que deben tenerse en cuenta, entre ellos:

- Los ejercicios de ROI que se centran exclusivamente en métricas financieras no indican el rendimiento potencial completo. Por ejemplo, algunos servicios tienen poco retorno directo, pero proporcionan la base por la cual se pueden prestar otros servicios.
- El cálculo del ROI debe incluir alguna medida de cuánto el servicio, o el proyecto de gestión del servicio, acercó a la organización al logro de su estrategia. A menudo, estas serán declaraciones cualitativas sobre el servicio o proyecto, por ejemplo, mayores niveles de lealtad del cliente.
- Los cálculos de ROI que solo se centran en los resultados a corto plazo a menudo arrojarán cifras negativas. Por ejemplo, muchos procesos de gestión de servicios se centran en mejorar la capacidad y los recursos del proveedor de servicios. Estos pueden llevar algún tiempo para diseñar y construir (y una inversión significativa) antes de que rindan cualquier devolución [17].

#### **1.4.1.2 DISEÑO DE SERVICIOS**

El diseño de servicio de ITIL proporciona orientación para el diseño y desarrollo de servicios y prácticas de gestión de servicios [17]. Reúne las necesidades de los servicios y crea las especificaciones de diseño necesarios para proporcionar



servicios. Una característica particular de este enfoque es un fuerte énfasis en la reutilización durante el diseño [18].

Esta publicación describe los principios del diseño de servicios y busca identificar, definir y alinear la solución de TI con los requisitos comerciales de la empresa. Analiza los fundamentos de los procesos de diseño y los cinco aspectos del diseño:

- Servicios
- Diseño de sistemas y herramientas de Gestión de Servicios, especialmente el portafolio de servicio
- Arquitecturas tecnológicas y sistemas de gestión
- Procesos
- Métodos y métricas de medición [18].

El objetivo principal del diseño de servicios es diseñar servicios de TI, junto con las prácticas, los procesos y las políticas de TI definidas, para realizar una estrategia y facilitar la introducción de estos servicios en el entorno en vivo, lo que garantiza: una prestación de servicios de calidad, la satisfacción del cliente y la rentabilidad de la prestación de servicios [18].

La selección y adopción de las mejores prácticas recomendadas en esta publicación permitirá a las organizaciones ofrecer beneficios significativos, como:

- Reducir el costo total de propiedad (TCO), solo se puede minimizar si todos los aspectos de los servicios, procesos y tecnología se diseñan y se implementan correctamente.
- Mejorar la calidad del servicio, como la calidad operativa mediante servicios mejor diseñados para cumplir con los resultados requeridos por el cliente [18].

### **1.4.1.3 TRANSICIÓN DEL SERVICIO**

La transición de servicio de ITIL proporciona orientación para el desarrollo y mejora de capacidades para introducir servicios nuevos y modificados en entornos compatibles [17]. Provee orientación para el desarrollo y mejora de las capacidades para la transición de servicios nuevos y modificados a las operaciones del negocio [19].

La publicación combina prácticas en la gestión de versiones, de programas y de riesgos para utilizarse en la gestión de servicios. Presta orientación sobre la gestión de la complejidad de cambios en los servicios, previniendo consecuencias no deseadas. Se proporciona orientación sobre la transferencia del control de los servicios entre clientes y proveedores de servicios [19].

La selección y adopción de las mejores prácticas recomendadas en esta publicación ayudará a las organizaciones a ofrecer beneficios significativos. En detalles, permitirá:

- Permitir que los proyectos estimen el costo, el tiempo, los requisitos de recursos y los riesgos asociados con la etapa de transición del servicio con mayor precisión.
- Asegurar que los servicios nuevos o modificados sean mantenibles y rentables.
- Mejorar el control de los activos y las configuraciones del servicio [19].

#### **1.4.1.4 OPERACIÓN DEL SERVICIO**

La operación del servicio ITIL define los procesos, funciones, organización y herramientas que se utilizan en las actividades en curso necesarias para brindar y respaldar los servicios. Incluye orientación sobre cómo lograr eficiencia y eficacia en la prestación y soporte de servicios para garantizar el valor para el cliente, los usuarios y el proveedor de servicios [20].

La operación del servicio tiene como propósito coordinar y llevar a cabo las actividades y procesos necesarios para brindar y administrar los servicios en los niveles acordados para los usuarios y clientes comerciales. Es responsable de la gestión continua de la tecnología que se utiliza para prestar y dar soporte a los servicios [20].

La elección y adopción de las mejores prácticas recomendadas en esta publicación tiene como objetivo ayudar a cumplir los siguientes propósitos en la operación del

servicio:

- Reducir la mano de obra y los costos no planificados para la empresa y para TI mediante el correcto manejo de las interrupciones del servicio y la identificación de sus principales causas.
- Proporcionar una base para operaciones automatizadas, aumentando así la eficiencia y permitiendo que los costos de recursos humanos se utilicen para trabajos más innovadores [20].

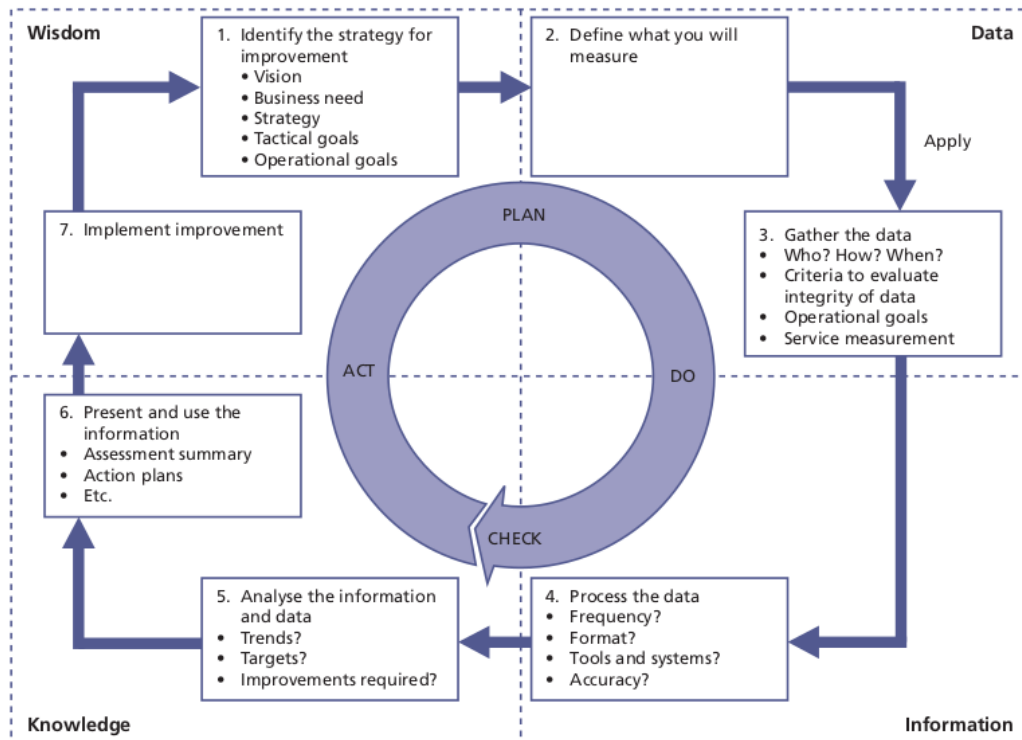
#### **1.4.1.5 MEJORA CONTINUA DEL SERVICIO**

Mejora continua del servicio (CSI) de ITIL proporciona una guía sobre la creación y mantenimiento de valor del servicio para los clientes mediante una mejor estrategia, diseño, transición y operación de los servicios. Combina principios, prácticas y métodos de la gestión de la calidad, la gestión del cambio y la mejora de la capacidad [21].

El propósito de la etapa CSI es alinear los servicios de TI con las necesidades comerciales cambiantes mediante la identificación e implementación de mejoras en los servicios de TI. Estas actividades de mejora respaldan el enfoque del ciclo de vida a través de la estrategia del servicio, el diseño del servicio, la transición del servicio y la operación del servicio [21].

##### **Proceso de mejora de siete pasos**

CSI utiliza el proceso de mejora de siete pasos que se muestra en la figura 4. El propósito del proceso de mejora de siete pasos es definir y gestionar los pasos necesarios para identificar, definir, recopilar, procesar, analizar, presentar e implementar mejoras [21].



**Figura 4 - Proceso de mejora de 7 pasos de ITIL [21]**

### **Paso 1: Definir qué se debe medir**

Se debe identificar la visión general de la organización. Algunas entradas que podrían utilizarse son:

- Requisitos y objetivos de nivel de servicio
- Catálogo de servicios
- Declaraciones de visión y misión
- Metas y objetivos corporativos, divisionales y departamentales
- Requisitos legislativos
- Requisitos de gobernanza [21]

### **Paso 2: Definir qué se puede medir**

En este paso se debe definir lo que realmente se puede medir. Las siguientes son algunas áreas potenciales de medición:

- Niveles de servicio
- Satisfacción del cliente
- Impacto empresarial

- Rendimiento de los proveedores
- Desempeño del mercado [21]

### **Paso 3: Recopilar datos**

Cuando se está diseñando un nuevo servicio o se modifica uno existente, se puede garantizar que lo que CSI necesita monitorear esté diseñado en los requisitos del servicio. Existen tres tipos de métricas que una organización necesitará recopilar para respaldar la mejora continua del servicio [21]:

- Métricas de tecnología: Se asocian con métricas basadas en componentes y aplicaciones, como rendimiento, disponibilidad, etc.
- Métricas de proceso: Se capturan en forma de CSF, KPI y métricas de actividad para los procesos de gestión de servicios.
- Métricas de servicio: Estos son los resultados del servicio de un extremo a otro. Las métricas de tecnología se utilizan normalmente para ayudar a calcular las métricas del servicio [21].

### **Paso 4: Procesar los datos**

Una vez que se recopilan los datos, se deben procesar, este paso consiste en convertir los datos en el formato requerido y para la audiencia requerida. Por lo general, los datos también se colocan en un formato que proporciona una perspectiva de un extremo a otro sobre el rendimiento general de un servicio. Esta actividad inicia la transformación de datos sin procesar en información [21].

### **Paso 5: Analizar la información y datos**

El análisis de datos transforma la información en conocimiento. Se requiere más habilidad y experiencia para realizar análisis de datos que la recopilación y el procesamiento de datos. Durante esta actividad se espera que se verifiquen las metas y los objetivos. Esta verificación valida que se apoyen los objetivos y se agregue valor. Se debe documentar las observaciones y conclusiones.

## **Paso 6: Presentar y usar la información**

Se presenta al público objetivo el conocimiento generado de manera clara, digerible y oportuna. Se presentan las excepciones del servicio identificadas, los beneficios encontrados o que se pueden esperar. La recopilación de datos se produce a nivel operativo de una organización. Estos datos se deben transformar en conocimiento que todos los niveles puedan apreciar y obtener información sobre sus necesidades y expectativas [21].

## **Paso 7: Implementar la mejora**

Se utiliza el conocimiento adquirido y se combinan con experiencia previa para tomar decisiones informadas sobre cómo optimizar, mejorar y corregir servicios. Los gerentes deben identificar problemas y presentar soluciones.

Esta publicación provee las mejores prácticas validadas, basadas en la habilidad y el conocimiento de los profesionales experimentados de la industria en la adopción de un enfoque estandarizado y controlado para la gestión de servicios. Sus temas incluyen la medición del servicio, la demostración del valor con métricas, el desarrollo de líneas de base y evaluaciones de madurez [21].

## **Factores críticos de éxito**

Es algo que debe suceder para que un servicio, proceso, plan, proyecto u otra actividad de TI tenga éxito, para medir si el logro de un factor crítico de éxito se utilizan los indicadores clave de rendimiento KPI [18].

## **Indicador clave de rendimiento**

Según el Glosario de ITIL Service Design [18], KPI (Key Performance Indicator), es una métrica que se utiliza para ayudar a administrar un servicio, proceso u otra actividad de TI. Se utilizan para medir el logro de los CSF. Se pueden medir muchas métricas, pero solo las más importantes se definen como KPIs y se utilizan para

gestionar e informar activamente sobre el proceso, el servicio o la actividad de TI.

Las categorías de KPI se pueden clasificar como:

- Cumplimiento: Responde a la pregunta ¿Se está haciendo?
- Calidad: Responde a la pregunta ¿Qué tan bien se está haciendo?
- Rendimiento: Responde a la pregunta ¿Qué tan rápido o lento se está haciendo?
- Valor: Responde a la pregunta ¿Lo que se está haciendo marca la diferencia [21]?

La adopción e implementación de los enfoques para CSI descritos en esta publicación permitirá:

- Obtener una mejora gradual y continua de la calidad del servicio.
- Asegurar que los servicios de TI se mantengan continuamente alineados con los requisitos comerciales.
- Dar lugar a mejoras graduales en la rentabilidad a través de una reducción en los costos y / o la capacidad de manejar más trabajo al mismo costo [21].

## **1.4.2 IMPORTANCIA PARA EL DESARROLLO**

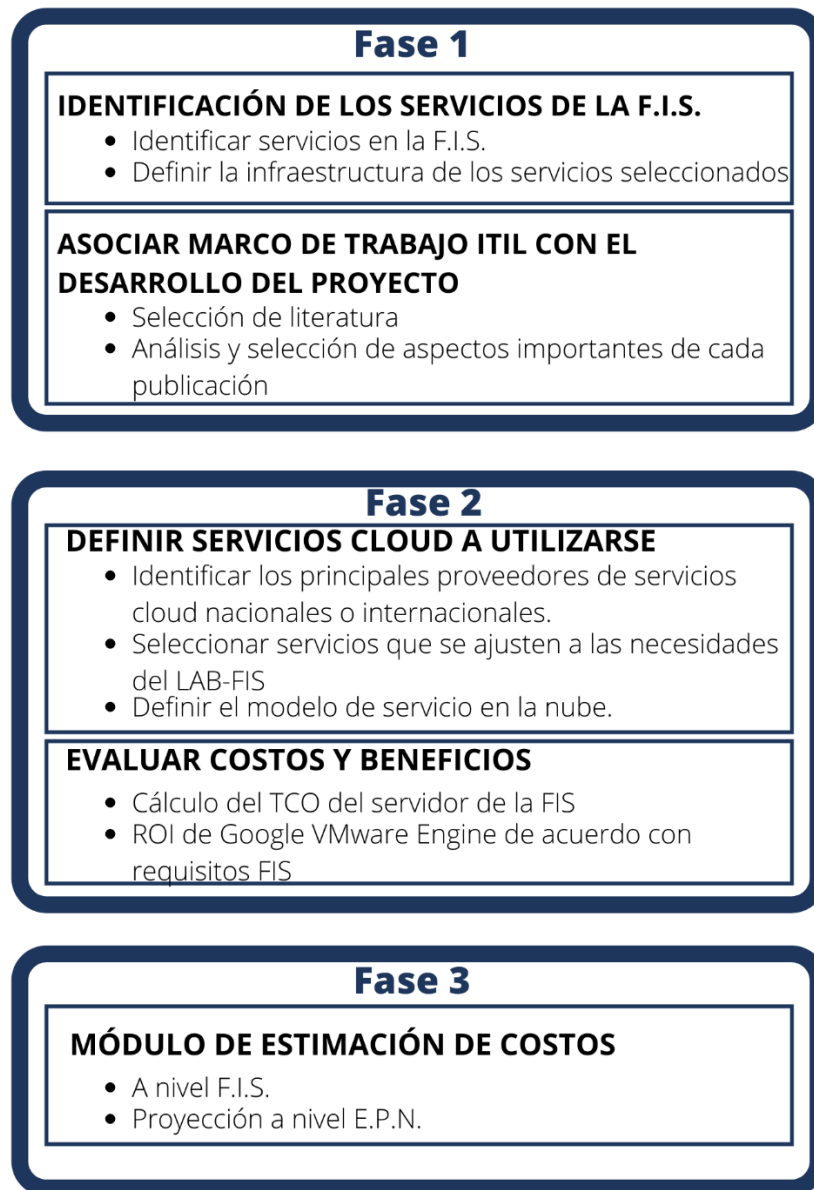
El enfoque a los servicios proporcionado por ITIL, en conjunto con sus buenas prácticas y la extensa información que provee en cada una de sus publicaciones sirven de apoyo en el desarrollo de cada etapa de este proyecto, y su aplicación se podrá observar en el capítulo 2 de este documento.

## **1.5 COSTO TOTAL DE PROPIEDAD**

El TCO (costo total de propiedad) de Gartner es una medida diseñada por el Grupo Gartner a finales de los 70's y se reconoce como el método estándar de la industria para el análisis financiero de TI. Se define como una evaluación integral de TI que incluye la adquisición, administración y soporte de hardware y software, comunicaciones, gastos del usuario final y el costo de oportunidad del tiempo de inactividad y capacitación [22].

Su aplicación se realizará en el Capítulo 2 del documento, una vez que se tenga que costear el servidor utilizado por la F.I.S.

## 2 METODOLOGÍA



**Figura 5.** Metodología utilizada



## 2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS DE LA F.I.S.

A continuación, se detallan los pasos seguidos:

Paso 1.- Identificar servicios en la F.I.S.

Se realizó una lista de servicios para analizar con la ayuda del Ingeniero Rodrigo Chancusig MSC, encargado de la Gestión LAB-FIS.

**Tabla 1** - Lista de servicios seleccionados

Servicios tecnológicos de la Facultad de Ingeniería de Sistemas
VDI
Sistema de gestión y control físico de los laboratorios
Sistema de gestión de reservas de laboratorio

Fuente: Jorge Miño, Asistente de TICs LAB-FIS

Paso 2.- Definir la infraestructura de los servicios seleccionados

Se realizó una entrevista al Ingeniero Jorge Miño, Asistente de TICs LAB-FIS, para tener más conocimiento de los servicios seleccionados y la infraestructura del servidor utilizado, obteniendo la siguiente información:

**Tabla 2** - Infraestructura total LAB-FIS

Detalle	Capacidad	Utilizado	Libre
CPU Total	435,79 GHz	150 GHz	285,79 GHz
RAM	1,75 TB	1,18 TB	578,9 GB
Almacenamiento	36,5 TB	19,57 TB	16,93 TB

Fuente: Jorge Miño, Asistente de TICs LAB-FIS

**Tabla 3** - VDIs asignados

Distribución de VDI	
Máquinas Virtuales Asignados para materias	85
Máquinas Virtuales Asignados para servidores	4
Máquinas Virtuales Ocupadas para el funcionamiento de la infraestructura	192

Fuente: Jorge Miño, Asistente de TICs LAB-FIS

Los valores presentados corresponden al período 2021-A.

## **Recursos Estáticos y Dinámicos**

Se definieron los tipos de recursos de acuerdo con la ocupación de los VDIs:

- Recursos estáticos: Aquellos orientados al funcionamiento de la infraestructura.
- Recursos dinámicos: Escritorios virtuales de uso de estudiantes y docentes que pueden utilizar de 2 a 8 núcleos o 4GB a 16 GB en RAM.

## **2.2 ASOCIAR MARCO DE TRABAJO ITIL CON EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

Para asociar el marco de trabajo ITIL se siguieron los siguientes pasos:

Paso 1.- Selección de literatura:

Se seleccionaron los siguientes libros de ITIL v3:

- Service Strategy
- Continual Service Improvement

Paso 2.- Análisis y selección de aspectos importantes de cada publicación

- Continual Service Improvement

Se siguieron los pasos de mejora del servicio definidos en ITIL Mejora Continua del Servicio:

1. Definir qué se debería medir

Del catálogo de servicios de la F.I.S. se seleccionaron los ya mencionados con anterioridad en la Tabla 1:

VDI,

Sistema de gestión y control físico de los laboratorios,

Sistema de gestión de reservas de laboratorio.

2. Definir qué se puede medir

Con ayuda del ingeniero Jorge Miño, Asistente de TICs del LAB-FIS, se obtiene

la siguiente tabla, en la que se define qué se puede medir de cada servicio seleccionado:

**Tabla 4** - Qué se puede medir de cada servicio y el medio de recopilación de información.

<b>Servicio</b>	<b>Qué se puede medir</b>	<b>Recopilación de información</b>
VDI	Capacidad de escritorios, sin afectar el rendimiento	Informe Infraestructura de Escritorios Virtuales (VDI)
Sistema de gestión y control físico de los laboratorios	Recursos utilizados	Informe Infraestructura de Escritorios Virtuales (VDI)
Sistema de gestión de reservas de laboratorio	Recursos utilizados	Informe Infraestructura de Escritorios Virtuales (VDI)

Fuente: autor

### 3. Recopilar datos

Los datos se recopilaron de manera manual y con ayuda de herramientas simples como el administrador de máquinas virtuales. Las cuales se encuentran detalladas en los documentos de los Anexos I y II. La recolección de datos se realizó una única vez para conocer el estado actual de la infraestructura para el desarrollo de esta investigación.

**Tabla 5** - Detalle de recursos utilizados

<b>Detalle</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Utilizado</b>	<b>Libre</b>	<b>%Utilizado</b>
CPU Total	435,79 GHz	150 GHz	285,79 GHz	34.42%
RAM	1,75 TB	1,18 TB	578,9 GB	67.42%

Almacenamiento	36,5 TB	19,57 TB	16,93 TB	53.61%

Fuente: anexo 1

**Tabla 6** - Detalles usuarios VDI

Capacidad Máxima Plataforma para asignar al VDI	140 usuarios
Escritorios Virtuales asignados actualmente	85
Escritorios Virtuales Disponibles	30
Máquinas Virtuales Ocupadas para el funcionamiento de la infraestructura	192

Fuente: anexo 1

Con respecto a la infraestructura del VDI, se realizaron pruebas de rendimiento al inicio de su implementación mostrando una estabilidad con 300 VDI conectados simultáneamente, con las siguientes características:

Procesador: 2 Procesadores Intel Xeon CPU E5-2690 v3 2.60 GHz

Memoria RAM: 4 GB

Disco Duro: 60 GB

Sistema Operativo: Windows 10

En la actualidad, la memoria RAM asignada aumentó, para soportar las exigencias computacionales de muchas aplicaciones utilizadas. Para mantener la capacidad de VDIs se puede asignar hasta 16 GB de RAM, la capacidad de disco duro no existiría un límite, pero la recomendación sería el asignar hasta 500 GB, CPU con dos núcleos a cada VDI.

#### 4. Procesar los datos

Para definir lo que se espera de los servicios seleccionados de la F.I.S., se realizó una tabla de mapeo de metas, objetivos y motivo del deseo de cada uno.

**Tabla 7 - Mapeo de las metas, objetivos y motivos de los servicios seleccionados de la FIS**

<b>Servicio</b>	<b>Meta</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Motivo</b>
VDI	Incrementar el número de VDIs ofertados	Utilizar un mayor número de licencias virtuales ya adquiridas	Incremento de la demanda
Sistema de gestión y control físico de los laboratorios	Migrar funcionalidad	Ahorrar recursos durante inactividad	Inactividad por pandemia
Sistema de gestión de reservas de laboratorio	Migrar funcionalidad	Ahorrar recursos durante inactividad	Inactividad por pandemia

Fuente: autor

Los objetivos de la migración se tradujeron en CSFs, KPIs y medidas para conocer si se están cumpliendo los deseos

**Tabla 8 - CSFs, KPIs de los objetivos planteados**

<b>Objetivo</b>	<b>Objetivo de alto nivel</b>	<b>CSF</b>	<b>KPI</b>	<b>Categoría KPI</b>	<b>Medida</b>
Incrementar el número de VDIs ofertados	Incrementar la capacidad computacional	Reducir costos de TI	Número máximo de VDIs asignables	Valor	Costo de los recursos necesarios
Migrar funcionalidad	Conseguir una holgura de un mínimo de 5% para la creación de VDIs	Reducir costos de TI	Uso de CPU, memoria, almacenamiento	Valor	Costo de los recursos necesarios

Fuente: autor

5. Analizar la información y datos

Acorde a la información obtenida y los objetivos que se quieren lograr, se requiere una mejora para prestar el servicio de VDIs. Esta mejora se puede conseguir elevando la capacidad del servidor físico de la FIS o migrando la carga de trabajo a la nube.

Se debe tomar en cuenta que el chasis de servidores de la FIS tiene únicamente un slot más para escalar con un servidor Blade, en cambio la migración del servicio a la nube permite adquirir los recursos necesarios y escalar de manera rápida si se necesita.

6. Presentar y usar la información

Este paso de desarrolla en el capítulo 3 del documento.

7. Implementar la mejora

Este paso no se realiza por el alcance de la tesis.

- **Service Strategy**

Para definir por qué tipo de proveedores deberían optar los servicios seleccionados de la F.I.S. se siguieron los principios de estrategia de servicio. En base a las recomendaciones se optó por un tipo III de proveedores según ITIL, que son proveedores de servicio externo.

Para saber si un servicio debería mantenerse, desagregarse o subcontratarse, ITIL recomienda seguir las preguntas de Milgrom y Roberts [17], mostradas en la tabla 16 con cada servicio y la acción correspondiente a cada respuesta.

**Tabla 9** – Preguntas de Milgrom y Roberts [17] recomendadas por ITIL aplicadas a los servicios de la F.I.S. realizadas al ingeniero Jorge Miño, Asistente de TICs del LAB-FIS

Servicio Pregunta	VDI	Sistema de gestión y control físico de los laboratorios	Sistema de gestión de reservas de laboratorio	Portal Web FIS	Servidor FTP	Servidor JISIC
¿Requiere la actividad activos que sean altamente especializados? ¿Serán esos activos obsoletos?	SI Desagregue / Subcontrate	SI Desagregue / Subcontrate	SI Desagregue / Subcontrate	SI Desagregue / Subcontrate	NO Mantener	SI Desagregue / Subcontrate
¿Con qué frecuencia se realiza la actividad dentro de un período o ciclo económico? ¿Es poco frecuente o esporádico?	NO	SI Subcontrate	SI Subcontrate	NO	SI Subcontrate	NO
¿La actividad requiere conocimientos específicos de una unidad de negocio en particular, incluso si la actividad es poco frecuente y / o especializada?	SI Desagregue	NO	NO	SI Desagregue	NO	SI Desagregue
¿Es simple y rutinario?	NO Desagregue	SI Subcontrate	SI Subcontrate	SI Subcontrate	SI Subcontrate	NO Desagregue
¿Es difícil definir un buen desempeño?	NO	NO	NO	NO	NO	SI Agregue
¿Es difícil medir un buen desempeño?	NO	NO	NO	NO	NO	SI Agregue
¿Está estrechamente relacionado con otras actividades o activos del negocio? ¿Separarlo aumentaría la complejidad y causaría problemas de coordinación?	NO Desagregue	NO Desagregue	SI Agregue	SI Agregue	NO Desagregue	NO Desagregue

Fuente: Jorge Miño, Asistente de TICs del LAB-FIS

De acuerdo con las respuestas, se determinó que los servicios ofrecidos por la F.I.S deberían desagregarse o subcontratarse con excepción del servidor FTP. Migrar estos servicios a la nube permitiría reducir la carga del servidor de la FIS, ya que sus requerimientos no son tan especializados como se puede observar en la lista de Servidores Asignados del Anexo 1.

Para conocer el estado y el impacto de funcionalidad de los servicios tecnológicos

de la F.I.S se completó la tabla 17, que está basada en el paso 4 para definir servicios de ITIL Service Strategy [17], en el que el proveedor de servicios clasifica y visualiza el servicio.

**Tabla 10** - Detalle e impacto de los servicios hospedados en el servidor de la F.I.S

Servicio	VDI	Sistema de gestión y control físico de los laboratorios	Sistema de gestión de reservas de laboratorio	Portal Web FIS	Servidor FTP	Servidor JISIC
Ámbito						
Impacto que causaría la caída del servicio	Todos los servidores se levantan como VDI excepto Portal Web. Se verían afectados estudiantes y docentes	Personal administrativo y docente que tenga registrado los bienes en el sistema	Personal docente, estudiantes FIS Personal externo	Personal docente, estudiantes FIS Personal externo	Personal docente, estudiantes FIS	Usuarios en general: panelistas, personal JISIC
Del 1 al 5 defina el orden de importancia e impacto del servicio	5	4	3	3	2	4
Existe algún requerimiento obligatorio (de ser el caso indicar de qué tipo y cual es.)	Certificado autenticidad Plugin citrix Navegador web Suite citrix Licencias VMware Licencias citrix ISO Acceder mediante VPN	Navegador web VPN Certificados S.O Windows server 2016 MySQL Node 10	Navegador web Certificados S.O Windows server 2016 MySQL Node 10 ngrok	Navegador web Joomla mysql	Servidor Linux 20.02 FileZilla Abiertos puertos 21, 20	Joomla Apache tomcat MySQL
Existen roles o responsabilidades requeridas dentro del servicio	SI, administrador	SI, administrador	SI, administrador	SI	SI, administrador	SI
Existen tiempos de respuesta mínimos	SI, inmediato (24-48) h	NO	NO	24 h	NO	(24-48) h

Fuente: Jorge Miño, Asistente de TICs del LAB-FIS

Como análisis de las respuestas se determina que el servicio de VDIs para la Facultad de Sistemas es un servicio de alto impacto que requiere tiempos de respuesta inmediata y una alta disponibilidad.



## 2.3 DEFINIR SERVICIOS CLOUD A UTILIZARSE

A continuación, se detallan los pasos seguidos:

Paso 1.- Identificar los principales proveedores de servicios cloud nacionales o internacionales.

Para seleccionar los proveedores se utilizó como referencia empresas en el cuadrante mágico de Gartner para Plataformas Cloud 2021 [23] (figura 6).



**Figura 6 - Cuadrante mágico de Gartner [23]**

De todos los proveedores en el cuadrante se obtienen las siguientes características generales:

- Todos los proveedores tienen ofertas de IaaS y PaaS en la nube pública.
- Todos los proveedores ofrecen IaaS básico en la nube: recursos informáticos, de almacenamiento y de red como servicio.
- Todos los proveedores afirman tener altos estándares de seguridad.
- Los acuerdos de nivel de servicio (SLA) de disponibilidad informática mensual del 99,95% y superiores son generalmente la norma.
- Todos los proveedores evaluados ofrecen portal, documentación, soporte técnico, atención al cliente y contratos en inglés [23].

De la oferta de proveedores se realizó un cuadro de información con los siguientes: IBM, Microsoft, Google y Telconet, que no se encuentra en el cuadrante por ser proveedor local.

**Tabla 11** - Características de la nube de IBM

<b>IBM</b>	
Fortaleza	IBM ha realizado la transición a la mensajería en torno a la informática híbrida. Ofrece capacidades y herramientas a las empresas, lo que les permite elegir el entorno de nube que mejor se adapte a sus requisitos de aplicación específicos, posicionando a IBM Cloud como una oferta especializada o de nicho durante el proceso de selección.
Debilidades	IBM Cloud sigue siendo una plataforma compleja resultante de ofertas heredadas y ganancias desiguales en el desarrollo de productos. Aunque IBM lanzó la infraestructura Gen 2 en 2019, la nueva oferta de IaaS contiene un subconjunto de las capacidades que solo está disponible en cinco países.
	Los mejores casos de uso para IBM Cloud son lift and shift, empresa extendida y la nube, que se mejora con la tecnología Red Hat y es particularmente sólida para los requisitos de múltiples nubes. IBM tiene un enfoque de inversión que incluye la nube híbrida y los servicios de nube centrados en la industria.

Fuente: [23]

**Tabla 12** - Características de nube de Microsoft

<b>Microsoft</b>	
Fortaleza	Microsoft Azure ofrece un conjunto completo de soluciones de un extremo a otro relacionadas con una amplia gama de cargas de trabajo y aplicaciones. Esto es evidente a partir de las asociaciones de Microsoft Azure con Oracle, SAP y VMware, continúa con las capacidades de Azure con respecto a los contenedores y sin servidor, y termina con soluciones atractivas para los entornos híbridos y de borde.
Debilidades	Microsoft no proporciona ninguna forma de capacidad garantizada a los clientes; incluso los acuerdos prepagos y las instancias reservadas no son garantías de capacidad.  Microsoft tiene la proporción más baja de zonas de

	disponibilidad a regiones de todos los proveedores en este Cuadrante Mágico, y un conjunto limitado de servicios admite el modelo de zona de disponibilidad.
	Microsoft es fuerte en todos los casos de uso. Esto incluye los casos de uso extendidos de computación en la nube y en el borde. Azure es especialmente adecuado para organizaciones centradas en Microsoft. Microsoft tiene un enfoque de inversión en realizar mejoras arquitectónicas en la plataforma Azure y brindar una amplia gama de servicios enfocados a la empresa.

Fuente: [23]

**Tabla 13** - Características de nube de Google

<b>Google</b>	
Fortaleza	Las contribuciones de código abierto de Google han sido innovaciones que han movido el mercado y han cambiado el curso de TI empresarial. Estas innovaciones han servido para habilitar a otros proveedores de servicios en la nube, pero también han llevado a los desarrolladores a compartir la mente con Google Cloud Platform (GCP). Durante el año pasado, GCP experimentó un aumento notable en la participación de mercado en términos de IaaS y dbPaaS, aunque desde una base más baja, en relación con otros proveedores en este Cuadrante Mágico.
Debilidades	Las tan aclamadas capacidades de red de Google han sido la fuente de una serie de interrupciones de GCP durante el último año, con un impacto devastador en los clientes. Una interrupción tuvo un alcance multirregional y afectó a los clientes de GCP y a los servicios al consumidor de Google, como G Suite y YouTube. Esto resultó en una indisponibilidad total de la red de GCP para algunos clientes.
	Google ha evolucionado mejorando sus fortalezas y atacando sus limitaciones para proporcionar una oferta sólida en cada caso de uso, excepto en el caso de uso de borde. Google tiene un enfoque futuro en desarrollar capacidades híbridas y asociaciones con proveedores de telecomunicaciones.

Fuente: [23]

**Tabla 14** – Características de nube de Telconet

<b>Telconet</b>	
Fortaleza	Son la Nube Pública – Híbrida – Privada más grande que existe en Ecuador brindando el Servicio a Ecuador y el Mundo. Todos sus Cloud IaaS se brindan sobre

	infraestructura de última tecnología de los mejores fabricantes con el mejor servicio para todo tipo de mercado sea este del sector público o privado cumpliendo las normativas de seguridad respectivas.
Debilidades	Tiene el porcentaje de disponibilidad más bajo de los proveedores descritos anteriormente.
Clientes	Marathon Sports Marcimex Fybeca KFC Banco de Guayaquil Banco del Pacífico Telefónica Te Uno Red Cedia Servientrega

Fuente: [24]

Paso 2.- Seleccionar servicios que se ajusten a las necesidades del LAB-FIS

Se seleccionaron servicios que brinden requisitos similares con el hardware utilizado por el LAB-FIS.

**Tabla 15** - Comparación de infraestructura de distintos servicios cloud

Servidor de infraestructura	Físico	IBM public multi-tenant	Azure	Google
<b>CPU</b>	48 procesadores Intel Xeon CPU E5-2690 V3 a 2.66 GHz 124.51 GHz	48vCPU	168 vCPU(s) (Spring Cloud)	40 vCPU (COMPUTE ENGINE)
<b>RAM</b>	511.47 GB	384 GB	1 TB (Spring Cloud)	961 GB (COMPUTE ENGINE)
<b>Almacenamiento</b>	36.5 TB	8.1 TB	37 TB (Storage accounts)	8,78 TB SSD (COMPUTE ENGINE) 29 TB (Standard Storage)

<b>Sistema Operativo</b>	Windows	Windows Server 2019 Standard Edition (64 bit)	Microsoft Online Services Agreement (Spring Cloud)	Paid: Windows Server 2008r2, Windows Server 2012r2, Windows Server 2016, Windows Core
<b>Precio (1)</b>		\$ 4 302.80/mes	\$ 15,722.45 / mes + \$790.15 / mes = \$ 16,512.6	\$ 5,281.90 / mes + \$ 598.57 / mes
<b>Precio (2)</b>		\$ 8 605.60	\$ 33,025.2 / mes	\$ 10,563.8 / mes + \$ 1,197.14 / mes

Fuente: Páginas de productos de los proveedores de servicios cloud.

Servicio con requisitos similares al servidor de producción del LAB-FIS con el proveedor IBM:

**Tabla 16** - Comparación de infraestructura con servicio cloud

<b>Servidor de Producción</b>	<b>Físico</b>	<b>Virtual 4</b>
<b>CPU</b>	120 procesadores lógicos Intel Xeon CPU E5-2690 V3 a 2.66 GHz 311.16 GHz	Dedicated instance 56 vCPU Dedicated host 56 Cores
<b>Memoria</b>	1.25 TB	Dedicated instance 242 GB Dedicated host 484 GB
<b>Almacenamiento</b>	32 TB	Dedicated instance 8.1 TB Dedicated host 1.2 TB

<b>Sistema Operativo</b>	Windows	Dedicated instance Windows Server 2019 Standard Edition (64 bit) Dedicated host
<b>Precio (1)</b>		\$ 4 683.85/mes
<b>Precio (5)</b>		\$ 23 419.25/mes

Fuente: Páginas de productos de los proveedores de servicios cloud.

Durante la investigación se analizó las ofertas de Google Cloud VMware Engine, un producto de Google que permite migrar cargas de trabajo de VMware en la nube, estas cargas se utilizan actualmente en los servidores físicos del LAB-FIS. Una definición más detallada se encuentra en el Capítulo 1 de este trabajo.

**Tabla 17** - Comparación de infraestructura con Google VMware Engine

<b>Recursos</b>	<b>Hardware Total Actual</b>	<b>Google Cloud VMware Engine (1 nodo)</b>	<b>Google Cloud VMware Engine (5 nodos)</b>
<b>CPU</b>	7 * Intel Xeon CPU E5-2690 V3 a 2.66 GHz (x2), 24 núcleos / 48 procesadores lógicos	Intel Xeon Gold 6240 (Cascade Lake), 2.6 GHz (x2), 36 núcleos / 72 procesadores lógicos	5 * Intel Xeon Gold 6240 (Cascade Lake), 2.6 GHz (x2), 180 núcleos / 360 procesadores lógicos.
<b>Memoria</b>	1.75 TB	768 GB	3,840 GB
<b>Almacenamiento</b>	36.5 TB	NVMe de 19.2 TB	NVMe de 96 TB
<b>S.O, Software</b>	Windows	VMware vSphere, VMware vSAN, VMware NSX-T, VMware HCX	VMware vSphere, VMware vSAN, VMware NSX-T, VMware HCX
<b>Precio mensual 3 años prepago</b>	-	\$ 3,394.50	\$ 16,972.50
<b>Precio anual 3 años prepago</b>	-	\$ 40,734.00	\$ 203,670.00
<b>Precio total con acuerdo prepago (3 años)</b>	-	\$ 122,202.00	\$ 611,010.00
<b>Precio mensual 3 años sin prepago</b>	-	\$ 3,898.20	\$ 19,491.00

<b>Precio anual sin prepago</b>	-	\$ 46,778.40	\$ 233,892.00
<b>Precio 3 años sin prepago</b>	-	\$ 140,335.20	\$ 701,676.00
<b>Precio mensual acuerdo 1 año</b>		\$ 5,124.60	\$ 25,623.00
<b>Precio anual acuerdo 1 año</b>		\$ 61,495.20	\$ 307,476.00


Fuente: Google Cloud

En la tabla 10 se puede observar los recursos que ofrecen 1 y 5 nodos del servicio.

Y el detalle de los siguientes precios:

- Precio mensual del servicio con acuerdo de 3 años prepagados.
- Precio anual del servicio con acuerdo de 3 años prepagados.
- Precio total del servicio con acuerdo de 3 años prepagados.
- Precio mensual del servicio con acuerdo de 3 años sin prepago.
- Precio anual del servicio con acuerdo de 3 años sin prepago.
- Precio total del servicio con acuerdo de 3 años sin prepago.

Se obtuvieron los precios de 5 nodos del servicio, en la figura 7 se muestra el precio mensual sin suscripción. En la figura 8 se observa el valor mensual del servicio con suscripción a un año, en la región us-central [25].


5x VE1-STANDARD-72 
Number of nodes: 5
Number of hours per month: 3,650
Region: Iowa
Effective Hourly Rate: \$9.29
<b>USD 33,908.50</b>

**Figura 7** - Costo mensual sin suscripción [25]

5x VE1-STANDARD-72	
Number of nodes: 5	
Number of hours per month: 3,650	
Committed usage: 1 Year	
Region: Iowa	
Effective Hourly Rate: \$7.02	
<b>USD 25,623.00</b>	

**Figura 8** - Costo mensual con suscripción [25]

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó el valor total de adquisición de 5 nodos del servicio con un compromiso de uso de 3 años prepagados en la región us-central.

5x VE1-STANDARD-72	
Number of nodes: 5	
Number of hours per month: 3,650	
Committed usage: 3 year prepaid	
Region: Iowa	
Effective Hourly Rate: \$4.65	
<b>USD 16,972.50</b>	

**Figura 9** – Costo mensual de 5 nodos con acuerdo de uso y prepago. [25]

Paso 3.- Definir el modelo de servicio en la nube.

El servicio seleccionado para su análisis fue el que brinda Google Cloud VMware Engine. Este IaaS mantiene un equilibrio entre el rendimiento que brinda, la funcionalidad que cubre y el precio en el que se oferta basándose en las áreas en las que se basa el triángulo de servicio de ITIL descrito en el Capítulo 1 de este proyecto.



## **2.4 EVALUAR COSTOS Y BENEFICIOS**

### **2.4.1 TCO SERVIDOR F.I.S.**

Para calcular el Total Cost of Ownership (TCO), se revisó la metodología propuesta por Gartner, en conjunto con ITIL y fuentes externas.

#### **2.4.1.1 COSTOS UTILIZADOS**

Para el cálculo del TCO del servidor F.I.S. se utilizaron los siguientes costos:

##### **Depreciación:**

Para el cálculo de la depreciación se utilizaron los principales componentes de la infraestructura de hardware:

- Servidor Blade UCSB-B200-M4
- UCS 5108 Blade Server AC2 Chassis
- Cisco UCS 6248UP 48-Port Fabric Interconnect
- IBM Storwize V7000

##### **Salario**

Se utilizó el salario de dos técnicos de la DGIP con un nivel SP5.

##### **Recursos Software**

Se utilizó el valor de las licencias de VMware VSphere Enterprise Plus.

Los precios utilizados fueron adquiridos del personal de la DGIP y del documento Acta Entrega Recepción Definitiva del proceso de contratación de la EPN con el objetivo de modernización de la infraestructura de almacenamiento y servidores de la EPN, almacenado en el Sistema Oficial de Contratación Pública [26] y se puede observar en el Anexo III.

#### **2.4.1.2 CÁLCULO DE LA DEPRECIACIÓN**

Para el cálculo de la depreciación del servidor F.I.S. se utilizó el método de cálculo de depreciación definido en la normativa de contabilidad gubernamental [27], tomando en cuenta que para el cálculo de la depreciación anual serían 365 días.

### Fórmula utilizada:

$$CDP = \frac{\text{Valor Contable (-) Valor residual}}{\text{Vida útil estimada (años)}} \times \frac{n}{365} \text{ ó } \frac{n}{12}$$

Dónde:

**CDP** = Cuota de Depreciación Proporcional.

**n** = Número de días o meses, contados a partir del inicio de su utilización.

**Figura 10** - Fórmula para el cálculo de depreciación [22].

DEPRECIACIÓN LINEAL POR AÑOS									
Item	Cantidad	Valor contable	Valor residual	Vida útil (años)	Fecha inicio operación	Fecha depreciación	días operativos	Depreciación anual lineal	Cuota de Depreciación Proporcional
Servidor Blade UCSB-B200-M4	7	\$ 404,163.20	\$40,416.32	5	09/12/2016	21/08/2021	1716	\$72,749.38	\$342,021.72
UCS 5108 Blade Server AC2 Chassis	1	\$ 7,126.77	\$712.68	5	09/12/2016	21/08/2021	1716	\$1,282.82	\$6,031.00
Cisco UCS 6248UP 48-Port Fabric Interconnect	2	\$ 38,037.32	\$3,803.73	5	09/12/2016	21/08/2021	1716	\$6,846.72	\$32,188.95
IBM Storwize V7000	1	\$ 77,419.36	\$7,741.94	5	09/12/2016	21/08/2021	1716	\$13,935.48	\$65,515.87
<b>DEPRECIACIÓN TOTAL</b>								\$94,814.40	\$445,757.55

**Figura 11** - Cálculo de la depreciación del Hardware del servidor F.I.S.  
Fuente: autor

### 2.4.1.3 CÁLCULO SALARIO

Para el cálculo del salario del personal se tomó en cuenta 2 técnicos, con grados jerárquicos A3 y A4. Se consideraron 10 horas mensuales como tiempo aproximado de atención al servidor de la F.I.S por parte de los técnicos

Nombre	Puesto	Grado jerárquico o escala al que pertenece el puesto	Sueldo Anual	Sueldo Mensual	Horas Atención mensuales al servidor FIS	Valor aplicable anual al servidor FIS
HIDALGO VALENCIA DANIEL ALEJANDRO	ESPECIALISTA DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES 2	UEP NIVEL PROFESIONAL A3	18356	1529.666667	10	4589
CHAVEZ CARRASCO WILLIAM MARCELO	TECNICO DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION Y COMUNICACIONES	UEP NIVEL NO PROFESIONAL A4	11713	976.0833333	10	2928.25
<b>Total</b>			\$30,069.00	\$2,505.75	20	\$7,517.25

**Figura 12** - Cálculo del salario del personal técnico que maneja el servidor F.I. S  
Fuente: autor

#### 2.4.1.4 CÁLCULO DEL COSTO TOTAL DE PROPIEDAD

Con los costos obtenidos por cálculos y de la información provista, se calculó el T.C.O anual del servidor de la F.I.S.

Se tomaron en cuenta:

- Costo de licencias anuales para los 7 servidores
- Salario de los técnicos
- Costo promedio de servicios básicos

TCO servidor FIS (anual)			
Recursos Hardware y Software Servidor FIS	Cantidad (si aplica)	Costo unitario \$ (si aplica)	Costo total \$
Licencia S.O. servidor	-	-	
Licencia VmWare vSphere Enterprise Plus	7	4,350.00	\$30,450.00
Anti Spam	-	-	
Licencia anti virus	-	-	
Licencias respaldos	-	-	
Salario Personal Técnico			\$7,517.25
Servicios Generales: Servicios básicos (electricidad,...), limpieza			\$38,236.80
Depreciación Hardware (anual)			\$177,136.64
<b>TOTAL ANUAL</b>			<b>\$ 253,340.69</b>

**Figura 13** - Cálculo del T.C.O anual del servidor de la FIS

Fuente: autor

Siguiendo el modelo ITIL, el cálculo del TCO basado en servicios se describe de la siguiente manera:

TCO servidor FIS orientado a servicios	
<b>Recursos Servidor FIS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Licencia VmWare vSphere Enterprise Plus</b>	<b>\$30,450.00</b>
Tipo de Costo	Software
Clasificación del Costo	Operacional
	Directo
	Fijo
<b>Salario Personal Técnico</b>	<b>\$7,517.25</b>
Tipo de Costo	Mano de obra
Clasificación del Costo	No Operacional
	Directo
	Variable
<b>Servicios Generales</b>	<b>\$38,236.80</b>
Tipo de Costo	Mano de obra
Clasificación del Costo	No Operacional
	Directo
	Variable
<b>Depreciación</b>	<b>\$177,136.64</b>
Tipo de Costo	Hardware
Clasificación del Costo	No Operacional
	Indirecto
	Fijo
<b>TOTAL</b>	<b>\$253,340.69</b>

**Figura 14** - T.C.O anual del servidor F.I.S orientado a servicios  
Fuente: autor

Como se puede observar en la figura 14, el valor del T.C.O orientado a servicios es igual al valor obtenido mediante el cálculo de T.C.O simple, lo que lo diferencia es el enfoque y descripción de los servicios.

## 2.4.2 ROI GOOGLE VMWARE ENGINE DE ACUERDO CON REQUISITOS F.I.S.

Para calcular el Retorno de la Inversión (ROI), se revisó la documentación provista por ITIL y fuentes externas.

### 2.4.2.1 FÓRMULA UTILIZADA

Para el cálculo del ROI de la migración de las cargas de trabajo de VMware del servidor F.I.S. a Google VMware Engine se utilizó la siguiente fórmula, basada en la presentada por ITIL y mostrada en la figura 3 de este documento.

$$ROI = \frac{\text{Ganancia de la inversión} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}}$$

**Figura 15** - Fórmula cálculo del ROI  
Fuente: ITIL

#### 2.4.2.2 OBTENCIÓN DE COSTOS

##### **Ganancia de la inversión:**

Se considera ganancia de la inversión a los gastos operativos que se evitan al no poseer un servidor físico

##### **Inversión**

Es el valor total de la migración a la nube.

#### 2.4.2.3 CÁLCULO DE LA INVERSIÓN

Se toma únicamente el costo de adquisición del producto, ya que la infraestructura de comunicación fue adquirida previamente.

Recursos Hardware y Costo Servicio	Cantidad (si aplica)	Costo unitario (si aplica)	Costo total \$
Recursos internos (tiempo de TI y cualquier otro equipo interno)			
Licencias de software utilizadas o perdidas durante la transición			
Servicios profesionales para recibir soporte durante la migración (opcional)			
Accesorios para la conectividad (routers, switches, cableado de red).			
Tasas de servicio o suscripción de Cloud anual con acuerdo de 3 años prepago			\$ 701,676.00
Tasas de servicio o suscripción de Cloud anual con acuerdo de 3 años sin prepago			\$ 611,010.00
<b>TOTAL SIN PREPAGO</b>			\$ 701,676.00
<b>TOTAL CON PREPAGO</b>			\$ 611,010.00

**Figura 16** - Costo de inversión de Adquisición de 5 nodos de Google VMware Engine

#### 2.4.2.4 CÁLCULO DEL ROI

El valor calculado es negativo el primer y segundo año por el costo de adquisición, pero se compensa al tercer año con un retorno positivo.

Se puede notar que el ROI es mayor cuando se adquiere el servicio con pago anticipado, ya que la tarifa de contratación disminuye.

Servicio	Inversión	TCO ANUAL (gastos operativos)	Ganancia de la inversión	ROI 1er año	ROI 2do año	ROI 3er año
Google Cloud VMware Engine Costo anual sin prepago	\$ 701,676.00	\$ 253,340.69	\$ 253,340.69	-64%	-28%	8%
Google Cloud VMware Engine Costo anual con prepago	\$ 611,010.00	\$ 253,340.69	\$ 253,340.69	-59%	-17%	24%

**Figura 17** - Cálculo del ROI de la contratación del servicio Google Cloud VMware Engine

De acuerdo con ITIL un retorno directo bajo, no es señal de alarma ya que al adquirir los recursos en la nube se pueden cumplir los objetivos planteados. Otro aspecto importante es que la facultad es una institución sin fines de lucro cuya ganancia verdadera se ve reflejada en los servicios que brinda a estudiantes y docentes,

## 2.5 REQUERIMIENTOS O REDIMENSIONAMIENTO DE RECURSOS PARA PRODUCTOS SOFTWARE

Para definir el tamaño que requieren los VDIs según las necesidades de los estudiantes se investigó los recursos de sistema que necesitan algunos programas e IDEs en Windows.

**Tabla 18** - Requerimientos de sistema para Office

<b>Programa</b>	Office Hogar y Estudiantes, Office Hogar y Empresas y Office Profesional 2021
<b>Procesamiento</b>	1.1 GHz o más rápido, dos núcleos
<b>Memoria</b>	4 GB de RAM
<b>Almacenamiento</b>	4 GB de espacio disponible en disco [28]

Fuente: [28]

**Tabla 19** - Requerimientos de sistema para aplicaciones independientes de Office

<b>Programa</b>	Aplicaciones independientes de Office 2021 Access 2021, Publisher 2021, Project 2021 (Standard y Profesional) y Visio 2021 (Standard y Profesional).
-----------------	--

<b>Procesamiento</b>	1.6 GHz o más rápido, dos núcleos
<b>Memoria</b>	4 GB de RAM
<b>Almacenamiento</b>	4 GB de espacio disponible en disco

Fuente: [28]

**Tabla 20** - Requerimientos de sistema necesarios para Matlab R2021b

<b>Programa</b>	MATLAB R2021b
<b>Procesamiento</b>	Cualquier procesador Intel o AMD x86-64, se recomienda uno con cuatro núcleos lógicos para todos los productos MathWorks
<b>Memoria</b>	4 GB de RAM mínimo, se recomienda 8 GB
<b>Almacenamiento</b>	5-8 GB para una instalación típica

Fuente: [29]

**Tabla 21** - Requerimientos de sistema de WebStorm 2021.3

<b>Programa</b>	WebStorm 2021.3
<b>Sistema Operativo</b>	Versiones de 64 bits de Microsoft Windows 10, 8
<b>Memoria</b>	2 GB de RAM como mínimo, 8 GB recomendados
<b>Almacenamiento</b>	2,5 GB

Fuente: [30]

**Tabla 22** - Requerimientos de sistema de Node js

<b>Programa</b>	Node js
<b>Procesador</b>	1.6 GHz o más rápido, dos núcleos
<b>Memoria</b>	4 GB de RAM
<b>Almacenamiento</b>	10 GB

Fuente: [31]

### 3 RESULTADOS Y PROYECCIÓN

#### 3.1 RESULTADOS

De acuerdo con la información recolectada sobre el estado actual del servidor F.I.S y los requerimientos actuales necesarios se obtienen los siguientes resultados al comparar con los recursos que ofrece Google Cloud VMware Engine con 5 nodos.

De acuerdo con las necesidades de los estudiantes y profesores y como recomendación de Jorge Miño se definieron VDIs estáticos que puedan ser asignados a una persona durante el período académico. Los VDIs estáticos facilitan el almacenamiento de información y el uso personal. Se definieron 2 clases de VDIs con las siguientes características:

	Unidad de Medida	VDI CLASE I	VDI CLASE II
<b>MEMORIA</b>	GB	8	16
<b>PROCESAMIENTO</b>	procesadores	4	8
<b>ALMACENAMIENTO HD</b>	GB	100	200

**Figura 18** - Tipos de VDIs estáticos para proyección

Fuente: autor

Para obtener una proporción de uso de procesadores lógicos en los VDIs estáticos de Clase I o de Clase II, se analizaron los VDIs creados en la F.I.S en el período 2021-A con sus requerimientos y se obtuvieron los siguientes resultados:

- VDIs de clase I (4 procesadores lógicos): 96%
- VDIs de clase II (8 procesadores lógicos): 4%

VDIs 2021-A	Total	Porcentaje
Total de VDIs creados	89	100%
VDIs 2 y 4 procesadores	85	96%
VDIs 8 procesadores	4	4%

**Figura 19** - Requerimientos de procesadores para VDIs de Ingeniería de Sistemas



Fuente: autor

Para obtener el número de VDIs promedio que se requiere en Ingeniería de Sistemas se realizó una comparativa del número de estudiantes matriculados y los VDIs creados en los períodos 2020-B y 2021-A.

Unidad Académica		2020-B	2021-A	Promedio	Porcentaje de Ocupación VDIs 2021-A	Número aproximado de VDIs 2021-A
Ingeniería de Sistemas	VDIs	108	85	97	19%	106
	Estudiantes matriculados	459	552	506		

**Figura 20** - Cálculo de número de VDIs para Ingeniería de Sistemas

Fuente: autor

De acuerdo con los 5 nodos de Google Cloud VMware Engine que se definieron para contratar se realizaron los cálculos de cuántos VDIs estáticos se pueden crear, se obtienen los siguientes recursos:

RECURSOS	Unidad de Medida	1 NODO	5 NODOS
CPU	Procesadores lógicos	72	360
MEMORIA	GB	768	3840
DATOS	GB NVMe	19660.8	98304
CACHÉ	TB NVMe	3.2	16

**Figura 21** - Recursos cloud disponibles con 5 nodos

Fuente: autor

Realizando una relación de los 106 VDIs obtenidos con los requeridos según el número de procesadores se obtienen las siguientes cantidades de VDIs estáticos por clase:

Computadores 2 y 4 procesadores	96%	102
Computadores 8 procesadores	4%	4

**Figura 22** - Cantidad de VDIs estáticos por clase

Fuente: autor

En donde el 96% corresponde a la clase I y el 4% a la clase II.

De acuerdo con los recursos que ofrecen 5 nodos del IaaS se pueden obtener 90 VDIs de clase I, como se puede observar en la figura 23.

VDI CLASE I	RAM	PROCESADORES	DATOS
Cantidad por recurso	480	90	983.04
Cantidad Máxima de VDIs	90		
Cantidad de recursos ocupados	720	360	9000
Cantidad de recursos disponibles	3120	0	89304

**Figura 23** - Cantidad máxima de VDIs estáticos de clase I

Fuente: autor

Como se puede observar el número máximo de VDIs de clase I, no cubre la cantidad aproximada calculada de VDIs para Ingeniería de Sistemas, ya que el número de procesadores lógicos no abastecen los requerimientos.

El valor de adquisición que tiene la contratación de 5 nodos se detalla en la figura 24, en donde se muestran los precios anuales con prepago, con acuerdo de suscripción o sin restricciones.

Descripción de precios	Número de nodos	Costo anual 1 nodo	Costo total anual	Costo total 3 años	Tiempo de uso obligatorio (años)
Precio anual acuerdo 3 años prepago	5	\$ 40,734.00	\$ 203,670.00	\$ 611,010.00	3
Precio anual acuerdo 3 años sin prepago	5	\$ 46,778.40	\$ 233,892.00	\$ 701,676.00	3
Precio anual sin prepago	5	\$ 61,495.20	\$ 307,476.00	\$ 922,428.00	1

**Figura 24** - Descripción de precios de contratación de nodos para la FIS

Fuente: autor

## 3.2 PROYECCIÓN

### 3.2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La información del número de estudiantes por carrera de pregrado se obtuvo de las estadísticas públicas de la EPN, cuyo enlace directo por carrera se encuentra en el Anexo V.

Unidad Académica	Carrera	Estudiantes matriculados por carrera 2020-B	Estudiantes matriculados por carrera 2021-A	Estudiantes matriculados por unidad académica 2021-A
Ciencias	Física	95	113	392
	Matemática	61	72	
	Matemática Aplicada	86	102	
	Economía	84	105	
Ciencias Administrativas	Ingeniería de la Producción	139	170	170
	Administración de Empresas	-	-	
Ingeniería Civil y Ambiental	Ingeniería Civil	222	274	393
	Ingeniería Ambiental	110	119	
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	Electricidad	254	275	937
	Electrónica y Automatización	239	280	
	Tecnología de información	136	153	
	Telecomunicaciones	212	229	
Ingeniería en Geología y Petróleos	Petróleos	59	66	139
	Geología	59	73	
Ingeniería Mecánica	Ingeniería Mecánica	481	541	541
	Ingeniería en Materiales	-	-	
Ingeniería Química y Agroindustria	Ingeniería Agroindustrial	146	158	437
	Ingeniería Química	239	279	
Ingeniería de Sistemas	Ingeniería en Software	267	339	552
	Ingeniería en Computación	192	213	
Escuela de Formación de Tecnólogos	Tecnología Superior en Agua y Saneamiento Ambiental	72	92	548
	Tecnología Superior en Desarrollo de Software	117	143	
	Tecnología Superior en Electromecánica	128	152	
	Tecnología Superior en Redes y Telecomunicaciones	152	161	
	<b>Total</b>		3550	

**Figura 25** - Estudiantes de pregrado de la E.P.N por Unidad Académica

Fuente: autor

Se obtuvo un 92% de la información del número de estudiantes por unidad académica, faltando únicamente los estudiantes de las carreras Ingeniería en Materiales y Administración de Empresas.

Para obtener el número aproximado de VDIs aplicables para las unidades académicas, se consideró que Ingeniería Eléctrica y Electrónica debe tener un porcentaje igual a la F.I.S debido al ámbito tecnológico que tiene. De igual manera para la ESFOT se consideró un 10% de ocupación de VDIs. Para el resto de las unidades académicas se utilizó el 5% para calcular el número de VDIs.

Los resultados del número aproximado de VDIs de las carreras de pregrado por cada unidad académica, se pueden observar en la figura 26.

Unidad Académica	Carrera	Estudiantes matriculados por carrera 2021-A	Estudiantes matriculados por unidad académica 2021-A	Porcentaje de ocupación aproximada VDIs	Número aproximado de VDIs 2021-A
Ciencias	Física	113	392	5%	19
	Matemática	72			
	Matemática Aplicada	102			
	Economía	105			
Ciencias Administrativas	Ingeniería de la Producción	170	170	5%	8
	Administración de Empresas	-			
Ingeniería Civil y Ambiental	Ingeniería Civil	274	393	5%	19
	Ingeniería Ambiental	119			
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	Electricidad	275	937	19%	178
	Electrónica y Automatización	280			
	Tecnología de información	153			
	Telecomunicaciones	229			
Ingeniería en Geología y Petróleos	Petróleos	66	139	5%	6
	Geología	73			
Ingeniería Mecánica	Ingeniería Mecánica	541	541	5%	27
	Ingeniería en Materiales	-			
Ingeniería Química y Agroindustria	Ingeniería Agroindustrial	158	437	5%	21
	Ingeniería Química	279			
Ingeniería de Sistemas	Ingeniería en Software	339	552	19%	104
	Ingeniería en Computación	213			
Escuela de Formación de Tecnólogos	Tecnología Superior en Agua y Saneamiento Ambiental	92	548	10%	54
	Tecnología Superior en Desarrollo de Software	143			
	Tecnología Superior en Electromecánica	152			
	Tecnología Superior en Redes y Telecomunicaciones	161			
<b>Total</b>		4109	4109		436
<b>Porcentaje</b>			100%		10.6%

**Figura 26 - Número aproximado de VDIs por unidad académica**

Fuente: autor

### 3.2.2 RESULTADOS DE PROYECCIÓN A LA E.P.N.

Los resultados del número aproximado de VDIs por cada unidad académica se pueden observar en la figura 26.

Para obtener el número de nodos necesarios del IaaS Google Cloud VMware Engine, se utilizaron las 2 clases de VDIs estáticos definidos previamente en la figura 18.

#### Caso 1

El primer caso estudiado es en el que todos los VDIs utilizados sean de clase I

Total de VDIs Clase I		436	
VDI CLASE I	RAM	PROCESADOR LÓGICO	DATOS
Cantidad necesaria por recurso	3488	1744	43600
Cantidad Total de nodos necesarios	25		
Cantidad de recursos disponibles	15712	56	447920
Porcentaje disponible	81.8%	3.1%	91.1%

**Figura 27** - Cantidad de nodos y recursos utilizados

Fuente: autor

Para poder crear los 436 VDIs de clase I se necesitan 25 nodos del IaaS Google Cloud VMware Engine, como se puede observar la cantidad de recursos disponibles sobrantes es superior al 80% excepto en procesamiento, en donde la cantidad de procesadores lógicos sobrantes es de 56.

## Caso 2

En este caso las unidades académicas que no están enfocadas en la tecnología utilizan VDIs de clase I, mientras que Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Eléctrica y Electrónica y ESFOT utilizan VDIs de clase I y VDIs de clase II de acuerdo con la proporción de uso.

El número total de VDIs de clase I son 100 y necesitan los recursos especificados en la figura 28.

Total de VDIs Clase I		100	
1.VDI CLASE I	RAM	PROCESADOR LÓGICO	DATOS
Cantidad necesaria por recurso	800	400	10000

**Figura 28** - VDIs de clase I

Fuente: autor

El número total de VDIs sobrantes son 336, de los cuales un 96% son de clase I y el 4% restante son de clase II.

Total de VDIs Restantes	336	
Computadores 2 y 4 procesadores	96%	323
Computadores 8 procesadores	4%	13
<b>VDI CLASE I</b>	323	
<b>VDI CLASE II</b>	13	

**Figura 29** - Número de VDIs clase I y II para carreras tecnológicas

Fuente: autor

Se obtuvieron los recursos necesarios tanto de los VDIs de clase I como de la clase II y se sumaron con la cantidad necesaria de recursos de VDI clase I para unidades académicas no relacionadas con la tecnología.

<b>2.VDI CLASE I</b>	<b>RAM</b>	<b>PROCESADOR LÓGICO</b>	<b>DATOS</b>
Cantidad necesaria por recurso	2584	1292	32300
<b>3.VDI CLASE II</b>	<b>RAM</b>	<b>PROCESADOR LÓGICO</b>	<b>DATOS</b>
Cantidad necesaria por recurso	208	104	2600

**Figura 30** - Recursos necesarios para VDIs clase I y II

Fuente: autor

En la figura 31 se puede observar como 25 nodos son suficientes para abastecer las necesidades de recursos de los VDIs estáticos de la E.P.N. sin embargo, la cantidad de procesadores lógicos sobrantes es apenas de 4.

<b>TOTAL</b>			
Cantidad de recursos totales (1+2+3)	3592	1796	44900
Cantidad Total de nodos necesarios	25		
Cantidad de recursos disponibles	15608	4	446620
Porcentaje disponible	81.3%	0.2%	90.9%

**Figura 31** - Cantidad de nodos necesarios para la E.P.N caso 2

Fuente: autor

El costo total de contratación de los 25 nodos se detalla a continuación:

Descripción de precios	Número de nodos	Costo anual 1 nodo	Costo total anual	Costo total 3 años	Tiempo de uso obligatorio (años)
Precio anual acuerdo 3 años prepago	25	\$ 40,734.00	\$ 1,018,350.00	\$ 3,055,050.00	3
Precio anual acuerdo 3 años sin prepago	25	\$ 46,778.40	\$ 1,169,460.00	\$ 3,508,380.00	3
Precio anual, sin prepago	25	\$ 61,495.20	\$ 1,537,380.00	\$ 4,612,140.00	1

**Figura 32** - Costo de contratación de 25 nodos

Fuente: autor

Como se puede observar tanto en el caso 1 como en el caso 2 se requieren 25 nodos. No obstante, para tener una holgura de más del 5% en procesadores se recomienda contratar 27 nodos del IaaS Google Cloud VMware Engine, lo que permitiría crear más VDIs estáticos de requerirse.

TOTAL			
	RAM	PROCESADOR LÓGICO	DATOS
Cantidad de recursos totales (1+2+3)	3592	1796	44900
Cantidad Total de nodos recomendados	27		
Cantidad de recursos disponibles	17144	148	485941.6
Porcentaje disponible	82.7%	7.6%	91.5%

**Figura 33** - Recursos disponibles sobrantes con 27 nodos

Fuente: autor

Cómo se puede observar en la figura 33, el porcentaje de memoria y almacenamiento disponibles serían bastante altos, lo que permitiría crear VDIs con mayores recursos en estos ámbitos.

El precio de contratación de 27 nodos se define en la siguiente figura

Descripción de precios	Número de nodos	Costo anual 1 nodo	Costo total anual	Costo total 3 años	Tiempo de uso obligatorio (años)
Precio anual acuerdo 3 años prepago	27	\$ 40,734.00	\$ 1,099,818.00	\$ 3,299,454.00	3
Precio anual acuerdo 3 años sin prepago	27	\$ 46,778.40	\$ 1,263,016.80	\$ 3,789,050.40	3
Precio anual, sin prepago	27	\$ 61,495.20	\$ 1,660,370.40	\$ 4,981,111.20	1

**Figura 34** - Costo de contratación de 27 nodos  
Fuente: autor

### 3.2.3 COMPARATIVA VDI Y COMPUTADOR FÍSICO

Los resultados obtenidos con el presente estudio pueden compararse con la adquisición de computadores físicos que provean características similares.

#### Comparación con computadores físicos

Para la comparación se investigó ordenadores físicos que tengan requisitos similares a los planteados en los VDIs estáticos de clase I y clase II.

Para obtener precios del fabricante se analizó directamente de la página de ventas de Dell de Estados Unidos y para contrastar con los precios actuales en el país se investigó procesos de adquisición de computadores en la SERCOP, como se puede observar en la figura 35.

	Dell Desktop 10ma Gen Intel Core i3-10105 (4-Core, 6M Cache, 3.7GHz to 4.4GHz) 8GB RAM 256GB SSD	Dell Desktop 10ma Gen Intel Core i7-10700 (8-Core, 16M Cache, 2.9GHz to 4.8GHz) 12GB RAM 512GB SSD	Lenovo V50a 24IMB All in One Intel Core i7-10700T 10ma generación 8GB RAM 1TB HD Linux	Computador tipo torre Intel Core i7 8GB RAM 1TB HD Windows Monitor
Similitud	VDI estático clase I	VDI estático clase II	VDI estático clase II	VDI estático clase I
Cantidad	423	13	13	423
Precio Unitario	\$ 449.00	\$ 699.00	\$ 1,322.47	\$ 801.90
Perifericos (mouse y teclado) + monitor	\$ 257.97	\$ 257.97		
Precio Total	\$ 299,048.31	\$ 9,344.97	\$ 17,192.09	\$ 339,203.70
Observación	Precio Dell Estados Unidos	Precio Dell Estados Unidos	Precio Proceso de Adquisición Universidad Técnica del Norte de ordenadores	Precio Proceso de Adquisición Biblioteca Nacional Eugenio Espejo

**Figura 35** - Comparación de precios de computadores

Fuente: autor



En la figura 36 se muestra el valor de adquisición con los computadores con precios de Estados Unidos y con precios de Ecuador. El valor del hardware adicional, licencias, firewall y costos relacionados con la adquisición fueron estimados.

	Precio Total EEUU	Precio Total Ecuador	
Precio ordenador y periféricos	\$ 308,238.92	\$ 349,628.40	
Hardware de redes	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00	*valor estimado
Licencias	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00	*valor estimado
Firewall	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00	*valor estimado
Mantenimiento	\$ 7,517.25	\$ 7,517.25	*valor de 10 horas de atención anuales
Infraestructura (Costos de energía)	\$ 40,236.80	\$ 40,236.80	*valor estimado
<b>Total</b>	\$ 655,992.97	\$ 697,382.45	

**Figura 36** - Comparación del precio total de adquisición de computadores físicos

Fuente: autor

Tanto los precios de Estados Unidos como los de Ecuador se toma el valor del mantenimiento el valor calculado para el mantenimiento del servidor de la FIS.

### Comparación con servidores físicos

Se compararon los recursos que se estimaron para los VDIs de la EPN del IaaS Google Cloud VMware Engine con el TCO de un servidor físico.

Especificaciones	Precio Total	Observaciones
Infraestructura: Servidores Blade, Rack y Chassis Discos de almacenamiento Hardware de redes Licencias Sistema de Respaldo Balanceador de carga	\$ 1,359,000.00	Precio obtenido de la adquisición de infraestructura en 2016
Firewall, seguridad	\$ 60,000.00	*Precio estimado
Mantenimiento e instalación	\$ 40,000.00	*Precio estimado
Infraestructura (Costos de energía, enfriamiento)	\$ 50,236.80	*Precio estimado
<b>Total</b>	\$ 1,509,236.80	

**Figura 37** – Costo Total de adquisición de infraestructura en 2016

Fuente: autor

En la figura 37 se observa que, al adquirir un servidor físico, también se debe adquirir

la infraestructura de red necesaria, licencias y mantenimiento. El precio tomado para el valor de la infraestructura y software fue el del contrato de adquisición de software que se puede ver en el Anexo 3 con el valor del 2016.

El precio muestra el valor real de adquisición de la infraestructura con licencias y hardware de conexión de capa 2, sin embargo, el precio actual sería mayor ya que los servidores Blade adquiridos se encuentran discontinuados. La capacidad computacional adquirida es menor a la investigada con los 25 nodos de Google Cloud VMware Engine.

Se utilizó la Calculadora del costo total de propiedad (TCO) de Microsoft para simular un servidor físico con las características de los nodos de Google VMware Engine para la EPN, cuyos costos incluyen infraestructura, licencias para los servidores, no las licencias de VMware, mantenimiento y redes.

Especificaciones	Precio Total	Observaciones
Infraestructura: Hardware Software Electricidad Centro de datos Redes Almacenamiento Personal de TI	\$ 1,762,206.00	Precio obtenido de la calculadora de TCO de Microsoft
Total	\$ 1,762,206.00	

**Figura 38** - Costo Total de Adquisición de calculadora de Microsoft Azure  
Fuente: autor

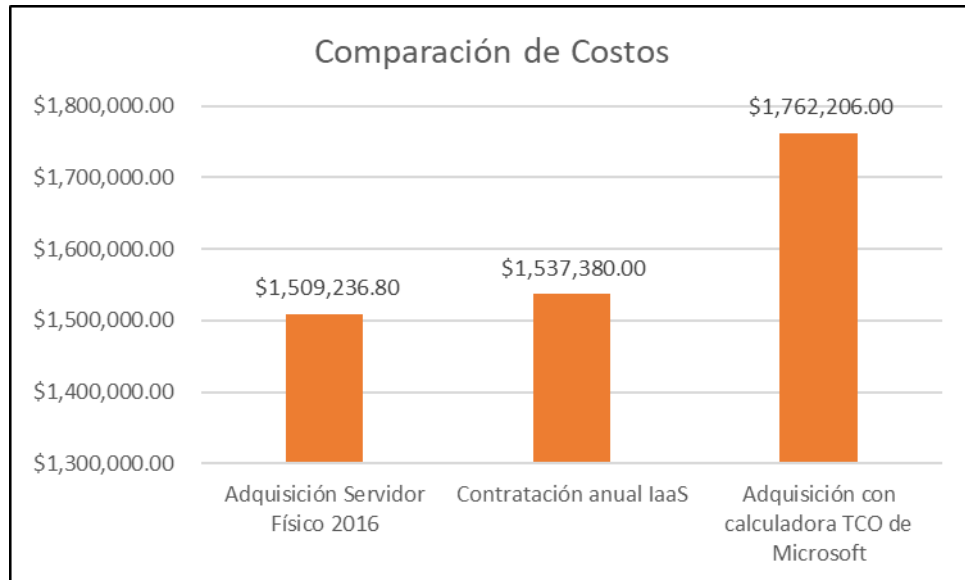
La comparación de los 3 precios se visualiza en la figura 39

	Costo	Almacenamiento (GB)	Procesamiento (núcleos)	Memoria (GB)
Adquisición Servidor Físico 2016	\$ 1,509,236.80	51200	192	1792
Contratación anual IaaS	\$ 1,537,380.00	491520	900	19200
Adquisición con calculadora TCO de Microsoft	\$ 1,762,206.00	491520	800	11200

**Figura 39** - Comparación de TCO  
Fuente: autor

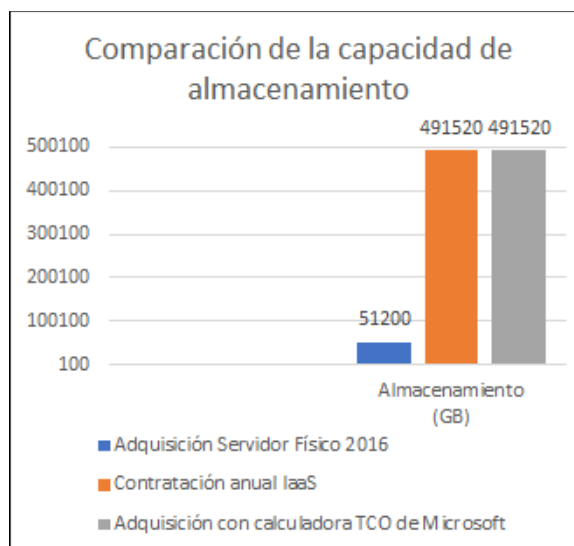
El costo de adquisición del servidor físico en 2016 tiene el menor valor de todos, sin

embargo, también tiene la menor capacidad computacional en la comparación. El costo obtenido con la calculadora de TCO de Microsoft es el mayor.

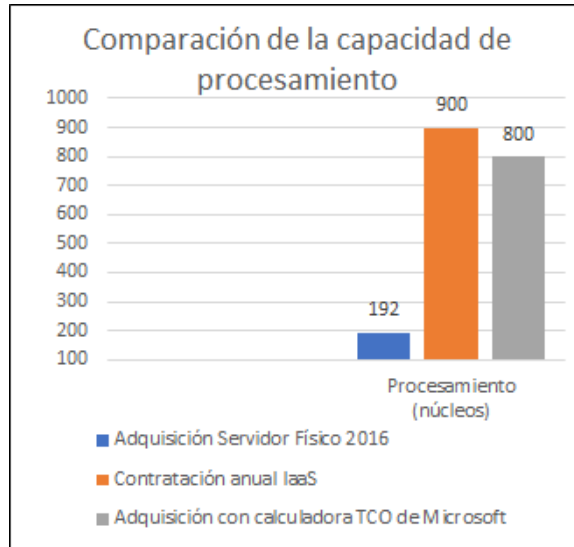


**Figura 40** - Gráfico de comparación de TCO  
Fuente: autor

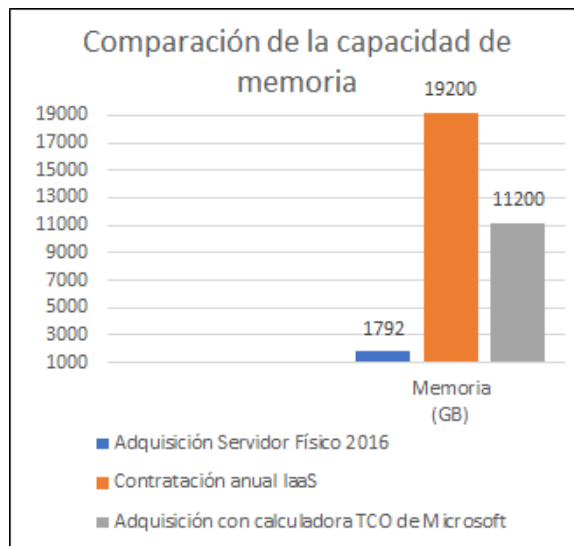
En las siguientes figuras se puede observar la diferencia en recursos tecnológicos.



**Figura 41** - Comparación de la capacidad de almacenamiento  
Fuente: autor



**Figura 42** - Comparación de la capacidad de procesamiento  
Fuente: autor



**Figura 43** - Comparación de la capacidad de la memoria  
Fuente: autor

Se puede observar la diferencia de capacidad entre el servidor físico analizado con la calculadora de TCO de Microsoft y los nodos de Google VMware Engine, ya que, aunque se pueden customizar las cargas de trabajo a analizarse, no se logró asemejar aún más la capacidad de los nodos del IaaS investigado.

## **3.2.4 CASOS DE ÉXITO EN UNIVERSIDADES**

### **3.2.4.1 Barton Community College**

Con el objetivo de facilitar las tareas laborales de los empleados y tener más tiempo para concentrarse en sus estudiantes, Barton Community College lanzó un agresivo plan para migrar su ERP a la nube en menos de un año [32].

Como resultado se obtuvo:

- ERP trasladado a la nube en 10 meses
- Ahorro estimado de \$ 250,000 al año
- Se registró un aumento interanual del 4,33% en las inscripciones de verano el primer fin de semana después de la migración [32].

### **3.2.4.2 Notre Dame**

Notre Dame es una universidad privada de investigación intensiva en Indiana, tiene alrededor de 8,000 estudiantes de pregrado y 4,000 estudiantes de posgrado, con una planta docente y administrativa de 4,600. En 2014 la universidad creó una estrategia ambiciosa de migración y uso de AWS con el objetivo de tener el 80% de sus cargas de trabajo académicas y administrativas en la nube en tres años [33].

Los beneficios obtenidos fueron:

- Cualquier tiempo de inactividad se puede resolver fácilmente, y se obtuvieron importantes ahorros de costos al eliminar múltiples conexiones, sistemas de instalaciones, costos de soporte y capacitación.
- El personal de TI de la universidad puede dedicar menos tiempo a tareas rutinarias, como el mantenimiento de la infraestructura, y en su lugar pueden explorar trabajos innovadores de mayor valor [33].

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

Una vez realizada la investigación y proyección de costos se puede concluir que:

- Mediante un análisis y aplicación de recomendaciones del marco de trabajo ITIL combinado con otras fuentes, se formuló un módulo (mecanismo) de estimación de costos para migración de los servicios del servidor F.I.S. El estudio se realizó con información provista por el personal del LAB-FIS, de la DGIP y datos investigados que permitieron la proyección de la migración.
- El hardware utilizado actualmente, se encuentra en su último año de funcionamiento ya que según la vigencia tecnológica está por cumplir su tiempo de vida útil. Los servidores Blade utilizados para la F.I.S, dejaron de venderse y su mantenimiento se dará únicamente hasta el 2024 por parte del proveedor.
- Con base a los costos obtenidos y las métricas financieras que dieron como resultado, se concluye que la migración a la nube de los servicios alojados en el servidor de la FIS es viable. Adicionando que a mayor volumen de adquisición se abaratan los costos sin afectar la calidad del servicio que beneficiaría tanto a estudiantes como docentes que utilicen estos recursos.
- Al migrar a la nube se puede seguir brindando servicios sin la necesidad de tener que mantener servidores físicos o tener que limitarse por los recursos disponibles de hardware. En la universidad se pueden migrar las cargas de trabajo existentes a la nube o extenderlas y según los requerimientos se puede aumentar los recursos contratados por cierto período de tiempo.
- Con la debida capacitación, la Facultad de Sistemas con apoyo de la DGIP pueden ser la base para iniciar un proceso de migración a la nube de toda la institución. Creando un plan de migración que se ajuste a las necesidades de todas las unidades académicas dentro de la Escuela Politécnica Nacional con un alto rendimiento y asegurando su funcionamiento durante todo el período académico.

- De acuerdo con la investigación, el IaaS que ofrece Google Cloud con VMware Engine sería la mejor opción de migración para las cargas de trabajo actuales que maneja la Escuela Politécnica Nacional.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un plan de migración a la nube enfocado en los servicios de uso masivo. La investigación muestra que en la FIS casi el 80% de capacidad de su servidor ya se encuentra utilizada, y según buenas prácticas este es el nivel máximo que se debe dar uso a un servidor.
- Los cálculos realizados en este proyecto pueden mejorarse con la revisión y obtención manual de los valores para obtención de gastos, como electricidad, mantenimiento, etc. De igual manera se puede mejorar la precisión del costo de contratación del servicio en la nube considerando como entidad contratante a la universidad como institución educativa.
- Considerando los casos de éxitos revisados en el capítulo 3, se recomienda encaminar una migración que permita la apertura a nuevas líneas de investigación y ocupar menos tiempo en administración y revisión de funcionamiento.
- De acuerdo con las facilidades de la nube, se recomienda que la Facultad de Ingeniería de Sistemas adquiera otros servicios como DataFlow de Google que permite el procesamiento de datos o Azure Cognitive Services de Microsoft Azure que permite agregar características de inteligencia artificial a las aplicaciones. Estos servicios pueden servir para materias en las que la facultad se encuentra limitada computacionalmente y puede abrir camino a nuevas investigaciones.
- Se recomienda realizar un estudio de migración que analice y puntualice los riesgos que existen al migrar las cargas de trabajo a la nube. Un análisis de este tipo complementarían lo investigado en este trabajo.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Rimol, «4 Trends Impacting Cloud Adoption in 2020,» Gartner, 22 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/4-trends-impacting-cloud-adoption-in-2020/>. [Último acceso: 26 Junio 2021].
- [2] P. Mell y T. Grance, «The NIST Definition of Cloud Computing,» NIST, [En línea]. Available: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>. [Último acceso: 25 junio 2020].
- [3] AWS Site, «¿Qué es la informática en la nube?,» AWS, 2017. [En línea]. Available: [https://aws.amazon.com/what-is-cloud-computing/?nc1=f\\_cc](https://aws.amazon.com/what-is-cloud-computing/?nc1=f_cc). [Último acceso: 25 junio 2020].
- [4] F. Pinto, «Migración a la nube: beneficios, contras y valor,» ASES SOFTWARE, 10 febrero 2020. [En línea]. Available: <https://asesoftware.com/site/migracion-a-la-nube-beneficios/>. [Último acceso: 4 julio 2020].
- [5] Red Hat, Inc., «COMPUTACIÓN EN LA NUBE,» Red Hat, [En línea]. Available: <https://www.redhat.com/es/topics/cloud>. [Último acceso: 20 mayo 2021].
- [6] Microsoft Azure, «¿Qué es IaaS?,» Microsoft, 2021. [En línea]. Available: <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-iaas/>. [Último acceso: 20 mayo 2021].
- [7] Red Hat, Inc., «¿Qué es IaaS?,» Red Hat, 2017. [En línea]. Available: <https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/what-is-iaas>. [Último acceso: 15 mayo 2021].
- [8] Microsoft Azure, «¿Qué es PaaS?,» Microsoft, 2021. [En línea]. Available: <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-paas/>. [Último acceso: 15 mayo 2021].
- [9] Red Hat, Inc., «¿Qué es una PaaS?,» Red Hat, 2017. [En línea]. Available: <https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/what-is-paas>. [Último acceso: 20 mayo 2021].
- [10] Microsoft, «Bloques de creación de la nube,» Microsoft, 2017. [En línea]. Available: <https://docs.microsoft.com/es-es/learn/modules/cmu-cloud-computing-overview/4-building-blocks>. [Último acceso: 20 mayo 2021].
- [11] Microsoft Azure, «¿Qué es SaaS?,» Microsoft, 2017. [En línea]. Available: Software como servicio. [Último acceso: 20 mayo 2021].
- [12] Red Hat, «¿Qué son los proveedores de nube?,» Red Hat, Inc., 2020. [En línea]. Available: <https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/what-are-cloud-providers>. [Último acceso: 20 mayo 2021].
- [13] Google Cloud, «Migrating your VMware workloads to Google Cloud,» 7 febrero 2020. [En línea]. Available: [https://services.google.com/fh/files/misc/vmware\\_migration\\_ebook.pdf](https://services.google.com/fh/files/misc/vmware_migration_ebook.pdf). [Último acceso: 16 junio 2021].
- [14] Google Cloud, «Google Cloud VMware Engine Understanding the total cost of ownership,» 2020. [En línea]. Available: <https://citrixready.citrix.com/content/dam/ready/partners/go/google-inc/google-cloud-vmware-engine/google-cloud-vmware-engine-tco-paper-whitepapers.pdf>. [Último acceso: 26 Junio 2021].
- [15] Google Cloud, «A Technical Guide to running VMware based applications in Google Cloud,» Google LLC, Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/products/google-cloud/vmw-technical-guide-running-vmware-apps-in-google-cloud.pdf>. [Último acceso: 15 Diciembre 2021].
- [16] Google Cloud, «Committed use discounts,» 2021. [En línea]. Available: <https://cloud.google.com/vmware-engine/docs/cud>. [Último acceso: 10 Diciembre 2021].



- 2021].
- [17] Best Management Practice Cabinet Office, ITIL Service Strategy, United Kingdom: The Stationery Office, 2011.
  - [18] Best Management Practice Cabinet Office, ITIL Service Design, United Kingdom: The Stationery Office, 2011.
  - [19] Best Management Practice Cabinet Office, ITIL Service Transition, United Kingdom: The Stationery Office, 2011.
  - [20] Best Management Practice Cabinet Office, ITIL Service Operation, United Kingdom: The Stationery Office, 2011.
  - [21] Best Management Practice Cabinet Office, ITIL Continual Service Improvement, United Kingdom: The Stationery Office, 2011.
  - [22] M. Lars y K. Bill, «Defining Gartner Total Cost of Ownership,» Gartner, Inc, 2005.
  - [23] B. Raj y G. Bob, «Magic Quadrant for Cloud Infrastructure and Platform Services,» Gartner Inc, 1 septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.bmc.com/blogs/gartner-magic-quadrant-cips-cloud-infrastructure-platform-services/>. [Último acceso: 10 diciembre 2020].
  - [24] Telconet Latam, «IaaS,» [En línea]. Available: <https://telconet.net/managedsolutions/cloud/iaas>. [Último acceso: 10 Diciembre 2020].
  - [25] Google Cloud, «Google Cloud Pricing Calculator,» Google Cloud, [En línea]. Available: <https://cloud.google.com/products/calculator/#id=dd3848a5-5add-4d98-8096-e25725a53520>. [Último acceso: 10 02 2022].
  - [26] Servicio Nacional de Contratación Pública, «Información Proceso Contratación,» Sistema Oficial de Contratación Pública, [En línea]. Available: <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=EbKQpXA6PcQvST1hLleoK2oATM47galrF8vpC2avTdg>. [Último acceso: 20 Septiembre 2021].
  - [27] Ministerio de Finanzas, «PROPIEDAD, PLANTA Y EQUIPO,» de *Anexo Acuerdo Ministerial 067 Normativa de Contabilidad Gubernamental*, 2016, pp. 29-31.
  - [28] Microsoft, «Recursos de Microsoft 365 y Office,» [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-ww/microsoft-365/microsoft-365-and-office-resources>. [Último acceso: 12 noviembre 2021].
  - [29] MathWorks, Inc., «System Requirements for MATLAB R2021b,» [En línea]. Available: <https://la.mathworks.com/support/requirements/matlab-system-requirements.html>. [Último acceso: 12 Noviembre 2021].
  - [30] JetBrains s.r.o., «Descargar WebStorm,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.jetbrains.com/es-es/webstorm/download/#section=windows>. [Último acceso: 10 Noviembre 2021].
  - [31] S. May, «How to Install Node.js on Windows,» Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.zeolearn.com/magazine/install-node-js-on-windows>. [Último acceso: 12 Noviembre 2021].
  - [32] Ellucian Company L.P, «Moving to cloud in the midst of a crisis,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.ellucian.com/success-stories/moving-cloud-midst-crisis>. [Último acceso: 15 diciembre 2021].
  - [33] R. Palmer y J. Kim, «Higher education's journey to leveraging the,» 03 Julio 2019. [En línea]. Available: [https://pages.awscloud.com/rs/112-TZM-766/images/WP\\_AWS\\_Reaching\\_for\\_the\\_Cloud.pdf](https://pages.awscloud.com/rs/112-TZM-766/images/WP_AWS_Reaching_for_the_Cloud.pdf). [Último acceso: 15 Diciembre 2021].



## 6 ANEXOS

**Anexo I** – Documento Informe Infraestructura de Escritorios Virtuales (VDI)

<https://epnecuador->

[my.sharepoint.com/:b:/g/personal/analy\\_chinacalle\\_epn\\_edu\\_ec/EbGpGbE6WdhOoL46G91\\_B3wBq7J6I4CfCN6yDUiOatl84A?e=HJCVax](https://my.sharepoint.com/:b:/g/personal/analy_chinacalle_epn_edu_ec/EbGpGbE6WdhOoL46G91_B3wBq7J6I4CfCN6yDUiOatl84A?e=HJCVax)

**Anexo II** - Documento Infraestructura VDI

<https://epnecuador->

[my.sharepoint.com/:b:/g/personal/analy\\_chinacalle\\_epn\\_edu\\_ec/EfWV0ukoktZNMwRil0cYVyABulMJFiZ68FYoFZ6NttDR1A?e=3spOhh](https://my.sharepoint.com/:b:/g/personal/analy_chinacalle_epn_edu_ec/EfWV0ukoktZNMwRil0cYVyABulMJFiZ68FYoFZ6NttDR1A?e=3spOhh)

**Anexo III** - Documento Acta Entrega Recepción Definitiva del contrato de la E.P.N para la Modernización de la Infraestructura de Almacenamiento y Servidores de la Escuela Politécnica Nacional

<https://epnecuador->

[my.sharepoint.com/:b:/g/personal/analy\\_chinacalle\\_epn\\_edu\\_ec/EcTyVY94psNMrZ0zXCZTFV8B\\_4HyxMhlup65LSxD8AkD6w?e=PPCDUW](https://my.sharepoint.com/:b:/g/personal/analy_chinacalle_epn_edu_ec/EcTyVY94psNMrZ0zXCZTFV8B_4HyxMhlup65LSxD8AkD6w?e=PPCDUW)

**Anexo IV** - Documento Análisis Financiero

<https://epnecuador->

[my.sharepoint.com/:x:/g/personal/analy\\_chinacalle\\_epn\\_edu\\_ec/Edl\\_\\_nTh0xNBmEIAyFcTHrEBa1R7Hv82uXulymiQeWsYsQ?e=R66dgu](https://my.sharepoint.com/:x:/g/personal/analy_chinacalle_epn_edu_ec/Edl__nTh0xNBmEIAyFcTHrEBa1R7Hv82uXulymiQeWsYsQ?e=R66dgu)

**Anexo V** - Documento Proyección de Migración.

[https://epnecuador-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/analy\\_chinacalle\\_epn\\_edu\\_ec/Ed-RFQj05w1Lp3RblMmT5JcBhe9IB-H89ed8SEN8cdhm3Q?e=xWgIPa](https://epnecuador-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/analy_chinacalle_epn_edu_ec/Ed-RFQj05w1Lp3RblMmT5JcBhe9IB-H89ed8SEN8cdhm3Q?e=xWgIPa)

**Anexo VI** - Documento Comparativa Migración con Equipos Físicos

<https://epnecuador->

[my.sharepoint.com/:x:/g/personal/analy\\_chinacalle\\_epn\\_edu\\_ec/Eb8hW0dtGjtOscm3m1-IZ4ABflgrvblZpBwH4r5a\\_qITlg?e=OQIDdM](https://my.sharepoint.com/:x:/g/personal/analy_chinacalle_epn_edu_ec/Eb8hW0dtGjtOscm3m1-IZ4ABflgrvblZpBwH4r5a_qITlg?e=OQIDdM)

**Anexo VII** - Simulación de Costo Total de Propiedad (TCO) con calculadora de Microsoft Azure

<https://epnecuador->

[my.sharepoint.com/:b:/g/personal/analy\\_chinacalle\\_epn\\_edu\\_ec/EV3u54DZnp5Jts\\_9a0uxEiEBe8UnTDqfqfm0OZJeNeuakg?e=E4sDyL](https://epnecuador-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/analy_chinacalle_epn_edu_ec/EV3u54DZnp5Jts_9a0uxEiEBe8UnTDqfqfm0OZJeNeuakg?e=E4sDyL)

**Anexo VIII** – Plantilla Costo de Adquisición de Nodos Google Cloud VMware Engine

<https://epnecuador->

[my.sharepoint.com/:x:/g/personal/analy\\_chinacalle\\_epn\\_edu\\_ec/EYqnqD6FDiZNrwKX8oUKxbYBeiPlmV-ZBxfZPG0BxXR80g?e=ldHZek](https://epnecuador-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/analy_chinacalle_epn_edu_ec/EYqnqD6FDiZNrwKX8oUKxbYBeiPlmV-ZBxfZPG0BxXR80g?e=ldHZek)