

	<b>GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>	<b>Código</b>	FO-SB- 12/v0
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>	<b>Página</b>	1/235

**RESUMEN TRABAJO DE GRADO**

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): JAIRO ANDRES APELLIDOS: CASTAÑEDA PACHECO

NOMBRE(S): CARLOS IVAN APELLIDOS: ORTEGA ALVAREZ

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA DE SISTEMAS

DIRECTOR:

NOMBRE(S): MILTON JESÚS APELLIDOS: VERA CONTRERAS

CODIRECTOR:

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): MIGRACIÓN A CLOUD COMPUTING DEL SISTEMA UVIRTUAL DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UFPS CÚCUTA

RESUMEN

Hace 5 años las tendencias y predicciones indicaba que en año 2020 la computación en la nube sería una tecnología establecida. Estas predicciones se cumplieron mucho antes y el ecosistema de educación virtual con Moodle no ha sido la excepción. Por lo anterior y buscando no quedar rezagados tecnológicamente se planeó migrar una plataforma Moodle a la nube. Esta experiencia busca migrar a nube la plataforma Moodle institucional del programa de ingeniería de sistemas de la UFPS, teniendo como barreras los requerimientos a tener en cuenta antes, durante y después de migrar, como son la arquitectura de despliegue, el proveedor de nube a contratar, los aspectos críticos en seguridad y el impacto que van a percibir los usuarios, además de tener en cuenta el monitoreo, la ventana de mejora y la implementación de la tecnología de contenedores. El resultado fue una experiencia de migración exitosa y más allá de mejorar la percepción de los usuarios, permitió realizar un plan de migración de la plataforma Moodle a computación en la nube, enfocado en ser replicable teniendo como factores de decisión: el rendimiento, la seguridad y los costos entre otros, siendo adaptables a las necesidades y expectativas de la plataforma y de la organización

PALABRAS CLAVE: sistema uvirtual, migración a cloud computing, ingeniería de sistemas.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 235 PLANOS: \_\_\_\_\_ ILUSTRACIONES: \_\_\_\_\_ CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
<b>Fecha</b>	24/10/2014	<b>Fecha</b>	05/12/2014	<b>Fecha</b>	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

MIGRACIÓN A CLOUD COMPUTING DEL SISTEMA UVIRTUAL DEL PROGRAMA DE  
INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UFPS CÚCUTA.

JAIRO ANDRES CASTAÑEDA PACHECO  
CARLOS IVAN ORTEGA ALVAREZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIO INGENIERÍA DE SISTEMAS  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

MIGRACIÓN A CLOUD COMPUTING DEL SISTEMA UVIRTUAL DEL PROGRAMA DE  
INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UFPS CÚCUTA.

JAIRO ANDRES CASTAÑEDA PACHECO

CARLOS IVAN ORTEGA ALVAREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniera de Sistemas

Director:

MILTON JESÚS VERA CONTRERAS

Ingeniero de Sistemas

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIO INGENIERÍA DE SISTEMAS

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

35003.01.13-2140

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO**

**FECHA:** 28 de abril de 2020 **HORA:** 2:30 pm  
**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA DE SISTEMAS

**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO:**

**“MIGRACIÓN A CLOUD COMPUTING DEL SISTEMA U VIRTUAL DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UFPS Cúcuta”**

**JURADOS:**

PhD. I.S. **MATÍAS HERRERA CÁCERES**  
MSc. I.S Ing. **OSCAR ALBERTO GALLARDO PÉREZ**  
MS. I.S. **MARCO ANTONIO ADARME JAIMES**

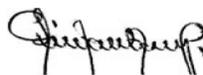
**DIRECTOR:** ING. MILTON JESÚS VERA CONTRERAS

<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>NÚMERO LETRA</b>
<b>JAIRO ANDRÉS CASTAÑEDA PACHECO</b>	1151235	4,8	CUATRO, OCHO

**MERITORIA**

**FIRMA DE LOS JURADOS**





Phd. MATIAS HERRERA CÁCERES

MSc. OSCAR ALBERTO GALLARDO PÉREZ



MSc. MARCO ANTONIO ADARME JAIME



Ph.D. JUDITH DEL PILAR RODRÍGUEZ TENJO  
Coordinadora Comité Curricular

35003.01.13-2139

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO**

**FECHA:** 28 de abril de 2020 **HORA:** 2:30 pm  
**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA DE SISTEMAS

**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO:**

**“MIGRACIÓN A CLOUD COMPUTING DEL SISTEMA U VIRTUAL DEL PROGRAMA DE  
INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UFPS Cúcuta”**

**JURADOS:**

Ph.D. I.S. **MATÍAS HERRERA CÁCERES**  
MSc. I.S Ing. **OSCAR ALBERTO GALLARDO PÉREZ**  
MS. I.S. **MARCO ANTONIO ADARME JAIMES**

**DIRECTOR:** ING. MILTON JESÚS VERA CONTRERAS

<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>NÚMERO LETRA</b>
CARLOS IVAN ORTEGA ALVAREZ	1151227	4,8	CUATRO, OCHO

**MERITORIA**

**FIRMA DE LOS JURADOS**





Phd. MATIAS HERRERA CÁCERES

MSc. OSCAR ALBERTO GALLARDO PÉREZ

  
MSc. MARCO ANTONIO ADARME JAIME



Ph.D. JUDITH DEL PILAR RODRÍGUEZ TENJO  
Coordinadora Comité Curricular



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA  
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS  
Ciudad

Cordial saludo:

Jairo Andres Castañeda Pacheco, identificado(s) con la C.C. N.º 1093788064 y Carlos Ivan Ortega Alvarez, identificado(s) con la C.C. N.º 1090506123, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado Migración a Cloud Computing del sistema UVIRTUAL del programa de Ingeniería de sistemas de la UFPS Cúcuta, presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de Ingeniero(s) de sistemas; autorizo(amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que, con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que “**los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores**”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

FIRMA Y CEDULA

Jairo Castañeda  
CC 1093788064  
22/05/2020

CARLOS IVAN ORTEGA ALVAREZ  
1090506123  
22 Mayo 2019

*A mi abuelo sus enseñanzas fueron únicas,  
fue un hombre sabio y a quien siempre escuche atento,  
vivirás por siempre en mis escritos.*

*A mi madre y abuela quienes son mis dos estrellas  
que siempre brillan en este inmenso cosmos,  
son ellas el sentido de mi existencia  
y es por ellas que siempre lo intentaré hasta lograrlo.*

*A mi hermana,  
siempre estuvimos espalda con espalda protegiéndonos,  
confió en su grandeza.*

*A mis tías Jackeline y Yaneth,  
ellas siempre estuvieron para mi.*

*A mi familia por su apoyo,  
este fue trascendental en esta etapa.*

*A mi compañero de trabajo Carlos Ivan,  
lo considero un tutor pues siempre aprendí de él.*

**Jairo.**

*Me alegra que por cualquier motivo llegarás hasta aquí,  
y antes de que continúes,  
me gustaría decirte que, aunque nadie te lo diga hoy,  
eres una persona maravillosa.*

*Si me lo preguntas a mí,  
no hay mucho aquí que puedas aprender,  
sin embargo, puedo recordarte que no importa lo que suceda,  
siempre debes dar lo mejor de ti,  
ten claro tus ideales y con ellos busca alcanzar tus objetivos,  
y por ellos nunca te rindas,  
porque en el camino encontraras la forma de poder superar tus obstáculos,  
disfruta de los peligros, las distracciones y los problemas,  
porque hay aprenderás cosas importantes  
y conocerás personas que valen más de lo que en realidad estabas buscando.*

*Espero que nos volvamos a encontrar  
y pueda conocer una mejor versión de ti.*

*Éxitos.*

***Carlos Ivan.***

## **AGRADECIMIENTOS**

Milton Jesús Vera Contreras por sus consejos llenos de sabiduría, quien nos guió y orientó en este proceso.

Matías Herrera por su apoyo incondicional y asesoría técnica.

Oscar Alberto Gallardo quien construyó los cimientos del proyecto.

Al programa de Ingeniería de sistemas en general por brindarnos su confianza de trabajar en su plataforma UVIRTUAL con total libertad.

A Mis maestros por su entrega a la educación, una herramienta vital para contribuir a una sociedad más justa.

A mis amigos de estudio durante toda la carrera, en especial Emanuel y Jeisson por todo su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mi director de proyecto Milton Vera y a mi compañero de proyecto Jairo Castañeda, sin ellos nada de esto hubiera sido realidad.

Gracias a todos mis docentes, en especialmente a los del programa de Ingeniería de Sistemas, de cada uno me llevo una enseñanza y un lindo recuerdo.

Gracias a mi familia, por apoyarme a cumplir mi meta de ser Ingeniero de Sistemas.

Gracias a todas las personas con las que pude compartir durante mi proceso académico, las experiencias compartidas son lo más importante de este proyecto.

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	27
1. Problema	30
1.1 Título	30
1.2 Planteamiento del Problema	30
1.3 Justificación	32
1.4 Objetivos	34
1.4.1 Objetivo general	34
1.4.2 Objetivos específicos	34
1.5 Alcance y Delimitación	34
1.5.2 Delimitación temporal	35
2. Marco Referencial	36
2.1 Fuentes de Información	36
2.2 Literatura Científica	36
2.2.1 Tree of Science	37
2.2.1.1 Árbol 1: “Cloud Computing + Education”	38
2.2.1.2 Árbol 2: “Container + Linux”	40
2.2.2 Bases de datos por suscripción	42
2.2.3 Repositorio institucional	43
2.2.3.1 Uvirtual	44
2.2.4 Repositorios de libre acceso	45
2.3 Literatura Profesional	47
2.3.1 Experiencia profesional 1: Universidad Notre Dame, Indiana	47

2.3.2 Experiencia profesional 2: SGC (Servicio Geológico Colombiano)	48
2.3.3 Experiencia profesional 3: CISA (Central de Inversiones S.A.)	49
2.3.4 Experiencia profesional 4: ICFES (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación)	50
2.4 Literatura Técnica Especializada	51
2.4.1 Planes de Migración a nube	52
2.4.1.1 Alternativa 1: 5 Fases de migración a la nube	52
2.4.1.2 Alternativa 2: Modelo de 7 fases para migrar a nube	53
2.4.1.3 Alternativa 3: Migración de aplicaciones a Amazon Web Services	54
2.4.2 Learning Management System (LMS) Moodle	55
2.4.2.1 MoodleCloud	56
2.4.3 Cloud Computing	57
2.4.3.1 Características esenciales	57
2.4.3.2 Modelos de servicio	58
2.4.3.3 Modelos de despliegue	59
2.4.3.4 Obstáculos para migrar a Cloud Computing	60
2.4.3.5 Créditos educativos	61
2.4.4 Docker	62
2.4.4.1 Historia	62
2.4.4.2 Contenedores vs Virtualización	63
2.4.4.3 Contenedores	64
2.4.4.4 Imágenes	65
2.4.4.5 Arquitectura	65
2.4.4.6 Instalación	66

2.4.4.7 Acciones básicas de las Imágenes	67
2.4.4.8 Acciones básicas de los Contenedores	70
2.4.4.9 Docker Compose	71
2.4.5 Otras Tecnologías	73
2.4.5.1 JMeter	73
2.4.5.2 Arachni	74
2.4.5.3 Htop	74
2.4.5.4 Monitorix	74
3. Diseño Metodológico	75
3.1 Design Science Methodology	75
3.2 Metodología Propuesta	77
3.3 Estructura de Descomposición de Trabajo	80
4. Diagnóstico y Optimización de Uvirtual	81
4.1 Diagnóstico y Recomendaciones	81
4.1.1 Diagnóstico inicial	82
4.1.1.1 Arquitectura inicial	82
4.1.1.2 Recursos	83
4.1.1.3 Dependencias	83
4.1.2 Recomendaciones	83
4.2 Mejoramiento de Uvirtual	85
4.2.1 Paso 1: Desplegar en nube un espejo lo más cercano posible	86
4.2.2 Paso 2: Realizar las mejoras o adecuaciones necesarias	86
4.2.2.1 Mejora 1: Sistema operativo	87
4.2.2.2 Mejora 2: Apache HTTP Server	89

4.2.2.3 Mejora 3: PHP	89
4.2.2.4 Mejora 4: MariaDB	89
4.2.2.5 Mejora 5: Moodle	90
4.2.2.6 Mejora 6: HTTPS	91
4.2.2.7 Mejora 7: OAuth 2.0	91
4.2.3 Paso 3: Validar el funcionamiento	93
4.2.3.1 Pruebas de integración	93
4.2.3.2 Pruebas de funcionalidad	94
5. Arquitecturas de Despliegue y Criterios de Evaluación	97
5.1 Presentación de las Arquitecturas Propuestas	97
5.2 Evaluación Funcional de las Arquitecturas	99
5.3 Atributos de Calidad	100
5.3.1 Costo	100
5.3.2 Rendimiento	101
5.3.3 Seguridad	101
5.4 Evaluación no Funcional de las Arquitecturas	101
5.4.1 Evaluación de rendimiento	103
5.4.1.1 Uso de procesador	103
5.4.1.2 Consumo de memoria RAM	104
5.4.1.3 Uso de almacenamiento	105
5.4.1.4 Consumo de red	106
5.4.2 Evaluación de seguridad	108
5.4.3 Evaluación de costo	113
6. Caso de estudio múltiple para seleccionar el proveedor Cloud Computing	116

6.1 Evaluación de los Proveedores	117
6.1.1 Evaluación de costo	117
6.1.2 Evaluación de latencia	118
6.1.3 Evaluación de marca	119
6.1.4 Evaluación de seguridad	119
7. Plan de Migración	122
7.1 Plan de Migración	122
7.1.1 Etapa 1: diagnóstico	123
7.1.2 Etapa 2: Nube	124
7.1.3 Etapa 3: Preparación	128
7.1.4 Etapa 4: Respaldo	130
7.1.5 Etapa 5: Hospedaje	131
7.1.6 Etapa 6: Adaptación	133
7.1.7 Etapa 7: Pruebas	134
7.1.8 Etapa 8: Monitoreo	136
8. Experiencia de Usuario	138
8.1 Análisis de la Encuesta	140
8.1.1 Pregunta 1	141
8.1.2 Pregunta 2	141
8.1.3 Pregunta 3	142
8.1.4 Pregunta 4	143
8.1.5 Pregunta 5	143
8.1.6 Pregunta 6	144
8.1.7 Pregunta 7	145

8.1.8 Pregunta 8	145
8.1.9 Pregunta 9	146
8.1.10 Pregunta 10	146
8.2 Análisis de las Visitas	148
9. Conclusiones	150
10. Recomendaciones	158
Referencias Bibliográficas	160
Anexos	179

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Indicadores del proyecto	29
Tabla 2. Ventajas de la nube en el contexto educativo	31
Tabla 3. Resumen de resultados del árbol de la ciencia "Cloud Computing + Education"	39
Tabla 4. Resumen de Resultados del árbol de la ciencia "Container + Linux"	41
Tabla 5. Resumen de las bases de datos por suscripción	42
Tabla 6. Resumen de los repositorios institucionales	43
Tabla 7. Resumen de los repositorios de libre acceso	45
Tabla 8. Fases de la alternativa 1 de migración a nube	52
Tabla 9. Fases de la alternativa 2 de migración a nube	53
Tabla 10. Fases de la alternativa 3 de migración a nube	54
Tabla 11. Ventajas y desventajas de MoodleCloud	56
Tabla 12. Planes y características de MoodleCloud	57
Tabla 13. Top 10 obstáculos y oportunidades para crecer en Cloud Computing	60
Tabla 14. Créditos educativos obtenidos por lo proveedores de nube pública	61
Tabla 15. Lineamientos para aplicar el diseño de la ciencia	77
Tabla 15. Diagnóstico de recursos de UVIRTUAL	83
Tabla 17. Diagnóstico de dependencias y versiones de UVIRTUAL	83
Tabla 18. Recomendaciones propuestas para UVIRTUAL	84
Tabla 19. Mejoras implementadas en UVIRTUAL	86
Tabla 20. Sistemas Operativos soportados oficialmente por los principales proveedores de nube	87
Tabla 21. Librerías de PHP necesarias en UVIRTUAL	89

Tabla 22. Servicios de correo de UVIRTUAL	92
Tabla 23. Resultados de la prueba de integración de UVIRTUAL	94
Tabla 24. Resultados de la prueba de funcionalidad de UVIRTUAL	95
Tabla 25. Resultado de la evaluación funcional de las arquitecturas	100
Tabla 26. Recursos del ambiente de pruebas en Amazon AWS	102
Tabla 27. Características desactivadas en el ambiente de pruebas	102
Tabla 28. Principales riesgos de seguridad de las aplicaciones web	109
Tabla 29. Vulnerabilidades encontradas en la evaluación de seguridad	111
Tabla 30. Recomendaciones de solución, a los problemas de seguridad	112
Tabla 31. Costo mensual de UVIRTUAL, en los principales proveedores de nube	118
Tabla 32. Principales certificaciones de los proveedores de nube	120
Tabla 33. Resumen de la evaluación de los proveedores de nube	121
Tabla 34. Cuestionario de Diagnóstico	123
Tabla 35. Etapa de Diagnóstico	124
Tabla 36. Etapa de Nube – Criterio de Costo	125
Tabla 37. Etapa de Nube – Criterio de Latencia	126
Tabla 383. Etapa de Nube – Criterio de Marca	126
Tabla 39. Etapa de Nube – Criterio de Seguridad	127
Tabla 40. Etapa de Nube	127
Tabla 41. Etapa de Preparación	129
Tabla 42. Etapa de Respaldo	131
Tabla 43. Etapa de Hospedaje	133
Tabla 44. Etapa de Adaptación	134
Tabla 45. Etapa de Pruebas – Especificación de las pruebas	135

Tabla 46. Etapa de Pruebas	136
Tabla 47. Etapa de Monitoreo	137
Tabla 48. Ficha técnica de la encuesta de UVIRTUAL	140
Tabla 49. Preguntas de la encuesta de UVIRTUAL	140
Tabla 50. Participaciones en eventos	157

## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Árbol del por qué	33
Figura 2. Apropiación de la Literatura	36
Figura 3. Árbol de la ciencia "Cloud Computing + Education"	38
Figura 4. Árbol de la ciencia "Container + Linux"	40
Figura 5. Página de inicio de UVIRTUAL, año 2007	44
Figura 6. El viaje de la Universidad de Notre Dame a la nube	48
Figura 7. Logros de la migración a nube del SGC	49
Figura 7. Matriz de impacto de la migración a nube del ICFES	51
Figura 8. Arquitectura de despliegue recomendada por Moodle	55
Figura 9. Funcionamiento de Docker	62
Figura 10. Línea de tiempo de la tecnología de Contenedores hasta Docker	63
Figura 11. Diagrama de Virtualización y Contenedores	64
Figura 12. Arquitectura Docker	65
Figura 13. Instalación de Docker	67
Figura 14. Estructura básica de un Dockerfile	68
Figura 15. Acciones básicas de las Imágenes Docker	69
Figura 16. Publicar una imagen en Docker HUB	69
Figura 17. Agregar soporte de GitHub en Docker HUB	70
Figura 18. Acciones básicas de los Contenedores Docker	71
Figura 19. Estructura básica de la plantilla de Docker Compose	72
Figura 20. Acciones básicas del componente Docker Compose	73
Figura 21. Marco de investigación en ISD	76

Figura 22. Metodología propuesta	78
Figura 23. Metodología propuesta alineada a los objetivos	79
Figura 24. Estructura de descomposición de trabajo	80
Figura 25. Visitas únicas de UVIRTUAL antes de la migración a nube	81
Figura 26. Arquitectura inicial de UVIRTUAL	82
Figura 27. Mejora de Moodle a la versión 3.6	90
Figura 28. Implementación de HTTPS en UVIRTUAL	91
Figura 29. Implementación de OAuth 2.0 en UVIRTUAL	92
Figura 30. Arquitecturas propuestas para UVIRTUAL	97
Figura 31. Atributos de calidad por categorías	99
Figura 32. Resultado de la evaluación de rendimiento, uso de procesador	104
Figura 33. Resultado de la evaluación de rendimiento, consumo de memoria RAM	105
Figura 34. Resultado de la evaluación de rendimiento, uso de almacenamiento	106
Figura 35. Resultado de la evaluación de rendimiento, consumo de red	107
Figura 36. Modelo de seguridad compartida	108
Figura 37. Resumen de la evaluación de las arquitecturas propuestas	115
Figura 38. Cuadrante Mágico para infraestructura como servicio	116
Figura 39. Principales centros de datos para UVIRTUAL	119
Figura 40. Etapas del plan de Migración	122
Figura 41. Etapa de Diagnóstico	123
Figura 42. Etapa de nube	124
Figura 43. Etapa de Preparación	128
Figura 44. Etapa de Respaldo	130
Figura 45. Etapa de Hospedaje	132

Figura 46. Etapa de Adaptación	134
Figura 47. Etapa de Pruebas	135
Figura 48. Etapa de Monitoreo	136
Figura 49. Principios claves de UX	138
Figura 50. Análisis de la Pregunta 1	141
Figura 51. Análisis de la Pregunta 2	142
Figura 52. Análisis de la Pregunta 3	142
Figura 53. Análisis de la Pregunta 4	143
Figura 54. Análisis de la Pregunta 5	144
Figura 55. Análisis de la Pregunta 6	144
Figura 56. Análisis de la Pregunta 7	145
Figura 57. Análisis de la Pregunta 8	146
Figura 58. Análisis de la Pregunta 9	146
Figura 59. Análisis de la Pregunta 10.	147
Figura 60. Visitas únicas de UVIRTUAL a la fecha	148
Figura 61. Arquitectura de UVIRTUAL, durante la primera migración	150
Figura 62. Arquitectura de UVIRTUAL, durante la segunda migración.	152

## Lista de Anexos

	<b>pág.</b>
Anexo 1. Visitas únicas de UVIRTUAL por Google Analytics	180
Anexo 2. Configuración Manual del servido Moodle	181
Anexo 3. Formato de evaluación de integración	182
Anexo 4. Formato de evaluación de funcionalidad	183
Anexo 5. Pruebas de uso de procesador	184
Anexo 6. Pruebas de consumo de memoria RAM.	191
Anexo 7. Pruebas de uso de almacenamiento	192
Anexo 8. Prueba de consumo de red	195
Anexo 9. Formato de evaluación de seguridad.	197
Anexo 10. Vulnerabilidades encontradas en la evaluación de seguridad	198
Anexo 11. Estimación de costo en los principales proveedores de nube	210
Anexo 12. Prueba de latencia en los principales proveedores de nube	212
Anexo 13. Datos de la encuesta de UVIRTUAL	214
Anexo 14. Archivos de configuración de Nginx	218
Anexo 2 Certificado de IV Encuentro Regional de Semilleros de Investigación	221
Anexo 16. Certificado de XXI Encuentro Nacional y XV Internacional de Semilleros de Investigación	223
Anexo 17. Evidencia de ¿UVIRTUAL en la nube?	224
Anexo 18. Certificado de VII Encuentro de Semilleros de Investigación	225
Anexo 19. Certificado de MoodleMoot 2019	226
Anexo 20 Certificado de Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería	227
Anexo 21. Certificado de Conferencia TICAL y 3er Encuentro Latinoamericano de e-	

Ciencia	230
Anexo 22. Certificado de ExpoCiencias Nacional Nuevo León	232
Anexo 23. Certificado del Décimo Día Virtual de Ingeniería en Sistemas Computacionales	233
Anexo 24. Entrevista UFPS Cúcuta	235

## **Resumen**

Hace 5 años las tendencias y predicciones indicaba que en año 2020 la computación en la nube sería una tecnología establecida. Estas predicciones se cumplieron mucho antes y el ecosistema de educación virtual con Moodle no ha sido la excepción. Por lo anterior y buscando no quedar rezagados tecnológicamente se planeó migrar una plataforma Moodle a la nube. Esta experiencia busca migrar a nube la plataforma Moodle institucional del programa de ingeniería de sistemas de la UFPS, teniendo como barreras los requerimientos a tener en cuenta antes, durante y después de migrar, como son la arquitectura de despliegue, el proveedor de nube a contratar, los aspectos críticos en seguridad y el impacto que van a percibir los usuarios, además de tener en cuenta el monitoreo, la ventana de mejora y la implementación de la tecnología de contenedores. El resultado fue una experiencia de migración exitosa y más allá de mejorar la percepción de los usuarios, permitió realizar un plan de migración de la plataforma Moodle a computación en la nube, enfocado en ser replicable teniendo como factores de decisión: el rendimiento, la seguridad y los costos entre otros, siendo adaptables a las necesidades y expectativas de la plataforma y de la organización

## **Abstract**

Five years ago, trends and predictions indicated that by 2020 cloud computing would be an established technology. These predictions came true long before, and the virtual education ecosystem with Moodle has been no exception. Due to the above and seeking not to be left behind technologically, it was planned to migrate a Moodle platform to the cloud. This experience seeks to migrate the institutional Moodle platform of the UFPS systems engineering program to the cloud, having as barriers the requirements to take into account before, during and after migrating, such as the deployment architecture, the cloud provider to hire, the critical aspects in security and the impact that users will perceive, in addition to taking into account the monitoring, the improvement window and the implementation of container technology. The result was a successful migration experience and beyond improving the perception of users, it allowed to carry out a migration plan from the Moodle platform to cloud computing, focused on being replicable having as decision factors: performance, security and costs among others, being adaptable to the needs and expectations of the platform and the organization

## Introducción

El presente trabajo de grado realizó la migración al modelo de Computación en la Nube (Cloud Computing) de la plataforma de cursos virtuales (LMS Moodle) UVIRTUAL del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS) Cúcuta. La migración surgió como una necesidad de innovar tecnológicamente, en concordancia con la literatura científica y profesional y las tendencias y predicciones de empresas como Gartner y McKinsey. Una de estas predicciones era que en el año 2020 la computación en la nube sería una tecnología establecida, lo cual ya es un hecho en Colombia, pues el gobierno nacional lidera la Transformación Digital tanto en temas de nube como de Inteligencia Artificial y así lo evidencian los Acuerdo Marco de Precios de Nube de Colombia Compra Eficiente y el CONPES 3975. Mientras a nivel mundial la nube ya es una necesidad de supervivencia y en Colombia aún hay organizaciones y personas rezagadas que comienzan en estos aspectos, desde el programa de Ingeniería de Sistemas de la UFPS, con este proyecto y con el curso electivo de Computación en la Nube, se lideran transformaciones tecnológicas y curriculares.

Por lo anterior, considerando que la plataforma UVIRTUAL lleva quince (15) años en operación con actualizaciones permanentes bajo el modelo clásico inhouse y buscando no quedar rezagados tecnológicamente, se propuso migrar la UVIRTUAL a la nube, teniendo como principales desafíos, además de los económicos y administrativos, la selección de la arquitectura de despliegue y el proveedor de nube pública más apropiados, procurando tomar las decisiones de migración de forma objetiva, considerando aspectos críticos como la integración, funcionalidad y seguridad.

Para realizar la migración, se tuvieron en cuenta, múltiples casos de estudio, diferentes arquitectura y criterios de evaluación, destacando el rendimiento, la seguridad y el costo. Se desarrollaron varios experimentos para registrar y comparar el comportamiento de la plataforma UVIRTUAL en las tres principales nubes públicas (Google, Amazon y Azure), y con diferentes tipos de arquitecturas, usando tecnologías modernas y de tendencia como los Contenedores (Docker).

El resultado fue una migración exitosa, tanto en lo profesional como en lo académico, en especial por la divulgación científica y la movilidad académica nacional e internacional que se derivó del proyecto. Más allá de migrar mejorando el rendimiento, la percepción de los usuarios y la cantidad de visitas, se generó un plan de migración de la plataforma Moodle a nube, enfocado en que la experiencia y aprendizaje del proyecto pueda ser replicable y considerar múltiples contextos y casos de decisión, adaptables a las necesidad y expectativas de la plataforma, la organización y los usuarios.

De este proyecto se derivaron indicadores muy importantes para el programa de Ingeniería de Sistemas, lo cual da cuenta y contribuye a su Acreditación de Alta Calidad. A continuación, se resumen estos indicadores:

**Tabla 1. Indicadores del proyecto**

<b>Nombre del evento</b>	<b>Periodo</b>	<b>Alcance</b>
IV Encuentro Regional de Semilleros de Investigación, Cúcuta	2018-1	Regional
XXI Encuentro Nacional y XV Internacional de Semilleros de Investigación, Pasto, Colombia	2018-2	Nacional
“¿UVIRTUAL en la Nube	2019-1	Internacional
VII Encuentro de Semilleros de Investigación, Cúcuta	2019-1	Regional
MoodleMoot Colombia	2019-2	Nacional
Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, Cartagena, Colombia	2019-2	Nacional
Conferencia TICAL y 3er Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia, Cancún, México	2019-2	Internacional
ExpoCiencias Nacional Nuevo León, Monterrey, México	2019-2	Internacional
Décimo Día Virtual de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Teziutlán, México	2019-2	Internacional
Entrevista para la UFPS Cúcuta	2020-1	Regional

En este documento se presentan los detalles de este proyecto de Migración a Cloud Computing de UVIRTUAL en siete (7) capítulos: en el primer capítulo aparece el anteproyecto original, en el segundo capítulo se presenta la revisión de literatura usada para el proyecto, el tercer capítulo presenta el diagnóstico y optimización realizada a la plataforma UVIRTUAL, antes y durante la migración. El capítulo cuatro presenta lo referente a las arquitecturas de despliegue y criterios de selección de proveedores de nube. El capítulo cinco hace un estudio de caso múltiple de las tres nubes públicas más usadas: Google, Amazon y Azure y el capítulo seis propone el plan de migración para que el proyecto sea repetible en otros contextos. Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro.

## **1. Problema**

### **1.1 Título**

MIGRACIÓN A CLOUD COMPUTING DEL SISTEMA UVIRTUAL DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UFPS CÚCUTA.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

La literatura reciente indica que, para el año 2020, usar la nube (Cloud Computing) dejará de ser una ventaja competitiva para convertirse en una necesidad de supervivencia, básicamente será como no disponer de acceso a Internet (Cancila et al., 2016; Smith et al., 2015). Además, bien sea por la tendencia (o moda) mundial o por los beneficios que brinda la nube, en los últimos años las empresas han comenzado a migrar sus activos de TIC a ese nuevo paradigma o modelo (Armbrust, Michael, et al., 2009; Armbrust et al., 2010; Armbrust, Fox, et al., 2009; Arpaci, 2017; Bayramusta & Nasir, 2016; Cancila et al., 2016; Carvalho & Marden, 2015; González-Martínez et al., 2015; Jula et al., 2014; Kappelman et al., 2018; Smith et al., 2015). Y es que la nube ofrece muchos beneficios, como mejoras en la capacidad, escalabilidad, reducción de costos, eficiencia en la gestión, minimización de la burocracia de TIC, entre otras (Armbrust, Michael, et al., 2009; Armbrust et al., 2010; Armbrust, Fox, et al., 2009; Arpaci, 2017; Bayramusta & Nasir, 2016; Cancila et al., 2016; Carvalho & Marden, 2015; González-Martínez et al., 2015; Jula et al., 2014; Kappelman et al., 2018; Smith et al., 2015). En el contexto educativo también se aprecia ésta tendencia y allí son muy interesantes las ventajas de la nube (González-Martínez et al., 2015), como se resume en la Tabla 2.

**Tabla 2. Ventajas de la nube en el contexto educativo**

<b>Tópico \ Rol</b>	<b>Profesor</b>	<b>Estudiante</b>	<b>Administrador TI</b>
Disponibilidad de acceso a contenidos y actividades	Nuevos escenarios en la práctica educativa Pedagogía colaborativa.	Ubicuidad, agilidad y facilidad de acceso. Facilidad de comunicación.	Facilidad de instalación y mantenimiento.
Utilidad educativa	Ambientes adecuados para su práctica educativa. Diseño de laboratorios utilizando servicios cloud.	Aprendizaje colaborativo, formación individual y adaptada. Facilidad para compartir recursos de e-learning.	Facilidad de incorporar nuevas herramientas.
Escalabilidad	Adquirir más recursos y herramientas de aprendizaje.	Percepción positiva de calidad.	Reducción de esfuerzos y costos y costos.
Infraestructura de TIC	Confianza para realizar su práctica educativa.	Aplicaciones opensource.	Abastecimiento de recursos por demanda.
Innovación y mejoramiento continuo	Llevar un histórico del contenido de sus cursos.	Tener un repositorio de contenido del curso.	Aumento de recursos por necesidad

Considerando ésta tendencia mundial del uso de la nube en las organizaciones y en la educación, así como las ventajas y oportunidades de innovación y mejoramiento educativo, el Comité de Universidad Virtual de la UFPS consideró que, en el mediano y largo plazo, la operación de TIC para la educación de la UFPS adopte el modelo o paradigma de nube (Cloud Computing), el Sistema de Gestión de Aprendizaje (LMS - Learning Management System) Moodle y licenciamiento abierto para software, contenidos digitales y documentos académicos o científicos (Vera Contreras & Peña Reyes, 2017).

En ese sentido, académicamente y administrativamente es fundamental evaluar la nube como modelo de computación para el LMS Moodle, para el caso particular de la UFPS. No obstante, la literatura es escasa en cuanto a la migración de Moodle a entornos Cloud. Dentro de los

documentos relevantes disponible se encuentran (Soltesz et al., 2007) y la mayor cantidad de literatura versa sobre los modelos de arquitectura cloud, destacándose los modelos tipo Containers (Kozhirbayev & Sinnott, 2017).

En consecuencia, el presente documento propone un experimento de migración de la actual plataforma UVIRTUAL Moodle a Cloud Computing usando un modelo / arquitectura de Containers y las tres principales nubes públicas (Amazon, Azure y Google).

### **1.3 Justificación**

La siguiente imagen (ver Figura 1) muestra un árbol que permite resumir la justificación del proyecto de acuerdo a tres preguntas:

¿Por qué un experimento de migración?, ¿Por qué Cloud (nube)? y ¿Por qué Arquitectura de Containers?

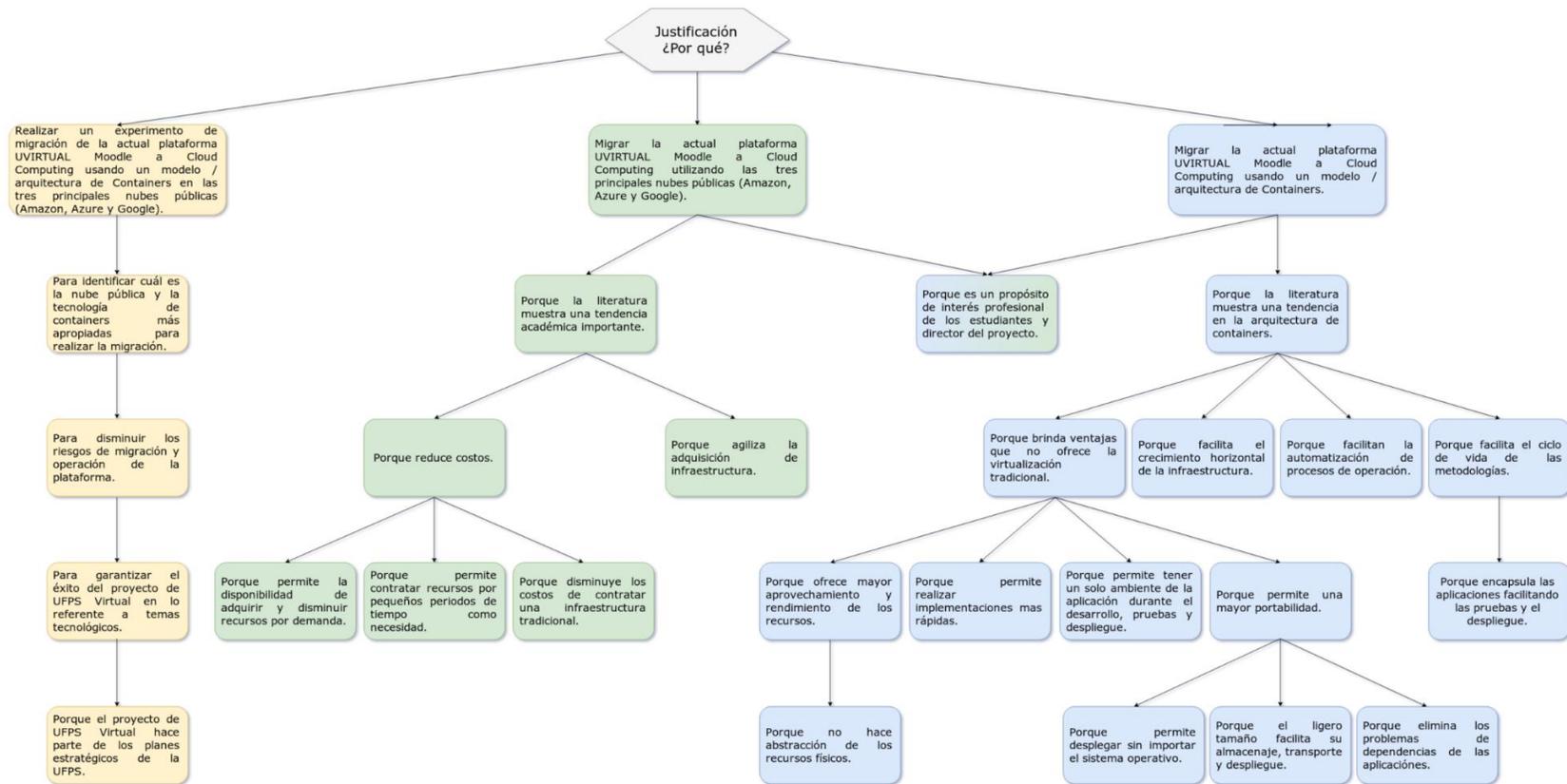


Figura 1. Árbol del por qué

Adicionalmente, es conveniente resaltar que este proyecto se origina de una necesidad institucional, en el marco del proyecto de Universidad Virtual de la UFPS. En consecuencia, el proyecto se justifica porque también satisface dicha necesidad.

## **1.4 Objetivos**

**1.4.1 Objetivo general.** Migrar a Cloud Computing el Sistema UVIRTUAL del Programa de Ingeniería de Sistemas de la UFPS.

**1.4.2 Objetivos específicos.** Revisar la literatura académica y profesional sobre las diferentes nubes públicas disponibles y las arquitecturas tipo container soportadas.

Realizar un caso de estudio múltiple de migración del Sistema LMS Moodle UVIRTUAL usando arquitecturas tipo container en nubes públicas (Google, Amazon AWS, Microsoft Azure u otro).

Identificar en la literatura y empíricamente (según los resultados del caso de estudio) los criterios para evaluar la arquitectura y nube pública más apropiada para la migración a Cloud Computing de UVIRTUAL.

Formular el plan de migración de UVIRTUAL a Cloud Computing de acuerdo a los resultados obtenidos.

## **1.5 Alcance y Delimitación**

1.5.1 Alcance. Se usará únicamente la plataforma LMS Moodle UVIRTUAL con corte al año 2018, en virtud de ser la plataforma establecida por la UFPS.

Se plantea realizar el estudio sólo en las tres principales nubes: Google Cloud, Amazon AWS y Microsoft Azure.

El proyecto corresponde a un experimento en ambientes de pruebas o desarrollo que la UFPS suministre y la implementación definitiva para ambiente de producción depende de gestiones administrativas de la UFPS, debido a los costos de operación.

La literatura de referencia será, inicialmente, la disponible en las bases de datos Scopus, Web of Science, Google Scholar y repositorios abiertos. Esto en virtud de lo establecido por Colciencias y las recomendaciones del Comité de UFPS Virtual.

Se usarán recursos gratuitos de las nubes públicas (Google, Azure y Amazon) que ofrecen becas en dólares, las cuales se reflejarán en el presupuesto del proyecto. No obstante, para los estudiantes y la UFPS la inversión es de cero pesos, aunque debe reflejarse presupuestalmente, para la planeación futura de la UFPS.

Se usarán últimas versiones de sistema operativo y plataforma, con corte a la aprobación del proyecto.

**1.5.2 Delimitación temporal.** Se ejecutará en 6 meses a partir de su aceptación.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Fuentes de Información

Siguiendo la metodología anteriormente planteada (ver Figura 4), se da inicio a la apropiación de conocimiento, y para obtener el estado del arte (antecedentes) del proyecto, se realizaron diferentes tipos de consultas, utilizando como apoyo, diferentes herramientas y de diferentes fuentes. Para presentar el análisis de la literatura, se agruparon los resultados en 3 categorías: Científica, Profesional y Técnica Especializada (ver Figura 2). Los detalles de cada categoría se presentan a continuación.



**Figura 2. Apropiación de la Literatura**

### 2.2 Literatura Científica

Se agruparon como literatura científica, a todos aquellos documentos indexados en fuentes científicas (SCOPUS, WoS, ACM), principalmente artículos (papers), conferencia (proceedings) y libros, incluyendo trabajos de grado y tesis de maestría y doctorado. Debido a la abundancia de documentos, se destaca el uso de la herramienta Tree of Science para un análisis de citaciones y

relevancia de la literatura encontrada. Además, se recurrió a repositorios abiertos o de libre acceso para complementar las bases de datos por suscripción y los repositorios institucionales de la Universidad.

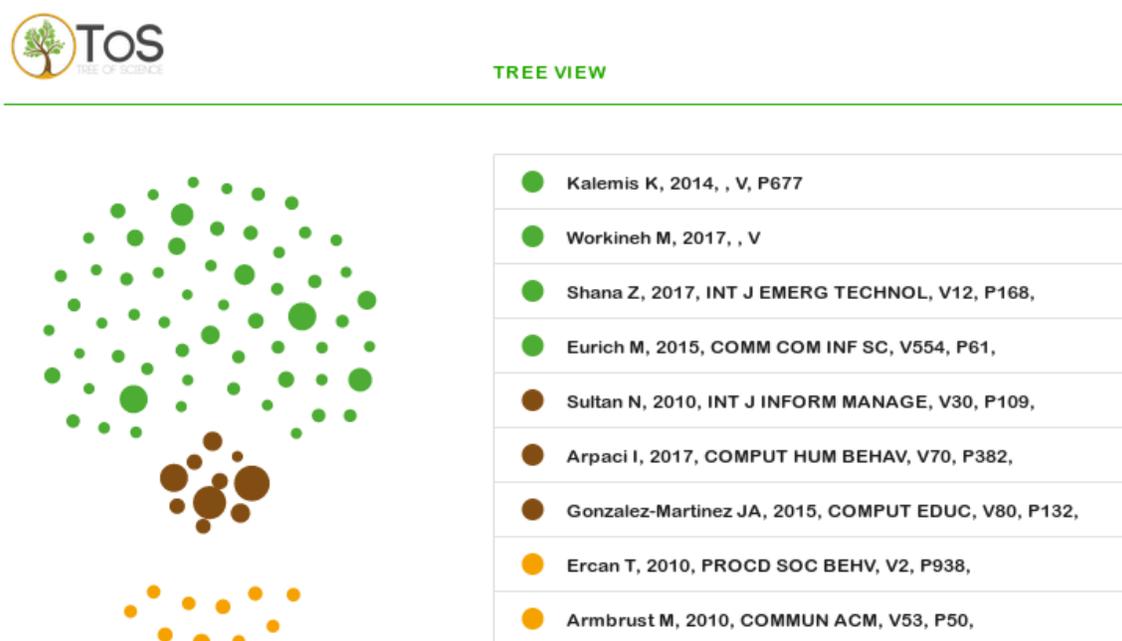
**2.2.1 Tree of Science.** Se realizó una consulta en las bases de datos de Scopus y Web of Science (proporcionadas por la Universidad), con las claves de búsquedas: “Cloud Computing + Education” y “Container + Linux”. Los resultados se procesaron con la herramienta ToS (por sus siglas en inglés, Tree of Science), de la Universidad Nacional de Manizales (Robledo et al., 2014).

Para la clave de búsqueda “Cloud Computing + Education” se obtuvieron 133 registros. Para la segunda clave de búsqueda, inicialmente, se había usado la clave “Container + Architecture”, que solo arrojaba 50 resultados y el árbol de la ciencia sugiere un rango entre cien (100) y quinientos (500) registros, con la finalidad de poder obtener un árbol consistente, por lo tanto, se hizo el cambio en la clave de búsqueda a “Container”. Ésta segunda clave era muy general y arrojaba literatura sobre contenedores de carga de transporte marítimo, una consecuencia del uso de metáforas en computación (Colburn & Shute, 2008) (el concepto de “Container” surge en la comunidad de software libre Linux, como metáfora, de la cadena de suministros y logística de las empresas marítimas). Entonces, fue necesario refinar la búsqueda, quedando finalmente la clave “Container + Linux”, para un total de 94 registros.

Los registros obtenidos de la búsqueda, fueron exportados desde Web of Science y Scopus, e importados al Árbol de la Ciencia (por su traducción, Tree of Science). A continuación, se presentan los resultados de la herramienta, lo cual generó 2 árboles (ver Figura 3 y Figura 4), uno para cada clave de búsqueda. El análisis y la presentación de cada árbol, se detallan a

continuación.

### 2.2.1.1 Árbol 1: “Cloud Computing + Education”. Como se muestra a continuación:



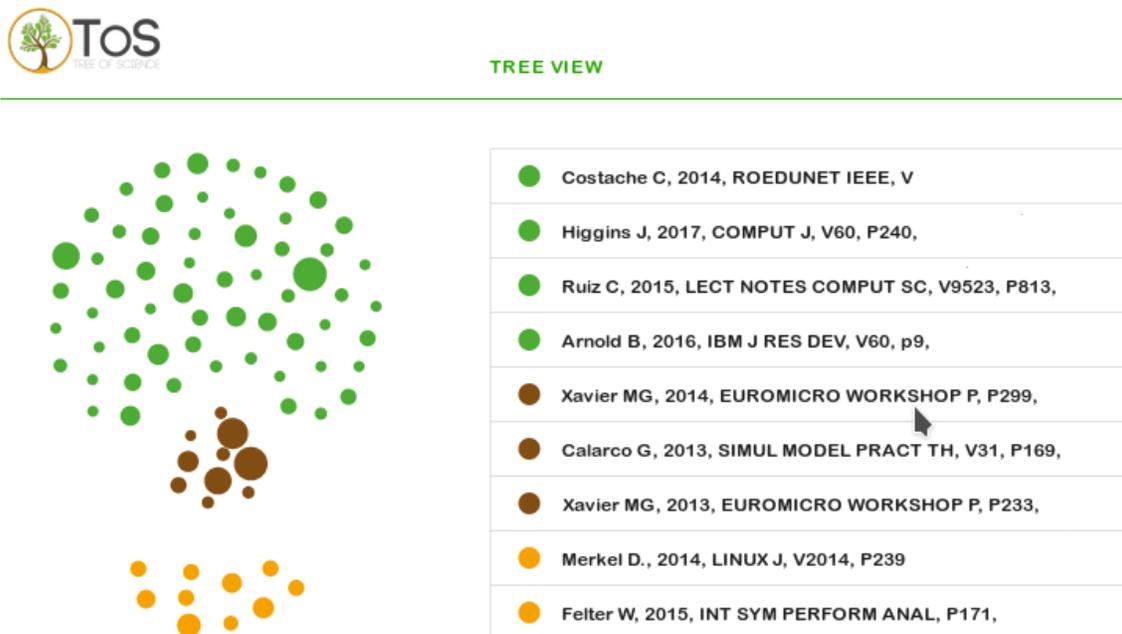
**Figura 3. Árbol de la ciencia "Cloud Computing + Education"**

De acuerdo a la búsqueda y la lectura preliminar (título, resumen y conclusiones) de la literatura encontrada en el Árbol de la Ciencia, se realizó una tabla de apropiación con los principales autores encontrados. La tabla de apropiación se presenta ordenada, según su posición en el Árbol (Raíz, Tronco, Hoja) y se expone a continuación.

**Tabla 3. Resumen de resultados del árbol de la ciencia “Cloud Computing + Education”**

<b>Posición</b>	<b>Tema</b>	<b>Descripción</b>
Raíz	Nube y beneficios de implementarla.	Define la nube desde diferentes vistas, y nombra los 10 principales obstáculos y oportunidades de la nube (Armbrust et al., 2010).
Raíz	Nube aplicada a la educación para lograr ventajas económicas.	Nombra la nube como una excelente alternativa para las universidades que están especialmente desprovistas de presupuesto para operar sus sistemas de información de manera efectiva y lo que se puede hacer para aumentar los beneficios de estudiantes y docentes (Ercan, 2010).
Tronco	Nube aplicada a la educación para lograr ventajas pedagógicas.	Revisión literaria sobre el uso e investigación de la computación en la nube en la educación. Además de identificar riesgos y sus escenarios para tener ventajas significativas (González-Martínez et al., 2015).
Tronco	Nube aplicada a la educación para lograr ventajas pedagógicas.	Lograr gestión de conocimiento a través de la computación en la nube (Arpaci, 2017).
Tronco	Nube aplicada a la educación para lograr ventajas económicas.	Expone a la Cloud Computing como una oportunidad para las universidades, para lograr reducir costos y algunos aspectos que impiden que lo adopten (Sultan, 2010).
Hoja	Nube aplicada a la educación para lograr ventajas económicas	Lograr soluciones de HPC (high performance computing) implementando Cloud Computing en la educación. Aprender la nube como un medio para lograr mayor transparencia y eficiencia en la educación (Eurich & Boutellier, 2015).
Hoja	Nube aplicada a la educación para lograr ventajas pedagógicas.	Aspectos de preparación y base para aplicar Cloud Computing en la educación superior en los Emiratos Árabes (Shana & Abulibdeh, 2017).
Hoja	Modelo de adopción de nube aplicada a las IES (Instituciones de educación superior).	Identifica las capacidades críticas y desarrolla un modelo para evaluar la preparación para la adopción de la informática en la nube de las instituciones de educación superior antes de iniciar la adopción (Workineh et al., 2017).
Hoja	Nube aplicada a la educación para lograr ventajas pedagógicas.	Muestra que se puede usar la computación en la nube como un proceso didáctico alternativo (bajo costo, aprendizaje personal, aprendizaje interactivo y el aprendizaje de muchos a muchos) en la educación primaria, secundaria y superior (Kalemis, 2014).

### 2.2.1.2 Árbol 2: “Container + Linux”. Como se muestra a continuación:



**Figura 4. Árbol de la ciencia "Container + Linux"**

De acuerdo a la búsqueda y la lectura preliminar (título, resumen y conclusiones) de la literatura encontrada en el Árbol de la Ciencia, se realizó una tabla de apropiación con los principales autores encontrados. La tabla de apropiación se presenta ordenada, según su posición en el Árbol (Raíz, Tronco, Hoja) y se expone a continuación.

**Tabla 4. Resumen de Resultados del árbol de la ciencia "Container + Linux"**

<b>Posición</b>	<b>Tema</b>	<b>Descripción</b>
Raíz	Ventajas de implementar Contenedores.	Comparan el rendimiento de una VM, con el uso de Contenedores. Los resultados muestran un mejor o igual rendimiento de los contenedores en todas las pruebas (Felter et al., 2015).
Raíz	Docker como tendencia y sus beneficios	Docker como una arquitectura de container y una solución para lo que él llama “infierno de las dependencias”, de una forma ligera, portátil y aislada (Merkel, 2014).
Tronco	Containers en el contexto de HPC	Realiza una serie de experimentos para realizar una evaluación del rendimiento de la virtualización basada en contenedores para HPC (M. G. Xavier et al., 2013).
Tronco	Containers para virtualizar redes	Presenta una implementación de Container para una plataforma de redes heterogéneas, y nombra las limitaciones y su posibles mejoras (Calarco & Casoni, 2013).
Tronco	Ventajas de implementar Contenedores	Realiza un experimento de los contenedores con aplicaciones de recursos intensivos (MapReduce. MR). Los resultados muestran cuál arquitectura container es la mejor en relación al rendimiento y su configuración (Miguel Gomes Xavier et al., 2014).
Hoja	Containers como servicio	El desarrollo de IBM Containers, un servicio en la nube que proporciona a los desarrolladores las características de una nube PaaS y la flexibilidad de una nube IaaS, bajo una arquitectura de contenedores (Arnold et al., 2016).
Hoja	Containers en el contexto de HPC	Este documento evalúa el rendimiento de las soluciones de contenedor basadas en Linux aplicado en contextos de HPC (High performance Computing), Mostrando que la tecnología de contenedores ha madurado a lo largo de los años y que están en mejora continua (Ruiz et al., 2015).
Hoja	Containers en el contexto de HPC	Implementa contenedores Docker en el entorno de clúster y evalúa su tiempo de ejecución para la ejecución paralela de alto rendimiento, enfocado en el flujo de usuarios de informática científica (Higgins et al., 2016).
Hoja	Containers como servicio	El documento presenta una solución para permitir el aprovisionamiento bajo demanda de contenedores Linux utilizando Software-Defined Networking, bajo un enfoque flexible para tratar incluso los recursos de nivel de control "como un Servicio" (Costache et al., 2014).

**2.2.2 Bases de datos por suscripción.** Además de la apropiación obtenida de los resultados del Árbol de la Ciencia, también se realizó una consulta, en las bases de datos indexadas por suscripción, que provee la universidad a sus estudiantes (Alejandria UFPS, 2020). Para realizar la consulta en las bases de datos proveídas por la UFPS, se utilizaron dos claves de búsqueda, enfocadas en las tecnologías de Moodle, Docker y Nube, las cuales fueron: “Moodle + Cloud” y “Moodle + Container”. Los resultados apropiados de cada clave de búsqueda, se resumen en la siguiente Tabla.

**Tabla 5. Resumen de las bases de datos por suscripción**

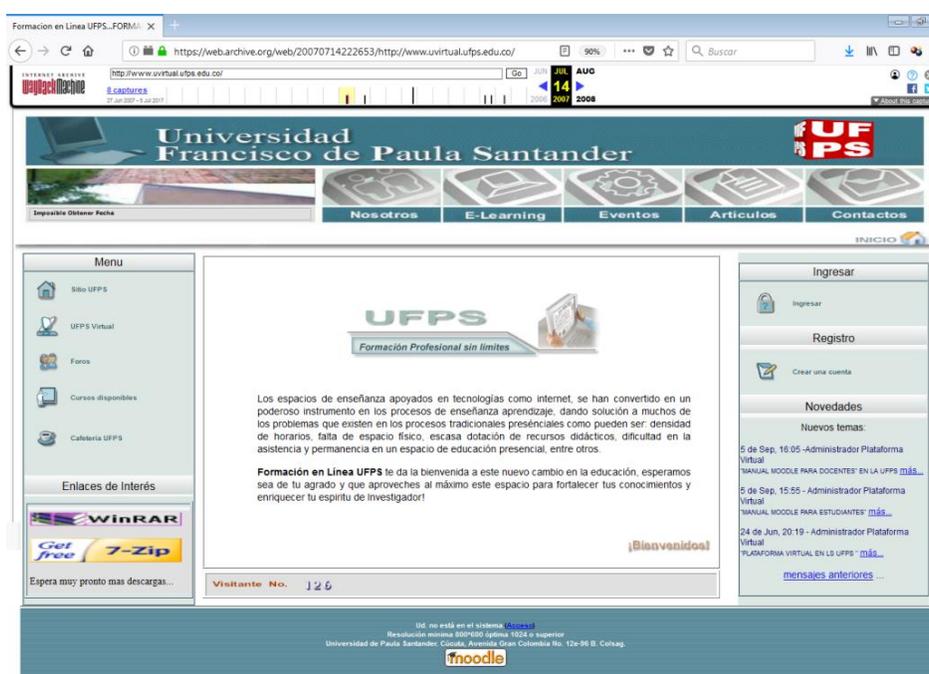
<b>Título</b>	<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>
New Educational ICT Environment with Cloud in Kyushu University.	Moodle Cloud	Este documento narra el proceso de la universidad Kyushu, de migrar a nube diferentes tipos de plataformas, entre ellas, una plataforma Moodle, en la cual se implementaron cambios, con la finalidad de mejorar el rendimiento, reducir costos e implementar nuevas políticas de seguridad La migración se realizó a la nube Amazon AWS (Fujimura & Hashikura, 2017).
Mobile Cloud Learning for Higher Education: A Case Study of Moodle in the Cloud	Moodle Cloud	Implementaron la plataforma Moodle, utilizando servicios en la nube de Microsoft Azure (M. Wang et al., 2014). Durante el proceso se muestra la realización de mejoras a su plataforma, actualización de versiones de Moodle e instalación de plugins de compatibilidad con dispositivos móviles. Finalmente nombran riesgos a tener en cuenta, relacionados con temas de seguridad informática (M. Wang et al., 2014).
E-learning development as public infrastructure of cloud computing	Moodle Cloud	Implementa la plataforma Moodle, utilizando la tecnología de OpenStack, destacando sus beneficios obtenidos, ahorro de recursos de licencias y la facilidad de escalabilidad según la demanda de los usuarios de la plataforma (Manongga et al., 2014).
Techno-pedagogical aspects of the Up2U learning ecosystem	Moodle Container	Consiste en un conjunto de herramientas, que buscan potenciar a los estudiantes preuniversitarios. Dentro de sus herramientas técnicas, implementan una plataforma Moodle como herramienta central y una herramienta Dockerizada para complementar el análisis de datos (Szegedi, 2018).

**2.2.3 Repositorio institucional.** Adicionalmente, utilizando la plataforma Alejandría, de la biblioteca de la UFPS (Alejandria UFPS, 2020), se realiza una búsqueda, inicialmente con la clave de búsqueda “Moodle + Cloud Computing”, sin embargo, en los resultados obtenidos, Cloud Computing no obtuvo resultados, por lo que se reemplazó por su traducción como “Nube”. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente Tabla.

**Tabla 6. Resumen de los repositorios institucionales**

<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
Implementación de la herramienta Moodle en el colegio Sagrados Corazones.	Implementación del LMS Moodle, desplegado en computación en la nube, con un curso piloto, para el colegio Sagrado Corazones, en el cual se realizó su respectivas pruebas de uso, con estudiantes y maestros (Arguello Alba & Gallardo Perez, 2012).
Prototipo para el aprendizaje virtual de la unidad de gestión de memoria de la materia sistemas operativos del plan de estudios de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Francisco de Santander.	Implementación de un LMS Moodle, para el curso de Sistemas Operativos, enfocado en facilitar el afianzamiento del eje temático, Gestión de Memoria, de la materia de Sistemas Operativos, del Plan de Estudios de Ingeniería de Sistemas, orientado a potenciar la virtualidad junto con el aprendizaje autónomo (Machuca Villegas et al., 2003).
Análisis de la pertinencia del sistema de administración de aprendizaje (LMS) Moodle y caso de implementación del curso básico de PHP para la Universidad Francisco de Paula Santander.	Revisión sobre el funcionamiento de la plataforma Moodle, comparando sus características y resaltando sus ventajas y desventajas en lo relacionado a su arquitectura y funcionalidad. Además, se implementó un curso de desarrollo web en PHP (Perez Torres et al., 2005).
Actualización de la plataforma virtual Moodle versión 1.5.2 a la versión 1.9 y creación de un banco de plantillas para cursos virtuales en la UFPS.	Actualización de Moodle, de la versión 1.5.2 a 1.9.4, además de integrar un sistema de plantillas, para la mejora del diseño de los cursos (Sanchez Villamizar et al., 2010).
Servicio web para el acceso a la plataforma de aprendizaje Moodle desde dispositivos móviles.	Implementación de un componente, el cual, a través de servicios web (REST), permite el acceso a plataformas basadas en Moodle, desde dispositivos móviles (Ortega Alvarez et al., 2011).
Modelo para la migración a software libre y plataformas GNU-Linux en la Universidad Francisco de Paula Santander	Promueve el uso del software libre en la UFPS, donde resalta la disminución de costos y se propone un plan de migración progresivo, de software propietario a software libre, basado en GNU-Linux. (Soto Urbina et al., 2007)
Diseño de estrategias metodológicas para el aprendizaje en las aulas virtuales de la Universidad Francisco de Paula Santander	El objetivo principal del proyecto, fue diseñar unas estrategias de orden pedagógico y didáctico, que permita la incorporación de nuevas tecnologías de la información y la comunicación al proceso educativo (Galvis Carvajal et al., 2002).

**2.2.3.1 Uvirtual.** Históricamente, el Programa de Ingeniería de Sistemas, ha liderado las transformaciones TIC de la Universidad Francisco de Paula Santander. Un ejemplo de lo anterior es la plataforma basada en Moodle, conocida como UVIRTUAL (ver Figura 5), creada desde el año 2003 (Machuca Villegas et al., 2003), y aún en operación, con más de 15 años de funcionamiento, ha sido un complemento a la educación presencial del programa, desarrollando cursos y material educativo para diversas materias y proyectos de grado (Ortega Alvarez et al., 2011; Perez Torres et al., 2005; Sanchez Villamizar et al., 2010).



**Figura 5. Página de inicio de UVIRTUAL, año 2007**

Fuente: Vera, 2018.

Aunque inicialmente la plataforma estaba orientada para la materia de Sistemas Operativos (Machuca Villegas et al., 2003), sus beneficios nombrados anteriormente y su aceptación por los alumnos y docentes, motivaron a adaptarla para todo el programa de ingeniería de sistema,

logrando ser un indicativo del programa en su proceso de acreditación (Vera Contreras, 2018).

**2.2.4 Repositorios de libre acceso.** Con el propósito de complementar la literatura apropiada, se realiza una búsqueda en los repositorios abiertos (aquellos que no cobran una licencia por su uso), relacionada a los temas de otras tecnologías, relacionadas al proyecto, como son: Docker, Nginx, Apache, SSL y otras de código abierto, apropiadas en la Tabla 7. Entre los repositorios gratuitos encontrados en la Internet, destacan: Google Scholar, Orell y Gartner.

**Tabla 7. Resumen de los repositorios de libre acceso**

Título	Clave	Descripción
Informe de la encuesta: Detrás de la creciente confianza en la seguridad de la nube	Seguridad en Nube	Resume un estudio realizado a altos ejecutivos de TI, sobre Cloud Computing y cómo los temas de seguridad, agilidad en el despliegue y el ahorro de costos entre otros, son determinantes para decidir adoptar servicios en nube (Sadowski, 2017).
Diffusion of Innovation Theory	Innovación	Se nombran las 5 categorías de los adaptadores de innovación y se definen los requerimientos para saber en cual categoría ubicarse (Kaminski, 2011).
What you need to know about docker	Docker	Es un libro que nos comparte la teoría detrás de Docker, como funciona, comandos básicos, herramientas auxiliares y complementarias (Docker Compose), buenas prácticas y finalmente una guía de instalación (Gallagher, 2016).
Cloud Computing Trends: 2018 State of the Cloud Survey	Cloud	Un estudio sobre estrategias de adopción e innovación en nube, realizada a novecientos noventa y siete profesionales TI de diferentes organizaciones (Kim Weins, 2018).
Docker Containerization Cookbook	Dockerizar	Introducción a las definiciones básicas de Docker (imagenes, contenedores, volúmenes) y resalta la integración con la herramienta Docker Compose (Java Code Geeks, 2016).
Guia del director de TI para el desarrollo de aplicaciones abiertas	Open source	Es un documento que narra las experiencias de innovaciones tecnológicas utilizadas en Google y como han aportado en la búsqueda de mejorar el rendimiento en los procesos.
Magic Quadrant for Cloud Infrastructure as a Service, Worldwide	Cloud	Es una análisis del mercado global en Cloud Computing, donde se utiliza unos criterios de evaluación para ubicar en un cuadrantes (Challengers, Leaders, Niche Players, Visionaries) a los principales proveedores de servicios en la nube (Wright et al., 2019).
Planning a migration overview	Cloud	Consiste en un conjunto de artículos, donde se comparte buenas prácticas de migración hacia servicios y herramientas de Google (Google Cloud) (Google Cloud, 2020).
Acuerdo Marco de nube pública.	Cloud	Muestra las condiciones de compra, de pago y los tipos de servicio en nube, permitidos para la compra pública en

Título	Clave	Descripción
		Colombia (Acuerdo Marco de nube pública, 2019).
"¿Qué me estás container?" Docker for dummies	Docker	Presentación realizada en MoodleMoot España 2018, donde se puede apreciar una definición de Docker, su arquitectura, funcionamiento y la implementación de un Moodle base con Docker (Arjona & Ferrer, 2018).
Adobe powers its API gateway with Nginx	Nginx	Un caso de éxito de Nginx, implementado por Adobe, el cual logró un mejoramiento en el rendimiento de sus API (demanda de millones de peticiones diarias), de la mano de una disminución de costos (Nginx, 2020).
Building a large scale CDN with Apache Traffic Server - Jan van Doorn	Apache	Presenta un resumen de la implementación de Apache como solución CDN en la empresa Comcast, permitiendo seleccionar la mejor configuración según la localización de los clientes, logrando aumentar la calidad en la imagen de sus videos (Doorn, 2014).
Google I/O 2014 - HTTPS Everywhere	SSL	Google IO 2014 nos comparte la importancia de implementar certificados SSL (firmados por una CA) en nuestros sitios, con la finalidad de lograr cumplir las tres metas básicas (autenticidad, integridad y cifrado), además, los sitios que sigan esta iniciativa, tendrán mejor posicionamiento en el buscador de Google (Ilya & Far, 2014).
Caso práctico de la misión Mars Curiosity de la NASA/JPL	Nginx	Narra la experiencia de la NASA en la transmisión en vivo del aterrizaje del Rover (astromóvil) de la misión espacial a Marte Curiosity. Esta transmisión obtuvo una audiencia máxima de quinientos mil personas en vivo y fue posible, implementado las tecnologías de Nginx y servicios de Amazon AWS (Amazon, 2014).
up2 university	Docker	Se utiliza el concepto de contenedores, para desarrollar una arquitectura modular, fácil de integrar y rápida de desplegar, para potenciar el aprendizaje de los estudiantes, utilizando una arquitectura tecnológica, la cual, se compone de un conjunto de herramientas, que utilizan protocolos abierto y tecnología Docker. Esta arquitectura mencionada, se basa en una filosofía denominada como: "the containerized education" (Szegedi, 2018).
Paypal	Docker	Presenta la experiencia de la empresa PayPal, implementando la tecnología Docker, para desplegar su infraestructura. Además de Docker, se implementa con la tecnología Kubernetes, logrando orquestar más de ciento cincuenta mil contenedores (pods), incrementando un 50% de velocidad en sus procesos de negocio (Armstrong, 2017).

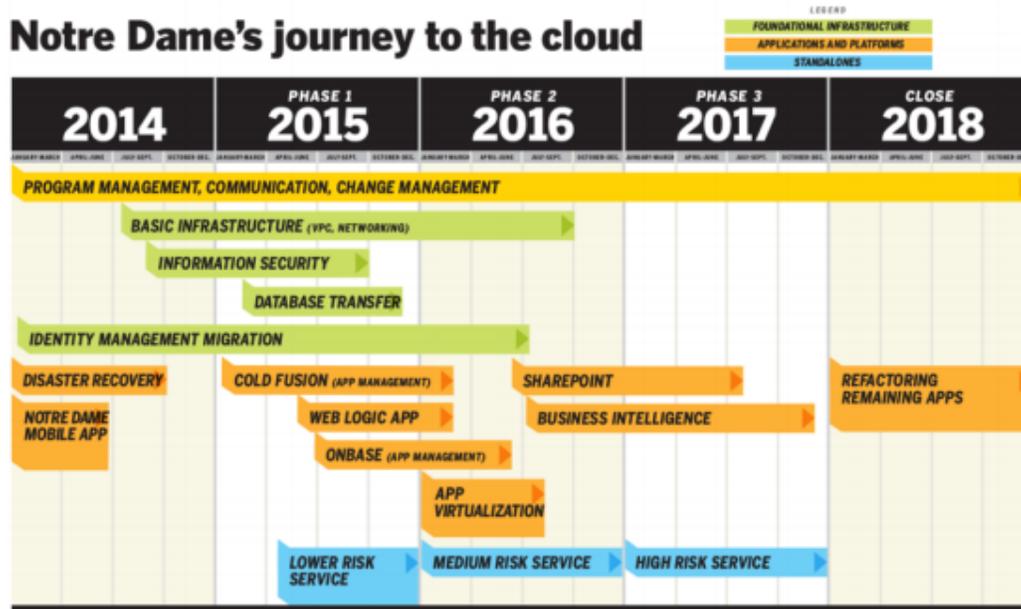
## 2.3 Literatura Profesional

Además de la literatura científica anteriormente apropiada, también se realizó una consulta de literatura profesional, relacionada, a los resultados de experiencias publicadas por las organizaciones, en el tema de migración a Cloud Computing. A continuación, se resume, algunas experiencias de diferentes tipos de organizaciones.

**2.3.1 Experiencia profesional 1: Universidad Notre Dame, Indiana.** La universidad de Notre Dame, comparte sus resultados de migración a nube pública, en Amazon, con la finalidad de optimizar sus procesos, permitirle facilitar el balanceo de sus cargas y crecer según su necesidad. La migración la lidera un experto en seguridad nacional (Nijim, 2015).

A través de un proceso de diferentes estudios, en la universidad de Notre Dame, concluyeron que la nube de Amazon, tiene la capacidad para respaldar su información y les permite ser elásticos y escalables en sus aplicaciones, lo cual mejoraba la experiencia de sus usuarios (Nijim, 2015).

La migración a la nube ha sido un proceso progresivo (ver Figura 6), partiendo siempre de experimentos exploratorios para facilitar el camino y para lograrlo, Notre Dame dividió en partes las cargas, desde el año 2014 hasta el año 2018, logrando procesos de cierre exitosos, gracias al pensamiento: “One at a time” (traducido como: “De uno a la vez”).



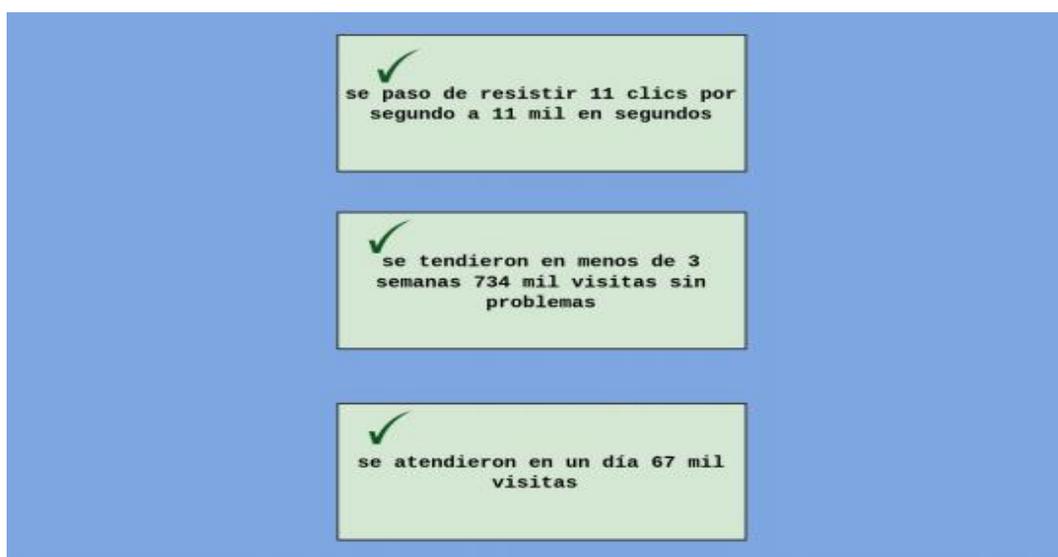
**Figura 6. El viaje de la Universidad de Notre Dame a la nube**

Fuente: Nijim, 2015.

**2.3.2 Experiencia profesional 2: SGC (Servicio Geológico Colombiano).** El SGC, es el ente encargado de registrar las actividades sísmicas y comportamientos inusuales del suelo colombiano. Uno de las labores fundamentales para el SGC, es registrar cualquier tragedia y poder transmitir esa información de manera oportuna, por esta razón, elabora constantemente boletines preliminares, los cuales se emite de manera automática (cada 2 minutos), esta información es publicada en su sitio web (SGC, 2020).

El inconveniente del SGC, ocurría cuando se registraba una incidencia sísmica, lo cual generaba una alta concurrencia de usuarios, debido a la importancia de lo publicado. Esta gran cantidad de visitas, durante un lapso corto, ocasiona que su sitio web, quedará inhabilitado, dejando a los colombianos sin una fuente información sobre los eventos sísmicos (Bravo & Cuevas, 2014).

Para solucionar el problema de pérdida de servicio, anteriormente presentado, el SGC, decidió migrar su sistema a la nube, gracias a una consultoría del departamento de Ingeniería de sistemas y computación de la Universidad de los Andes, lo que le ha permitido pasar de tener capacidad de cientos de usuarios, a miles en cuestión de segundos (recursos por demanda) (ver Figura 7), lo cual no solo aumentó su capacidad de concurrencia, sino que generó un ahorro económico.



**Figura 7. Logros de la migración a nube del SGC**

Fuente: Bravo & Cuevas, 2014.

**2.3.3 Experiencia profesional 3: CISA (Central de Inversiones S.A.).** La CISA, es una sociedad comercial de economía, vinculada al ministerio de hacienda, cuya misión es gestionar eficientemente los activos adquiridos y/o administrados a las Entidades Públicas en Colombia (CISA, 2020). El problema tecnológico al cual se enfrentaba la CISA, consistía en (i) un reto de escalabilidad, pues requería que sus recursos crecieran en la medida que se necesitarán, (ii) un retraso en el proceso de desarrollo de software, debido a demoras ocurrida en la implementación

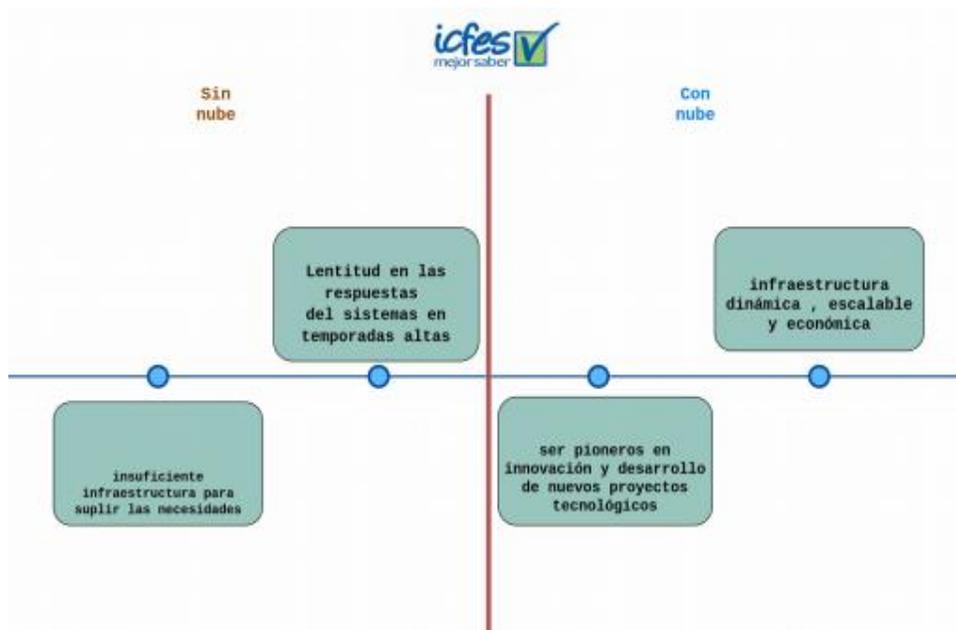
de las pruebas y (iii) se deseaba reducir u optimizar los recursos económicos en infraestructura (Garzón Tobón, 2016).

Para afrontar los problemas de elasticidad y optimización de costos, se implementó una solución de Cloud Computing, con el proveedor Amazon, en la cual, la CISA logró (en tan solo 2 días) diseñar la solución arquitectónica en nube, que incluía auto escalamiento (lo cual le permitió abastecerse de recursos computacionales de forma dinámica y elástica), y una reducción de costos en infraestructura, además de mejorar el tiempo de respuesta de sus aplicaciones (ahora en nube).

**2.3.4 Experiencia profesional 4: ICFES (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación).** El ICFES, es el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación, entidad especializada en ofrecer servicios de evaluación, de la educación en todos sus niveles (básica primaria, media y superior anualmente), y en particular apoyar al Ministerio de Educación Nacional en la realización de los exámenes de estado (ICFES, 2020). Cada año académico, el ICFES evalúa alrededor de 5 millones de estudiantes, y posterior a ello, publica los resultados en su sitio web, ocasionando, que durante los primeros días de publicación, aumente de manera exponencial las visitas (en comparación al resto del año), a tal punto de no poder soportar la gran cantidad de usuarios (Picón, 2017).

La solución implementada por el ICFES, para soportar la alta demanda de usuarios en tiempos relativamente cortos, consistió en aplicar tecnología de Cloud Computing, junto a herramientas de Amazon, para potenciar las funcionalidades de su plataforma. La mayor ganancia de utilizar nube -según su directora de tecnología e información-, es que todas las ideas y soluciones que se plantean, se pueden desarrollar de manera eficiente y con bajo costos (ver

Figura 7).



**Figura 7. Matriz de impacto de la migración a nube del ICFES**

Fuente: Picón, 2017.

## 2.4 Literatura Técnica Especializada

Luego de obtener una apropiación científica y profesional, se decidió especializar y hacer énfasis, en aspectos más técnicos (sabes hacer) relacionados al proyecto y sus tecnologías, en los que destacan las alternativas de migración, Cloud Computing, Docker y otras tecnologías y herramientas muy interesantes e implementadas en capítulos posteriores, las cuales se especifican a continuación.

**2.4.1 Planes de Migración a nube.** Considerando el objetivo general del proyecto, es necesario realizar una revisión de literatura sobre planes de migración a nube existentes implementados o recomendados. Por lo tanto, se realizó una búsqueda, lectura y análisis que permitió identificar algunas alternativas de migración a nube, las cuales se exponen a continuación:

**2.4.1.1 Alternativa 1: 5 Fases de migración a la nube.** Como se muestra a continuación:

**Tabla 8. Fases de la alternativa 1 de migración a nube**

<b>Fases</b>	<b>Descripción</b>
1. Evaluación	Esta fase, consiste en un análisis de las necesidades técnicas de infraestructura, análisis de leyes que se deben cumplir, como se proveerá el soporte, todo lo que tiene relación a las licencias necesarias, para que funcionen las aplicaciones y los costos de mantener la infraestructura en la nube.
2. Migración	En esta fase, basado en la evaluación previa, se propone algunas estrategias de migración, las cuales, generalmente consisten en realizar migraciones, totales o parciales, de aplicaciones, manteniendo, si es el caso, las dependencias con servidores, ya existentes y complementando con dependencias en la nube.
3. Prototipado	Después de finalizar el ciclo de migración hacia la nube, se realizan casos de prueba, donde permita validar el funcionamiento de las aplicaciones migradas, y su integración con entornos en nube.
4. Aprovisionamiento	En esta fase, estando ya en nube, se pueden aprovechar todas sus ventajas, y realizar optimizaciones, implementando servicios en nube, configuraciones de firewall, auto escalamiento, creación de copias de seguridad automáticas, etc.
5. Pruebas	En esta fase, al finalizar el proceso, se realizan pruebas en la cuales, se evalúa las aplicaciones en estado de estrés, como pruebas de: carga y seguridad. Paralelamente, se utilizan herramientas que permitan monitorizar los recursos. Finalizada la prueba, se realiza la corrección de cualquier incidencia encontrada.

### 2.4.1.2 Alternativa 2: Modelo de 7 fases para migrar a nube. Como se muestra a

continuación:

**Tabla 9. Fases de la alternativa 2 de migración a nube**

<b>Fases</b>	<b>Descripción</b>
1. Evaluación	Esta fase consiste en analizar los costos en las nubes, y establecer qué aplicaciones se planean migrar, además, consiste en analizar las herramientas que se utilizarán para soportar la migración, dependiendo de cada a aplicación y sus bases de datos.
2. Aislamiento	Esta fase consiste, en validar y obtener, que requerimientos existen en cuanto a: las licencias, las dependencias, las librerías, los requerimientos de rendimiento y los requerimientos de arquitectura, de cada aplicación a migrar, con el fin, de facilitar en posteriores etapas, la definición de los entornos de ejecución en la nube.
3. Mapeo	Con la información obtenida, en la fase anterior, se realiza en la nube seleccionada, una recreación de los entornos de ejecución, agregando las dependencias que requiera cada aplicación, para poder ejecutarse de manera exitosa.
4. Re-arquitectura	En esta fase, da un espacio, para que algunas aplicaciones que requieren ser rediseñadas, (cambiar su arquitectura para que se acople con la nube), debido a este proceso, puede que algunas funcionalidades, queden inhabilitadas o deban rehacerse pensando en entornos cloud.
5. Potenciamiento	En esta fase, se realiza una integración de diferentes servicios en nube, que permitan, el mejoramiento de la aplicación (auto escalamiento, monitoreo e integración con diversas API).
6. Pruebas	En esta fase, se realizan diferentes tipos de pruebas, utilizando diferentes suites de herramientas de monitoreo, que permitan medir los resultados, los cuales pueden ser negativos o positivos.
7. Optimización	Con los resultados obtenidos en las pruebas, se inicia un proceso iterativo, que permita mejorar los problemas encontrados, realizando diversas configuraciones en la nube, como son: seguridad, red, permisos de ejecución y aplicación de buenas prácticas.

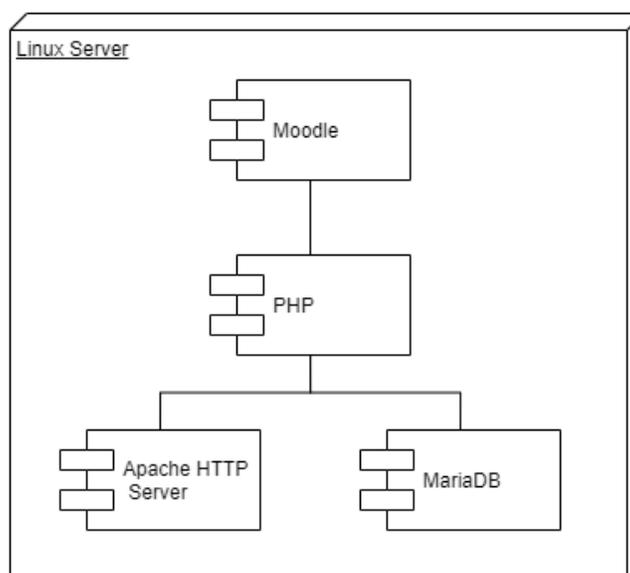
### 2.4.1.3 Alternativa 3: Migración de aplicaciones a Amazon Web Services. Como se

muestra a continuación:

**Tabla 10. Fases de la alternativa 3 de migración a nube**

Fases	Descripción
1. Evaluación	En esta fase se realiza (i) un cálculo de los gastos que requiere cada aplicación para llevarse a la nube (Almacenamiento, procesamiento, tráfico de red), (ii) una búsqueda de qué leyes deben cumplirse para cada aplicación, (iii) conocer los requerimientos de seguridad, (iv) una revisión técnica de las aplicaciones, para distinguir sus dependencias y (v) el orden de migración de las aplicaciones (evitando primero las aplicaciones legacy).
2. Prueba de concepto	Con los requerimientos y riesgos ya conocidos, se crea un piloto de migración de una aplicación, para llevarse a la nube y se realizan pruebas, para validar su correcto funcionamiento (la idea de la prueba y el piloto es empezar con una aplicación pequeña). La finalidad de esta fase es obtener un feedback del proceso de migración a nube.
3. Migración de datos	En esta fase, se busca conocer, las diferentes opciones de almacenamiento en nube. Se debe realizar un contraste, entre las herramientas de almacenamiento inhouse y las que se planean usar en la nube, para distinguir cuales pueden funcionar y cuáles no, al terminar este paso, se debe migrar los datos de tus aplicaciones a algún sistema de almacenamiento en nube.
4. Migración de aplicación	En esta fase, se selecciona la estrategia de migración de la aplicación inhouse a nube, AWS propone dos estrategias principales, “Forklift Migration Strategy” y “Hybrid Migration Strategy”.
5. Aprovechamiento de la nube	En esta fase, después de que tu aplicación ha sido migrada y se ha validado que funciona correctamente, se integran otros servicios de la nube, como, por ejemplo: tableros de mediciones, integración con APIS de la nube, auto escalamiento, gestión de acceso de usuarios, etc., esto con el fin de utilizar más servicios de la nube.
6. Optimización	En esta fase, se busca optimizar las aplicaciones migradas, en función de ahorrar costos, esto se logra a través de predicciones de uso de recursos, usar efectivamente el tiempo de ejecución en las instancias, realizar pagos por instancias reservadas (pagos de hasta por 3 años ahorrando el 70%) y siguiendo la implementación de buenas prácticas que ofrece AWS.

**2.4.2 Learning Management System (LMS) Moodle.** Este proyecto se desarrolló en el contexto de Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta. En dicho contexto se tiene la plataforma Learning Management System (LMS) Moodle, que permite a los profesores construir sus propias plataformas educativas, en poco tiempo con cursos dinámicos, contenido compartido con sus estudiantes, administrar y calificar entregas de trabajos, incluir herramientas que potencien la educación virtual (plugins). Además, Moodle es una plataforma 100% administrable, con un entorno totalmente intuitivo y con la posibilidad de traducirse a diferentes idiomas (MoodleDocs, 2020). En lo que corresponde a este proyecto, la Figura 8 muestra la arquitectura de Moodle.



**Figura 8. Arquitectura de despliegue recomendada por Moodle**

De la arquitectura de despliegue de Moodle, podemos destacar como requisitos de instalación, un servidor LAMP (Linux, Apache HTTP Server, MariaDB y PHP) (MoodleDocs, 2020), y sobre esta pila se despliega el componente Moodle, el cual se divide principalmente en dos directorios: (i) el directorio “moodle” que almacena el código fuente de la plataforma y (ii) el

directorio “moodledata” que almacena los recursos de la plataforma.

**2.4.2.1 MoodleCloud.** A partir del año 2015, la organización que soporta Moodle, anunció de manera oficial que ofrece un servicio en nube (SAAS), con el objetivo de proporcionar un entorno Moodle orientado a instituciones o personas que no deseen lidiar con los temas relacionados a su instalación, mantenimiento y administración de hardware (M. Wang et al., 2014). Algunas ventajas y desventajas de optar por estos servicios, se mencionan a continuación.

**Tabla 11. Ventajas y desventajas de MoodleCloud**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cumple la promesa de proporcionar, en pocos minutos, una plataforma Moodle en nube.</li> <li>● No debes instalar, configurar y actualizar absolutamente nada, ya que el propio soporte de la plataforma, se encarga de mantenerte al día.</li> <li>● Personaliza la plataforma según tus intereses.</li> <li>● Existen varias alternativas de precios (Free, Started, Mini, Small, Medium) (ver Tabla 12), adaptadas a la necesidad de cada usuario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No se pueden agregar plugins, ni templates, fuera de los que están predefinidos por la propia plataforma (se puede intentar agregar tus plugins contactando al soporte).</li> <li>● Tiene una cantidad de espacio bastante reducido (puedes expandir tu plan, pero esto eleva los costos).</li> <li>● La cantidad de usuarios permitidos por plan, es algo reducida si se tiene pensado para una universidad.</li> <li>● Los costos son muy elevados, en comparación con otras alternativas más técnicas.</li> </ul>

Como se aprecia en la Tabla 11, MoodleCloud maneja cinco tipos de planes: Free, Started, Mini, Small, Medium y en la Tabla 12 se presenta el costo de cada plan y sus características.

**Tabla 12. Planes y características de MoodleCloud**

Características	Free	Started	Mini	Small	Medium
Máximo usuarios (usuarios que existen dentro de la plataforma)	50	100	100	200	500
Capacidad máxima de almacenamiento	200 MB	200 MB	200 MB	400 MB	1 GB
Última versión de moodle	Si	Si	Si	Si	Si
Cursos y actividades Ilimitadas	Si	Si	Si	Si	Si
Personalización del sitio	SI	SI	SI	SI	SI
Uso de la app móvil	Si	Si	Si	Si	Si
Uso de conferencia por web	Si	Si	Si	Si	Si
Copia de seguridad automatizadas	Si	Si	Si	Si	Si
Diseño de templates avanzados	Si	Si	Si	Si	Si
Paquetes de plugins extra	No	No	Si	Si	Si
Instalación de templates y plugins	No	No	No	No	No
Precio (USD)	\$0	\$80/year	\$250/year	\$500/year	\$1000/year

**2.4.3 Cloud Computing.** La computación en la nube, es un modelo que permite el acceso ubicuo, conveniente y bajo demanda por medio de la red, a un conjunto de recursos compartidos (almacenamiento, procesamiento, servidores, aplicaciones y servicios), los cuales pueden ser rápidamente configurados y lanzados con una mínima intervención y esfuerzo del proveedor (Mell & Grance, 2011).

Además, la NIST (National Institute of Standards and Technology), con la finalidad de estandarizar la tecnología de nube, publicó un documento donde definen los conceptos básicos relacionados a Cloud Computing (Mell & Grance, 2011), en el cual, destacan: (i) las características esenciales, (ii) los modelos de servicio y (iii) los modelos de despliegue.

**2.4.3.1 Características esenciales.** Autoservicio por demanda: El cliente puede configurar servicios en la nube, según lo requiera, como modificar los recursos de procesamiento, almacenamiento y red, sin necesidad de intervención humana, ni interacción propia con cada

proveedor.

**Amplio acceso a la red:** Los clientes tienen las características y capacidades disponibles por la red, en donde, puede acceder a la plataforma del proveedor, desde cualquier dispositivo (laptops, smartphone y tablets).

**Rápida elasticidad:** El cliente puede configurar sus recursos de manera rápida, algunas veces automáticas, para escalar rápidamente, ya sea de manera horizontal o vertical, tendiendo a ser una característica ilimitada y administrada en cualquier momento.

**Medición de servicio:** Las aplicaciones en nube, controlan y optimizan recursos automáticamente, utilizando niveles apropiados de abstracción para cada servicio, por ejemplo: almacenamiento, procesamiento y red. El consumo de los recursos, se pueden monitorear, controlar e informar, haciendo este proceso transparente entre el proveedor y el cliente.

**Conjunto de recursos:** La nube, está programada para lograr servir con múltiples recursos, a una gran cantidad de usuarios, usando un modelo llamado “multi-tenant”, el cual, se compone de diferentes recursos físicos y virtuales, que son asignados de manera dinámica a medida que el cliente lo demande, aunque, generalmente el cliente puede, a nivel superior, especificar la ubicación de los recursos, donde se desplegaran sus aplicaciones.

**2.4.3.2 Modelos de servicio.** Software como servicio (SaaS): Consiste en ofrecer al usuario final, el uso de aplicaciones como servicio, en las cuales, se paga por consumo y no existe una preocupación por la gestión, administración y actualización de la infraestructura.

**Plataforma como servicio (PaaS):** Se ofrece al usuario final, el servicio de realizar despliegues de sus aplicaciones, utilizando las plataformas dispuestas y los lenguajes soportados

por el proveedor. El usuario no debe preocuparse por la infraestructura y su actualización, solo debe preocuparse por la configuración de las aplicaciones que desea desplegar.

Infraestructura como servicio (IaaS): Este servicio, ofrece al usuario, la capacidad de aprovisionar recursos computacionales, estos recursos pueden ser: almacenamiento, procesamiento y red, sobre los cuales, el usuario puede ejecutar el software que desee, teniendo como responsabilidad, todo lo superior a la capa de sistema operativo, y el proveedor, se responsabiliza de la infraestructura física (Amazon, 2020).

**2.4.3.3 Modelos de despliegue.** Nube Pública: El acceso al aprovisionamiento es libre a todo público, la infraestructura física, está fuera de la organización y esta puede ser administrada por un tercero, una academia, el gobierno o una mezcla de estos.

Nube Privada: La nube se provisiona solo para uso de una organización, esta puede ser administrada por la misma organización o por terceros, y puede estar dentro de la empresa del cliente o fuera.

Nube Comunitaria: Este servicio se provee para una comunidad segmentada, las cuales pueden compartir preocupaciones (seguridad, misión, requerimientos, cumplimiento de leyes), este puede ser operada y administrada, por una o más organizaciones de la comunidad, por terceros o una mezcla de ambos, además, su infraestructura puede estar dentro de un miembro de la comunidad, varios.

Nube Híbrida: Es una mezcla de dos, o tres modelos de despliegue (pública, privada o comunitaria), estos modelos se pueden integrar, para funcionar como balanceadores de carga, entre múltiples nubes y lograr mejores rendimientos.

**2.4.3.4 Obstáculos para migrar a Cloud Computing.** La literatura nos plantea 10 principales obstáculos para el crecimiento y adopción de Cloud Computing (ver Tabla 13), sin embargo, estos obstáculos no deben ser barreras para no migrar a un modelo en nube, por lo que se plantean 10 oportunidades, con la finalidad de superar los obstáculos y poder obtener los beneficios que ofrece la computación en la nube a las organizaciones. Lo primeros 3 obstáculos afectan la adopción, los siguientes 5 el crecimiento y los 2 últimos son obstáculos políticos y de negocio (Armbrust et al., 2010).

**Tabla 13. Top 10 obstáculos y oportunidades para crecer en Cloud Computing**

N.º	Obstáculo	Oportunidad
1	Disponibilidad / Continuidad del negocio	Utilizar múltiples proveedores de nube.
2	Bloqueo de datos	Estandarización de APIS.
3	Confiabilidad de datos y Monitoreo	Implementación de cifrado, Redes virtuales, Firewall.
4	Cuellos de botella para transferencia de datos	Envío de discos físicos a los centros de almacenamiento de datos de las empresas de nube.
5	Rendimiento impredecible	Mejora del soporte a máquinas virtuales, Memorias Flash, Gang Schedule para máquinas virtuales
6	Escalabilidad del almacenamiento	Añadir pago del almacenamiento de manera Escalable.
7	Bugs en sistemas grande distribuidos	Construir un Debugger que se base en máquinas virtuales distribuidas.
8	Escalamiento Rápido	Construir un auto-scaler basado en machine learning y conservación de las snapshots de los volúmenes.
9	Reputación compartida	Ofrecer servicios de protección de reputación para los clientes, en servicios como los servicios de email.
10	Licenciamiento de software	Implementar modelo de “pago por uso” en licencias.

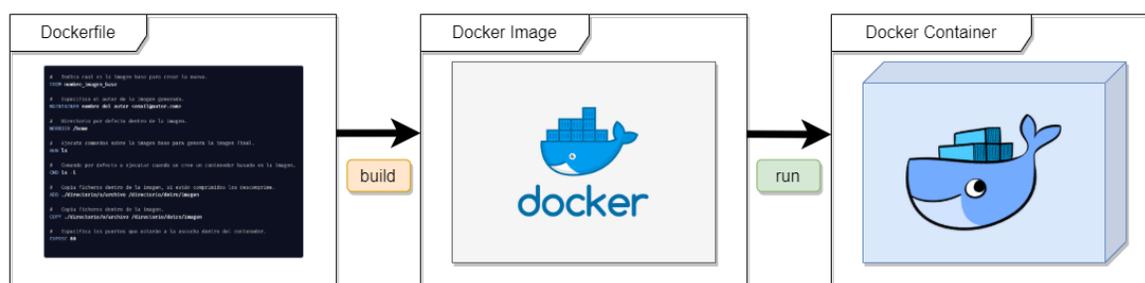
Fuente: Armbrust et al., 2010.

**2.4.3.5 Créditos educativos.** Otras de las cualidades de la computación en la nube, son los beneficios otorgados a los profesores y estudiantes, debido a que, al implementar servicios de Cloud en proveedores públicos, se obtienen créditos educativos, libres para ser consumidos, con algunos términos de uso, y vigencias. Sin embargo, es un aspecto a destacar, ya que no se tiene el gasto de experimentar en nube, gozando de los beneficios que recibimos como estudiantes, una gran ayuda en nuestro proceso de ingeniería. Finalmente, se consultaron los beneficios obtenidos de cada proveedor, los cuales se tabularon y se presentan en la siguiente Tabla.

**Tabla 14. Créditos educativos obtenidos por lo proveedores de nube pública**

Proveedor de nube	Requisitos		Beneficio (USD)	Términos de uso.	Beneficio total (2 estudiantes) (USD)
	Correo institucional	Tarjeta de crédito			
Amazon AWS (Amazon, 2020)	✓	✓	40	12 meses	80
Google Cloud (Google Cloud, 2020)	✓	✓	300	12 meses	600
Microsoft Azure (Microsoft Azure, 2020)	✓		100	12 meses	200
IBM Cloud (IBM Cloud, 2020)		✓	200	30 días	400
Oracle Cloud (Oracle Cloud, 2020)		✓	300	30 días	600
DigitalOcean Cloud (DigitalOcean, 2020)		✓	100	60 días	200

**2.4.4 Docker.** Docker es una plataforma de software libre que permite empaquetar, enviar, desarrollar y ejecutar aplicaciones en entornos aislados, conocidos como Contenedores (del inglés, Containers), los cuales incluyen todo lo necesario para que el software se ejecute incluidas bibliotecas, herramientas de sistema, código y tiempo de ejecución de manera rápida, permitiéndonos implementar y ajustar aplicaciones que funcionarán con certeza en cualquier entorno y cualquier ambiente (ver Figura 9).



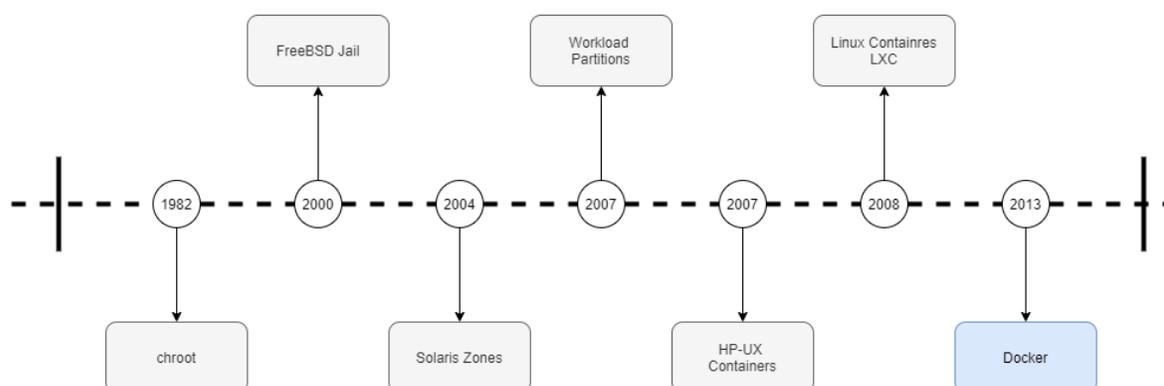
**Figura 9. Funcionamiento de Docker**

**2.4.4.1 Historia.** La tecnología que Docker implementa tiene el nombre de Contenedores. La tecnología de Contenedores nace de la filosofía de los años 80 de intentar aislar recursos, en Linux el primer acercamiento fue a través de la operación chroot, que al ejecutarse aislaba los recursos a nivel de usuario y de aplicación entre sí, pero con la limitación de no poder aislar los recursos físicos de hardware (procesador, memoria RAM, dispositivos, etc.).

El inicio del concepto de contenedores surge entre los años 2000 y 2008, cuando el Sistema Operativo FreeBSD (basado en UNIX), implementó FreeBSD Jail, el cual es una operación similar a chroot de Linux, pero logrando el aislamiento de recursos físicos. En el año 2004 son lanzadas las zonas del Sistema Operativo Solaris (basado en UNIX), las cuales eran una implementación más amigable para aislar recursos, aunque solo funcionaron en servidores Sun. En el año 2007 surgen las otras formas de aislamiento de recursos, las cuales fueron WPARs (del

inglés, Workload partitions, abreviado WPARs) para el Sistema operativo IBM AIX y HP-UX Containers para el sistema operativo HP-UX.

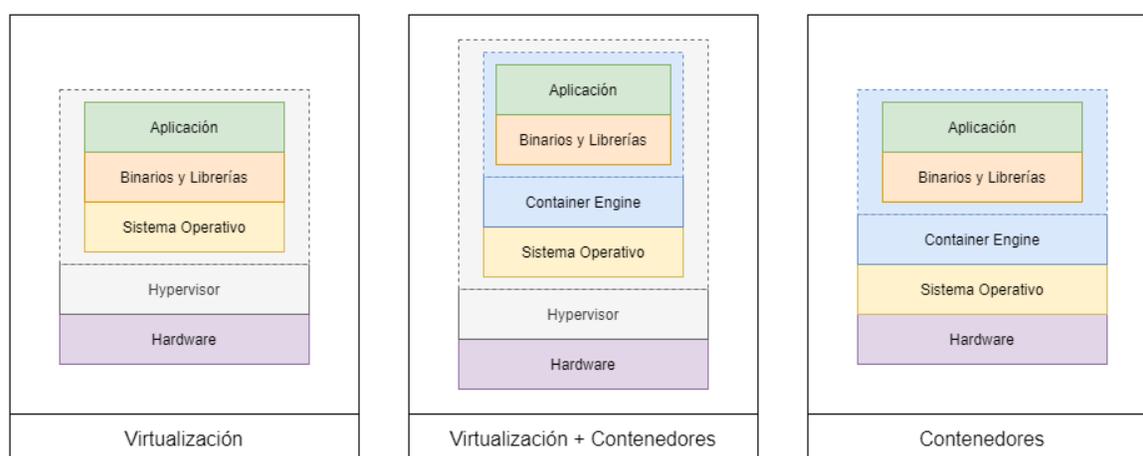
Más adelante, en el año 2008, Linux lanza su implementación de aislamiento conocida como LXC (del inglés, Linux Containers, abreviado LXC), las cuales estaban diseñadas para potenciar y administrar contenedores como procesos aislados. Finalmente, en el año 2013 es lanzado oficialmente Docker, el cual implementando a bajo nivel los contenedores LXC de Linux hasta finales del año 2014, donde Docker lanza su propia librería de Contenedores, conocida como libcontainer. La línea de tiempo de la tecnología de Contenedores hasta Docker se resume en la siguiente Figura.



**Figura 10. Línea de tiempo de la tecnología de Contenedores hasta Docker**

**2.4.4.2 Contenedores vs Virtualización.** Comparar los Contenedores con la Virtualización pueden considerarse un error, partiendo de que son dos tecnologías diferentes, que pretenden resolver problemas diferentes y que en muchos casos pueden complementarse entre sí. La virtualización nace para resolver los problemas de abstracción de hardware, creando entornos aislados para Sistemas operativo conocidos como máquinas virtuales (Chandrasekaran, 2014; González Rodríguez, 2018), de esta manera es posible tener en único servidor, muchas máquinas

virtuales, cada una con un sistema operativo anfitrión (Tanenbaum et al., 2009). Por otro lado, los contenedores nacen para abstraer las aplicaciones del sistema operativo, ya que es el Kernel el encargado aislar los recursos y proporcionar las herramientas para crear, manipular o controlar el estado de los contenedores (González Rodríguez, 2018). Por los propósitos y enfoques diferente de cada tecnología y según el contexto, una posible solución a implementar para un problema en específico, puede ser solucionado implementando Contenedores sobre máquinas virtuales (ver Figura 11).

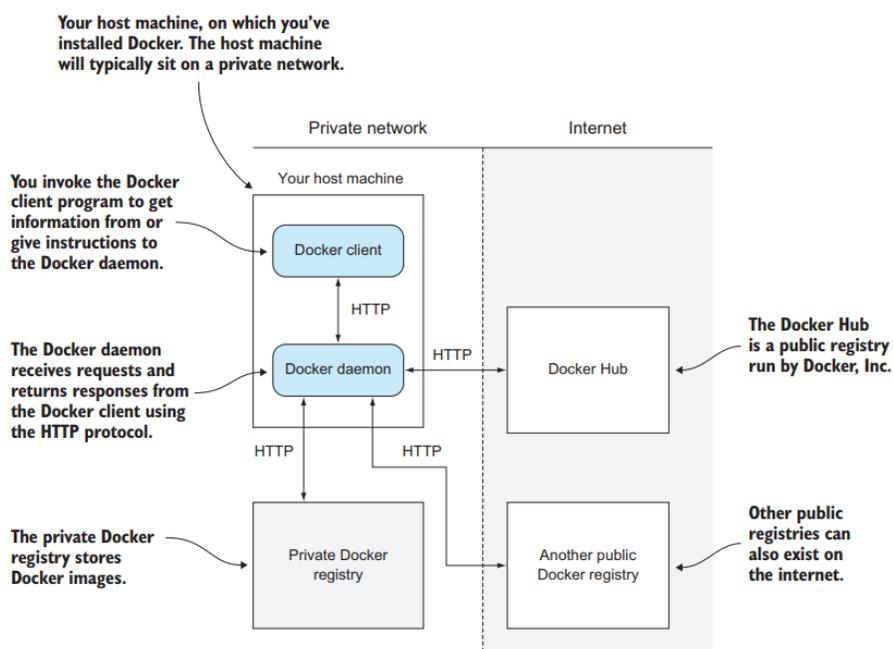


**Figura 11. Diagrama de Virtualización y Contenedores**

**2.4.4.3 Contenedores.** Uno de los conceptos claves dentro de la tecnología Docker son los contenedores. Estos son entornos aislados que comparten el mismo Kernel con el sistema operativo base, por lo que tienen acceso a los recursos del sistema (red, almacenamiento, uso procesador y memoria RAM) (Bernstein, 2014), sin la necesidad de utilizar métodos de virtualización de recursos. Un contenedor está compuesto de todo lo necesario para ejecutar una o varias aplicaciones.

**2.4.4.4 Imágenes.** Las imágenes en la tecnología Docker son un conjunto de capas que se ejecutan de manera secuencial, se pueden entender como bloques, los cuales especifican unas instrucciones para su ejecución desde un archivo de configuración llamado Dockerfile. Estas imágenes pueden definir diferentes librerías, archivos binarios, dependencias y objetos (Boettiger, 2015). Las imágenes se consideran el código fuente de los contenedores (Merkel, 2014).

**2.4.4.5 Arquitectura.** Dentro de la arquitectura interna de Docker nos encontramos con tres componentes principales (Servidor, Cliente, Hub), los cuales se comunican entre sí usando el estándar REST, por medio del protocolo HTTP (Miell & Sayers, 2019). A continuación, procederemos a definir cada componente.



**Figura 12. Arquitectura Docker**

Fuente: Miell & Sayers, 2019.

**Servidor:** Se ejecuta como un proceso demonio (del inglés, daemon), es decir, se ejecuta en segundo plano (del inglés, background) y es el encargado de ejecutar todas las acciones relacionadas con Docker, entre las cuales se destacan: construcción de imágenes, descarga de imágenes, cambio de estado de los contenedores, publicación de imágenes, eliminación de contenedores, etc. Este componente, recibe las instrucciones obtenidas por un cliente, y ejecuta su respectiva acción, posteriormente, devuelve la respuesta obtenida al cliente.

**Cliente:** Es el componente más sencillo de la arquitectura de Docker, su trabajo es servir de interfaz de comunicación entre el componente Servidor y el usuario, por medio de una consola, la cual permite ejecutar comandos y presenta los mensajes obtenidos por el Servidor.

**HUB:** Son repositorios con imágenes, las cuales no necesariamente son públicas. El repositorio más popular, es Docker HUB (Shu et al., 2017), el cual, utilizan muchas empresas para subir sus imágenes oficiales, tales como CentOS, Ubuntu, Red Hat etc. Su principal objetivo, es servirle al componente Servidor, como un proveedor de imágenes, para la puesta en marcha de contenedores.

**2.4.4.6 Instalación.** Aunque Docker está incluido en la mayoría de las distribuciones Linux, a continuación, se presenta una forma de instalarlo, sin embargo, la documentación oficial de Docker, da soporte a los sistemas operativos macOS, Windows 10, CentOS, Debian, Fedora y Ubuntu (Docker, 2020). Para el presente proyecto, se implementó el script de instalación compartido en el Seminario Internacional de Investigación en Ingeniería de Sistemas del Software 2019 (Vera Contreras, 2019), y su proceso de instalación, se resume en la siguiente Figura.

A terminal window with a dark background and three colored window control buttons (red, yellow, green) at the top left. The terminal displays three lines of instructions in Spanish, each preceded by a hash symbol (#), and the corresponding terminal commands. The commands are: `git clone https://github.com/ingsistemascloud/seiis2019.git`, `cd seiis2019`, and `bash install-docker.sh`.

```
# Clonar el repositorio que contiene el instalador.  
git clone https://github.com/ingsistemascloud/seiis2019.git  
  
# Ingresar al repositorio.  
cd seiis2019  
  
# Ejecutar el archivo de instalación.  
bash install-docker.sh
```

**Figura 13. Instalación de Docker**

**2.4.4.7 Acciones básicas de las Imágenes.** Luego de instalar Docker, procederemos a presentar las acciones básicas de las Imágenes de Docker, comenzando por las instrucciones para definir una Imagen, las cuales se incluyen en un fichero con el nombre Dockerfile. Las instrucciones básicas para definir una Imagen, dentro de un Dockerfile se presenta en la siguiente Figura.

```
# Indica cual es la imagen base para crear la nueva.
FROM nombre_imagen_base

# Especifica el autor de la imagen generada.
MAINTAINER nombre del autor <email@autor.com>

# Directorio por defecto dentro de la imagen.
WORKDIR /home

# Ejecuta comandos sobre la imagen base para genera la imagen final.
RUN ls

# Comando por defecto a ejecutar cuando se cree un contenedor basado en la imagen.
CMD ls -l

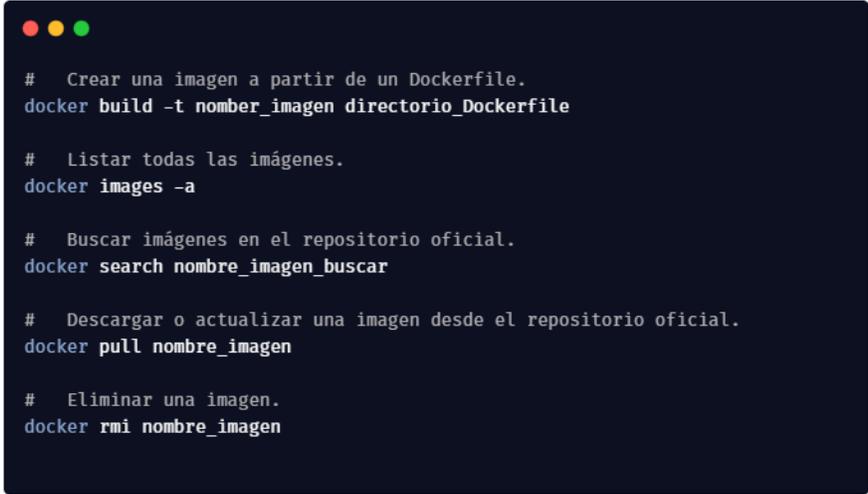
# Copia ficheros dentro de la imagen, si están comprimidos los descomprime.
ADD ./directorio/o/archivo /directorio/detro/imagen

# Copia ficheros dentro de la imagen.
COPY ./directorio/o/archivo /directorio/detro/imagen

# Especifica los puertos que estarán a la escucha dentro del contenedor.
EXPOSE 80
```

**Figura 14. Estructura básica de un Dockerfile**

Presentado la sintaxis del fichero Dockerfile, procederemos a especificar las principales acciones para interactuar con las Imágenes de Docker. Las principales acciones de las Imágenes se presentan en la Figura 15.



```
# Crear una imagen a partir de un Dockerfile.
docker build -t nombre_imagen directorio_Dockerfile

# Listar todas las imágenes.
docker images -a

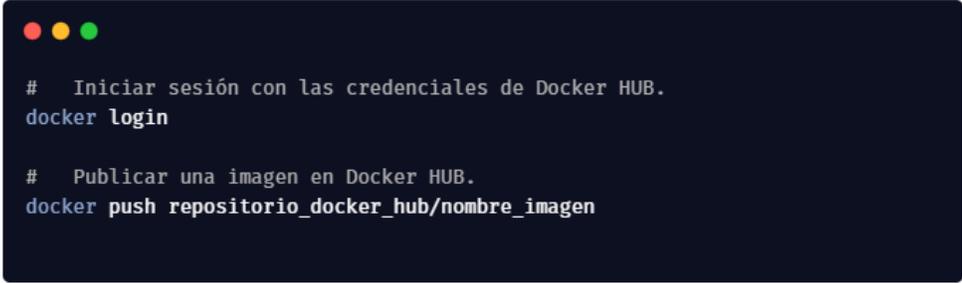
# Buscar imágenes en el repositorio oficial.
docker search nombre_imagen_buscar

# Descargar o actualizar una imagen desde el repositorio oficial.
docker pull nombre_imagen

# Eliminar una imagen.
docker rmi nombre_imagen
```

**Figura 15. Acciones básicas de las Imágenes Docker**

Además de las acciones vistas en la Figura 15, Docker permite de manera gratuita registrar en el repositorio oficial (Docker HUB), permitiendo subir Imágenes que puedan ser accedidas de manera remota (González Rodríguez, 2018). Para publicar Imágenes en el repositorio Docker HUB, se ejecutan las acciones presentadas en la Figura 16.



```
# Iniciar sesión con las credenciales de Docker HUB.
docker login

# Publicar una imagen en Docker HUB.
docker push repositorio_docker_hub/nombre_imagen
```

**Figura 16. Publicar una imagen en Docker HUB**

Otra característica de Docker HUB, es permitir el despliegue automático de imágenes, cada vez que se sincronicen cambios en la plantilla definida en un repositorio de GitHub (González Rodríguez, 2018). Agregando la siguiente configuración en la plataforma Docker HUB, se logra el despliegue automático con GitHub (ver Figura 17).

**Build configurations**

SOURCE REPOSITORY

NOTE: Changing source repository may affect existing build rules.

BUILD LOCATION

AUTOTEST  Off  
 Internal Pull Requests  
 Internal and External Pull Requests

REPOSITORY LINKS  Off  
 Enable for Base Image ⓘ

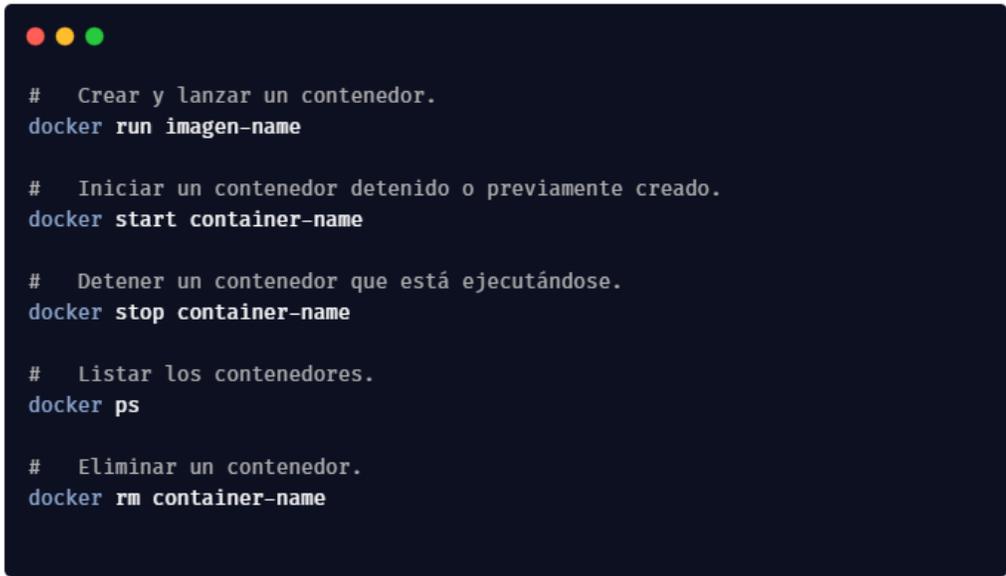
BUILD RULES +  
 The build rules below specify how to build your source into Docker images.

Source Type	Source	Docker Tag	Dockerfile location	Build Context ⓘ	Autobuild	Build Caching
Branch	master	latest	Dockerfile	/	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

[View example build rules](#)

**Figura 17. Agregar soporte de GitHub en Docker HUB**

**2.4.4.8 Acciones básicas de los Contenedores.** En capítulos anteriores se presentó la definición de un Contenedor como entornos aislados que comparten el Kernel con el sistema operativo, accediendo a recursos sin necesidad de utilizar métodos de virtualización, también presentamos la forma de definir sus instrucciones a través de las imágenes, por medio de los archivos denominados Dockerfile, los cuales definimos como el código fuente de los Contenedores. Ahora presentaremos las acciones básicas que nos permitirán interactuar por medio de comandos con los Contenedores Docker (ver Figura 18).



```
# Crear y lanzar un contenedor.  
docker run imagen-name  
  
# Iniciar un contenedor detenido o previamente creado.  
docker start container-name  
  
# Detener un contenedor que está ejecutándose.  
docker stop container-name  
  
# Listar los contenedores.  
docker ps  
  
# Eliminar un contenedor.  
docker rm container-name
```

**Figura 18. Acciones básicas de los Contenedores Docker**

**2.4.4.9 Docker Compose.** Anteriormente se definió como crear imágenes, a través de la acción build y el archivo Dockerfile. Otro componente que nos proporciona Docker para crear imágenes y contenedores es el componente Compose, el cual tiene la particularidad de poder orquestar el despliegue de varios contenedores a través de una plantilla, llamada docker-compose.yml. A continuación, se presentará las acciones y particularidades del componente Compose de Docker.

Antes de comenzar a presentar las acciones del componente Compose, profundizaremos en la sintaxis del fichero docker-compose.yml, el cual implementa un formato YAML (del inglés, Yet Another Markup Language, abreviando YAML). La estructura básica de una plantilla de Compose se presenta en la siguiente Figura.

```
# Indica la versión del formato a utilizar.
version: '3'

# Lista de servicios a orquestar.
services:

  # Nombre del servicio.
  nombre_del_servicio:

    # Especifica el directorio o git donde se ubica el Dockerfile.
    context: /algun/directorio/

    # Especifica el nombre del Dockerfile.
    dockerfile: Dockerfile-algo

    # Especifica la imagen a utilizar (opcional a context).
    imagen: nombre_imagen

    # Lista los puertos a utilizar.
    ports:
      - 1234:9876

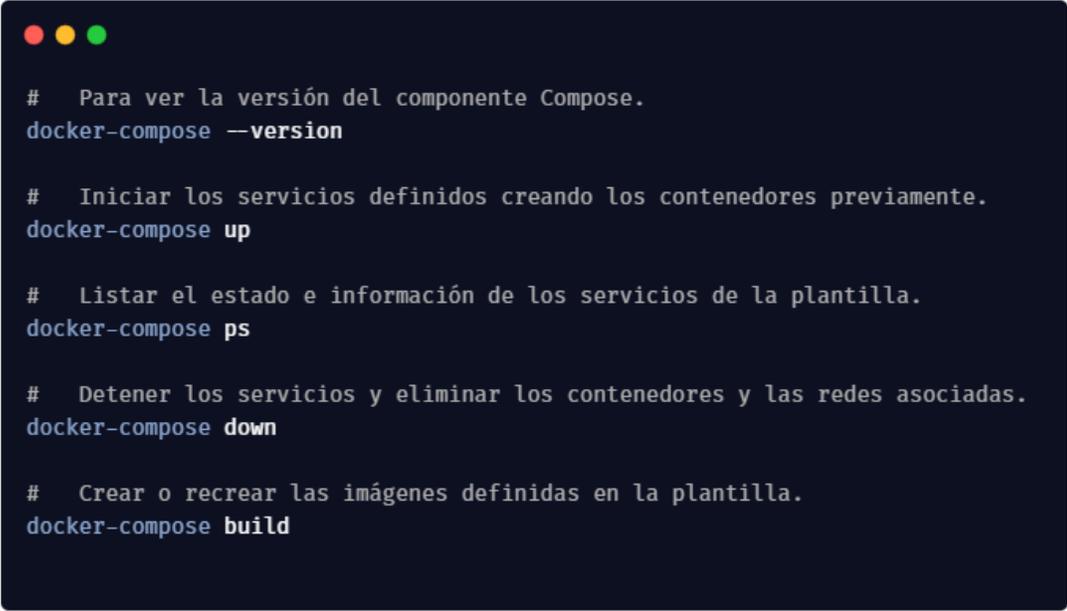
    # Lista los volúmenes o puertos de montaje a utilizar.
    volumes:
      - ./directorio/:/directorio/dentro/imagen/

    # Especifica el nombre del contenedor.
    container_name: nombre_del_contedor

    # Servicios que deben iniciar antes.
    depends_on:
      - nombre_servicio
```

**Figura 19. Estructura básica de la plantilla de Docker Compose**

Presentado la sintaxis del fichero docker-compose.yml, procederemos a especificar las principales acciones de Docker Compose (ver Figura 20). Es importante recordar que en la instalación de Docker propuesta, ya viene integrado el componente Compose.

A terminal window with a dark background and three colored window control buttons (red, yellow, green) at the top left. The terminal displays five lines of text, each starting with a comment character (#) and followed by a Docker Compose command. The commands are: 'docker-compose --version', 'docker-compose up', 'docker-compose ps', 'docker-compose down', and 'docker-compose build'.

```
# Para ver la versión del componente Compose.  
docker-compose --version  
  
# Iniciar los servicios definidos creando los contenedores previamente.  
docker-compose up  
  
# Listar el estado e información de los servicios de la plantilla.  
docker-compose ps  
  
# Detener los servicios y eliminar los contenedores y las redes asociadas.  
docker-compose down  
  
# Crear o recrear las imágenes definidas en la plantilla.  
docker-compose build
```

**Figura 20. Acciones básicas del componente Docker Compose**

Anteriormente presentamos y detallamos los componentes principales de Docker, como son las Imágenes, los Contenedores y el componente Compose. También agregamos soporte para utilizar Docker HUB, mejorando su despliegue de manera automática con GitHub. Por último, detallamos sus principales comando y acciones.

#### **2.4.5 Otras Tecnologías.** Como se muestra a continuación:

**2.4.5.1 JMeter.** Es una herramienta Open Source, desarrollada totalmente en Java, que sirve para simular pruebas de carga (Rahmel, 2013). Entre las principales tecnologías que permite evaluar JMeter, destacan: aplicaciones web, servicios REST y SOAP, FTP, Bases de datos, STMP y protocolos TCP.

**2.4.5.2 Arachni.** Es una herramienta Open Source, que permite realizar pruebas de seguridad automatizadas, para diferentes tipos de vulnerabilidades y en diferentes lenguajes (Mburano & Si, 2018). Uno de los grandes beneficios de esta potente herramienta, es que tiene una interfaz gráfica bastante intuitiva, donde permite visualizar los resultados de cada prueba. Destaca por ser una herramienta, que posee una gran cantidad de vulnerabilidades registradas.

**2.4.5.3 Htop.** Es un visor de procesos por consola, integrado en Linux (Muhammad, 2019), que permite en tiempo real, ver cómo los procesos interactúan con los recursos disponibles de la máquina, no guarda ningún registro, sólo funciona en tiempo real y por consola, sin ningún tipo de interfaz gráfica.

**2.4.5.4 Monitorix.** Es una herramienta de monitoreo, que registra todos los recursos de la máquina, tiene una interfaz que funciona como servicio web, y que además funciona en tiempo real y con gráficas (Sanfeliu, 2019). Una de las desventajas de este software, es que consume una cantidad considerable de recursos.

Aunque se podría escribir mucho más sobre diversos tópicos relacionados con migración de tecnologías, arquitectura de despliegue y tecnología Cloud Computing y Dockers, sería simplemente redundar. En su lugar, a continuación, los siguientes capítulos presentan detalles específicos del trabajo de migración desarrollado.

### 3. Diseño Metodológico

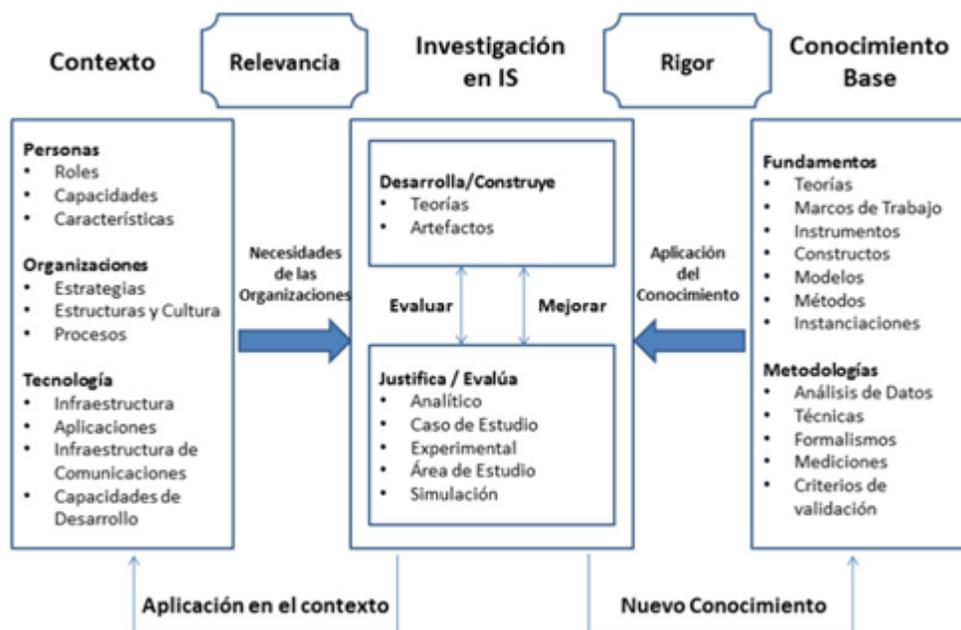
#### 3.1 Design Science Methodology

La ciencia y la tecnología (y la técnica), la investigación (básica o aplicada) y la ingeniería son dos duplas de cosas diferentes e interrelacionadas, que se suelen confundir al hablar y escribir y en la práctica (Raynaud, 2018). Esta confusión terminológica es importante y tiene mucha relación con la rigurosidad en los aspectos teóricos (de teorías y paradigmas) y metodológicos (de cómo se hacen las cosas, de cómo se hace investigación, ingeniería y ambas). Y es que, una característica distintiva de la investigación y la ingeniería es su rigurosidad, que implica tener claros aspectos epistemológicos, ontológicos, metodológicos y axiológicos. Esos aspectos suelen relacionarse dentro de un paradigma o de una teoría (Vera Contreras & Peña Reyes, 2017).

De acuerdo al argumento anterior, para éste proyecto se considerarán dos paradigmas de la Disciplina de los Sistemas de Información (ISD, por sus siglas en inglés, Information Systems Discipline): (i) el paradigma de las ciencias del comportamiento, que busca desarrollar teorías para explicar y predecir el comportamiento humano y organizacional en contextos mediados por las TIC (búsqueda de la verdad) y (ii) el paradigma del diseño de la ciencia, que busca ampliar las capacidades humanas y organizacionales a través de la creación o modificación de artefactos apoyados en las TIC (búsqueda de la utilidad) (Hevner et al., 2004) traducido y citado por (Vera Contreras & Peña Reyes, 2017).

De acuerdo a los paradigmas mencionados, la investigación y la ingeniería consisten en un proceso iterativo de dos fases: “La primera fase sigue el paradigma de las ciencias del comportamiento, explicando o prediciendo los fenómenos relacionados con la necesidad organizacional. La segunda fase sigue el paradigma del diseño de la ciencia, creando y evaluando

artefactos que contribuyan a subsanar la necesidad organizacional. Los resultados de la investigación pueden ser nuevo conocimiento o acciones en el mundo profesional, proporcionando un equilibrio entre el rigor y la relevancia.” (Vera Contreras & Peña Reyes, 2017) (ver Figura 21).



**Figura 21. Marco de investigación en ISD**

Fuente: Vera & Peña, 2017.

Para que la aplicación del marco de Investigación en ISD sea exitoso y cumpla con los paradigmas mencionados, es importante seguir los siete lineamientos que se resumen a continuación:

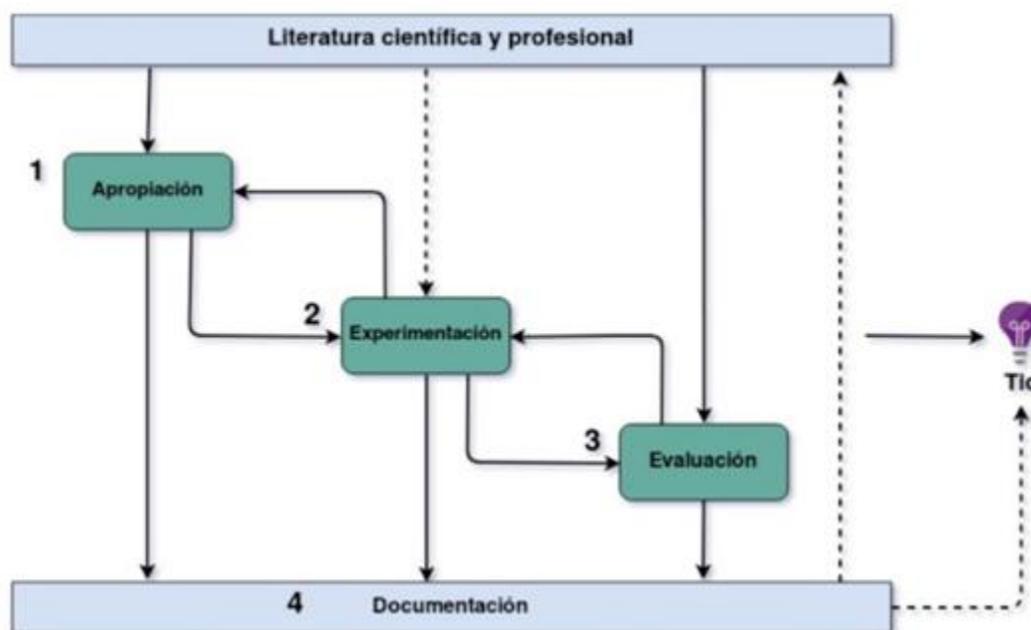
**Tabla 15. Lineamientos para aplicar el diseño de la ciencia**

N.º	Lineamiento	Descripción
1	Diseño como artefacto	El resultado de la investigación debe ser un artefacto o una instanciación de un artefacto.
2	Problema Relevante	El objetivo de la investigación debe ser desarrollar soluciones a problemas relevantes en la práctica.
3	Evaluación	La utilidad, calidad y eficacia del artefacto debe demostrarse de manera rigurosa.
4	Contribuciones a la investigación	La investigación debe proporcionar contribuciones claras y verificables.
5	Rigor de la investigación	La investigación debe aplicar métodos rigurosos de construcción y evaluación del artefacto.
6	Diseño como un proceso de investigación	La construcción y evaluación del artefacto es un proceso iterativo que satisface las normas y leyes de la disciplina al tiempo que logra el objetivo de desarrollar soluciones al problema.
7	Comunicación de la investigación	Los resultados deben presentarse de manera efectiva tanto para los investigadores como para los profesionales.

**Fuente: Vera & Peña, 2017.**

### 3.2 Metodología Propuesta

Por lo anterior, es evidente que no es trivial formular la metodología de un proyecto, ni para hacer investigación ni para hacer ingeniería. No obstante, sí resulta sencillo comprender que la metodología es el proceso que sigue el investigador o el ingeniero para conseguir sus objetivos. Dicho proceso debe ser rigurosos pero flexible y debe ser explícito para garantizar la objetividad. Por lo tanto, aplicando los planteamientos del Marco de Investigación en ISD, según la bibliografía citada previamente, para este proyecto se propone la siguiente metodología específica, representada gráficamente en la Figura 22 y explicada a continuación:

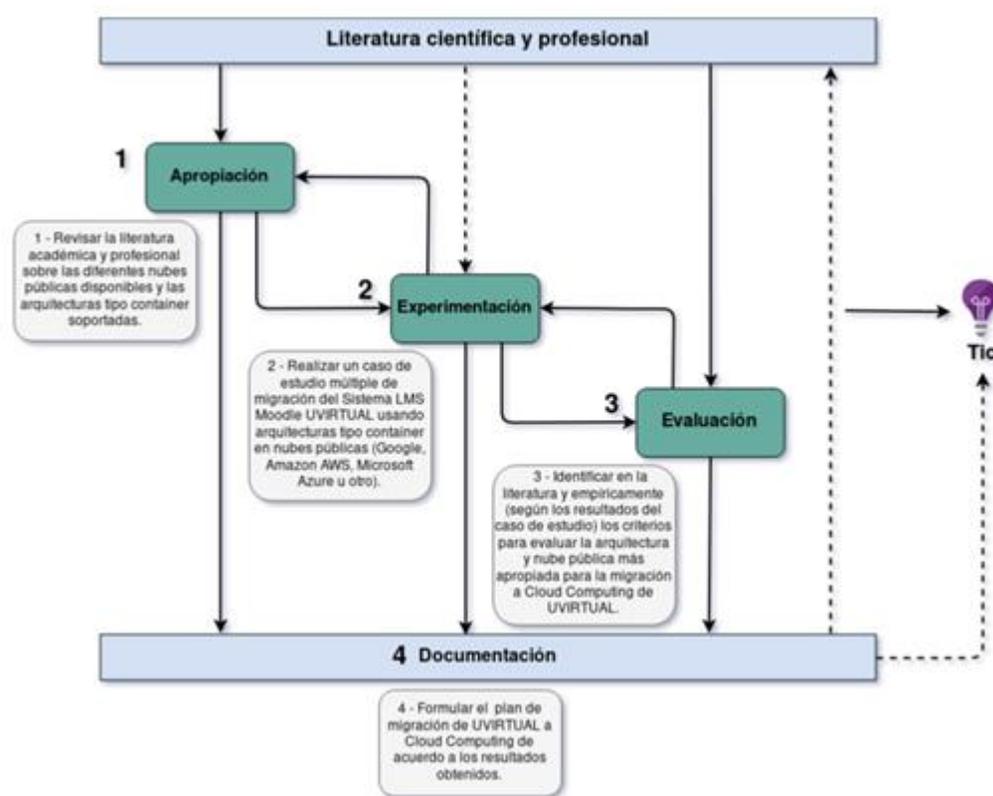


**Figura 22. Metodología propuesta**

Fuente: Vera & Peña, 2017.

La metodología se compone de 4 fases, la primera fase es de apropiación de conocimiento, posiblemente la que más entradas de literatura y bases teórica requiera. Aquí es muy importante tener un rigor de las fuentes de conocimiento, para poder comprender y responder: ¿qué está pasando? y ¿por qué está pasando? Luego, ese conocimiento adquirido se aplica en la realidad, en una fase de experimentación, donde se aplica en un contexto determinado el conocimiento adquirido, buscando responder ¿cómo cambia la realidad? y ¿por qué cambia la realidad? Después, la fase de evaluación se verifica que el conocimiento obtenido es válido y repetible y que los cambios en la realidad ayudan a resolver el problema o satisfacer la necesidad. Finalmente, una fase de documentación, se registran los resultados de las demás fases. En cada fase puede ser necesario recurrir a métodos, técnicas y otras metodologías más específicas, lo cual siempre será documentado detalladamente.

Además, si durante la ejecución de una fase, surgen dudas o preguntas, siempre se debe apoyar en una búsqueda de literatura científica y profesional, igualmente, se puede volver a la anterior fase, si durante su desarrollo se identifica que es necesario. Estas acciones se pueden hacer las veces necesarias, con el fin de mantener el rigor de la investigación y la calidad de la relevancia. Por último, la metodología nos permite enfocarnos en objetivos, pudiendo alinear los resultados de la investigación con las fases de la metodología (ver Figura 23).



**Figura 23. Metodología propuesta alineada a los objetivos**

Finalizadas todas las etapas, se debe generar un impacto con los resultados, estos pueden ser (i) aportes al rigor (publicaciones de artículos o ponencias), o (ii) generar un cambio en la relevancia, (cambio en un contexto de la realidad). Estos resultados deben presentarse de manera efectiva, tanto para los investigadores, como para los profesionales.

### 3.3 Estructura de Descomposición de Trabajo

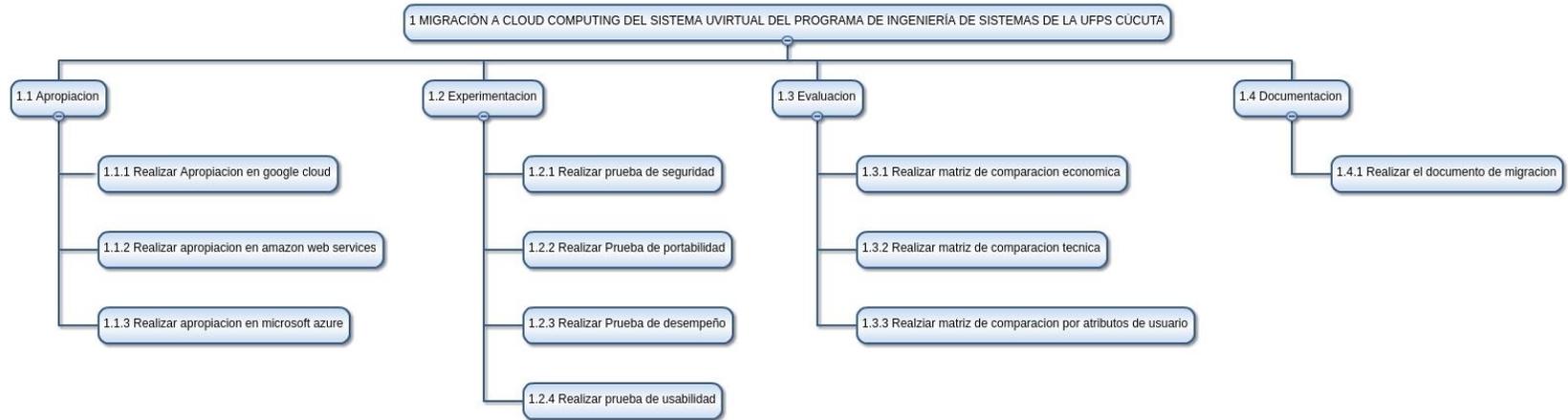


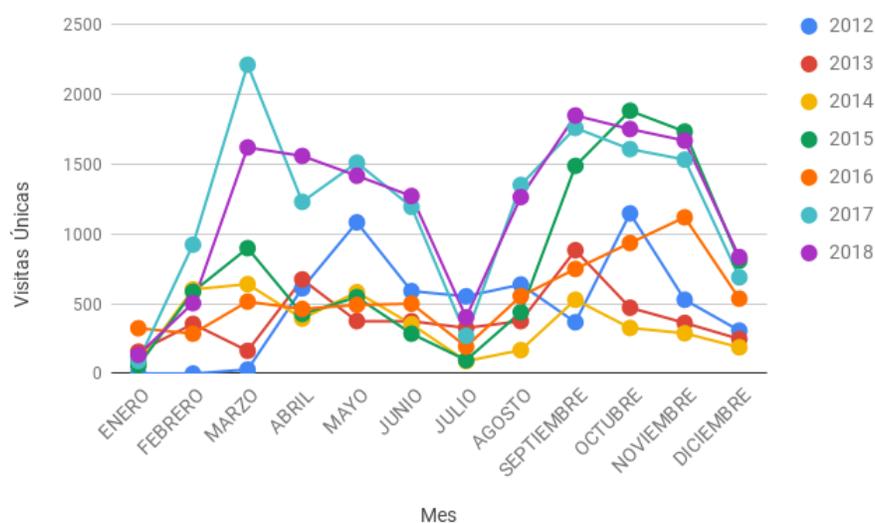
Figura 24. Estructura de descomposición de trabajo

#### 4. Diagnóstico y Optimización de Uvirtual

El primer paso para cualquier proceso de migración de una tecnología es el diagnóstico y el segundo paso es la optimización. Esto con el fin de garantizar una migración exitosa y evaluar restricciones de la migración (Buyya et al., 2011; Chandrasekaran, 2014; Varia, 2010). En ese sentido, se realizó una revisión detallada de la infraestructura de la plataforma UVIRTUAL del Programa de Ingeniería de Sistemas de la UFPS, se identificaron oportunidades de mejora, se desarrollaron experimentos para aplicar esas mejoras y finalmente se optimizó la plataforma antes y durante la migración.

##### 4.1 Diagnóstico y Recomendaciones

La Figura 25 muestra un resumen del uso de UVIRTUAL antes de iniciar este proyecto de migración a la nube:



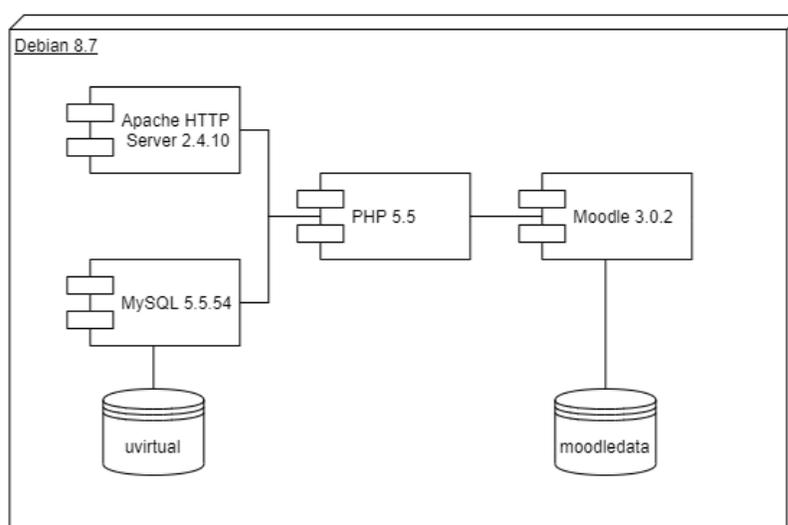
**Figura 25. Visitas únicas de UVIRTUAL antes de la migración a nube**

Considerando el volumen de usuarios y de uso de UVIRTUAL en el programa de ingeniería de sistema, a priori, la primera recomendación fue el monitoreo de recursos. La UVIRTUAL

operaba en un servidor físico con Sistema Operativo Linux y todos los componentes instalados en el sistema. El único monitoreo existente corresponde a Google Analytics, el cual se ejecuta en el navegador, a alto nivel, pero no se tenía monitoreo de consumo de recursos computacionales (microprocesador, memoria, disco duro, conexiones de red, etc).

**4.1.1 Diagnóstico inicial.** Inicialmente, para realizar el diagnóstico de la plataforma UVIRTUAL, se procedió a identificar su arquitectura (ver Figura 26), posteriormente, se consultaron sus recursos (ver Tabla 16) y las versiones de sus dependencias (ver Tabla 17). Todos los datos obtenidos para realizar el diagnóstico se obtuvieron mediante acceso directo a la plataforma como usuario administrador (root).

**4.1.1.1 Arquitectura inicial.** La arquitectura inicial de UVIRTUAL se compone de un nodo servidor físico, con servicios Apache HTTP Server, PHP y Moodle. Además, el almacenamiento y su sistema manejador de base de datos (MySQL) se localizan dentro del mismo nodo (ver Figura 26).



**Figura 26. Arquitectura inicial de UVIRTUAL**

**4.1.1.2 Recursos.** Los recursos computacionales para el nodo de la plataforma, se presentan en la Tabla 16.

**Tabla 15. Diagnóstico de recursos de UVIRTUAL**

Recurso	Capacidad
Memoria RAM	3.8 GB
Almacenamiento	HDD 1.4 TB
Procesador	Intel(R) Core (TM) i7-2600 CPU @ 3.40GHz
Red	100Mb/s

**4.1.1.3 Dependencias.** Las dependencias de la plataforma y sus versiones en operación se ordenaron y tabularon en la Tabla 17.

**Tabla 17. Diagnóstico de dependencias y versiones de UVIRTUAL**

Dependencia	Versión
Apache HTTP Server	2.4.10
PHP	5.5
Moodle	3.0.2
MySQL	5.5.54
Sistema Operativo	Debian 8.7

**4.1.2 Recomendaciones.** Después de realizar el diagnóstico de UVIRTUAL y conocer en detalle sus características, recursos y versiones se logran identificar oportunidades de mejora (principalmente asociados con las tecnologías implementadas), por lo cual se plantean las recomendaciones que se resumen en la Tabla 18.

**Tabla 18. Recomendaciones propuestas para UVIRTUAL**

N.º	Recomendación	Tecnología - Versión	Defectos detectados	Descripción de la solución.
1	Mejorar el sistema operativo	Debian - 8.7	Las actualizaciones periódicas, de soporte de seguridad del sistema operativo, se suspendieron (Debian, 2020). Se identificaron posibles vulnerabilidades (CVE Details, 2020).	Seleccionar el sistema operativo más adecuado para UVIRTUAL, según los criterios de soporte oficial en nube, tipo de licencia y soporte a largo plazo.
2	Actualizar Apache HTTP Server	Apache HTTP Server - 2.4.10	Actualmente el servidor Apache HTTP Server, posee una desactualización considerable (5 años), con respecto a mejoras de seguridad y rendimiento (Apache, 2020).	Actualizar la versión de Apache HTTP Server a el último lanzamiento (en inglés, release) estable.
3	Mejorar PHP	PHP - 5.5	El soporte de la versión de PHP de la plataforma ya caduco (PHP, 2020). Se identificaron posibles vulnerabilidades de seguridad (CVE Details, 2020).	Mejorar PHP a la versión estable soportada por Moodle.
4	Mejorar MySQL a MariaDB	MySQL - 5.5.54	El periodo de MySQL de la plataforma ya caduco su periodo de soporte (Oracle, 2020). Según las buenas prácticas de Moodle, aunque MySQL es soportado por la plataforma, no se considera un motor de base de datos recomendado a la fecha (MoodleDocs, 2020).	Mejorar MySQL a MariaDB en su versión estable recomendada y soportada por Moodle.
5	Mejorar Moodle	Moodle - 3.0.2	El periodo de soporte de la versión de Moodle de la plataforma ya caduco (MoodleDocs, 2020). Se identificaron vulnerabilidades críticas de seguridad (Exploit	Actualizar Moodle a su última versión estable.

N.º	Recomendación	Tecnología - Versión	Defectos detectados	Descripción de la solución.
			Database, 2017).	
6	Implementar el protocolo HTTPS	HTTP	Alerta de inseguridad por los navegadores, considerándolo como un sitio inseguro (Schechter, 2018). Alerta de inseguridad detectada por Moodle y bajo posicionamiento en los buscadores o motores de búsqueda (Ait et al., 2014).	Implementar el protocolo HTTPS con un certificado firmado por una CA (en inglés, Certificate Authority, abreviadamente, CA).
7	Implementar el protocolo OAuth 2.0	Autenticación local	El usuario no tiene la capacidad de revocar el acceso a su información (Hardt, 2012). Los servidores pueden tener fugas de datos y las contraseñas de los usuarios pueden ser las mismas de otras aplicaciones (Hardt, 2012).	Implementar el protocolo de autenticación y autorización OAuth 2.0

## 4.2 Mejoramiento de Uvirtual

Una vez identificadas las oportunidades de mejora, se buscó una estrategia que permitiera el mejoramiento de la plataforma y que estuviera alineado con la meta de migración a nube. Se acogió la estrategia recomendada en la literatura (Orban, 2016) conocida como “lift and shift” (por su traducción al español como “Re-hospedaje”), pues cumple con el propósito de mejoramiento y adaptación de la plataforma para posteriormente desplegar en nube.

La estrategia de Re-hospedaje, se divide en 3 pasos (Orban, 2016), a los cuales se agregó un paso inicial de “backup” o copia de respaldo de los datos. Para ello se siguieron las buenas prácticas encontradas en la literatura (Orban, 2016), en las que se destacan: (i) la activación del modo mantenimiento en la plataforma Moodle y (ii) la realización de las copias de seguridad de

los datos: Es importante comentar que esta preparación se realizó en una ventana de mantenimiento, en la fecha (06/02/2019), dejando una copia de los datos en un dispositivo de almacenamiento externo al servidor.

**4.2.1 Paso 1: Desplegar en nube un espejo lo más cercano posible.** Teniendo la copia de respaldo de los datos de la plataforma, se procedió a continuar con la estrategia. Se seleccionó a priori Google Cloud por ser la nube con más disponibilidad en recursos gratuitos (ver Tabla). Sin embargo, es importante aclarar que esta nube se utilizó con el propósito de realizar las mejoras de UVIRTUAL. En capítulos posteriores aparece el detalle de los criterios para seleccionar el proveedor de nube.

Para realizar el volcado de datos hacia la nube se utilizó la herramienta rsync, recomendada por la literatura (MoodleDocs, 2020). La configuración del servidor y el volcado de datos, se puede ver en los anexos (ver Anexo 2)

**4.2.2 Paso 2: Realizar las mejoras o adecuaciones necesarias.** Siguiendo según la estrategia, el paso 2 es realizar las optimizaciones necesarias, según el diagnóstico (ver Tabla 18). Las 7 mejoras aparecen resumidas en la siguiente Tabla y detalladas posteriormente, una a una.

**Tabla 19. Mejoras implementadas en UVIRTUAL**

Antes		Después	
Tecnología	Versión	Tecnología	Versión
Debian	8.7	CentOS	7
Apache HTTP Server	2.4.1	Apache HTTP Server	2.4.38
PHP	5.6	PHP	7.2
MySQL	5.5.54	MariaDB	10.1.38
Moodle	3.0.2	Moodle	3.6.2
HTTP	-	HTTPS	-
Cuentas manuales	-	OAuth 2.0	-

**4.2.2.1 Mejora 1: Sistema operativo.** Para realizar una mejora en el sistema operativo huésped de UVIRTUAL, era necesario, realizar una búsqueda de posibles alternativas, sin embargo, estas debían de cumplir con la premisa de funcionar en nube, por lo que la búsqueda se realizó teniendo en cuenta las distribuciones con soporte oficial en los principales proveedores de nube pública (ver Tabla 20), los cuales, agilizan el despliegue y son proporcionadas y mantenidas por el proveedor de nube, comunidades de código abierto y proveedores externos.

**Tabla 20. Sistemas Operativos soportados oficialmente por los principales proveedores de nube**

Sistema Operativo * Última versión estable	Soporte Oficial			Tipo de licencia	LTS
	Google Cloud	Amazon AWS	Microsoft Azure		
Amazon Linux 2 (Amazon, 2018)	✗	✓	✗	libre	Junio de 2023.
CentOS 7 (CentOS, 2020)	✓	✓	✓	libre	Junio de 2024.
Container-Optimized OS 69 [LTS] (Google Cloud, 2020)	✓	✗	✗	libre	Diciembre de 2019.
Core OS (CoreOS, 2020)	✗	✗	✓	libre	Liberación continua.
Debian 9 (Debian, 2018)	✓	✓	✓	libre	Junio de 2022.
Kali Linux 2017.3 (Kali Linux, 2020)	✗	✓	✗	libre	Liberación continua.
OpenSUSE 15 (openSUSE, 2020)	✗	✗	✓	libre	Noviembre de 2019
Red Hat 7 (Red Hat, 2020)	✓	✓	✓	comercial	Junio de 2024
SUSE 15 (SUSE, 2020)	✗	✓	✓	comercial	Julio de 2031
Ubuntu 18.04 LTS (Ubuntu, 2020)	✓	✓	✓	libre	Abril de 2023
Windows Server 2016 (Microsoft Docs, 2019)	✓	✓	✓	comercial	Noviembre de 2022

La cantidad de sistemas operativos con soporte oficial era considerable (11), y para poder seleccionar el más adecuado para UVIRTUAL, fue necesario aplicar un segundo filtro, el cual

tenía como objetivo, mejorar a cero pesos de inversión, descartando aquellos sistemas operativos comerciales y dejando solamente los sistemas operativos libres (ver Tabla 20). Es importante recalcar que, así como los sistemas operativos libres tienen un beneficio de reducción de costo en licencias, estos demandan por parte de sus administradores un conocimiento más especializado de su funcionamiento y además implica moverse virtualmente dentro de la comunidad (estar en foros, redes sociales, listas de correo, etc).

Otro aspecto a destacar de las distribuciones evaluadas (ver Tabla 20), fue el soporte a largo plazo (en inglés, Long Term Support, abreviado, LTS) el cual, garantiza a sus usuarios, que el software funcionará y será seguro durante un periodo de tiempo determinado, esto es importante, porque evitará que se esté migrando a nuevas versiones en tiempos relativamente cortos (meses) y se exponga a nuevas formas de ataques informáticos, errores en sus dependencias o cualquier otra excepción del sistema operativo.

Finalmente, el sistema operativo seleccionado para UVIRTUAL fue CentOS en su versión 7, esto debido a los siguientes factores:

Al ser un sistema operativo libre, no agrega costos de inversión y mantenimiento en licencias de uso.

Su soporte LTS destaca por ser, junto con Red Hat, el más amplio, dando un soporte extendido dentro de la comunidad hasta junio del año 2024.

Posee un soporte oficial en las tres nubes evaluadas, dándole un estatus de independencia en nube y evitando en futuros capítulos, imparcialidades en la selección del proveedor de nube más adecuado.

**4.2.2.2 Mejora 2: Apache HTTP Server.** En la actualización de Apache HTTP Server, se realizó una actualización a la versión 2.4.38, la cual era la versión vigente a la fecha. Uno de los principales beneficios de actualizar Apache HTTP Server es el tema de seguridad, ya que cada versión protege de nuevas vulnerabilidades detectadas y para el caso de UVIRTUAL con esta mejora se cubrieron más de 350 bugs y fallas de seguridad, solucionados por el equipo de Apache, desde la versión inicial, hasta la versión vigente (Apache, 2020).

**4.2.2.3 Mejora 3: PHP.** Para Mejorar PHP se procedió a instalar la versión 7.2, la última versión estable soportada por Moodle (MoodleDocs, 2020). También se instalaron las librerías requeridas por la plataforma, las cuales se listan a continuación.

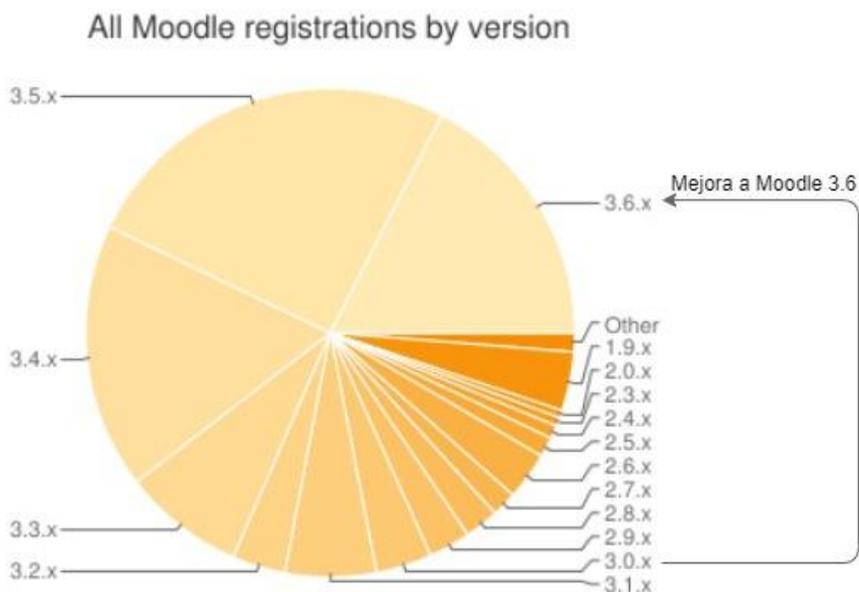
**Tabla 21. Librerías de PHP necesarias en UVIRTUAL**

Nombre	Descripción
php-common	Es un conjunto de utilidades que comparten diferentes paquetes de php.
php-opcache	Ayuda a la mejora del rendimiento de los scripts php alojándose en una memoria compartida.
php-pecl-mcrypt	Es una librería que reemplaza a la librería mcrypt desde php 7.1 hacia arriba.
php-cli	Se usa para utilizar php desde una línea de comandos.
php-gd	Es una librería usada para manipular archivos multimedia.
php-mysqlnd	Es el controlador que funciona de puente entre mysql y php para conectarse a este gestor de bases de datos.
php-mbstring	Es un conjunto de funciones para manejar temas relacionados con codificaciones de caracteres.
php-pecl-zip	Es una extensión encargada de gestionar archivos .zip
php-xmlrpc	Se utiliza para gestión de clientes y servidores XML-RPC.
php-soap	Se utiliza para la gestión de clientes y servidores SOA.
php-intl	Se utiliza para complementar y gestionar procesos de internacionalización.
php-ldap	Se utiliza para acceder a los servidores de directorios.

**4.2.2.4 Mejora 4: MariaDB.** Se toma la decisión de instalar la última versión estable de MariaDB, debido a que destaca en la documentación de Moodle, como el motor de base de datos

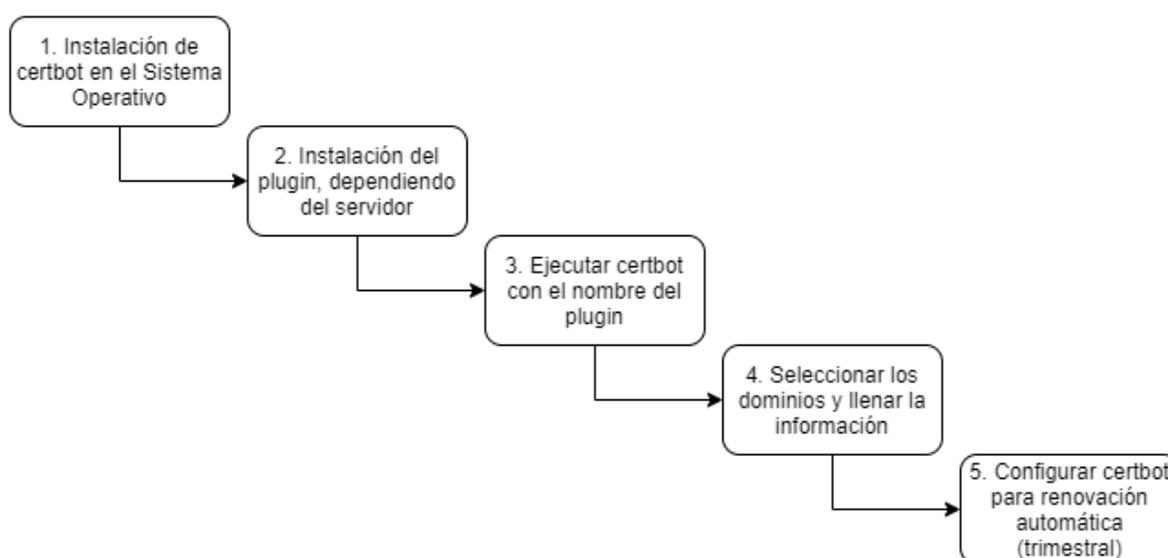
recomendado, además, se resalta el rendimiento y el apoyo de la comunidad de software libre a MariaDB (Bartholomew, 2012). Además, para implementar correctamente MariaDB, se realizó un cambio en la plataforma, reemplazando el driver de conexión a base de datos, siguiendo el procedimiento documentado por Moodle (MoodleDocs, 2020). Hay que recalcar aquí que UVIRTUAL usaba MySQL, cuyo modelo de licencia cambió al modelo cerrado de Oracle, por lo cual migrar a MariaDB era muy importante.

**4.2.2.5 Mejora 5: Moodle.** Siguiendo las buenas prácticas de Moodle, y su filosofía de estar siempre actualizado (en inglés, Always up-to-date) (MoodleDocs, 2020), además, de poder añadir nuevas funcionalidades (MoodleDocs, 2020) y siguiendo las recomendaciones de actualización, según su soporte de versiones (MoodleDocs, 2020), se realiza la actualización de Moodle, de manera progresiva, escalando hasta la versión 3.6 (ver Figura 27), la cual, a la fecha (7 de febrero de 2019), se consolida como la última versión estable.



**Figura 27. Mejora de Moodle a la versión 3.6**

**4.2.2.6 Mejora 6: HTTPS.** Se realizan cambios, con la intención de implementar el protocolo HTTPS, utilizando un certificado firmado por la autoridad certificadora Let's Encrypt y la herramienta Certbot (Tiefenau et al., 2019). Es importante destacar, que tanto Certbot como Let's Encrypt, pertenecen a la comunidad de software libre, además, se automatizo el proceso de renovación, para que se actualice cada tres meses (ver Figura 28).



**Figura 28. Implementación de HTTPS en UVIRTUAL**

Otro aspecto a resaltar, es que el protocolo HTTPS utiliza el puerto 443, por lo cual se debe reservar y configurar en las reglas de firewall, siguiendo las instrucciones recomendadas por cada proveedor de nube (Amazon, 2020; Google Cloud, 2020; Microsoft Azure, 2020).

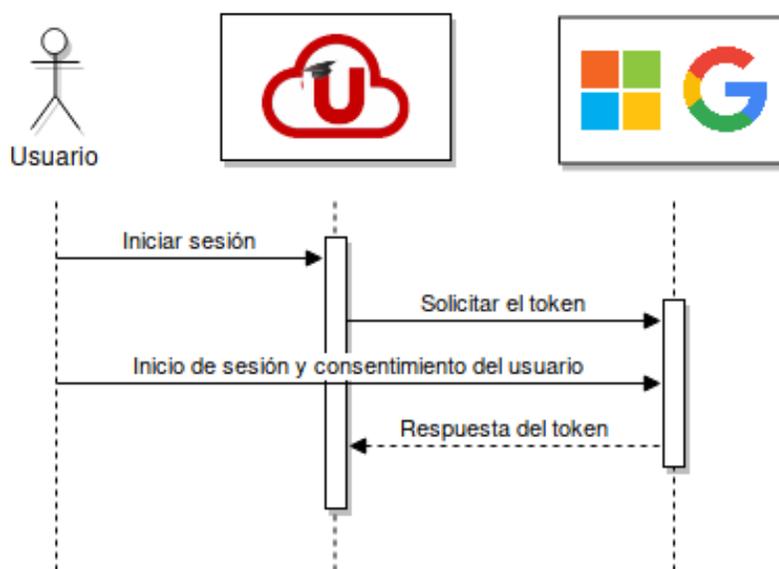
**4.2.2.7 Mejora 7: OAuth 2.0.** Antes de migrar la autenticación al protocolo OAuth 2.0 (Hardt, 2012), se realizó una consulta, para determinar la cantidad de dominios registrados por los usuarios de UVIRTUAL, con la finalidad de poder seleccionar, los servicios de correos que se iban a implementar en la plataforma, la cual a la fecha, manejaba un método de autenticación de

cuentas manuales (MoodleDocs, 2020d). Los resultados de la consulta se muestran en la siguiente Tabla.

**Tabla 22. Servicios de correo de UVIRTUAL**

Servicio de correo	Cantidad
Google	2526
Microsoft	450
No identificados	6

Realizada la consulta, se pudo identificar, que los principales servicios de correo de la plataforma son Google y Microsoft, sin embargo, una pequeña minoría de correos no pudieron ser identificados. Debido a los resultados anteriores, se decidió (i) realizar una implementación de los servicios OAuth 2.0 de Google y Microsoft (ver Figura 29), y (ii) habilitar un canal electrónico de comunicación para casos de dudas o fallos de autenticación.



**Figura 29. Implementación de OAuth 2.0 en UVIRTUAL**

Es importante especificar, que para implementar el servicio OAuth 2.0 con los proveedores de Google y Microsoft, se siguieron los pasos y recomendaciones especificada en la literatura de Moodle para cada proveedor (MoodleDocs, 2020b, 2020c), también, se realizaron cambios en la plataforma, los cuales se implementaron bajo las buenas prácticas de Moodle (MoodleDocs, 2020a).

**4.2.3 Paso 3: Validar el funcionamiento.** Luego de terminar de realizar las mejoras en la plataforma, es importante validar que todo esté funcionando correctamente, por lo que se propone realizar: (i) una prueba de integración, la cual se encarga de verificar que los principales servicios están operando y (ii) la prueba de funcionalidad, encargada de validar que la plataforma cumpla con sus especificaciones técnicas de funcionamiento. El detalle de cada prueba se presenta a continuación.

**4.2.3.1 Pruebas de integración.** Para las pruebas de integración se realiza una verificación del funcionamiento de todos los servicios de la plataforma, además, se valida en el proveedor de nube el servicio de red y los puertos expuestos. Es importante mencionar que para registrar los datos de la prueba de integración se realizó un pequeño formato de verificación, tipo lista de verificación, el cual se anexa al presente proyecto (ver Anexo 3). La descripción y el resultado de las pruebas se presenta en la siguiente Tabla.

**Tabla 23. Resultados de la prueba de integración de UVIRTUAL**

Servicio	Descripción de la verificación	Estado
Apache Http Server	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ejecuta el comando de revisión de estado del Apache HTTP Server.</li> <li>• Se revisa la sección de logs de Apache HTTP Server buscando si se generó algún problema.</li> <li>• Se ingresa desde el navegador al dominio utilizando HTTPS.</li> <li>• Se revisa el firewall cumpla las reglas de puerto 443 abierto.</li> </ul>	✓
MySQL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ejecutando un comando de verificación de estado de MariaDB.</li> <li>• Se revisan los logs de error buscando algún error.</li> <li>• Utilizando el cliente de MariaDB se inicia una sesión y se hace una consulta de prueba.</li> </ul>	✓
CentOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se valida la página de lanzamiento de servidor del proveedor de nube.</li> </ul>	✓
HTTPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ejecuta un comando de revisión de configuración en Apache HTTP Server.</li> <li>• Se revisan el log de error de Apache HTTP Server.</li> <li>• Se revisa el firewall cumpla las reglas de puerto 443 abierto.</li> </ul>	✓
PHP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se verifica el comando de estado en PHP</li> </ul>	✓

**4.2.3.2 Pruebas de funcionalidad.** Para el desarrollo de las pruebas funcionales se decidió dividir las según los principales roles de UVIRTUAL, los cuales son: estudiante, profesor y administrador. Para cada rol anteriormente identificado se plantearon unos casos de pruebas con su resultado esperado, el cual, es la situación exitosa de la funcionalidad. Al igual que en las pruebas de integridad fue necesario realizar un formato de verificación para la presente prueba, el cual también se anexa al proyecto (ver Anexo 4). Finalmente, se ejecutaron las pruebas su resultado se resume en la siguiente Tabla.

**Tabla 24. Resultados de la prueba de funcionalidad de UVIRTUAL**

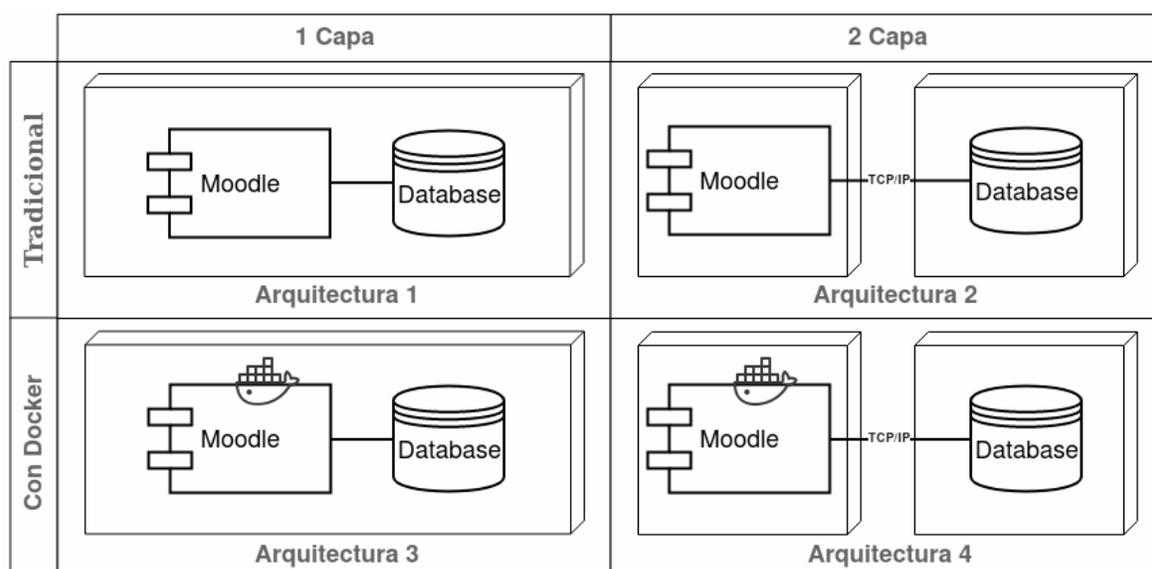
<b>Rol</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Resultado ideal</b>	<b>Resultado obtenido</b>	<b>Estado</b>
Estudiante	Listado de cursos	Listado de las categorías con sus respectivos cursos.	Se obtiene las categorías y en cada categoría sus cursos desplegados.	✓
Estudiante	Inscripción a cursos (con opción auto matriculación)	Inscripción satisfactoria al curso y redirección a la página principal del curso.	Inscripción exitosa al curso y redirección a la página principal del curso.	✓
Estudiante	Subir un archivo	El archivo seleccionado es subido satisfactoriamente y es accesible para consulta desde el usuario propietario.	El archivo es guardado, y se puede acceder para descargarse desde el link disponible.	✓
Estudiante	Modificar el perfil	Se modifica un campo del perfil al azar de manera satisfactoria y el cambio se ve reflejado.	Se modifica la ciudad de origen del perfil de manera satisfactoria y el cambio se ve reflejado en la página del perfil.	✓
Profesor	Listado de cursos	Listado de los cursos los cuales pertenecen al profesor.	Se listan los cursos que pertenecen al profesor.	✓
Profesor	Modificar curso	Se actualiza el contenido del curso de manera satisfactoria y es redirigido a la página principal.	Contenido del curso actualizado y redirección a la página principal del curso.	✓
Profesor	Crear una actividad en un curso	Creación de una actividad dentro del curso seleccionado.	Se crea la actividad del profesor dentro del curso especificado.	✓
Profesor	Crear un debate en un foro	Creación de un satisfactoria en un tema para debatir en el foro.	Creación correcta del tema de debate en el foro.	✓
Administrador	Inicio de sesión	Se ingresa con la cuenta de Gmail o Outlook, e ingresa exitosamente, dirigiéndose a la página principal.	Ingreso exitoso, y después de autenticado se redirecciona a la página principal de Moodle.	✓
Administrador	Modificar curso	Se modifica un curso de cualquier usuario.	Modifica los datos del curso seleccionado por el administrador.	✓
Administrador	Agregar un plugin	Plugin subido e instalado de manera satisfactoria.	El plugin se guarda y se instala sin problemas.	✓
Administrador	Modificar la página de inicio	Se realizan cambios a la página principal de Moodle.	Los cambios realizados por el administrador se visualizan de manera exitosa.	✓

Aunque inicialmente no era del alcance del presente proyecto realizar un mejoramiento de la plataforma UVIRTUAL, luego del diagnóstico y de la revisión de requerimientos y buenas prácticas de Cloud Computing, fue necesario realizar las mejoras descritas previamente. Por iniciativa de los participantes se hicieron experimentos y se apropiaron tecnologías y buenas prácticas, lo cual dio como resultado una optimización exitosa con pruebas de integridad y funcionalidad satisfactorias.

## 5. Arquitecturas de Despliegue y Criterios de Evaluación

Realizado el mejoramiento de UVIRTUAL, se procede como recomendación de la literatura, evaluar la arquitectura actual (Bond, 2015), la cual se identificó anteriormente (ver Figura 30), pero, teniendo en cuenta las recomendaciones encontradas en la literatura, relacionadas con el impacto de la implementación de la tecnología Docker (Bernstein, 2014; Merkel, 2014; Vera et al., 2019) y el estilo de separación por capas (Garlan & Shaw, 1993; Vera et al., 2019), se decide proponer cuatro arquitecturas (ver Figura 30), las cuales deberán ser evaluadas, para conocer cuál se adapta más a las necesidades de UVIRTUAL.

### 5.1 Presentación de las Arquitecturas Propuestas



**Figura 30. Arquitecturas propuestas para UVIRTUAL**

Arquitectura 1: La arquitectura número uno, despliega Moodle y su DBMS en el mismo nodo, exactamente el estado actual de UVIRTUAL, luego de realizar las mejoras.

Arquitectura 2: La arquitectura número dos, añade el estilo arquitectónico de separación por capas, recomendado por la literatura (Garlan & Shaw, 1993), por lo que Moodle y su DBMS se despliegan en nodos diferentes, permitiendo que cada una crezca según su necesidad.

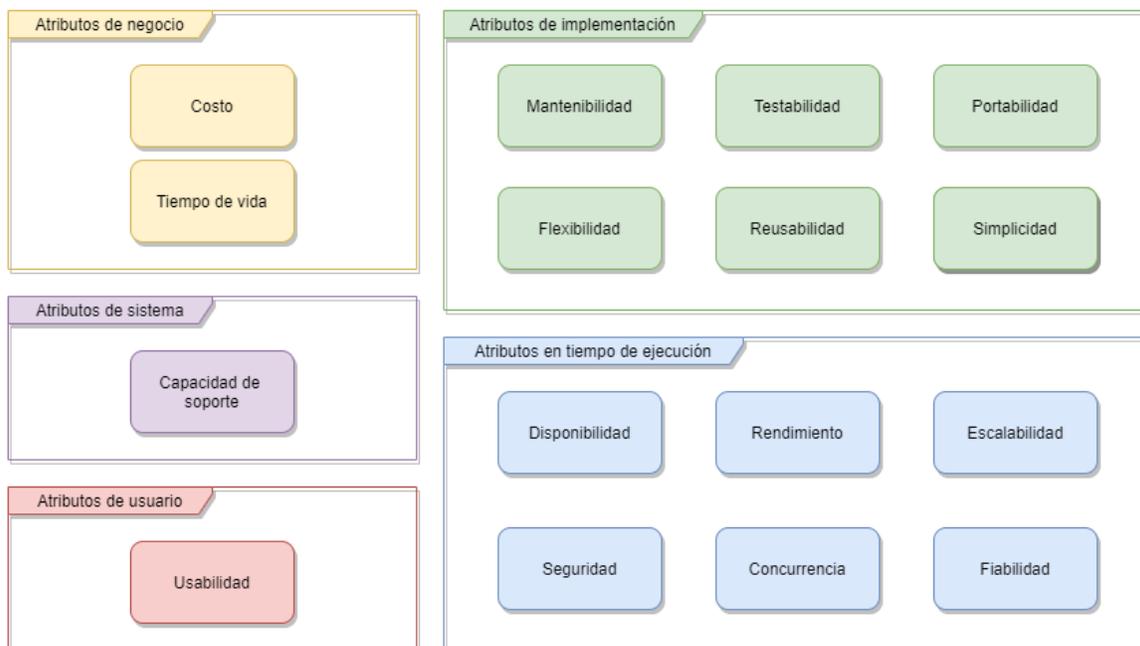
Arquitectura 3: La arquitectura número tres, añade la tecnología Docker, obteniendo los beneficios de los contenedores (Bernstein, 2014; Merkel, 2014), sin embargo, no aplica una separación por capas, por lo que todo se ejecuta en un solo nodo.

Arquitectura 4: La arquitectura cuatro, implementa tanto el estilo de capas (visto en la arquitectura dos), como la tecnología Docker (implementada en la arquitectura tres), obteniendo una implementación que destaca por juntar los beneficios y las buenas prácticas encontradas en la literatura.

Lograr seleccionar la arquitectura correcta para el despliegue de un software es todo un reto (Q. Wang & Yang, 2012), pues no se cuenta con un método exacto de evaluación, que permita conocer cuál es la mejor alternativa. Elegir una buena arquitectura implica una serie de decisiones basadas en muchos factores y cada una de estas decisiones debe tener un impacto positivo en el software, por el contrario, seleccionar una mala arquitectura conlleva problemas, que en muchas ocasiones terminan en un desastre (Q. Wang & Yang, 2012).

La mejor forma de evaluar una arquitectura, es validando que se cumplan los requerimientos funcionales y los atributos de calidad (requerimientos no funcionales) del software a evaluar (Buschmann, 1996; Q. Wang & Yang, 2012). Los requerimientos funcionales se ocupan de los aspectos particulares de un sistema, por lo general están relacionados al cumplimiento de una tarea específica (Buschmann, 1996). Por el contrario, los atributos de calidad son factores generales, que afectan el comportamiento del software y es pueden categorizar en atributos de

implementación, en tiempo de ejecución, de negocio, de usuario y de sistema (ver Figura 31).



**Figura 31. Atributos de calidad por categorías**

## 5.2 Evaluación Funcional de las Arquitecturas

La evaluación funcional de las arquitecturas se enfoca en realizar un experimento, en el cual, vamos a desplegar UVIRTUAL (luego de las mejoras), con cada una de las arquitecturas propuesta (ver Figura 30) y en cada uno de los proveedores de nube (3 proveedores), para un total de 12 casos de estudio. En cada caso de estudio, se realizará una verificación de funcionamiento, aplicando las pruebas de integración y funcionalidad (ver Anexo 3 y Anexo 4). Los resultados de la prueba se presentan en la siguiente Tabla.

**Tabla 25. Resultado de la evaluación funcional de las arquitecturas**

Proveedor de nube	Arquitectura propuesta			
	Arquitectura 1	Arquitectura 2	Arquitectura 3	Arquitectura 4
Google Cloud	✓	✓	✓	✓
Amazon AWS	✓	✓	✓	✓
Microsoft Azure	✓	✓	✓	✓

Después de realizar los 12 casos de estudio, y teniendo un resultado exitoso en las pruebas de integración y funcionalidad, podemos afirmar, que las cuatro arquitecturas propuestas, funcionan correctamente en nube, más específicamente, en los proveedores de Amazon AWS, Google Cloud y Microsoft Azure.

### 5.3 Atributos de Calidad

Para escoger la arquitectura más adecuada, es necesario que el software cumpla con los atributos funcionales y no funcionales, anteriormente realizamos una evaluación funcional, en la cual todas las arquitecturas propuestas cumplieron con el propósito de la prueba. Ahora debemos evaluar el software a través de los atributos de calidad que se consideren más adecuados para UVIRTUAL, por lo tanto, basados en la literatura científica y profesional apropiada, se proponen los atributos de Costo, Rendimiento y Seguridad, los cuales se detallan a continuación.

**5.3.1 Costo.** Al atributo de costo se define como el gasto de construir, mantener y operar un sistema (Q. Wang & Yang, 2012), además de sobresalir como una de las razones para usar nube (Armbrust et al., 2010; Weinman, 2012), debido a que en Cloud Computing aplica el concepto de economía en escala (Weinman, 2012), y de ofrecer diversos tipos de pago (Armbrust et al., 2010). Múltiples casos de estudios realizados en Colombia (Garzón Tobón, 2016; Picón, 2017), demuestran que la disminución de costo es uno de los pilares a la hora de migrar a nube.

**5.3.2 Rendimiento.** El rendimiento y la eficiencia en tiempos de respuesta óptimos, son uno de los principales factores que impulsa el crecimiento en nube (Cancila et al., 2016; Martínez Gómez & Pino Correa, 2016; Smith et al., 2015), y es una de las principales ventajas de Cloud Computing (Armbrust et al., 2010). La facilidad de crecer y decrecer recursos según la necesidad o la demanda, es una cualidad de la nube, que ha permitido ser una solución viable para pequeñas y grandes organizaciones. En la literatura profesional destacan organizaciones públicas en Colombia, como el ICFES y el SGC, donde los beneficios en temas de rendimiento en la nube, fueron las principales causas de su migración a Cloud Computing (Bravo & Cuevas, 2014; Picón, 2017).

**5.3.3 Seguridad.** La seguridad es la capacidad de un sistema de permeabilizarse de ataques maliciosos (Q. Wang & Yang, 2012) y es uno de los principales desafíos de los administradores de TI a la hora de migrar a nube (Armbrust et al., 2010). Además, existe mucha controversia relacionada a si estar en nube es seguro (Blokland et al., 2013), sin embargo, para el año 2022 se espera que el 95% de las fallas de seguridad en nube, sean por culpa de los mismos administradores en nube, y no por los proveedores (Panetta, 2019).

## **5.4 Evaluación no Funcional de las Arquitecturas**

Para poder evaluar las arquitecturas propuestas, se seleccionaron tres criterios de evaluación, los cuales son: Rendimiento, Seguridad y Costo. Estos criterios fueron elegidos, debido a que en el modelo de despliegue de infraestructura como servicio (IaaS), el cliente tiene total responsabilidad sobre su administración y configuración (Amazon, 2020), por lo que son criterios a tener en cuenta, de la arquitectura que se implemente en UVIRTUAL. Además, es importante mencionar, que esta evaluación tiene como foco, las arquitecturas propuestas y no a el proveedor

de nube (lo haremos en capítulos posteriores), sin embargo, para realizar las evaluaciones, se implementó solamente sobre Amazon AWS (ver Tabla 26), y no en los demás proveedores, esto debido a los pocos créditos educativos disponibles (ver Tabla).

**Tabla 26. Recursos del ambiente de pruebas en Amazon AWS**

Proveedor	Características		
	Procesador	Memoria RAM	Almacenamiento
Amazon AWS	2 vCPU	4 GB	120 GB

Cada criterio de evaluación (mencionado anteriormente), fue evaluado implementando la estrategia descrita en la literatura (Blokland et al., 2013), por lo que fue necesario, definir un objetivo de evaluación y su pregunta de cumplimiento, para cada uno de los criterios a evaluar. Además, es importante destacar, que, al realizar la evaluación, se implementa sobre un ambiente controlado (ver Tabla 26, lo cual implica, desactivar algunas características propias de un ambiente en producción (ver Tabla 27).

**Tabla 27. Características desactivadas en el ambiente de pruebas**

Característica Modificada	Razón
Protocolo de conexión segura	Al realizar las pruebas en un entorno controlado y no en el ambiente de producción con su dominio institucional, se procede a deshabilitar el uso del protocolo HTTPS y usar el protocolo HTTP.
Reglas de Firewall	Al utilizar el protocolo HTTP, se procede a cambiar la regla de Firewall de entrada, del puerto número 443 a el puerto número 80.
OAuth 2.0	El protocolo OAuth 2.0, solo permite su implementación con dominios autorizados, y con dominios que tengan habilitado el protocolo HTTPS, al no poseer un dominio, ni autorización para el presente ambiente controlado, se procede a deshabilitar el uso del protocolo y, además, se habilita la autenticación de cuentas manuales de Moodle.

**5.4.1 Evaluación de rendimiento.** Se formula la pregunta: “¿Soporta la arquitectura una carga de 200 usuarios simultáneos?”, con el objetivo: “Probar el rendimiento de los recursos, durante 12 minutos, con una carga de 200 usuarios (rol de visitante) simultáneos”.

Los alcances definidos para realizar la prueba de carga, fueron los siguientes:

La prueba tiene una duración de 12 minutos.

La prueba simula una carga de 200 usuarios simultáneos.

Se simula la prueba de carga, implementando la herramienta JMeter.

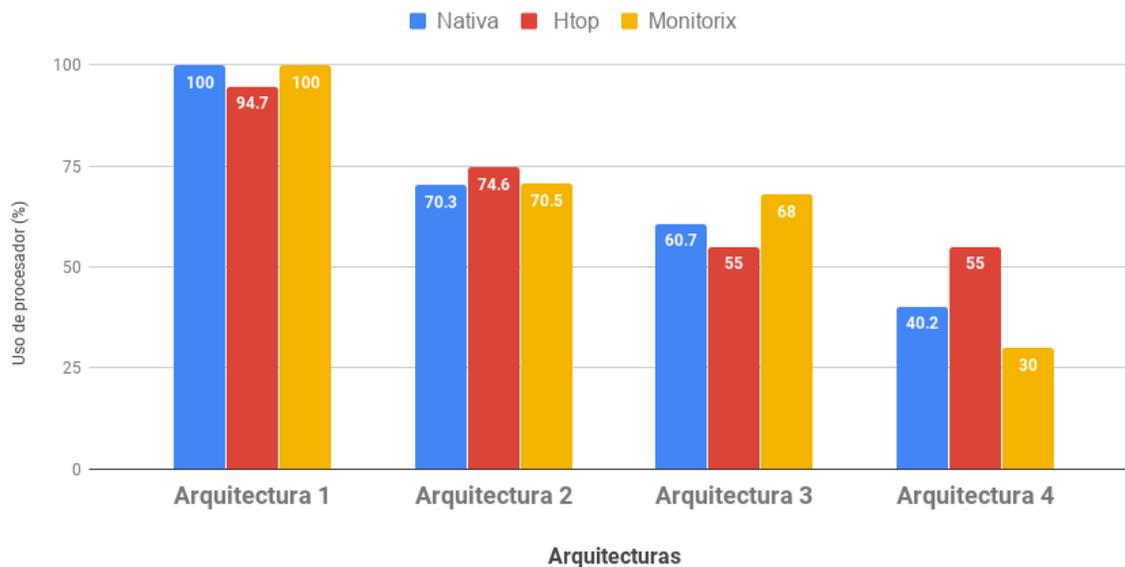
Se capturaron únicamente los datos del nodo de despliegue de Moodle.

Se capturaron únicamente los datos relacionados al uso de procesador, consumo de memoria RAM, uso de almacenamiento y consumo de red.

Se capturan los datos de consumo de recursos, implementando las siguientes herramientas: Monitoreo nativo del proveedor de nube, htop y Monitorix.

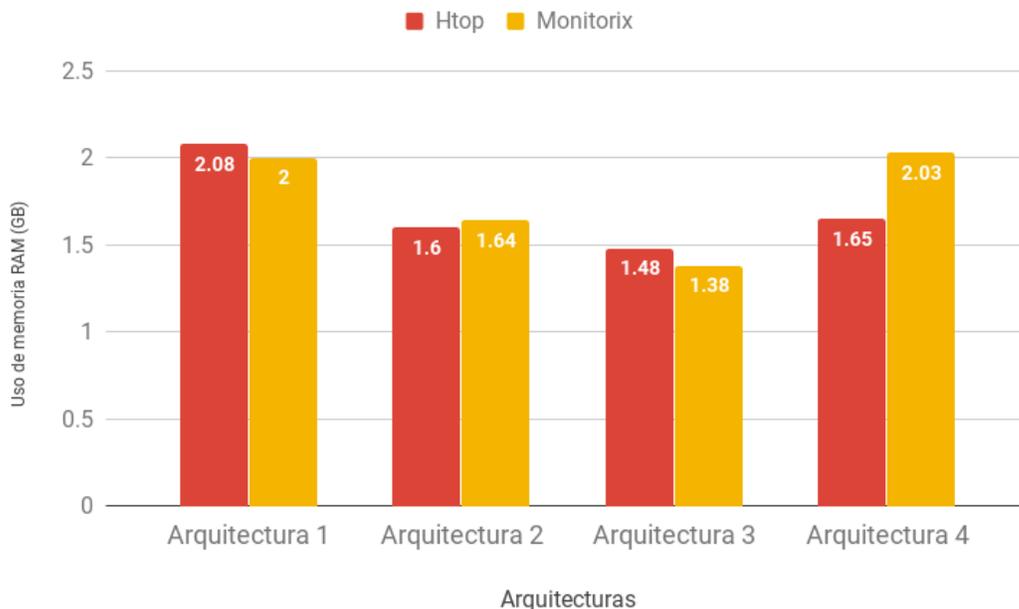
Se realiza la prueba de carga, y pasado los doce minutos con normalidad, se da por terminada la simulación y se procede a presentar los datos obtenidos, segmentados en el uso de procesador, consumo de memoria RAM, uso de almacenamiento y consumo de red, como se especificó en los alcances de la prueba.

**5.4.1.1 Uso de procesador.** Para realizar la captura de los datos, se utilizaron las herramientas nativas de nube, Htop y Monitorix, utilizando una escala porcentual. Además, los datos obtenidos fueron tabulados en la siguiente Figura.



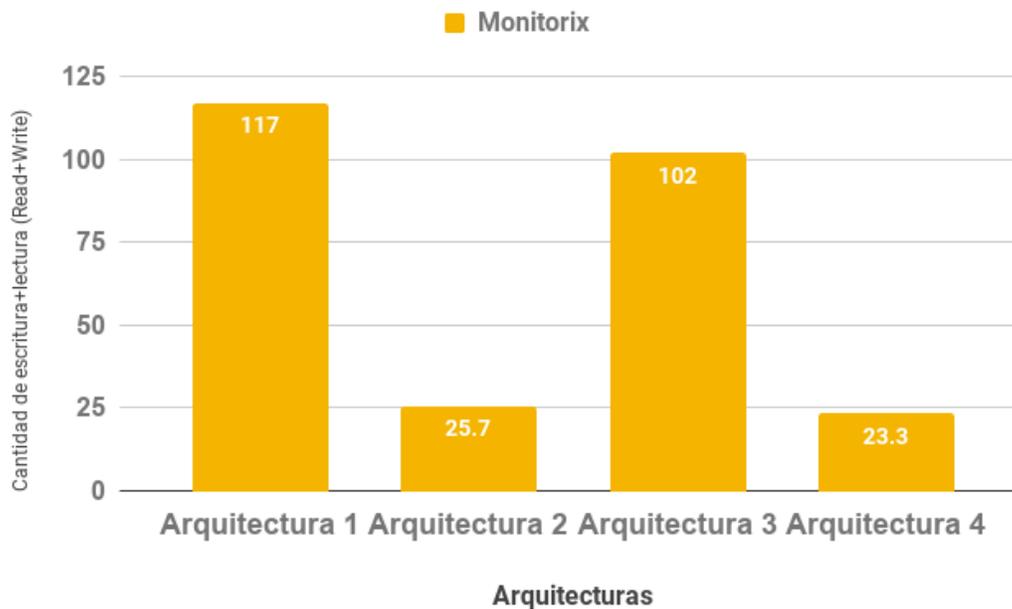
**Figura 32. Resultado de la evaluación de rendimiento, uso de procesador**

**5.4.1.2 Consumo de memoria RAM.** En el registro de datos del consumo de memoria RAM, se utilizó una escala en gigabytes (GB), obtenido los datos de las herramientas Htop y Monitorix. Un aspecto a destacar, es que se ausenta el uso de las herramientas de monitoreo nativas de la nube, debido a que los proveedores de nube, no permiten de forma directa, monitorizar estos valores, por lo que debe realizarse tareas de instalación de plugins adicionales (Amazon, 2019), las cuales no se realizaron por temas económicos. Los resultados obtenidos, se presentan a continuación.



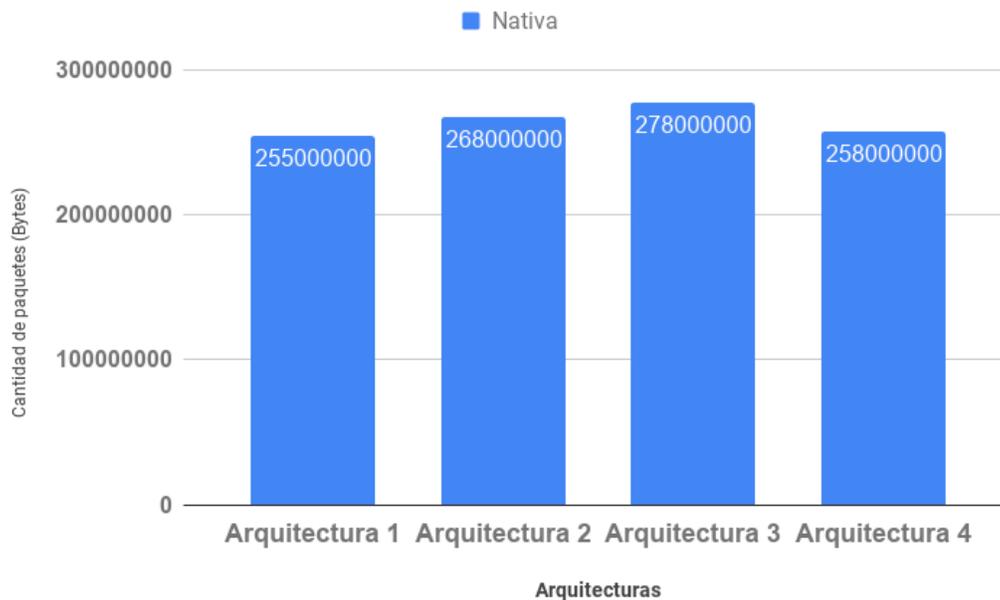
**Figura 33. Resultado de la evaluación de rendimiento, consumo de memoria RAM**

**5.4.1.3 Uso de almacenamiento.** La escala utilizada en el uso de almacenamiento, fue una métrica nombrada como lectura - escritura, la cual, suma los datos de las operaciones de escritura y lectura. Una observación a compartir, es que durante la prueba, se realizaron tomas con la herramienta de medición de recursos del proveedor de nube, sin embargo, sus datos tendían a cero, esto era consecuencia, de que la herramienta, sólo permite medir el uso de disco de los volúmenes que se han añadido físicamente (Amazon, 2020). Finalmente se presenta en la Figura 34 el resultado de la herramienta Monitorix.



**Figura 34. Resultado de la evaluación de rendimiento, uso de almacenamiento**

**5.4.1.4 Consumo de red.** Los datos obtenidos del consumo de red, fueron gracias a la herramienta de monitoreo nativa del proveedor de nube, además, su escala se midió en unidad de Bytes, cabe destacar que solo se midieron los Bytes de entrada, y sus datos obtenidos, se presentan en la siguiente Figura.



**Figura 35. Resultado de la evaluación de rendimiento, consumo de red**

Realizada la evaluación de rendimiento, podemos afirmar, gracias a los resultados obtenidos en las pruebas anteriores, (uso de procesador, consumo de memoria RAM, uso de almacenamiento y consumo de red), las siguientes conclusiones:

Las arquitecturas dos, tres y cuatro, superan la evaluación de rendimiento.

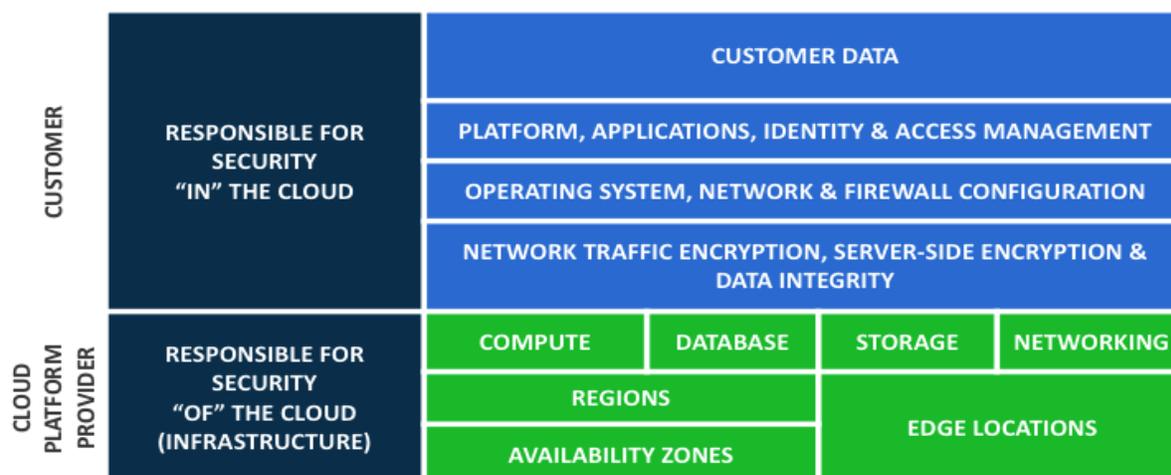
La arquitectura cuatro, sobresale, siendo la mejor alternativa de elección.

Comparando el resultado de las arquitecturas dos y tres, se puede afirmar, que la implementación de la herramienta Docker (arquitectura tres), obtiene mejores resultados, que la implementación de la separación por capas (arquitectura dos).

La arquitectura uno, no supera la evaluación, esto es debido, a que, durante la simulación, su uso de procesador tendía a estar en el límite, ocasionando, que, por momentos, se perdiera el servicio de conexión de los usuarios en la plataforma.

**5.4.2 Evaluación de seguridad.** Se formula la pregunta “¿Es segura la arquitectura sobre un ambiente de nube?” con el objetivo: “Probar de manera automatizada las vulnerabilidades más comunes”. Antes de hablar de la seguridad de la arquitectura, es importante, mencionar el concepto de seguridad en Cloud Computing, el cual, es nombrado en la literatura como “Seguridad Compartida” (Amazon, 2020).

La seguridad compartida consiste en dividir las responsabilidades de seguridad entre el cliente (usuario que adquiere el servicio IaaS) y el proveedor de nube (ver Figura 36), donde el cliente se encarga: de la administración y configuración del sistema operativo, cualquier utilidad o software que el cliente instale en la instancia, además, de la configuración de firewall. Por otro lado, el proveedor de nube es responsable de proteger la infraestructura que ejecuta todos los servicios provistos en la nube, la cual está conformada por: el hardware, el software, las redes y las instalaciones que ejecutan los servicios de la nube.



**Figura 36. Modelo de seguridad compartida**

Fuente: Amazon, 2020.

Vista la definición de seguridad compartida, es importante mencionar que, para la siguiente evaluación de seguridad, solamente nos enfocaremos en el componente en el cual, el cliente es el responsable, sin embargo, en futuros capítulos, complementaremos el tema, evaluando la parte de seguridad, encargada por el proveedor de nube.

Para poder cumplir con el objetivo de la evaluación, se realizará una prueba de seguridad, más específicamente, una prueba de caja negra, en la cual, simularemos un ataque sobre los servicios expuestos por la arquitectura. Además, haremos énfasis en los principales problemas más comunes de las aplicaciones web, definidos por la OWASP (ver Tabla 28), la cual es una organización sin ánimo de lucro, encargada de trabajar en pro de la seguridad.

**Tabla 28. Principales riesgos de seguridad de las aplicaciones web**

N.º	Tipo de ataque	Descripción
A1	Inyección	Ataques de suplantación de código generalmente SQL para obtener información sin autorización.
A2	Pérdida de autenticación y Gestión de Sesiones	Ataques de robo de sesiones para suplantar la identidad de usuarios.
A3	Exposición de Datos Sensibles	Ataques para robar o visualizar información que no está protegida debidamente.
A4	Entidad Externa de XML	Ataque a procesadores de XML que no realizan las validaciones pertinentes para realizar diferentes tipos de ataques (DOS).
A5	Pérdida de Control de Acceso	Ataque para aprovechar las validaciones incorrectas para los permisos y roles de las páginas.
A6	Configuración de seguridad incorrecta	Ataque para aprovechar algunas omisiones de configuraciones correctas de seguridad por parte de los administradores o desarrolladores.
A7	Secuencia de Comandos en Sitios Cruzados (XSS)	Ataque por el cual ejecuta código JavaScript del lado del cliente para robar información.
A8	Deserialización Insegura	Ataque que aprovecha una deserialización errónea de objetos que llegan y logra ejecución de código remoto en el servidor.
A9	Uso de Componentes con Vulnerabilidades Conocidas	Ataque que aprovecha algún componente o tecnología que tiene problemas de seguridad documentadas públicamente, para lograr tomar control del servidor.
A10	Registro y Monitoreo Insuficientes	Ataque que aprovecha la falta de herramientas de monitoreo que puedan alertar a tiempo al administrador y que le permite al atacante escalar a otros servicios sin ser detectado.

Los alcances definidos para la evaluación, fueron los siguientes:

La prueba será de caja negra.

La prueba se realizará utilizando únicamente el rol de Visitante de Moodle.

La prueba se implementará utilizando la herramienta Arachni.

La prueba termina cuando la herramienta termine su ejecución.

Se verificarán los principales problemas, definidos por la OWASP (ver Anexo 9).

Solamente se realizarán pruebas al componente encargado por el cliente (seguridad compartida).

Realizada la prueba, el resultado de la herramienta Arachni fue un informe, en el cual, se encontraron vulnerabilidades de alta, media y baja prioridad, además de unas vulnerabilidades informativas, para un total de 75 vulnerabilidades, las cuales se agruparon, según su tipo de vulnerabilidad, y se tabularon en la siguiente Tabla.

**Tabla 29. Vulnerabilidades encontradas en la evaluación de seguridad**

Prioridad	N.º	Tipo
Informativa	25	<b>Respuesta a peticiones pruebas</b> , Consiste en un conjunto de URL, que se prueban usando fuerza bruta, tratando de descubrir algún servicio expuesto.
informativa	1	<b>HttpOnly flag</b> , este tipo de vulnerabilidad, sucede cuando no está habilitada la bandera “opcional”, que viene dentro de la respuesta del servidor, esto permite modificar las variables de sesión desde JavaScript.
Baja	3	<b>Url de archivos comúnmente sensibles</b> , es una vulnerabilidad, relacionada a las URL que normalmente pueden tener algún tipo información o sirven de entrada al servidor, ya que pueden ser comúnmente utilizadas en procesos de configuración o administración.
Baja	1	<b>Interfaz de administrador común</b> , sucede cuando la dirección para ingresar a un panel de administrador, está en una base de datos de URL comunes.
Baja	1	<b>Campo de password con atributo autocomplete activado</b> , sucede cuando el atributo autocomplete de un input de tipo contraseña (HTML), se encuentra activado.
Baja	1	<b>Vulnerable a Clickjacking</b> , este tipo de ataque, facilita el engaño del usuario, para que digite información o presione algún botón, que tiene información escondida, haciendo que se robe información y el usuario ejecute acciones que no desea realizar.
Baja	1	<b>IP privada revelada</b> , esta vulnerabilidad sucede, cuando en algún documento, se referencia a un tipo de IP que no es pública, lo cual, puede usar el atacante para distinguir información privada.
Media	31	<b>Directorios usados comúnmente</b> , este tipo de vulnerabilidad, busca los archivos y carpetas que los atacantes generalmente utilizan para revisar, si hay información valiosa o algún punto de partida, que sirva como “pivot” para acceder al sistema.
Media	1	<b>Cross Site Tracing (XST)</b> , esta vulnerabilidad, le facilita al atacante, obtener información de la cabecera HTTP que recibe el servidor, lo cual, podría conllevar a una revelación de información del servidor y las variables que este maneja con el usuario.
Media	1	<b>Información descriptada</b> , Esto ocurre, cuando la información viaja en texto plano, lo que facilita que los atacantes, obtengan las credenciales de acceso.
Media	3	<b>Backups disponibles en el servidor</b> , esto sucede, cuando los administradores realizan copias de seguridad y las dejan guardadas en carpetas o archivos públicos, lo cual, puede ser aprovechado por los atacantes, para obtener información valiosa.
Alta	6	<b>CSRF (Cross-Site Request Forgery)</b> , este tipo de ataque, tiene como objetivo, utilizar métodos de ingeniería social, para realizar acciones sin el consentimiento del usuario.

Después de identificar las vulnerabilidades encontradas, se procedió a realizar una búsqueda en la literatura, buscando obtener una propuesta de solución, aunque en algunos casos, las configuraciones desactivadas en el ambiente controlado (ver Tabla 27), fueron las causantes de

generar falsas alarmas. Las propuestas de solución a implementar en cualquier arquitectura que se seleccione para desplegar UVIRTUAL, se mencionan a continuación.

**Tabla 30. Recomendaciones de solución, a los problemas de seguridad**

<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Recomendaciones de la literatura</b>	<b>Propuestas de solución</b>
CSRF (Cross-Site Request Forgery)	Agregar dentro de la cabecera de la petición, un identificador único que garantice, la identidad del origen del usuario, rechazando cualquier consulta si encuentra irregularidades.	Activar la configuración de autenticación OAuth 2.0.
Directorios usados comúnmente	Modificar los permisos de acceso, a los directorios que no requieren ser públicos.	Buscar los 31 directorios mencionados en la herramienta y modificar sus permisos para que no sean públicos.
Cross Site Tracing (XST)	Deshabilitar la funcionalidad, que permite la respuesta al método TRACE.	Deshabilitar el método de consulta TRACER en Apache HTTP Server.
Información descriptada	Utilizar SSL/TLS, que es la capa de transporte segura, la cual, cifra la información de encabezado y permite que las credenciales no se pueden leer por ningún atacante.	Activar la Implementación del protocolo HTTPS.
Backups disponibles en el servidor	Guardar las copias de seguridad, en directorios donde el servidor de aplicaciones no tenga acceso.	Los directorios, se les restringió el acceso, para que no fueran públicos.
Direcciones de archivos comúnmente sensibles	Cambiar el nombre de las URL a unas personalizadas y restringir el acceso a las que no deban ser públicas.	Las URL de los archivos de los archivos de configuración de Moodle (config.php), se les restringe el acceso público.
Interfaz de administrador común	Personalizar la URL del panel de administrador.	Es una alerta informativa, sin embargo, esta URL es por defecto y por buenas prácticas, definida por Moodle, cambiarla, podría conllevar problemas, por lo que se omite esta acción.
Vulnerable a Clickjacking	Habilitar en el servidor de aplicaciones, el encabezado el X-Frame-Options.	Se realizan cambios en la configuración de Apache HTTP Server, en el atributo X-Frame-Options, con permisos limitados solamente al sitio principal.
IP privada revelada	Limitar el acceso, a los archivos que contengan la posible filtración de información sobre el servidor.	Se limita el acceso de los archivos que contienen la información sobre el servidor.
Respuesta a urls por defecto	Realizar cambios en la configuración del servidor, para responder con un código Not Found, a las URL que no existan.	No se realiza ningún cambio, debido a que Moodle, tiene su propia configuración para responder a la petición Not Found.
HttpOnly flag no está habilitada	Habilitar la bandera HttpOnly en la configuración del servidor.	Se habilita en la configuración de Apache HTTP Server, la bandera HttpOnly.

Terminada la evaluación, podemos concluir lo siguiente:

Ninguna de las cuatro arquitecturas propuestas logró superar la prueba.

Implementando las actividades de solución planteadas (ver Tabla 30), y activando las características deshabilitadas en el ambiente de prueba (ver Tabla 17), las arquitecturas logran un resultado exitoso.

En ambiente de producción, deben realizarse obligatoriamente, las actividades de solución de la Tabla 30.

**5.4.3 Evaluación de costo.** Se plantea la pregunta: “*¿Cuál es la arquitectura más económica?*”, con el objetivo: “*Medir el costo de cada arquitectura.* Antes de evaluar los costos en las arquitecturas propuestas, es importante destacar, que para el contexto de UVIRTUAL, no era posible, con los datos obtenidos en el diagnóstico, diferenciar los recursos consumidos por Moodle y su DBMS, por lo tanto, para esta evaluación, los recursos de cada nodo, van a ser exactamente iguales.

Los alcances definidos para realizar la prueba de costos, fueron los siguientes:

Todos los nodos tienen los mismos recursos.

Partiendo de lo anterior, como todos los nodos tienen los mismos recursos, podemos afirmar que todos los nodos tendrán el mismo costo, independiente del proveedor de nube. En ese orden de ideas, las arquitecturas de 2 capas, tienen un costo mayor (el doble) a las arquitecturas de una sola capa.

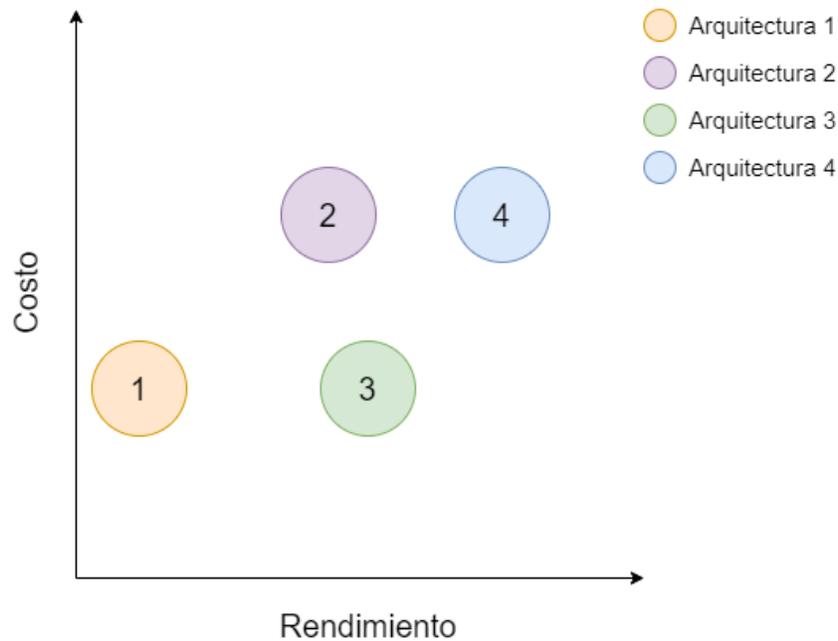
Por consiguiente, para la evaluación de costo se llegan las siguientes deducciones:

Las arquitecturas de dos nodos, duplican el costo, en comparación con las de un solo nodo, siempre que los recursos de los nodos sean iguales.

Las arquitecturas 1 y 3, al tener un solo nodo, tienden a ser más económicas, sin embargo, no siempre es el caso, ya que, en algunas ocasiones, cuando los nodos tienen diferentes recursos, la suma del costo de varios nodos, pueden llegar a ser más bajo, que las de un solo nodo.

En las arquitecturas 2 y 4, si se comparte el nodo de base de datos, con múltiples aplicaciones en nube, se obtendría una optimización de costos, lo que ocasiona, que el costo del nodo de base de datos, se divida entre las aplicaciones que lo implementan.

Terminada la evaluación de las cuatro arquitecturas propuestas, podemos resumir los resultados de las pruebas de Rendimiento, Costo y Seguridad en la Figura 37, esto es debido a que las 4 arquitecturas propuestas, obtuvieron el mismo resultado en la evaluación de seguridad, por lo que podemos asumir que la elección de la arquitectura se centra en los criterios de rendimiento y costo.



**Figura 37. Resumen de la evaluación de las arquitecturas propuestas**

Teniendo como principio de elección que cualquier arquitectura seleccionada debe realizar las optimizaciones descritas en la Tabla 30, los resultados de las pruebas nos indican que la arquitectura más adecuada para UVIRTUAL es la arquitectura 4, porque gracias a los resultados de las pruebas realizadas, podemos afirmar que es la propuesta con mejor rendimiento, además, que optimiza los costos al permitir compartir el nodo de base de datos con otras aplicaciones en nube, lo que daría una oportunidad al programa de Ingeniería de Sistema, para migrar otras aplicaciones a Cloud Computing disminuyendo el costo y obteniendo los beneficios de la nube.

## 6. Caso de estudio múltiple para seleccionar el proveedor Cloud Computing

Después de haber seleccionado la arquitectura 4, como solución de despliegue para UVIRTUAL, ahora presentaremos los criterios de selección, para el proveedor de nube. Es importante destacar nuevamente, que para este proyecto solo se tuvieron en cuenta los proveedores recomendados por la literatura y definidos en el alcance, los cuales son Google Cloud, Amazon AWS y Microsoft Azure. Aunque Oracle ya es un actor en el mercado de nube de Colombia y las empresas IBM, Cisco y Huawei ya comienzan a ingresar al país, las tres nubes definidas en el alcance son las que lideran el mercado mundial, según el cuadrante de Gartner (ver Figura 38).



**Figura 38. Cuadrante Mágico para infraestructura como servicio**

Fuente: Wright et al., 2019.

## 6.1 Evaluación de los Proveedores

Para evaluar los proveedores de nube, basado en la recomendación de la literatura (Martínez Gómez & Pino Correa, 2016), y en casos de estudio relacionados a este proyecto (Bravo & Cuevas, 2014; Garzón Tobón, 2016; Nijim, 2015; Picón, 2017), se seleccionaron los criterios de latencia, seguridad, costo y marca. A continuación, en orden alfabético, procederemos a detallar y aplicar cada uno de los criterios, teniendo como caso de estudio, la plataforma UVIRTUAL.

**6.1.1 Evaluación de costo.** Para evaluar económicamente a los proveedores de nube, fue necesario, realizar una búsqueda de los servicios IaaS que estos ofrecen, para ello, se aplicó una consulta, utilizando la calculadora de precios de cada uno de ellos, de esta manera se puede comparar, cual nube brinda mayores beneficios a nivel económico, lo cual se refleja como una reducción en los costos. Para realizar esta consulta, es necesario tener unos recursos de referencia, los cuales, además de garantizar que la evaluación sea justa, son necesarios para realizar la consulta en cada proveedor, obteniendo el servicio más cercano ofrecido por el proveedor y su precio mensual. Finalmente, podemos presentar el resultado a través de una tabla, que facilite su visualización.

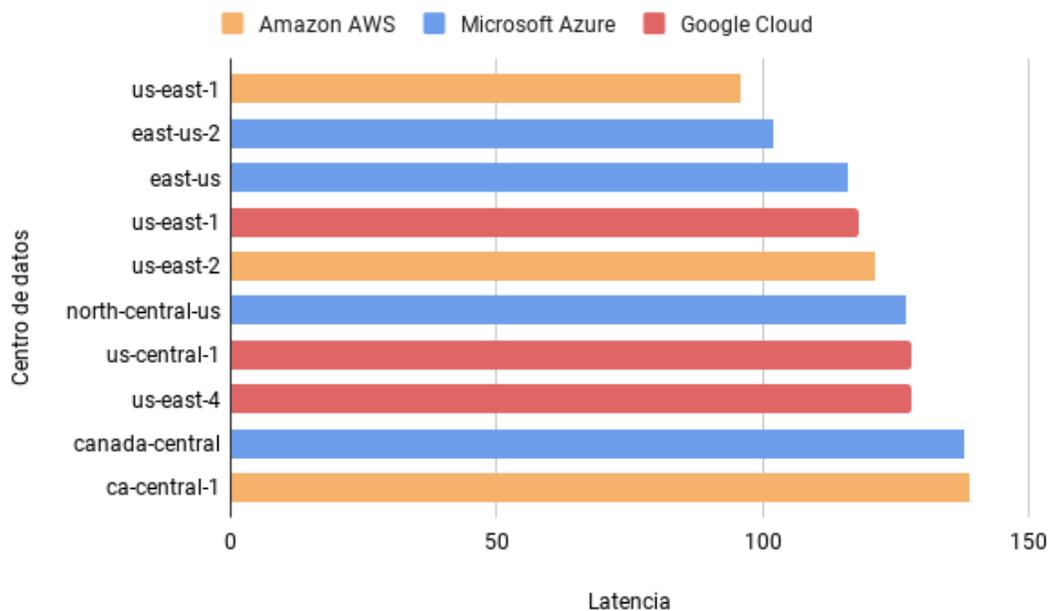
En el caso de UVIRTUAL, inicialmente, se proyectó como arquitectura de referencia, los recursos implementados en la arquitectura base (ver Tabla), sin embargo, sus resultados en costo, eran muy altos, en comparación con los pocos créditos educativos del proyecto, por lo que se decidió, tomar los resultados promedio de rendimiento de UVIRTUAL, utilizándolos como recursos de referencia, y realizando nuevamente las consultas en las calculadoras y sus resultados se ordenaron en la siguiente Tabla.

**Tabla 31. Costo mensual de UVIRTUAL, en los principales proveedores de nube**

Proveedor de nube	Características			Precio (USD)
	vCPU	RAM (GB)	SSD (GB)	
Google Cloud	1	3.5	120	29.70
Amazon AWS	2	4	120	49.23
Microsoft Azure	1	3.5	128	39.22

**6.1.2 Evaluación de latencia.** Para evaluar la latencia de los proveedores, fue necesario, realizar una prueba, que consiste en medir la latencia desde la zona objetivo, (la cual es la ubicación, donde la mayor parte de los usuarios críticos de la plataforma se encuentren) hasta todos los centros de datos disponibles, ofrecidos por los distintos proveedores. Con los resultados obtenidos, se aconseja realizar una lista, ordenada de manera ascendente (midiendo la latencia en milisegundos), para facilitar la visualización de los mejores centros de datos por proveedor. Además, se recomienda para realizar la prueba, utilizar herramientas de la comunidad libre, encontradas en la literatura, desde la zona objetivo (Amazon, 2019; Google Cloud, 2019; Microsoft Azure, 2019), que automatizan el proceso de medición de latencia, a los centros de datos de los principales proveedores.

Sin embargo, para este tipo de pruebas, es importante destacar, que según la literatura de referencia (Kearney et al., 2018), la latencia posee unos rangos, donde la percepción para el usuario no es notable (a menos de que seas un piloto de fórmula 1, o un gamer profesional), por lo que si en los resultados, los valores se encuentran en un mismo rango, podría considerarse un empate. Finalmente, para el caso de UVIRTUAL, se seleccionó el campus universitario, del programa de Ingeniería de Sistemas como zona objetivo, y se realizó la prueba comentada en el párrafo anterior, obteniendo los resultados de la Figura 39.



**Figura 39. Principales centros de datos para UVIRTUAL**

**6.1.3 Evaluación de marca.** De la evaluación de Marca o Branding (como también se le conoce), es importante destacar, que según los casos de estudio contemplados en el proyecto (Bravo & Cuevas, 2014; Garzón Tobón, 2016; Nijim, 2015; Picón, 2017), en muchas ocasiones, el proceso de selección de nube se simplifica, debido a que las organizaciones ya utilizan o poseen servicios con un proveedor de nube, por lo que, según el contexto de la organización, este criterio puede ser una alternativa viable. Para el caso de UVIRTUAL, no se posee recursos o servicios con ningún proveedor de nube en el mercado.

**6.1.4 Evaluación de seguridad.** Recordando la definición de seguridad compartida, vista en capítulos anteriores, que consiste en dividir las responsabilidades de seguridad entre el cliente (usuario que adquiere el servicio IaaS) y el proveedor de nube (ver Figura 36), donde el cliente se encarga: de la administración y configuración del sistema operativo, cualquier utilidad o software que el cliente instale en la instancia, además, de la configuración de firewall. Por otro lado, el

proveedor de nube es responsable de proteger la infraestructura que ejecuta todos los servicios provistos en la nube, la cual está conformada por: el hardware, el software, las redes y las instalaciones que ejecutan los servicios de la nube.

Ahora, retomaremos el concepto de seguridad compartida, pero enfocándonos en el componente, en el cual, el proveedor de nube es el responsable de su seguridad, y para ello, la literatura nos recomienda evaluar a los proveedores verificando si cumplen estándares internacionales (Srinivasan, 2014), pero, es importante mencionar que algunos negocios (salud y procesos penales) y según el país de operación, necesitan obligatoriamente cumplir algunas leyes (Srinivasan, 2014), sin embargo, si no es el caso, una buena base es verificar utilizando las principales certificaciones internacionales más destacadas en área de TI (Srinivasan, 2014).

En el caso de UVIRTUAL, para realizar la evaluación de seguridad, no era necesario, cumplir específicamente con alguna certificación, por lo que se siguió la recomendación de la literatura, y se utilizaron las principales certificaciones internacionales, en las que destacan en Colombia, la ISO 9001 y la ISO 27001 (ICONTEC, 2020, 2020), las cuales se verificaron en cada uno de los proveedores de nube, y su resultado, se presenta tabulado en la siguiente Tabla.

**Tabla 32. Principales certificaciones de los proveedores de nube**

Proveedor de nube	Principales certificaciones				
	NIST 800-53	CSA STAR	PCSI DSS	ISO 27001	ISO 9001
Amazon AWS	✓	✓	✓	✓	✓
Google Cloud	✓	✓	✓	✓	✓
Microsoft Azure	✓	✓	✓	✓	✓

Terminada la evaluación de los tres principales proveedores de nube pública, podemos resumir los resultados de las pruebas de Costo, Latencia, Marca y Seguridad en la Tabla 33.

**Tabla 33. Resumen de la evaluación de los proveedores de nube**

Proveedor	Criterio					
	Costo (USD)	Latencia		Marca	Seguridad	
		ms	Datacenter		NIST 800-53	ISO 27001
Amazon AWS	49.23	96	us-east-1	No aplica	✓	✓
Google Cloud	29.70	118	us-east-1	No aplica	✓	✓
Microsoft Azure	39.22	102	east-us-2	No aplica	✓	✓

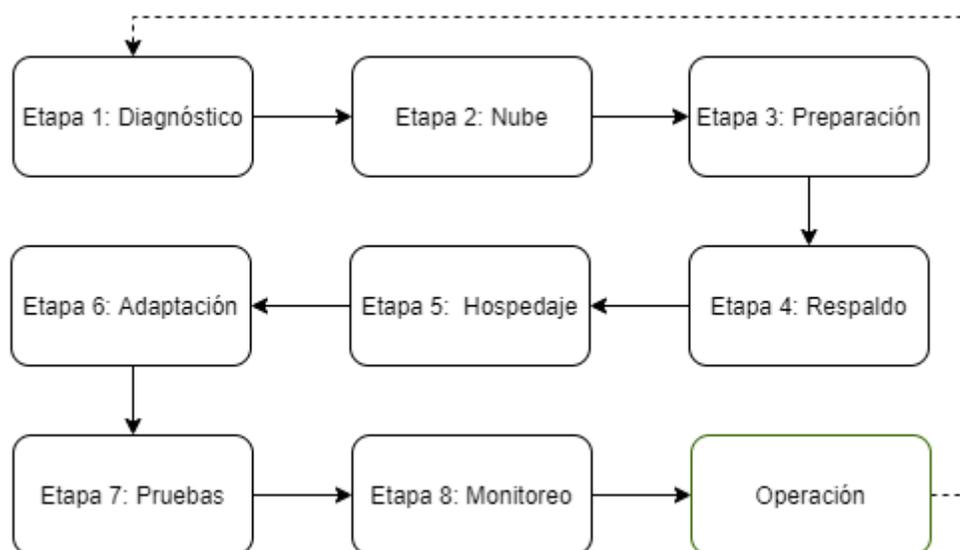
Los resultados de las pruebas nos indican que la mejor alternativa para el caso de UVITUAL es Google Cloud, principalmente porque es la nube con mejor oferta económica, cumple las certificaciones de seguridad recomendados por la literatura, es legalmente aceptado en Colombia mediante el acuerdo de Nube pública III vigente (Colombia Compra Eficiente, 2019), y su latencia se encuentra entre los rangos aceptables en temas de usabilidad y experiencia de usuario (Kearney et al., 2018).

## 7. Plan de Migración

De acuerdo a la experiencia obtenida, a la literatura profesional y científica y a los experimentos y pruebas realizados durante el proyecto, se planteó un plan de migración a Cloud Computing para plataformas basadas en Moodle, caso específico de la plataforma UVIRTUAL de la UFPS., El plan consiste en ocho Etapas, como se presenta a continuación.

### 7.1 Plan de Migración

La Figura 40 muestra cada una de las ocho (8) Etapas. Cada etapa tiene un nombre y un conjunto de decisiones que permiten avanzar de manera secuencial a la siguiente etapa. Es importante destacar que las decisiones tomadas en cada fase implican un entregable, y al terminar el plan se entra en un periodo de operación, después del cual, si es necesario, se puede volver a repetir el proceso de manera cíclica, en futuras ocasiones. A Continuación, se explica cada Etapa del plan de migración.



**Figura 40. Etapas del plan de Migración**

**7.1.1 Etapa 1: diagnóstico.** La primera etapa del plan de migración se bautiza como Diagnóstico (ver Figura 41), debido a que su misión principal es conocer el estado actual de la plataforma a migrar, conocer sus estadísticas de uso, las credenciales de acceso, entre otros datos claves para avanzar en la migración, por lo que se sugiere unas preguntas a resolver, las cuales ayudarán a realizar el diagnóstico de la plataforma y se detallan en la Tabla 34.



**Figura 41. Etapa de Diagnóstico**

**Tabla 34. Cuestionario de Diagnóstico**

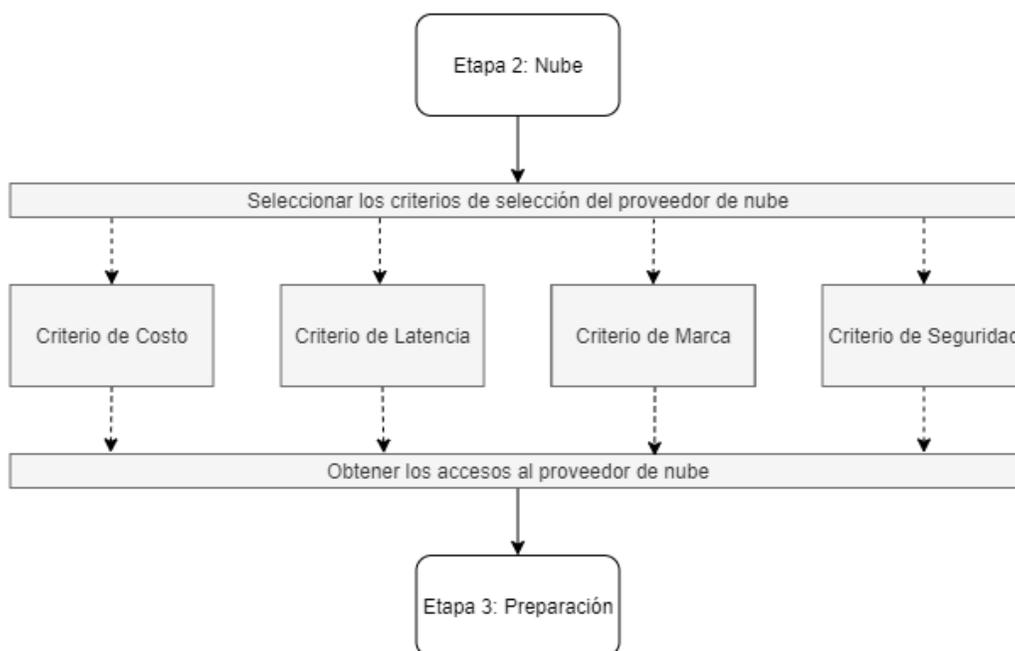
Pregunta	Entregable
¿Conoce a el administrador del servidor, donde está desplegada la plataforma?	Documento con los datos del administrador del servidor.
¿Conoce los recursos físicos del servidor, donde está desplegada la plataforma?	Documento con la especificación de los recursos base del servidor.
¿Conoce a el administrador de la plataforma Moodle a migrar?	Documento con los datos del administrador de la plataforma Moodle.
¿Conoce las credenciales de administrador de la plataforma Moodle a migra?	Documento con las credenciales de acceso a el usuario administrador.
¿Conoce la ubicación absoluta de las carpetas “moodle” y “moodledata”?	Documento con los detalles (ubicación, tamaño y permisos) de las carpetas “Moodle” y “moodledata”
¿Conoce donde está desplegada la base de datos que implementa la plataforma a migrar?	Documento con las credenciales de acceso a el servidor de base de datos.
¿Conoce la versión de las dependencias implementadas por el servidor, donde se está desplegada la plataforma?	Documento con el detalle de las dependencias de la plataforma.
¿Conoce las estadísticas de uso de la plataforma?	Documento con las estadísticas de uso de la plataforma.
¿Conoce las incidencias detectadas y los problemas reportados de la plataforma?	Documento con el detalle de las incidencias detectadas y los problemas reportados por los usuarios de la plataforma.
¿Conoce el consumo de recursos del servidor, donde está desplegada la plataforma?	Documento con las estadísticas de consumo de recursos de la plataforma.

Se recomienda avanzar a la siguiente etapa una vez se tengan todos los entregables por cada pregunta planteada, debido a que cada uno será necesario para tomar decisiones en etapas posteriores. Se realiza un resumen de la etapa en la siguiente Tabla.

**Tabla 35. Etapa de Diagnóstico**

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
	Responder el cuestionario de diagnóstico, con sus respectivos entregables (ver Tabla 34).	Documento con las respuestas del cuestionario.

**7.1.2 Etapa 2: Nube.** Una vez tenemos nuestro diagnóstico de la plataforma, podemos continuar con la segunda etapa (ver Figura 42), en la cual, debemos seleccionar un proveedor de nube, al cual vamos a migrar nuestra plataforma. Para seleccionar el proveedor de nube recomendamos cuatro criterios de selección, los cuales se presentan en orden alfabético a continuación.



**Figura 42. Etapa de nube**

### **Criterio de Costo:**

Este criterio tiene como finalidad seleccionar el proveedor nube que genere mayor reducción de costos, para identificarlo se recomienda realizar una búsqueda de los planes ofrecidos por los proveedores utilizando su calculadora de precios. Para realizar la estimación en la calculadora se utiliza los recursos base, previamente identificados en el diagnóstico. Finalmente, para facilitar la selección se tabulan los resultados en una tabla o gráfico. El resumen del criterio se presenta en la siguiente Tabla.

**Tabla 36. Etapa de Nube – Criterio de Costo**

<b>Entradas</b>	<b>Herramientas y Técnicas</b>	<b>Salidas</b>
Recursos base.	Calculadora de precio de los proveedores: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Google Cloud.</li> <li>• Amazon AWS.</li> <li>• Microsoft Azure.</li> </ul>	Tabla comparativa de los planes y precios por nube. Gráfico de precios por nube.

### **Criterio de Latencia:**

Las nubes públicas poseen muchos centros de datos (data centers), repartidos en zonas estratégicas por todo el mundo, por este motivo es importante seleccionar la nube y su región con menor tiempo de respuesta, ya que se traducirá en un mejor rendimiento para el usuario final. Una alternativa para seleccionar la nube con mejor latencia, es calcular el ping desde la zona objetivo hasta todos los centros de datos por proveedor, finalmente los resultados obtenidos pueden evaluarse en una tabla o gráfico para facilitar la selección. El resumen del criterio se presenta en la siguiente Tabla.

**Tabla 37. Etapa de Nube – Criterio de Latencia**

<b>Entradas</b>	<b>Herramientas y Técnicas</b>	<b>Salidas</b>
Zona objetivo (zona o red, en la cual, se va evaluar el tiempo de respuesta).	Calculadora de latencia de los proveedores (comunidad libre): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Google Cloud.</li> <li>• Amazon AWS.</li> <li>• Microsoft Azure.</li> </ul>	Tabla comparativa de los promedios de latencia por región y por proveedor. Gráfico de latencia por nube.

**Criterio de Marca:**

El criterio de selección de marca o branding, puede ser utilizado para seleccionar la nube, ya sea por: una preferencia hacia un proveedor, por facilidad de integración con la tecnología utilizada o porque ya se tiene un contrato con un proveedor de nube, por lo que es importante evaluar estos aspectos si aplican o no según el contexto. El resumen del criterio se presenta en la siguiente Tabla.

**Tabla 383. Etapa de Nube – Criterio de Marca**

<b>Entradas</b>	<b>Herramientas y Técnicas</b>	<b>Salidas</b>
Contexto de la organización	Responder las siguientes preguntas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Posee preferencia hacia un proveedor?</li> <li>• ¿Implementa tecnología propia de un proveedor?</li> <li>• ¿ha adquirido anteriormente o posee, servicios de un proveedor?</li> </ul>	Tabla de ponderación de proveedores según la preferencia.

**Criterio de Seguridad:**

La seguridad es uno de los principales desafíos de los administradores de TI y su implementación en nube no es la excepción. Actualmente los principales proveedores poseen un

gran catálogo de certificaciones en seguridad, los cuales se pueden adaptar a las necesidades legales que puedan existir en diferentes países. Hay que tener en cuenta, que en los servicios IaaS los proveedores solo se encargan de la seguridad e integridad de la infraestructura física o centros de datos (ver Figura 36). El resumen del criterio se presenta en la siguiente Tabla.

**Tabla 39. Etapa de Nube – Criterio de Seguridad**

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
Certificaciones o políticas de seguridad requeridas.	Consultar las certificaciones de seguridad requeridas en los proveedores de nube: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Google Cloud.</li> <li>• Amazon AWS.</li> <li>• Microsoft Azure.</li> </ul>	Tabla comparativa de las certificaciones por proveedor.

Es recomendable si no se tiene claridad o determinación después de aplicar un criterio, realizar la selección del proveedor de nube utilizando múltiples criterios, esto puede ser posible asignando un puntaje a cada criterio, el cual se acumulará al proveedor, de esta manera una vez implementados los criterios (anteriormente seleccionados), se selecciona el proveedor con mayor puntaje. El resumen de la Etapa se presenta en la siguiente Tabla.

**Tabla 40. Etapa de Nube**

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
	Seleccionar el o los criterios de selección del proveedor: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo (ver Tabla).</li> <li>• Latencia (ver Tabla).</li> <li>• Marca (ver Tabla).</li> <li>• Seguridad (ver Tabla).</li> </ul> Realizar los trámites de compra correspondientes.	Documento con el proveedor y sus credenciales de acceso, a los servicios adquiridos.

Una vez se tome la decisión de seleccionar un proveedor se realizará (según el proveedor), los trámites necesarios para adquirir y obtener el acceso a sus servicios. Finalmente, cuando se tenga acceso a los servicios del proveedor, se podrá continuar con la siguiente etapa del plan de migración.

**7.1.3 Etapa 3: Preparación.** Teniendo seleccionado el proveedor de nube procedemos a continuar con la Etapa de Preparación (ver Figura 43), la cual, como su nombre lo indica se encarga de preparar o poner en condiciones necesarias los requerimientos para realizar la migración. Sin embargo, según el contexto de la organización, los requerimientos pueden variar, por lo que es importante definir la ventana de tiempo, en la cual, se va a realizar la migración.



**Figura 43. Etapa de Preparación**

La ventana de mantenimiento es el periodo de tiempo en el cual se desarrolla la migración a nube, debido a esto la plataforma quedará momentáneamente fuera de servicio, pudiendo ocasionar molestias a los usuarios que intenten acceder durante ese periodo. Para evitar que el desarrollo de la migración afecte a los usuarios, se recomienda elegir una fecha utilizando las estadísticas de uso, obtenidas en la etapa de diagnóstico, donde la demanda de los usuarios sea muy poca o nula.

Además, con el tamaño de los datos a migrar (obtenido en la etapa de diagnóstico), puedes tener una estimación de la duración necesaria para la carga de datos al proveedor de nube. También es importante destacar, que el equipo de TI encargado de realizar la migración debe

estar comprometido en la fecha seleccionada para la ventana de mantenimiento.

Una vez sea programada la ventana de mantenimiento, es importante que quede registrada por escrito, para garantizar la disponibilidad del equipo de TI y de los recursos al realizar la migración, con este documento se entra en un periodo de transición, hasta que se inicie la ventana de mantenimiento, una vez se llegue a la fecha acordada se avanzará a la siguiente etapa.

Durante el periodo de transición, es recomendable aprovechar este tiempo para tomar la decisión y definir las mejoras a implementar en la plataforma. Para tomar la decisión de implementar cambios, podemos tomar como punto de partida los problemas e incidencias detectados en la fase de diagnóstico. En este punto sólo especificaremos si es necesario realizar mejoras y la definición y especificación de estas, sin embargo, su implementación se realizará en una futura Etapa.

También es muy recomendable en este periodo de transición, avisar a los usuarios de la fecha de mantenimiento, para que ellos estén enterados y puedan programar su uso de la plataforma, evitando posibles molestias. El resumen de la Etapa se presenta en la siguiente Tabla.

**Tabla 41. Etapa de Preparación**

<b>Entradas</b>	<b>Herramientas y Técnicas</b>	<b>Salidas</b>
Estadísticas de uso. Tamaño de los datos a migrar.	Seleccionar un periodo de tiempo, teniendo en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Baja demanda de usuarios.</li> <li>● Disponibilidad del equipo de TI.</li> <li>● Duración de la carga de datos a la nube.</li> </ul> Definir las mejoras, cambios o adaptaciones a implementar en la plataforma.	Documento con la fecha y duración de la ventana de mantenimiento. Documento con la definición de las mejoras.

**7.1.4 Etapa 4: Respaldo.** Esta etapa entra en ejecución una vez se llegue a la fecha pactada para la ventana de mantenimiento, la cual, se definió en la Etapa de Preparación. El objetivo de esta etapa (ver Figura 44), es realizar como su nombre lo indica, un respaldo de los datos que se van a migrar, con el fin de disponer de un medio para recuperarlos, en caso de incidencias en el proceso que puedan ocasionar una pérdida de la información.



**Figura 44. Etapa de Respaldo**

Antes de realizar cualquier procedimiento, es importante activar el modo mantenimiento de la plataforma Moodle, con la finalidad de prevenir que los usuarios puedan acceder y comunicar la duración de la migración.

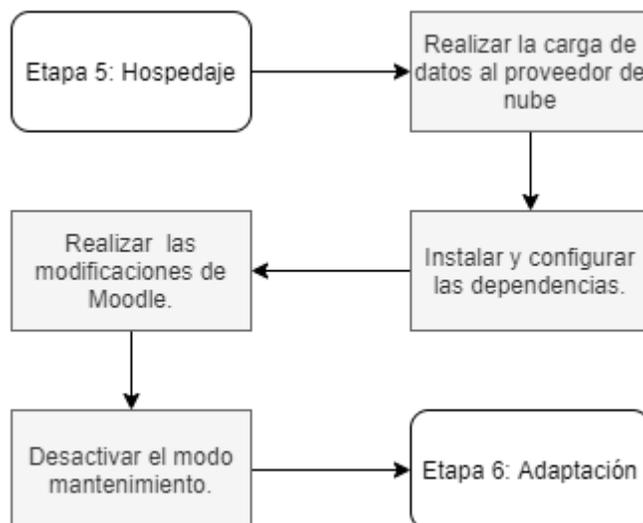
Activado el modo de mantenimiento procedemos a realizar una copia de seguridad de la plataforma, principalmente de la carpeta moodle y moodledata (identificadas en la Etapa de Diagnóstico), de esta última podemos eliminar los archivos temporales para hacer más ligero el proceso. También, es necesario realizar un respaldo de la base de datos (también identificada en la Etapa de Diagnóstico). El resumen de la Etapa se presenta en la siguiente Tabla.

**Tabla 42. Etapa de Respaldo**

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
Ubicación de las carpetas moodle y moodledata. Nombre de la base de datos.	Activar el modo mantenimiento de Moodle. Realizar el respaldo de los datos a migrar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Directorio moodle.</li> <li>• Directorio moodledata.</li> <li>• Base de datos.</li> </ul>	Documento con la ubicación y credenciales del respaldo de los datos a migrar.

Es importante destacar que el respaldo se guarde en un dispositivo seguro, fiable y que posea una nomenclatura que permita identificarlo fácilmente (nombre y fecha). Finalmente, teniendo un respaldo de la plataforma, podemos continuar con la siguiente Etapa.

**7.1.5 Etapa 5: Hospedaje.** Esta Etapa tiene como objetivo (ver Figura 45), migrar (i) los datos de las carpetas “moodle” y “moodledata”, y (ii) el respaldo de la base de datos (ambos, previamente respaldados), a el servicio en nube, en el cual se desplegará cada uno. Este proceso de carga puede tomar un tiempo considerable dependiendo de la velocidad de subida, el tamaño de los datos y la herramienta implementada.



**Figura 45. Etapa de Hospedaje**

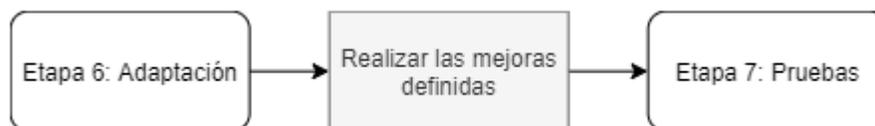
Se recomienda, siguiendo las buenas prácticas de Moodle, implementar una herramienta de carga, que pueda validar los datos (suma de verificación) y tenga un control de errores de red (por si se cae el servicio de Internet, no se pierda el progreso), como rsync. Otra herramienta recomendada, cuando el origen es una instancia en nube, es crear un snapshot y migrar de nube a nube, siguiendo las instrucciones del proveedor.

Luego de realizar la carga de los datos, es importante proceder a instalar y configurar las dependencias necesarias (identificadas en el diagnóstico), y realizar las configuraciones recomendadas por Moodle, las cuales son actualizar el archivo de configuración y modificar unos registros en la base de datos. Finalizado el Hospedaje en nube se procede a desactivar el modo mantenimiento (activado en la Etapa de Preparación), y se continúa con la siguiente Etapa. El resumen de la Etapa se presenta en la siguiente Tabla.

**Tabla 43. Etapa de Hospedaje**

<b>Entradas</b>	<b>Herramientas y Técnicas</b>	<b>Salidas</b>
Credenciales de acceso a el proveedor de nube. Ubicación de las carpetas moodle y moodledata. Nombre de la base de datos. Dependencias y versiones necesarias.	Realizar el respaldo de los datos a migrar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Directorio moodle.</li> <li>• Directorio moodledata.</li> <li>• Base de datos.</li> </ul> Obtener acceso SSH a el proveedor de nube seleccionado: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Google Cloud.</li> <li>• Amazon AWS.</li> <li>• Microsoft Azure.</li> </ul> Instalar las dependencias necesarias. Realizar las modificaciones recomendadas por Moodle: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Documento de configuración.</li> <li>• Registros en la base de datos.</li> </ul> Desactivar el modo mantenimiento.	Documento con la ubicación de los datos migrados. Documento con las dependencias, con su respectiva versión y configuración. Documento con la dirección IP del sitio.

**7.1.6 Etapa 6: Adaptación.** Durante esta Etapa (ver Figura 47) se implementan los cambios o mejoras que se habían planteado anteriormente en la Etapa de Preparación (si los hay). Estos cambios o mejoras, pueden ir desde una actualización en la versión de las dependencias, una mejora de Moodle, agregar nuevas herramientas o funcionalidades, hasta cambios de arquitectura y demás modificaciones.



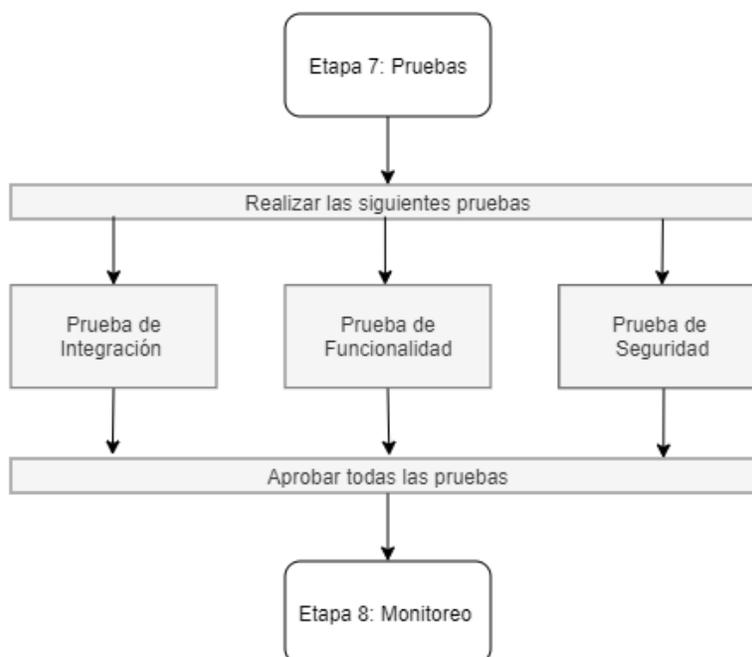
**Figura 46. Etapa de Adaptación**

Considerada por los autores como la Etapa más libre, debido a que según el contexto, los objetivos de la organización y el juicio de expertos del equipo de TI, pueden realizarse mejoras y cambios muy específicos para cada migración. Una vez finalizado el proceso de Adaptación se puede continuar con la siguiente Etapa. El resumen de la Etapa se presenta en la Tabla 44.

**Tabla 44. Etapa de Adaptación**

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
Documento con la definición de las mejoras.	Realizar los cambios, mejoras o adaptaciones a la plataforma.	Documento con la descripción de las mejoras realizadas.

**7.1.7 Etapa 7: Pruebas.** Una vez completada la Etapa de Adaptación, se llega a la Etapa de Pruebas, la cual, se enfoca en validar que todo funcione correctamente y que los cambios (si los hubo), no hayan generado algún inconveniente (ver Figura 47). Para lograr un buen testeo de la plataforma, se ejecutarán las pruebas de integración, funcionalidad y seguridad, las cuales, se describen en la Tabla 45.



**Figura 47. Etapa de Pruebas**

**Tabla 45. Etapa de Pruebas – Especificación de las pruebas**

Nombre	Objetivo de la prueba	Entregable
Integración	Cumplir exitosamente, con todos los escenarios propuestos, en el formato de pruebas de integración (ver Anexo 3).	Formato completado, con los resultados de la prueba de integración.
Funcionalidad	Cumplir exitosamente, con todos los escenarios propuestos, en el formato de pruebas de funcionalidad (ver Anexo 4).	Formato completado, con los resultados de la prueba de funcionalidad.
Seguridad	Cumplir exitosamente, con las pruebas de seguridad planteadas en el formato de pruebas de seguridad (ver Anexo 9)	Formato completado, con los resultados de la prueba de seguridad.

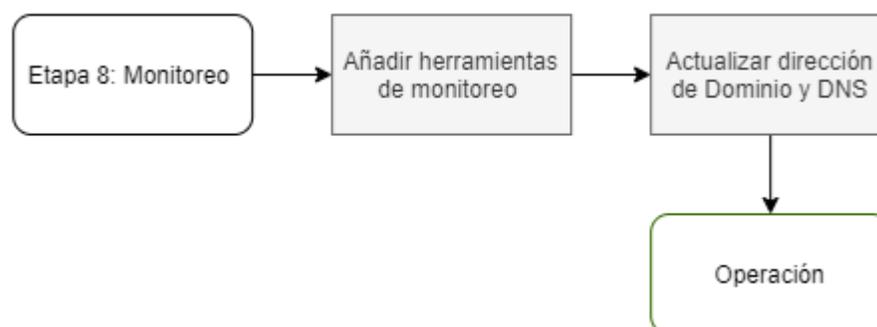
Si en el resultado de las pruebas se encuentran vulnerabilidades o defectos, se deben solucionar de manera inmediata en esta Etapa. A continuación, se resume el desarrollo de la Etapa en la siguiente Tabla.

**Tabla 46. Etapa de Pruebas**

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
Dirección IP del sitio. Credenciales de acceso a el proveedor de nube.	Ejecutar los tipos de pruebas mencionados en la Tabla 45.	Formatos completados, con los resultados de cada prueba.

Al ejecutar las pruebas, es posible que se deban realizar algunas modificaciones para obtener un resultado exitoso, estas modificaciones deben quedar documentadas como respaldo. Cuando se tengo un resultado positivo en cada una de las pruebas, se puede pasar a la siguiente y última Etapa del plan.

**7.1.8 Etapa 8: Monitoreo.** Finalmente se llega a la Etapa de Monitoreo, última Etapa del plan de migración, esta se enfoca en mantener un control de los recursos implementados que nos ayuden a tomar futuras decisiones de gestión y administración de la plataforma (ver Figura 48). Por lo tanto, se recomienda implementar herramientas que automatizan el registro de datos (tiempo real e históricos). El resumen de la Etapa se presenta en la Tabla 47.

**Figura 48. Etapa de Monitoreo**

**Tabla 47. Etapa de Monitoreo**

<b>Entradas</b>	<b>Herramientas y Técnicas</b>	<b>Salidas</b>
Dirección IP del sitio. Credenciales de acceso a el proveedor de nube.	Añadir herramientas de Monitoreo. Actualizar dirección de Dominio y DNS	Tabla de información de las herramientas de monitoreo implementadas. Documento especificando la configuración del dominio y sus DNS.

Implementadas las herramientas de monitoreo, se debe actualizar el dominio y los DNS, si es necesario, permitiendo estar nuevamente en estado de operación. Es recomendable informar a los usuarios del éxito de la migración a nube y con ello dar por concluido el desarrollo del presente plan de migración.

## 8. Experiencia de Usuario

La experiencia de usuario (del inglés user experience, abreviado UX) consiste en centrarse en las necesidades del usuario final, para construir un producto que sea altamente utilizable, pero que además sea el producto que realmente el usuario necesita (Kuusinen et al., 2012).

Actualmente la UX juega un papel muy importante, dentro de los productos de software de las diferentes empresas u organizaciones, pues el éxito de estos productos depende de la interacción centrada en el usuario (Innes, 2011). El enfoque UX se junta con el software, recolectando y validando los resultados con el usuario, aunque integrarlos ha sido un reto, existen metodologías como Lean UX, la cual se enfoca en una filosofía de desarrollo extremadamente rápida, centrada principalmente en el juicio del usuario final (Liikkanen et al., 2014), donde podemos destacar 6 principios claves para integrar el UX al software (ver Figura 49).



**Figura 49. Principios claves de UX**

Esta metodología es muy usada en startups, en donde una de las claves del éxito de un producto siempre será conocer qué opinión tiene el usuario final, con la finalidad de lograr

mejorar en función de las necesidades reales del usuario y no simplemente agregar cambios que no se necesitan o que no se usarán, esto se conoce como “Conocimiento Validado” en el método Lean Startup (Ries, 2011).

La idea detrás del Conocimiento Validado, es empoderar al usuario final con herramientas que le permitan expresar su opinión y en función de la información recolectada, mejorar el producto, pivotar o simplemente eliminar los cambios que se hicieron, porque al final no eran cambios que realmente se necesitaran, esto es fundamental, pues marca la línea entre agregar características que realmente agregan valor o que generan despilfarros de recursos, tiempo y dinero, que en un contexto empresarial, conlleva a la quiebra de muchas organizaciones (Ries, 2011).

Por esta razón, es vital conocer qué es importante para el usuario final, pues no solo es fundamental la complejidad tecnológica para resolver un problema, al final es usuarios desconoce cómo funciona todo y se centra en la capacidad del producto para satisfacer sus necesidades.

Para lograr satisfacer al usuario, es importante conocer la opinión del usuario, y para alcanzar esa retroalimentación existen varias técnicas de recolección de datos, una de ellas es la realización de encuestas, que destaca por recolectar la opinión de una muestra significativa de los usuarios, a través de información estructurada y enfocada en facilitar la toma de decisiones (Allen & Erwig, 2013). Para el caso de UVIRTUAL, se propuso realizar una encuesta, apoyada en herramientas TIC (Email y Google Form), teniendo como población a la totalidad de usuarios que ingresaron a la plataforma luego de realizar la migración a Cloud Computing (10/02/2019) y los detalles técnicos de la encuesta se presentan en la siguiente Tabla.

**Tabla 48. Ficha técnica de la encuesta de UVIRTUAL**

Característica	Valor
Técnica de recolección	Encuesta virtual
Objetivo	Conocer la opinión de los usuarios de UVIRTUAL luego de la migración a nube
Población	250
Muestra	79
Margen de error	8%
Nivel de confianza	91,3%
Fecha de campo	26 de septiembre al 10 de octubre de 2019

### 8.1 Análisis de la Encuesta

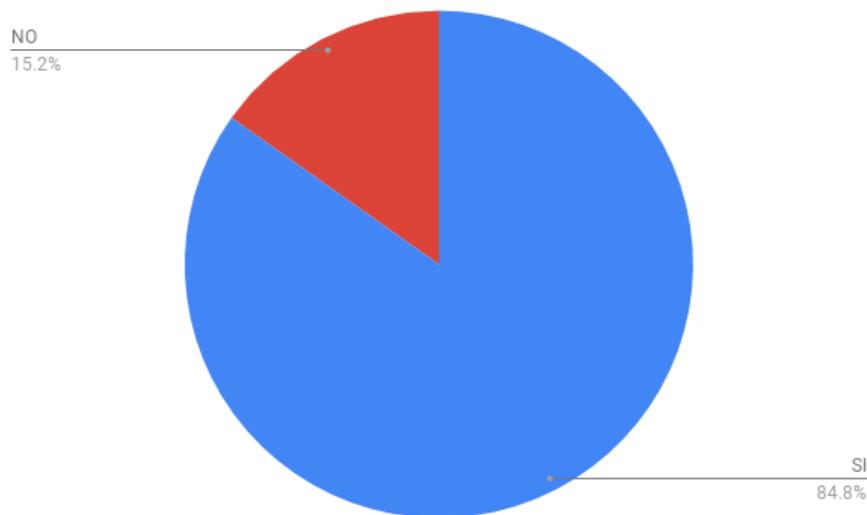
Con el objetivo de conocer la opinión de los usuarios de UVIRTUAL luego de la migración a nube, se estructuraron 10 preguntas de selección múltiple con única respuesta (ver Tabla 49), enfocada en el conocimiento sobre el proyecto de migración, su lugar de ingreso y frecuencia de uso de la plataforma y su grado de satisfacción con los cambios y mejoras realizadas.

**Tabla 49. Preguntas de la encuesta de UVIRTUAL**

Número	Pregunta
Pregunta 1	¿Ha escuchado, leído o tiene conocimiento sobre el Proyecto de la Migración a Cloud Computing (nube) de la Plataforma UVIRTUAL del Programa de Ingeniería de Sistemas?
Pregunta 2	¿Desde cuándo se migró a la nube?
Pregunta 3	Por favor, a continuación, indique su grado de frecuencia con las siguientes proposiciones [Frecuencia con que ingresa y usa UVIRTUAL desde la UFPS]
Pregunta 4	Por favor, a continuación, indique su grado de frecuencia con las siguientes proposiciones [Frecuencia con que ingresa y usa UVIRTUAL desde su casa o fuera de la UFPS]
Pregunta 5	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia de tiempo de carga, velocidad y rendimiento de la plataforma UVIRTUAL desde la UFPS]
Pregunta 6	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia de tiempo de carga, velocidad y rendimiento de la plataforma UVIRTUAL desde su casa o fuera de la UFPS]
Pregunta 7	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia y satisfacción con la autenticación (inicio de sesión) único en UVIRTUAL usando el correo electrónico (Google y Microsoft)]
Pregunta 8	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia y satisfacción con la carga (upload) de archivos (hasta 100 MegaBytes)]
Pregunta 9	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia y satisfacción con el uso de certificado digital SSL]
Pregunta 10	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia y satisfacción en general con la plataforma UVIRTUAL]

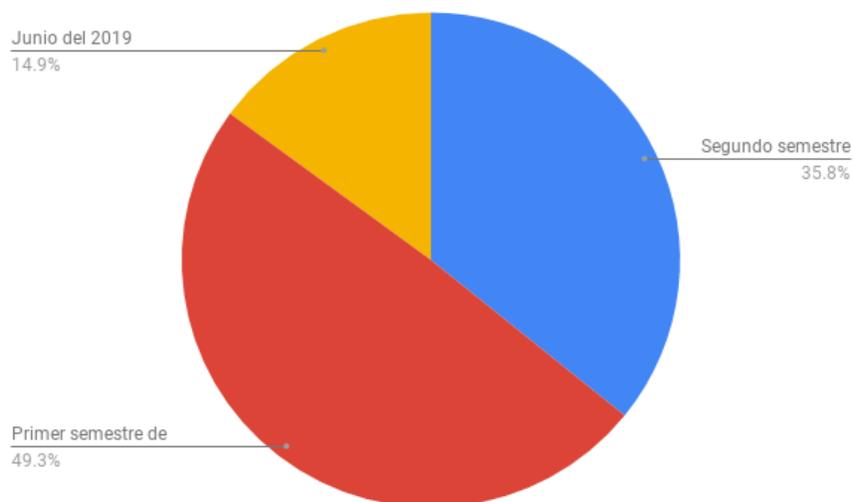
La encuesta se realizó utilizando la herramienta Google Form y se envió a través de correo electrónico a cada usuario de la muestra definida (ver Tabla 48), estando disponible durante el periodo, del 26 de septiembre al 10 de octubre de 2019. A continuación, se presenta el análisis de los resultados de cada una de las preguntas realizadas.

**8.1.1 Pregunta 1.** Como se aprecia en la Figura 50, el 84,8% de las personas encuestadas reveló tener conocimiento sobre el proyecto de migración de UVIRTUAL a la nube, esto demuestra que gracias a los canales de comunicación utilizados, las participaciones locales, nacionales e internacionales, las publicaciones académicas realizadas y las mejoras en la plataforma, se obtuvo un impacto y reconocimiento positivo en la relevancia del proyecto hacia los usuarios de la plataforma.



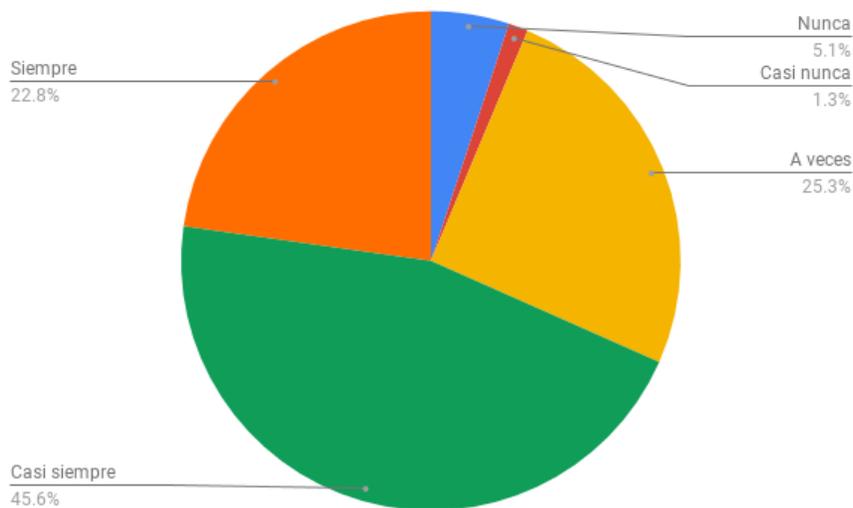
**Figura 50. Análisis de la Pregunta 1**

**8.1.2 Pregunta 2.** Del 84,8% de usuarios que estaban enterados de la migración de UVIRTUAL a la nube, solo un 49,3% de ellos tenía conocimiento de la fecha exacta en la cual se realizó el despegue de la plataforma a la nube, como se puede observar en la Figura 51.



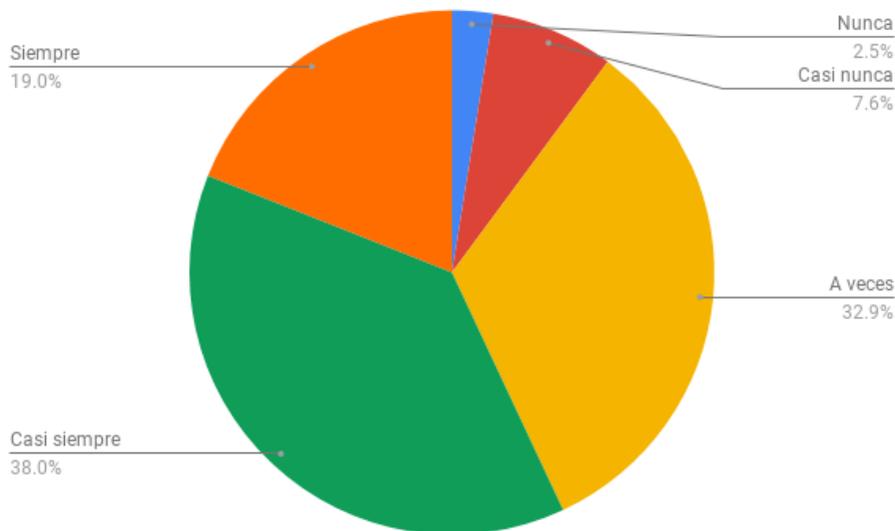
**Figura 51. Análisis de la Pregunta 2**

**8.1.3 Pregunta 3.** Se puede contar que el 68,4% de los usuarios utiliza UVIRTUAL con una frecuencia entre siempre y casi siempre, desde las instalaciones de la UFPS, lo cual indica que existe un uso constante de la plataforma dentro del campus universitario (ver Figura 52).



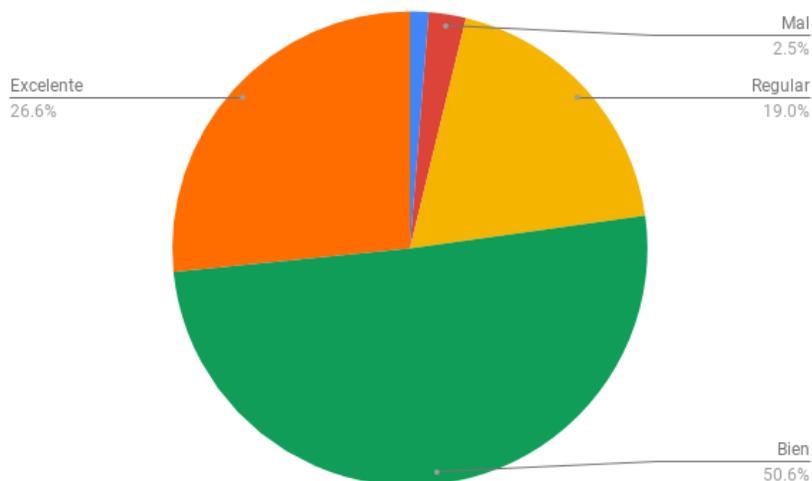
**Figura 52. Análisis de la Pregunta 3**

**8.1.4 Pregunta 4.** La Figura 53 muestra que el 57% de las personas ingresan entre siempre o casi siempre a la UVIRTUAL desde su casa, esto hace de vital importancia tener un buen tiempo de respuesta por parte de la UVIRTUAL, no solo dentro del campus universitario, sino también en el área limítrofe a la Universidad.



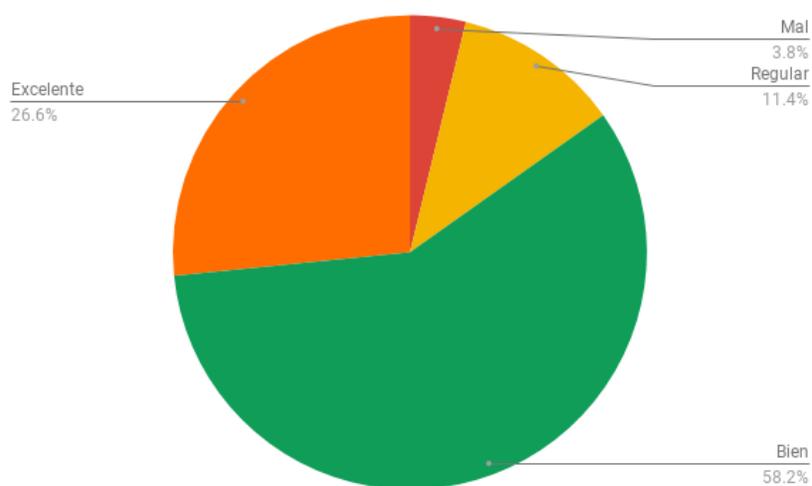
**Figura 53. Análisis de la Pregunta 4**

**8.1.5 Pregunta 5.** Como se puede contar en la Figura 54, el 77,2% de los usuarios de UVIRTUAL, considera que se siente satisfecho con el tiempo de carga, la velocidad y el rendimiento de la plataforma ingresando desde el campus universitario.



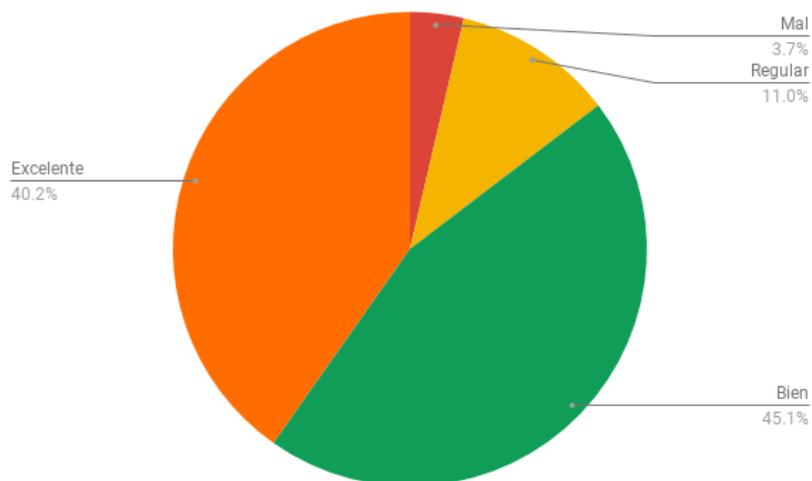
**Figura 54. Análisis de la Pregunta 5**

**8.1.6 Pregunta 6.** Como se puede contar en la Figura 55, el 84,8% de los usuarios de UVIRTUAL, considera que se siente satisfecho con el tiempo de carga, la velocidad y el rendimiento de la plataforma ingresando fuera del campus universitario. Un aspecto a destacar, es que los usuarios se sienten más satisfechos ingresando a UVIRTUAL desde su casa, que dentro de la UFPS.



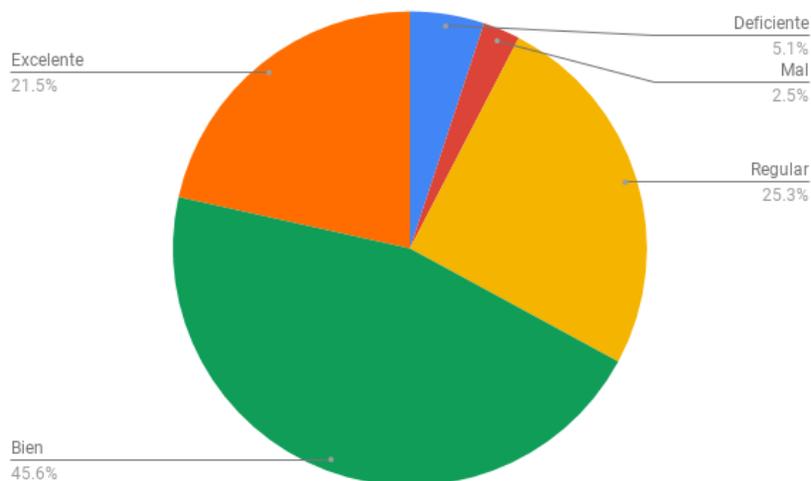
**Figura 55. Análisis de la Pregunta 6**

**8.1.7 Pregunta 7.** El 85,3% de los usuarios de la plataforma tiene una buena experiencia con el método de autenticación (OAuth 2.0), implementado como mejora de la plataforma durante el proceso de migración (ver Figura 56).



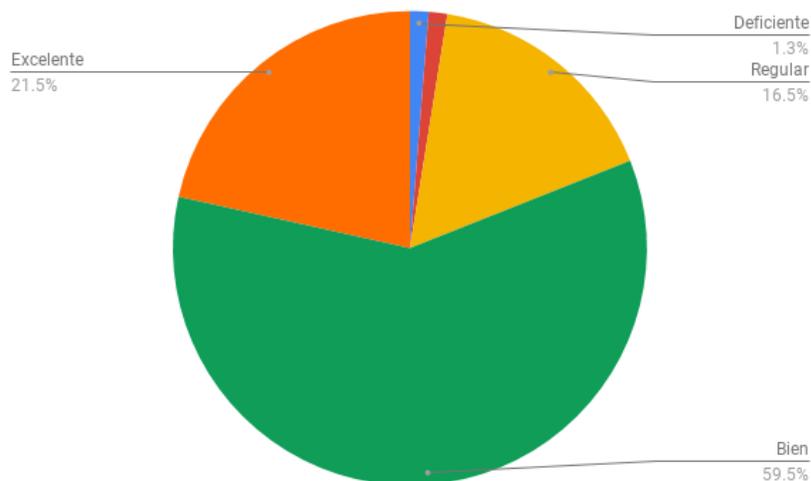
**Figura 56. Análisis de la Pregunta 7**

**8.1.8 Pregunta 8.** En la Figura 57 se cuenta una percepción positiva del 67.1%, esto se puede justificar a los beneficios obtenidos al migrar a Cloud Computing, ampliando el espacio permitido en actividades y talleres a los docentes y estudiantes de la UVIRTUAL.



**Figura 57. Análisis de la Pregunta 8**

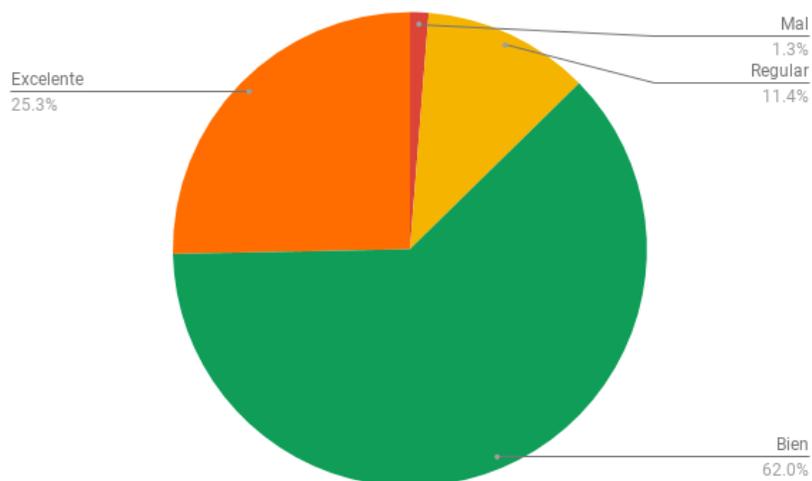
**8.1.9 Pregunta 9.** Podemos evidenciar en la Figura 58, que el 81% de los usuarios se siente satisfecho con el uso del certificado SSL en la plataforma UVIRTUAL, el cual se añadió durante el proceso de migración.



**Figura 58. Análisis de la Pregunta 9**

**8.1.10 Pregunta 10.** A nivel general (ver Figura 59) se tiene una percepción bastante positiva, cerca de un 87.3% de los usuarios siente que la plataforma de UVIRTUAL funciona

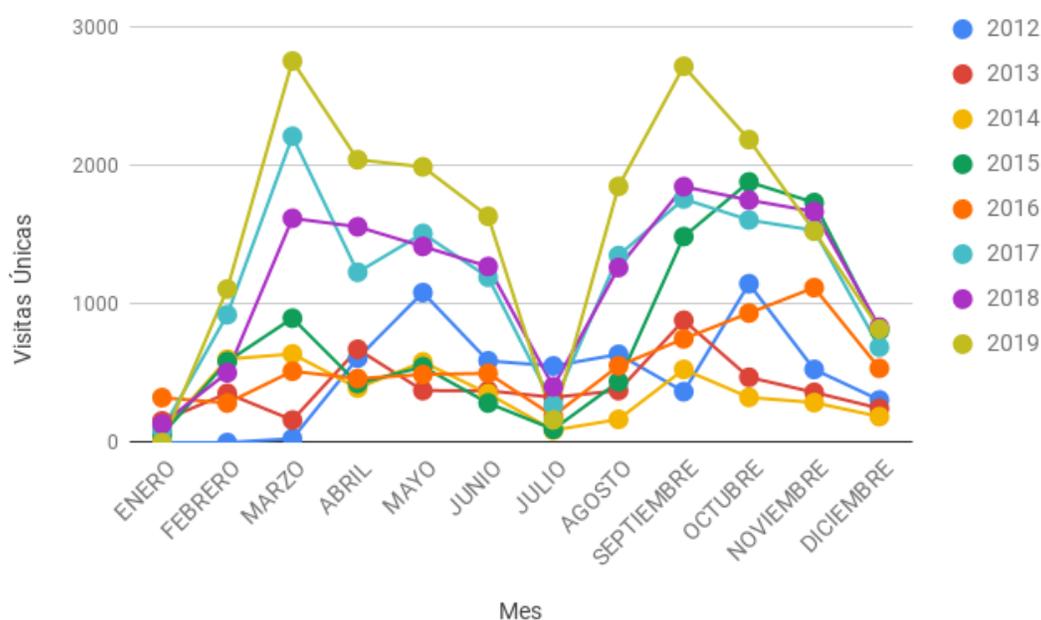
correctamente, también es destacable que un 1,3% de los usuarios calificó como malo el servicio de la plataforma, por lo que es bueno estar atento a sugerencias, que permitan que la plataforma pueda seguir creciendo junto a las necesidades de los docentes y estudiantes y pueda seguir apalancando los objetivos educativos del programa de Ingeniería de Sistemas, y de la comunidad UFPS en general.



**Figura 59. Análisis de la Pregunta 10.**

## 8.2 Análisis de las Visitas

Otra forma de identificar la satisfacción de los usuarios, es midiendo el uso de la plataforma a través de la cantidad de visitas únicas, comparando los resultados antes y después de realizar la migración de UVIRTUAL a Cloud Computing (ver Figura 60). Sin embargo, como se mencionó en capítulos anteriores, la UVIRTUAL lleva funcionando más de 15 años en un modelo inhouse, pero, solo se tiene un seguimiento de las visitas a partir del año 2012 (ver Figura 25).



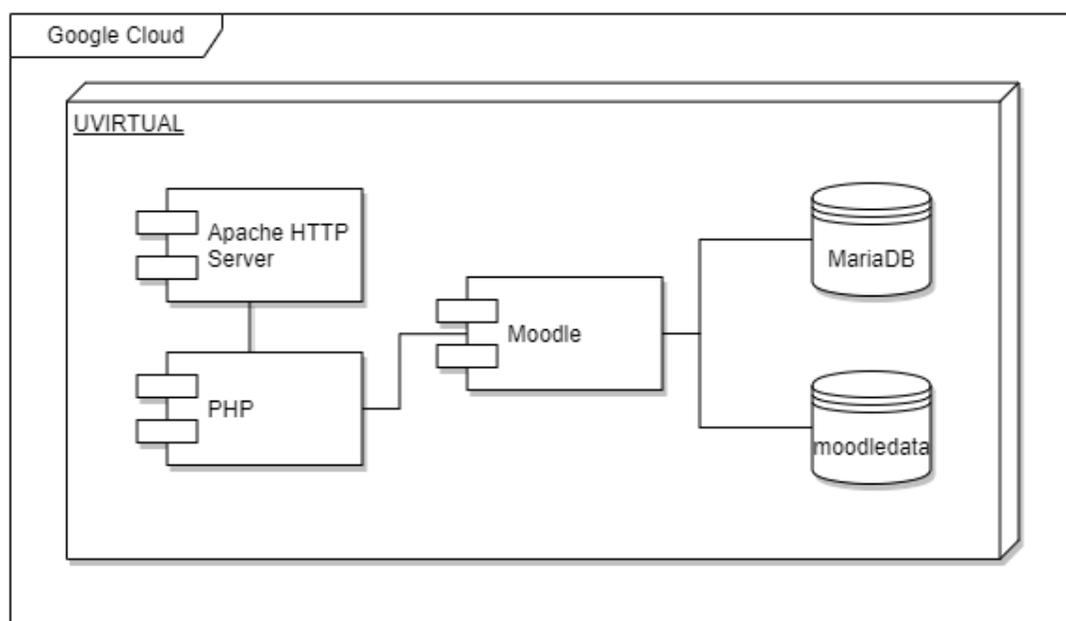
**Figura 60. Visitas únicas de UVIRTUAL a la fecha**

Luego de realizar la migración a Cloud Computing (10/02/2019), se visualiza un aumento significativo en el número de visitas de los usuarios a la plataforma de UVIRTUAL, resaltando el pico más alto en los meses de marzo y septiembre, donde se logró un aumento cercano a las 1000 visitas sobre el año anterior. Este aumento significativo en el número de visitas se reflejó luego de haber realizado la migración a Cloud Computing, por lo que se concluye que las mejoras

realizadas, las nuevas herramientas y los beneficios obtenidos de las tecnologías de nube y Docker, mejoraron la satisfacción de los usuarios, lo que refleja como un aumento en las visitas.

## 9. Conclusiones

Se realizó una primera migración durante el periodo de 4 al 10 de febrero de 2019, usando Google Cloud la opción de crédito gratuito por 300 USD usando la misma arquitectura de despliegue identificada en el diagnóstico con las mejoras propuestas para la plataforma (arquitectura propuesta 1). Es importante destacar que para el año 2019 se tenía una estimación de funcionamiento, implementando los créditos educativos disponibles, permitiendo al programa de Ingeniería de Sistemas, realizar su primera migración a nube, a cero pesos de inversión (ver Figura 61).

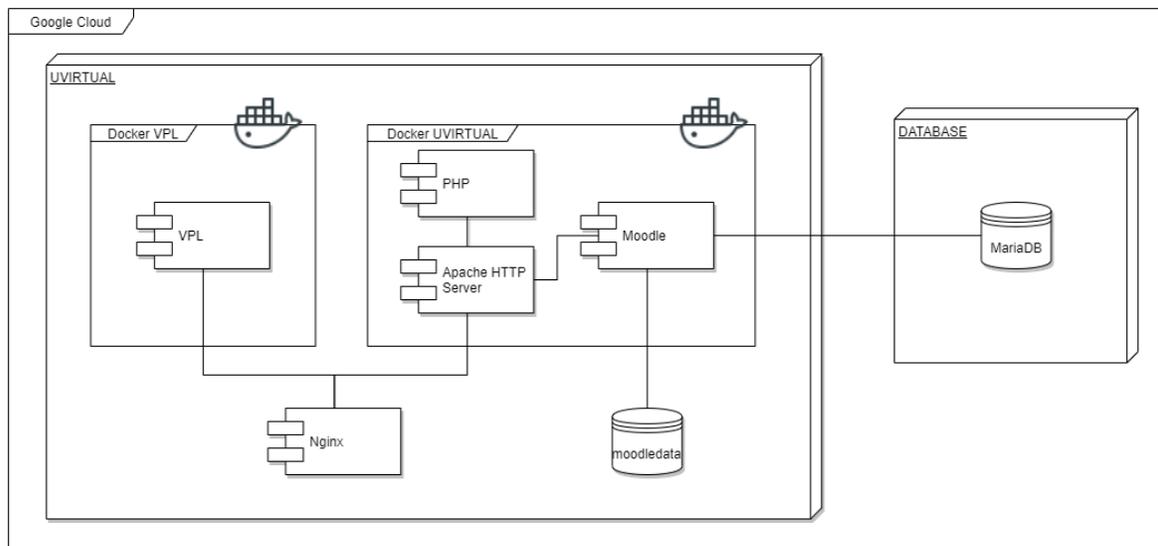


**Figura 61. Arquitectura de UVIRTUAL, durante la primera migración**

Teniendo a UVIRTUAL como ejemplo para el programa de Ingeniería de Sistemas y la Universidad Francisco de Paula Santander, que la tendencia a Cloud Computing conlleva beneficios económicos, sociales y funcionales, y buscando no quedar rezagados o volvernos

obsoletos tecnológicamente al seguir implementado tecnologías que a nivel mundial ya cumplieron su ciclo tecnológico, la universidad finalmente decide despegar a la nube, dando un paso en la necesidad de innovar tecnológicamente, adquiriendo créditos de servicio en Google Cloud, teniendo como intermediario un partner de Google.

El despegue de la Universidad a nube, con destino al mejoramiento educativo basado en TIC, sucedió a finales del primer semestre académico de 2019, permitiendo realizar una segunda migración de UVIRTUAL durante el periodo del 2 al 5 de agosto de 2019, con destino a los servicios IaaS adquiridos por la Universidad en Google Cloud (ver Figura 62). Esta segunda migración destaca al implementar la arquitectura con mejor desempeño durante los experimentos y pruebas realizados, optimizar costos al compartir el nodo de base de datos con múltiples aplicaciones del programa, migradas a nube por el profesor Director del proyecto (página del programa, plataforma Adeex, plataforma Moodle de la maestría en Educación Virtual, entre otras), añadir los componentes VPL (Castañeda Pacheco et al., 2019) orientado a los cursos de Fundamentos de Programación, y Nginx el cual agrega una capa de abstracción adicional, facilitando la distribución de diferentes cargas a los servicios ejecutados en el nodo de UVIRTUAL (ver Anexo 14), además se obtienen los beneficios de rendimiento, automatización y portabilidad de la implementación de los Contenedores Docker.



**Figura 62. Arquitectura de UVIRTUAL, durante la segunda migración.**

Es importante en la finalización de un proyecto evaluar el cumplimiento de los objetivos definidos:

El primer objetivo específico se cumple con el desarrollo del capítulo dos del presente proyecto, donde se realiza una apropiación robusta de literatura científica, profesional y técnica especializada. En la literatura científica se destaca el uso y la adopción de la herramienta Tree of Science y de los repositorios de libre acceso encontrados, además de la apropiación en bases de datos por suscripción y los repositorios institucionales que provee la universidad a sus estudiantes. En la literatura profesional se destacan casos de migración exitosos realizados por tres instituciones en Colombia (SGC, CISA y ICFES), las cuales lograron una migración exitosa a Cloud Computing. Finalmente, en la literatura técnica especializada, se logró afianzar conocimientos técnicos (teórico - práctico), sobre las herramientas y principales tecnologías transversales al proyecto, en las que destacan planes de migración y las tecnologías de Cloud Computing, Moodle y Docker.

El segundo objetivo específico se cumple en el desarrollo del capítulo cuatro, donde se realizan experimentos de migración de UVIRTUAL implementando las cuatro arquitecturas propuestas en las tres nubes públicas definidas en el alcance del proyecto y verificando su correcto funcionamiento en nube.

El tercer objetivo se logra llevar a cabo en el desarrollo de los capítulos cuatro y cinco, donde se definen los criterios de selección de la arquitectura y el proveedor de nube, y se realiza su aplicación de estos criterios, seleccionando la alternativa de arquitectura y nube más adecuada para UVIRTUAL.

El Cuarto objetivo específico se cumple a cabalidad en el capítulo seis, resultado de las experiencias obtenidas y el conocimiento apropiado durante la ejecución del proyecto, permiten formular un plan de migración a Cloud Computing para la plataforma UVIRTUAL, aplicado en la segunda migración a nube, durante el periodo del 2 al 5 de agosto de 2019, fecha en la cual se realiza la migración a los servicios de nube adquiridos por la universidad.

Finalmente, el objetivo general del proyecto se cumple a partir de la primera migración a nube, realizada el 10 de febrero de 2019, desde esa fecha UVIRTUAL ha funcionado sobre Cloud Computing, obteniendo los beneficios esperados, los cuales se reflejan en los canales de comunicación utilizados, las participaciones locales, nacionales e internacionales, las publicaciones académicas realizadas, las mejoras en la plataforma, el aumento en el número de visitas y la buena percepción de los usuarios con respecto a la plataforma luego del despegue a nube. Adicionalmente todo el código fuente implementado en el proyecto, queda alojado en el repositorio en GitHub de Ingeniería de Sistemas Cloud.

Aunque las mejoras y actualizaciones realizadas a la UVIRTUAL no se tenían presentes

dentro de los objetivos del proyecto, luego del diagnóstico y de la apropiación de literatura profesional y técnica especializada, era necesario realizar optimizaciones en la plataforma debido a que migrar aplicaciones sin soporte, conlleva altos riesgos durante los procesos de adopción de Cloud Computing. Por iniciativa de los participantes del proyecto, se realizaron las tareas de actualización de versiones, cambios de las dependencias obsoletas, integración de nuevas tecnologías y realización de pruebas de integración, funcionalidad y seguridad, lo cual dio como resultado una optimización y mejoramiento exitosos de la plataforma UVIRTUAL.

Fue importante durante los procesos selectivos y de evaluación, tomar decisiones basadas en los resultados obtenidos, siendo imparciales con las arquitecturas propuestas y los proveedores de nube. Para evitar tomar decisiones subjetivas, se plantearon múltiples criterios de evaluación basados en la literatura referente a Cloud Computing, esto fue muy importante para realizar la selección, debido a que se eligió la arquitectura y el proveedor de nube más adecuado para UVIRTUAL, basado en los resultados obtenidos en las pruebas de cada criterio y no en preferencias personales.

Es destacable en la elección del proveedor de nube, que los criterios de seguridad y branding obtuvieron resultados similares en los tres proveedores, sin embargo, la mínima diferencia obtenida desde el campus universitario nos indica que Amazon AWS es el proveedor con menor latencia, y los resultados en la prueba de costo afirman que Google Cloud es la nube con mejor oferta mensual económica. Estos resultados obtenidos nos permitieron seleccionar a Google Cloud como la mejor alternativa para UVIRTUAL, principalmente porque es la nube con mejor oferta económica, cumple las certificaciones de seguridad recomendadas por la literatura, es legalmente aceptado en Colombia mediante el acuerdo de Nube pública III vigente y su latencia se encuentra entre los rangos aceptables en temas de usabilidad y experiencia de usuario.

Del proceso de evaluación de las arquitecturas propuesta, se puede destacar que (i) las arquitecturas que implementaron la tecnología Docker, obtuvieron los mejores resultados en la evaluación de rendimiento, (ii) las arquitecturas de una capa tienden a ser más económicas, pero las de dos capas brindan una oportunidad de optimizar costos, al compartir el nodo de base de datos con otras aplicaciones en nube, (iii) y aunque inicialmente ninguna arquitectura superó la evaluación de seguridad, sin embargo implementado las mejoras y activando las características de producción, se obtuvo un resultado exitoso en todas las arquitecturas. Estos resultados nos permitieron seleccionar la arquitectura 4 como la más adecuada para el contexto de UVIRTUAL, ya que es la propuesta con mejor rendimiento, es segura para un despliegue en producción y permitió optimizar los costos al compartir el nodo de base de datos con otras aplicaciones en nube, las cuales fueron migradas por el Director del proyecto, en la que destacan el sitio web del programa, la plataforma Adeex, la plataforma Training Center y la plataforma de la Maestría en Educación Virtual.

Como se mencionó en los capítulos 3 y 4, el uso de herramientas de monitoreo es de vital importancia para tomar decisiones, basadas en el comportamiento de las aplicaciones y sus recursos, para el caso de UVIRTUAL se tomó la decisión de optar por la herramienta de Monitoreo nativa de nube, debido a que el soporte ofrecido estaría disponible en función de los datos recolectados por las herramientas de monitoreo que ofrece Google Cloud.

Los SLA son muy importantes, ya que definen un protocolo para solucionar solicitudes, dudas o incidencias y su eficiencia está directamente relacionada con la satisfacción y nuevas necesidades de los usuarios. Durante el desarrollo del presente trabajo de grado, los integrantes del proyecto (dos estudiantes y un docente) se encargaron en solucionar las incidencias y solicitudes ocurridas en UVIRTUAL.

Paralelamente, este proyecto ha sido evaluado durante su desarrollo, por distintos pares académicos, en diferentes eventos locales, nacionales e internacionales, siendo influyente en el aporte del semillero SILUX a el mejoramiento de los indicadores de movilidad del programa de Ingeniería de Sistemas (ver Tabla 50). Se participó en los eventos locales: RedColsi nodo Norte 2018 en Cúcuta y VII Encuentro de semilleros de investigación, de ingeniería de sistemas, en el primer semestre del 2019, obteniendo el segundo lugar; eventos nacionales: RedColsi Nacional 2018 en Pasto, EIEI ACOFI 2019 en Cartagena y MoodleMoot 2019 en Bogotá; y finalmente en eventos internacionales: TICAL 2019 “Novena conferencia de directores de tecnología de información y comunicación en instituciones de educación superior” en Cancún, México , Expociencias 2019 en Monterrey, México y Décimo Día Virtual de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior 2019, en Teziutlán, México y se realizó una publicación en el blog de Medium titulada “¿ UVIRTUAL en la Nube ☁ ? ”.

**Tabla 50. Participaciones en eventos**

<b>Estado</b>	<b>Nombre del evento</b>	<b>Periodo</b>	<b>Alcance</b>	<b>Ubicación</b>
Propuesta	IV Encuentro Regional de Semilleros de Investigación (ver Anexo 15)	2018-1	Regional	Cúcuta, Norte de Santander
Desarrollo	XXI Encuentro Nacional y XV Internacional de Semilleros de Investigación (ver Anexo 16)	2018-2	Nacional	Pasto, Nariño
Desarrollo	<b>“¿UVIRTUAL en la Nube ☁?” (ver Anexo 17)</b>	2019-1	Internacional	Online
Desarrollo	VII Encuentro de Semilleros de Investigación (ver Anexo 18)	2019-1	Regional	Cúcuta, Norte de Santander
Desarrollo	MoodleMoot Colombia 2019 (ver Anexo 19)	2019-2	Nacional	Bogotá, Cundinamarca
Desarrollo	Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería (ver Anexo 20)	2019-2	Nacional	Cartagena, Bolívar
Terminado	Conferencia TICAL y 3er Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia (ver Anexo 21)	2019-2	Internacional	Cancún, México
Terminado	<b>ExpoCiencias Nacional Nuevo León (ver Anexo 22)</b>	2019-2	Internacional	Monterrey, México
Terminado	Décimo Día Virtual de Ingeniería en Sistemas Computacionales (ver Anexo 23)	2019-2	Internacional	Teziutlán, México
Terminado	Entrevista para la UFPS Cúcuta (ver Anexo 24)	2020-1	Regional	Cúcuta, Norte de Santander

## 10. Recomendaciones

Se recomienda al programa de Ingeniería de Sistemas, para mantener y mejorar la satisfacción de los usuarios de UVIRTUAL y de futuras aplicaciones en Cloud Computing, definir unos acuerdos de servicio, por lo que es necesario asignar un Administrador de Nube, encargado de todos los temas relacionados con la administración y gestión del proveedor de nube, junto con un Administrador de UVIRTUAL, encargado exclusivamente de las solicitudes, dudas, reclamos o incidencias que puedan ocurrir en la plataforma.

Dentro del ambiente de Cloud Computing que se construya, es importante incluir un sistema para la visualización de los estados de los servicios integrados, esto ya lo hace Google (Google, 2020) y lo hace GitLab (GitLab, 2020), con la finalidad de hacer comunicación efectiva al usuario final y siguiendo la línea de buenas prácticas de UX (Liikkanen et al., 2014).

La implementación de la tecnología Docker resulta bastante interesante, adicionalmente en el presente proyecto se profundizó en esta tecnología, resaltando los principales beneficios. Se recomienda que el programa de Ingeniería de Sistemas involucre en su contenido curricular, el desarrollo y despliegue de aplicaciones utilizando tecnologías Docker, pues actualmente es una de las principales tecnologías el área de TI (Tecnología de la información, abreviado TI), construyendo tendencias laborales alrededor de esta herramienta.

Como se mencionó en las conclusiones se realizaron diferentes mejoras enfocadas en fortalecer la seguridad de la plataforma UVIRTUAL, estas mejoras permiten blindar a la UVIRTUAL de múltiples ataques realizados por diferentes atacantes, sin embargo, con el fin de evitar que cualquier desactualización genere una brecha de seguridad, se recomienda realizar pruebas periódicas y socializar estos resultados con los diferentes interesados del proyecto.

Los participantes del presente proyecto de manera consciente a las iniciativas éticas del semillero SILUX y del proyecto de grado, rechazamos las prácticas que promueven el uso inadecuado del papel, pudiendo ser evitadas aplicando las TIC, utilizando la Computación en la Nube u otros medios digitales para apalancar el cuidado del medio ambiente y poder generar un cambio cultural en nuestro entorno social. Recomendamos al programa de Ingeniería de sistemas y a su comité curricular en lo referente a los trámites de anteproyecto y proyecto de grado, utilizar medios digitales para la presentación de los documentos, siguiendo las directivas nacionales institucionales que buscan ayudar con el medio ambiente y evitar la tala de árboles.

### **Trabajo a futuro:**

Partiendo de los resultados y la relevancia obtenida, se sugiere los siguientes trabajos que podrían guiar un proyecto de grado y su publicación en el futuro.

Implementación de un modelo de servicio PaaS en Cloud Computing, para optimizar costos en contenedores Docker, caso de estudio UVIRTUAL.

Migración a Cloud Computing del servidor DNS del programa de Ingeniería de Sistemas de la UFPS Cúcuta.

Implementación de un sistema de integración continua para el monitoreo de los servicios en Cloud Computing, caso de estudio programa de Ingeniería de Sistemas UFPS Cúcuta.

## Referencias Bibliográficas

Ait, Z., Illyes, G., & Javier, P. (2014). HTTPS como señal del ranking. *Google Webmasters Blog*.

<https://webmaster-es.googleblog.com/2014/08/https-como-senal-del-ranking.html>

Alejandria UFPS. (2020). *Bases de datos por suscripción de la UFPS*.

<http://www.biblioteca.ufps.edu.co/index.php/biblioteca-virtual/suscripcion>

Alejandria UFPS. (2020). *Catálogo en línea Koha*. <http://alejandria.ufps.edu.co/>

Allen, W., & Erwig, M. (2013). Surveyor: A DSEL for representing and analyzing strongly typed

surveys. *ACM SIGPLAN Notices*, 47(12), 81. <https://doi.org/10.1145/2430532.2364518>

Amazon. (2014). *Caso práctico de la misión Mars Curiosity de la NASA/JPL*. Amazon Web

Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/solutions/case-studies/nasa-jpl-curiosity/>

Amazon. (2018). *Announcing Amazon Linux 2 with Long Term Support*. Amazon Web Services,

Inc. <https://aws.amazon.com/es/about-aws/whats-new/2018/06/announcing-amazon-linux-2-with-long-term-support/>

Amazon. (2019). *AWS Speed Test*. <http://awsspeedtest.xvf.dk/>

Amazon. (2019, mayo 20). *Monitorización de métricas de memoria y disco para instancias de*

*Linux de Amazon EC2*. Amazon Web Services, Inc.

[https://docs.aws.amazon.com/es\\_es/AWSEC2/latest/UserGuide/mon-scripts.html](https://docs.aws.amazon.com/es_es/AWSEC2/latest/UserGuide/mon-scripts.html)

Amazon. (2020). *Almacén de instancias Amazon EC2*. Amazon Web Services, Inc.

[https://docs.aws.amazon.com/es\\_es/AWSEC2/latest/UserGuide/InstanceStorage.html](https://docs.aws.amazon.com/es_es/AWSEC2/latest/UserGuide/InstanceStorage.html)

Amazon. (2020). *Amazon EC2 Security Groups for Linux Instances*. Amazon Web Services, Inc.

<https://docs.aws.amazon.com/AWSEC2/latest/UserGuide/ec2-security-groups.html>

Amazon. (2020). *AWS Compliance Programs*. Amazon Web Services, Inc.

<https://aws.amazon.com/es/compliance/programs/>

Amazon. (2020). *AWS Educate*. [https://aws.amazon.com/education/awseducate/?nc1=h\\_ls](https://aws.amazon.com/education/awseducate/?nc1=h_ls)

Amazon. (2020). *Shared Responsibility Model*. Amazon Web Services, Inc.

[https://d1.awsstatic.com/Marketplace/scenarios/security/SEC\\_02\\_TSB\\_Final.pdf](https://d1.awsstatic.com/Marketplace/scenarios/security/SEC_02_TSB_Final.pdf)

Apache. (2020). *Apache HTTP Server 2.4.41 Released*. Apache.

<http://archive.apache.org/dist/httpd/Announcement2.4.txt>

Apache. (2020). *Changes with Apache*. Apache. [https://www-](https://www-eu.apache.org/dist/httpd/CHANGES_2.4)

[eu.apache.org/dist/httpd/CHANGES\\_2.4](https://www-eu.apache.org/dist/httpd/CHANGES_2.4)

Arguello, J. & Gallardo, O. (2012). *Implementacion de la herramienta moodle en el colegio*

*Sagrados Corazones*. Universidad Francisco de Paula Santander.

Arjona, S. & Ferrer, P. (2018). *¿Qué me estás container?» Docker for dummies*.

[https://assets.moodlemoot.org/sites/77/20180704163516/%C2%BFQue%CC%81-me-esta%CC%81s-container\\_\\_-Docker-for-dummies-MootES18-Pau-Sara.pdf](https://assets.moodlemoot.org/sites/77/20180704163516/%C2%BFQue%CC%81-me-esta%CC%81s-container__-Docker-for-dummies-MootES18-Pau-Sara.pdf)

Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R. H., Konwinski, A., Lee, G.,

Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I., & Zaharia, M. (2009). *Above the Clouds: A View of Cloud Computing*.

- Armbrust, M., Stoica, I., Zaharia, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D. & Rabkin, A. (2010). A view of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(4), 50. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>
- Armbrust, M; Fox, A; Griffith, A; Rean, J; Konwinski, A; Andrew, L; Patterson, G; et. al. 2009). *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*.
- Armstrong, J. (2017). The Journey to 150,000 Containers at PayPal. *Docker Blog*.  
<https://blog.docker.com/2017/12/containers-at-paypal/>
- Arnold, B., Baset, S. A., Dettori, P., Kalantar, M., Mohomed, I., Nadgowda, S. et. al. (2016). Building the IBM Containers cloud service. *IBM Journal of Research and Development*, 60(2-3), 9:1-9:12. <https://doi.org/10.1147/JRD.2016.2516943>
- Arpaci, I. (2017). Antecedents and consequences of cloud computing adoption in education to achieve knowledge management. *Computers in Human Behavior*, 70, 382-390.  
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.024>
- Azure compliance*. (2020). Microsoft Azure. <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/trusted-cloud/compliance/>
- Bartholomew, D. (2012). *MariaDB vs MySQL*. 6.
- Bayramusta, M., & Nasir, V. A. (2016). A fad or future of IT?: A comprehensive literature review on the cloud computing research. *International Journal of Information Management*, 36(4), 635-644. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.04.006>

- Bernstein, D. (2014). Containers and Cloud: From LXC to Docker to Kubernetes. *IEEE Cloud Computing*, 1(3), 81-84. <https://doi.org/10.1109/MCC.2014.51>
- Blokland, K., Mengerink, J., Pol, M., & Safari, an O. M. C. (2013). *Testing Cloud Services*. <https://www.safaribooksonline.com/complete/auth0oauth2/&state=/library/view//9781492000037/?ar>
- Boettiger, C. (2015). An introduction to Docker for reproducible research. *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 49(1), 71-79. <https://doi.org/10.1145/2723872.2723882>
- Bond, J. (2015). *The enterprise cloud: Best practices for transforming legacy IT* (First edition). O'Reilly Media.
- Bravo, G., & Cuevas, O. (2014). *Mejoramiento de la capacidad de gestión de la información geocientífica del Servicio Geológico Colombiano*. <http://acistente.acis.org.co/typo43/index.php?id=2155>
- Buschmann, F. (1996). *Pattern-oriented software architecture: A system of patterns*. Wiley.
- Buyya, R., Broberg, J., & Gościński, A. (2011). *Cloud computing: Principles and paradigms*. Wiley. <http://www.books24x7.com/marc.asp?bookid=40612>
- Calarco, G., & Casoni, M. (2013). On the effectiveness of Linux containers for network virtualization. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 31, 169-185. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2012.11.007>
- Cancila, M., Toombs, D., Waite, A. D., & Khnaser, E. (2016, agosto 13). *2017 Planning Guide for Cloud Computing*. 29.

- Carvalho, L., & Marden, M. (2015, mayo). *Quantifying the Business Value of Amazon Web Services.pdf*. 15.
- Castañeda, J; Ortega, C; Galvis, J. & Vera, M. (2019). *Dockerizando un laboratorio virtual de programación (vpl) y moodle en google*. 8.
- CCENEG-015-1-2019 (2019). Acuerdo Marco de nube pública,  
<https://www.colombiacompra.gov.co/tienda-virtual-del-estado-colombiano/tecnologia/nube-publica-iii>
- CentOS. (2020). *CentOS Product Specifications*. <https://wiki.centos.org/About/Product>
- Chandrasekaran, K. (2014). *Essentials of Cloud Computing* (1.<sup>a</sup> ed.). Chapman and Hall/CRC.  
<https://doi.org/10.1201/b17805>
- CISA. (2020). *CISA - Central de Inversiones S.A.* <https://www.cisa.gov.co/PORTALCISA/la-entidad/qui% C3% A9nes-somos/>
- Colburn, T. & Shute, G. (2008). Metaphor in computer science. *Journal of Applied Logic*, 6(4), 526-533. <https://doi.org/10.1016/j.jal.2008.09.005>
- Colombia Compra Eficiente. (2019, octubre 25). *Nube pública III*.  
<https://www.colombiacompra.gov.co/tienda-virtual-del-estado-colombiano/tecnologia/nube-publica-iii>
- CoreOS. (2020). *CoreOS CoreUpdate*. <https://coreos.com/products/coreupdate/>
- Costache, C., Machidon, O., Mladin, A., Sandu, F. & Bocu, R. (2014). *Software-defined networking of Linux containers*. 1-4. <https://doi.org/10.1109/RoEduNet->

RENAM.2014.6955310

CVE Details. (2020). *Security Vulnerabilities—Debian Linux version 7.0*. CVE Details.

[https://www.cvedetails.com/vulnerability-list/vendor\\_id-23/product\\_id-36/version\\_id-150263/Debian-Debian-Linux-7.0.html](https://www.cvedetails.com/vulnerability-list/vendor_id-23/product_id-36/version_id-150263/Debian-Debian-Linux-7.0.html)

CVE Details. (2020). *Security Vulnerabilities—PHP version 5.5.0*. CVE Details.

[https://www.cvedetails.com/vulnerability-list.php?vendor\\_id=74&product\\_id=128&version\\_id=146509&page=1&hasexp=0&opdos=0&opec=0&opov=0&opcsrf=0&opgpriv=0&opsqli=0&opxss=0&opdir=0&opmemc=0&ophtpr=0&opbyp=0&opfileinc=0&opginf=0&cvssscoremin=0&cvssscoremax=0&year=0&month=0&cweid=0&order=1&trc=97&sha=a93d24ebf2d5400257d59d626641500cb88b9903](https://www.cvedetails.com/vulnerability-list.php?vendor_id=74&product_id=128&version_id=146509&page=1&hasexp=0&opdos=0&opec=0&opov=0&opcsrf=0&opgpriv=0&opsqli=0&opxss=0&opdir=0&opmemc=0&ophtpr=0&opbyp=0&opfileinc=0&opginf=0&cvssscoremin=0&cvssscoremax=0&year=0&month=0&cweid=0&order=1&trc=97&sha=a93d24ebf2d5400257d59d626641500cb88b9903)

Debian. (2018). *Debian Long Term Support*. Debian. <https://wiki.debian.org/LTS>

Debian. (2020). *Información sobre la versión de Debian «jessie»*. Debian.

<https://www.debian.org/releases/jessie/>

Diez, B. (2019, noviembre 5). *Hola Docker*. [https://lemoncode.net/lemoncode-](https://lemoncode.net/lemoncode-blog/2019/11/5/hola-docker)

[blog/2019/11/5/hola-docker](https://lemoncode.net/lemoncode-blog/2019/11/5/hola-docker)

DigitalOcean. (2020). *DigitalOcean Free Trial Available*.

[https://www.digitalocean.com/community/questions/is-there-a-digitalocean-free-trial-](https://www.digitalocean.com/community/questions/is-there-a-digitalocean-free-trial-available)  
[available](https://www.digitalocean.com/community/questions/is-there-a-digitalocean-free-trial-available)

Docker. (2020, febrero 2). *Docker install overview*. <https://docs.docker.com/install/>

- Doorn, J. (2014). *Building a large scale CDN with Apache Traffic Server*.  
<https://www.youtube.com/watch?v=q1mndAYZlio>
- Ercan, T. (2010). Effective use of cloud computing in educational institutions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 938-942. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.130>
- Eurich, M., & Boutellier, R. (2015). Revenue Streams and Value Propositions of Cloud-Based High Performance Computing in Higher Education. En M. S. Obaidat, A. Holzinger, & J. Filipe (Eds.), *E-Business and Telecommunications* (Vol. 554, pp. 61-75). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-25915-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-25915-4_4)
- Exploit Database. (2017). *Moodle 2.7 to 3.2—SQL Injection*. Exploit Database.  
<https://www.exploit-db.com/exploits/41828>
- Felter, W., Ferreira, A., Rajamony, R., & Rubio, J. (2015). An updated performance comparison of virtual machines and Linux containers. *2015 IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software (ISPASS)*, 171-172.  
<https://doi.org/10.1109/ISPASS.2015.7095802>
- Fujimura, N. & Hashikura, S. (2017). New Educational ICT Environment with Cloud in Kyushu University. *Proceedings of the 2017 ACM Annual Conference on SIGUCCS - SIGUCCS '17*, 105-108. <https://doi.org/10.1145/3123458.3123490>
- Gallaagher, S. (2016). *What you need to know about docker*. Packt Publishing Ltd.
- Galvis, L., Reyes, L. & Gallardo, O. (2002). *Diseño de estrategias metodologicas para el aprendizaje en las aulas virtuales de la Universidad Francisco de Paula Santander*.  
<http://alejandria.ufps.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=20786>

- Garlan, D., & Shaw, M. (1993). AN INTRODUCTION TO SOFTWARE ARCHITECTURE. En V. Ambriola & G. Tortora, *Series on Software Engineering and Knowledge Engineering* (Vol. 2, pp. 1-39). WORLD SCIENTIFIC. [https://doi.org/10.1142/9789812798039\\_0001](https://doi.org/10.1142/9789812798039_0001)
- Garzón, J. (2016). *Casos de Éxito de Cloud Computing en Sector Gobierno*.  
<https://sistemas.uniandes.edu.co/images/forosisis/foros/ftipg/Juan-David-Garzon-Tobon-Avanxo.pdf>
- GitLab. (2020). *GitLab System Status*. <https://status.gitlab.com/>
- González, A. (2018). *Docker: Guía práctica*. RC Libros.
- González, J., Bote, M., Gómez, E. & Cano, R. (2015). Cloud computing and education: A state-of-the-art survey. *Computers & Education*, 80, 132-151.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.017>
- Google Cloud. (2019). *GCP ping*. <http://www.gcping.com/>
- Google Cloud. (2020). *Compliance resource center*. Google Cloud.  
<https://cloud.google.com/security/compliance?hl=es>
- Google Cloud. (2020). *Container-Optimized OS - Support policy*. Google Cloud.  
<https://cloud.google.com/container-optimized-os/docs/resources/support-policy>
- Google Cloud. (2020). *Google Cloud Platform Free Tier*. <https://cloud.google.com/free?hl=en>
- Google Cloud. (2020). *Planifica una descripción general de la migración*. Google Cloud.  
<https://cloud.google.com/migrate/compute-engine/docs/4.5/concepts/planning-a-migration/overview?hl=es>

Google Cloud. (2020). *Usar reglas de firewall | Google Cloud*. Google Cloud.

<https://cloud.google.com/vpc/docs/using-firewalls?hl=es>

Google. (2020). *G Suite Status Dashboard*. <https://www.google.com/appsstatus#hl=es&v=status>

Hardt, D. (2012). *The OAuth 2.0 Authorization Framework* (N.º RFC6749; p. RFC6749). RFC

Editor. <https://doi.org/10.17487/rfc6749>

Hevner, G; March, H; Park, J. & Ram, Y. (2004). Design Science in Information Systems

Research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75. <https://doi.org/10.2307/25148625>

Higgins, J., Holmes, V., & Venters, C. (2016). Autonomous Discovery and Management in

Virtual Container Clusters. *The Computer Journal*, comjnl;bxw102v1.

<https://doi.org/10.1093/comjnl/bxw102>

IBM Cloud. (2020). *IBM Cloud free tier*. <https://www.ibm.com/cloud/free/>

ICFES. (2020, febrero 2). *ICFES, Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación*.

<https://www.icfes.gov.co/web/guest/quienes-somos-2019>

ICONTEC. (2020). *Certificación ISO 27001, Sistemas de Gestión de seguridad de la*

*información*. ICONTEC. [https://www.icontec.org/eval\\_conformidad/certificacion-iso-27001-sistemas-de-gestion-de-seguridad-de-la-informacion/](https://www.icontec.org/eval_conformidad/certificacion-iso-27001-sistemas-de-gestion-de-seguridad-de-la-informacion/)

ICONTEC. (2020). *Certificación ISO 9001, Sistema de Gestión de Calidad*. ICONTEC.

[https://www.icontec.org/eval\\_conformidad/certificacion-iso-9001-sistema-de-gestion-de-calidad/](https://www.icontec.org/eval_conformidad/certificacion-iso-9001-sistema-de-gestion-de-calidad/)

Ilya, G. & Far, P. (2014). *HTTPS Everywhere*.

[https://www.youtube.com/watch?v=cBhZ6S0PFCY&utm\\_source=wmx\\_blog&utm\\_medium=referral&utm\\_campaign=tlc\\_en\\_post](https://www.youtube.com/watch?v=cBhZ6S0PFCY&utm_source=wmx_blog&utm_medium=referral&utm_campaign=tlc_en_post)

Innes, J. (2011). Why Enterprises Can't Innovate: Helping Companies Learn Design Thinking.

En A. Marcus (Ed.), *Design, User Experience, and Usability. Theory, Methods, Tools and Practice* (Vol. 6769, pp. 442-448). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-21675-6\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-642-21675-6_51)

Java Code Geeks. (2016). *Docker Containerization Cookbook*. 65.

Jula, A., Sundararajan, E. & Othman, Z. (2014). Cloud computing service composition: A

systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, 41(8), 3809-3824.

<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.12.017>

Kalemis, K. (2014). *Adapting Cloud Computing in Education: Can We Speak For an Alternative*

*Didactic Approach in School Literacy in a Cluster Classroom for the Gifted and Talented Students?* 15.

Kali Linux. (2020). *Official Kali Linux Releases*. <https://www.kali.org/kali-linux-releases/>

Kaminski, J. (2011). *Diffusion of Innovation Theory*. 8.

Kappelman, L., Johnson, V., Maurer, C., Mclean, E., Torres, R., David, A., & Nguyen, Q.

(2018). *The 2017 SIM IT Issues and Trends Study*. 36.

Kearney, M., Osmani, A., Basques, K., & Miller, J. (2018, julio 2). Measure Performance with

the RAIL Model. *Google Web Fundamentals blog*.

<https://developers.google.com/web/fundamentals/performance/rail?hl=es>

Kim Weins. (2018). *Cloud Computing Trends: 2018 State of the Cloud Survey*. Flexera Blog.

<https://www.flexera.com/blog/cloud/2018/02/cloud-computing-trends-2018-state-of-the-cloud-survey/>

Kozhircbayev, Z., & Sinnott, R. (2017). A performance comparison of container-based technologies for the Cloud. *Future Generation Computer Systems*, 68, 175-182.

<https://doi.org/10.1016/j.future.2016.08.025>

Kuusinen, K., Mikkonen, T., & Pakarinen, S. (2012). Agile User Experience Development in a Large Software Organization: Good Expertise but Limited Impact. En M. Winckler, P. Forbrig, & R. Bernhaupt (Eds.), *Human-Centered Software Engineering* (Vol. 7623, pp. 94-111). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-34347-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34347-6_6)

Liikkanen, L., Kilpiö, H., Svan, L. & Hiltunen, M. (2014). Lean UX: The next generation of user-centered agile development? *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction Fun, Fast, Foundational - NordiCHI '14*, 1095-1100.

<https://doi.org/10.1145/2639189.2670285>

Machuca, L., Mora, N. & Gallardo, O. (2003). *Prototipo para el aprendizaje virtual de la unidad de gestión de memoria de la materia sistemas operativos del plan de estudios de ingeniería de sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander*. Universidad Francisco de Paula Santander.

Manongga, D., Utomo, W. H., & Hendry. (2014). E-learning development as public

infrastructure of cloud computing. *Journal of Theoretical and Applied Information*

*Technology*, 62(1), 54-59. Scopus.

Martínez, J. & Pino, F. (2016). Hacia un modelo de calidad de servicios soportados por TI.

*Ingenium*, 10(28), 41. <https://doi.org/10.21774/ing.v10i28.654>

Mburano, B. & Si, W. (2018). Evaluation of Web Vulnerability Scanners Based on OWASP Benchmark. *2018 26th International Conference on Systems Engineering (ICSEng)*, 1-6.

<https://doi.org/10.1109/ICSENG.2018.8638176>

Mell, P. & Grance, T. (2011). *The NIST definition of cloud computing* (NIST SP 800-145; p. NIST SP 800-145). National Institute of Standards and Technology.

<https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>

Merkel, D. (2014). *Docker: Lightweight Linux containers for consistent development and deployment*. <https://doi.org/10.2307/25148625>

Microsoft Azure. (2019, mayo 19). *Azure Speed Test 2.0*.

<https://azurespeedtest.azurewebsites.net/>

Microsoft Azure. (2020). *Azure for Education*. <https://azure.microsoft.com/es-es/education/>

Microsoft Azure. (2020). *Open ports to a VM using the Azure portal—Azure Windows*.

<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/virtual-machines/windows/nsg-quickstart-portal>

Miell, I., & Sayers, A. H. (2019). *Docker in practice* (Second edition). Manning Publications.

Mircosoft Docs. (2019). *Windows Server release information*. <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/get-started/windows-server-release-info>

MoodleCloud. (2015). *Moodle hosting from the people that make Moodle*.

<https://moodlecloud.com/>

MoodleDocs. (2020). *About Moodle—MoodleDocs*.

[https://docs.moodle.org/36/en/About\\_Moodle#Built\\_for\\_learning.2C\\_globally](https://docs.moodle.org/36/en/About_Moodle#Built_for_learning.2C_globally)

MoodleDocs. (2020). *Manual accounts—MoodleDocs*.

[https://docs.moodle.org/38/en/Manual\\_accounts](https://docs.moodle.org/38/en/Manual_accounts)

MoodleDocs. (2020). *OAuth 2 authentication*.

[https://docs.moodle.org/37/en/OAuth\\_2\\_authentication](https://docs.moodle.org/37/en/OAuth_2_authentication)

MoodleDocs. (2020). *OAuth 2 Google service*.

[https://docs.moodle.org/37/en/OAuth\\_2\\_Google\\_service](https://docs.moodle.org/37/en/OAuth_2_Google_service)

MoodleDocs. (2020). *OAuth 2 Microsoft service*.

[https://docs.moodle.org/37/en/OAuth\\_2\\_Microsoft\\_service](https://docs.moodle.org/37/en/OAuth_2_Microsoft_service)

MoodleDocs. (2020). *PHP - MoodleDocs*. <https://docs.moodle.org/36/en/PHP>

MoodleDocs. (2020). *Roadmap—MoodleDocs*. <https://docs.moodle.org/dev/Roadmap>

MoodleDocs. (2020). *Statistics—MoodleDocs*. Moodle. <https://stats.moodle.org/>

MoodleDocs. (2020). *Tools for backing up server files—MoodleDocs*. Moodle.

[https://docs.moodle.org/38/en/Tools\\_for\\_backing\\_up\\_server\\_files](https://docs.moodle.org/38/en/Tools_for_backing_up_server_files)

MoodleDocs. (2020, febrero 2). *Moodle architecture*.

[https://docs.moodle.org/dev/Moodle\\_architecture#What\\_is\\_Moodle.3F](https://docs.moodle.org/dev/Moodle_architecture#What_is_Moodle.3F)

MoodleDocs. (2020, febrero 3). *Historia de las versiones—MoodleDocs*. Moodle.

[https://docs.moodle.org/all/es/dev/Historia\\_de\\_las\\_versiones](https://docs.moodle.org/all/es/dev/Historia_de_las_versiones)

MoodleDocs. (2020, febrero 3). *MariaDB - MoodleDocs*. Moodle.

<https://docs.moodle.org/37/en/MariaDB>

Muhammad, H. (2019). *Htop*. Github. <https://github.com/hishamhm/htop>

Nginx. (2020). *Adobe Powers Its API Gateway with NGINX*. NGINX.

<https://www.nginx.com/success-stories/adobe-powers-api-gateway-nginx/>

Nijim, S. (2015). *University of Notre Dame Migrates Website to AWS and Lowers its Operational Costs by 40%*.

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=2&v=ggE5I2Rz1w0](https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=ggE5I2Rz1w0)

openSUSE. (2020, febrero 3). *Lifetime—OpenSUSE*. <https://en.opensuse.org/Lifetime>

Oracle Cloud. (2020). *Oracle Cloud Free Tier*. <https://www.oracle.com/cloud/free/>

Oracle. (2020). *Oracle Lifetime Support Policy*. <https://www.fromdual.com/support-for-mysql-from-oracle>

Orban, S. (2016). 6 Strategies for Migrating Applications to the Cloud. *AWS Cloud Enterprise Strategy Blog*. <https://aws.amazon.com/blogs/enterprise-strategy/6-strategies-for-migrating-applications-to-the-cloud/>

Ortega, N., Gallardo, O. & Herrera, M. (2011). *Servicio web para el acceso a la plataforma de aprendizaje moodle desde dispositivos moviles*. Universidad Francisco de Paula Santander.

Panetta, K. (2019). *Is the Cloud Secure? Smarter With Gartner*.

<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/is-the-cloud-secure/>

Perez Torres, L. K., Arevalo Pallares, L. L., & Gallardo Perez, O. A. (2005). *Análisis de la pertinencia del sistema de administración de aprendizaje (lms) moodle y caso de implementacion del curso básico de php para la Universidad Francisco de Paula Santander*. Universidad Francisco de Paula Santander.

PHP. (2020). *PHP - Extension List*. php.

<https://www.php.net/manual/en/extensions.alphabetical.php>

PHP. (2020). *PHP: Supported Versions*. php. <https://www.php.net/supported-versions.php>

Picón, I. (2017). *Caso práctico de AWS: ICFES*.

<https://www.youtube.com/watch?v=EinBcHLFt84>

Rahmel, D. (2013). Testing a Site with ApacheBench, JMeter, and Selenium. En D. Rahmel, *Advanced Joomla!* (pp. 211-247). Apress. [https://doi.org/10.1007/978-1-4302-1629-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4302-1629-2_9)

Raynaud, D. (2018). *¿Qué es la tecnología?*

Red Hat. (2020). *Red Hat Enterprise Linux Life Cycle*. Red Hat Customer Portal.

<https://access.redhat.com/support/policy/updates/errata>

Ries, E. (2011). *The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses* (1st ed). Crown Business.

Robledo, S., García, G. & López, C. (2014). *Networking en pequeña empresa: Una revisión bibliográfica utilizando la teoría de grafos*. <https://doi.org/10.14483/2322939X.9664>

- Ruiz, C., Jeanvoine, E., & Nussbaum, L. (2015). Performance Evaluation of Containers for HPC. En S. Hunold, A. Costan, D. Giménez, A. Iosup, L. Ricci, M. E. Gómez Requena, V. Scarano, A. L. Varbanescu, S. L. Scott, S. Lankes, J. Weidendorfer, & M. Alexander (Eds.), *Euro-Par 2015: Parallel Processing Workshops* (Vol. 9523, pp. 813-824). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27308-2\\_65](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27308-2_65)
- Sadowski, R. (2017, septiembre). *Informe de la encuesta: Detrás de la creciente confianza en la seguridad de la nube*. 13.
- Sanchez, M. del P., Llanes, Y. & Gallardo, O. (2010). *Actualización de la plataforma virtual moodle version 1.5.2 a la versión 1.9 y creación de un banco de plantillas para cursos virtuales en la Universidad Francisco de Paula Santander*. Universidad Francisco de Paula Santander.
- Sanfeliu, J. (2019). *Monitorix*. <https://www.monitorix.org/documentation.html>
- Schechter, E. (2018). A secure web is here to stay. *Google Security Blog*. <https://security.googleblog.com/2018/02/a-secure-web-is-here-to-stay.html>
- SGC. (2020). *Últimos Sismos en Colombia*. <https://www2.sgc.gov.co/sismos/sismos/ultimos-sismos.html>
- Shana, Z., & Abulibdeh, E. (2017). Cloud Computing Issues for Higher Education: Theory of Acceptance Model. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 12(11), 168. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i11.7473>
- Shu, R., Gu, X., & Enck, W. (2017). A Study of Security Vulnerabilities on Docker Hub. *Proceedings of the Seventh ACM on Conference on Data and Application Security and*

*Privacy - CODASPY '17*, 269-280. <https://doi.org/10.1145/3029806.3029832>

Smith, D., Anderson, E., Natis, Y., Heiser, J., Bittman, T., Toombs, D., Cearley, D., et al. (2015).

*Predicts 2016: Cloud Computing to Drive Digital Business*. 14.

Sohoel, H., Jaatun, M. & Boyd, C. (2018). OWASP Top 10—Do Startups Care? *2018*

*International Conference on Cyber Security and Protection of Digital Services (Cyber Security)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/CyberSecPODS.2018.8560666>

Soltész, S., Pötzl, H., Fiuczynski, M., Bavier, A. & Peterson, L. (2007). Container-based operating system virtualization: A scalable, high-performance alternative to hypervisors.

*ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 41(3), 275.

<https://doi.org/10.1145/1272998.1273025>

Soto, L., Beltran, J. & Adarme, M. (2007). *Modelo para la migración a software libre y plataformas GNU-Linux en la Universidad Francisco de Paula Santander*.

<http://alejandria.ufps.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=21021>

Srinivasan, S. (2014). *Cloud computing basics*. Springer.

Sultan, N. (2010). Cloud computing for education: A new dawn? *International Journal of*

*Information Management*, 30(2), 109-116. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2009.09.004>

SUSE. (2020). *Product Support Lifecycle | SUSE*. SUSE. <https://www.suse.com/lifecycle/>

Szegedi, P. (2018). Containerized education by the Up2U consortium: Techno-pedagogical aspects of the Up2U learning ecosystem. *2018 IEEE Global Engineering Education*

*Conference (EDUCON)*, 330-336. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363247>

Tanenbaum, A., Vidal, A., Ríos, J. & Jiménez, A. (2009). *Sistemas operativos modernos*.

[http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB\\_Escritorio\\_Visualizar?cod\\_primaria=1000193&libro=1267](http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_Escritorio_Visualizar?cod_primaria=1000193&libro=1267)

Tiefenau, C., Von, E., Häring, M., Krombholz, K. & Smith, M. (2019). A Usability Evaluation of

Let's Encrypt and Certbot: Usable Security Done Right. *Proceedings of the 2019 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, 1971-1988.

<https://doi.org/10.1145/3319535.3363220>

Ubuntu. (2020). *The Ubuntu lifecycle and release cadence*. Ubuntu.

<https://ubuntu.com/about/release-cycle>

Varia, J. (2010). *Migrating your Existing Applications to the AWS Cloud*. 23.

Vera, M. & Peña, J. (2017). *Rigor y Relevancia: Un Marco Teórico y Metodológico para estudiar sistemas de información*. 22.

Vera, M. (2018). Medios Educativos. En *Documento Reacreditacion Programa de Ingenieria de Sistemas, UFPS Cùcuta*. (p. 20).

Vera, M. (2019). *Taller: Despliegue de Aplicaciones con Docker*.

<https://github.com/ingsistemascloud/seiis2019>

Vera, M., Castañeda, J. & Ortega, C. (2019). Dockerización de una plataforma Moodle para migrarla hacia la nube. En *Novena Conferencia de Directores de Tecnología de Información y Comunicación en Instituciones de Educación Superior* (pp. 74-94).

[https://redclara.net/images/TICAL/Actas\\_TICAL2019.pdf](https://redclara.net/images/TICAL/Actas_TICAL2019.pdf)

- Wang, M., Chen, Y., & Khan, M. (2014). Mobile cloud learning for higher education: A case study of Moodle in the cloud. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 15(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v15i2.1676>
- Wang, Q. & Yang, Z. (2012). *A method of selecting appropriate software architecture styles: Quality Attributes and Analytic Hierarchy Process*. 14.
- Weinman, J. (2012). *Cloudbonomics: The business value of cloud computing*. Wiley.  
<http://catalogimages.wiley.com/images/db/jimages/9781118229965.jpg>
- Workineh, M., Garcia, N. & Midekso, D. (2017). Cloud computing as technological solutions for higher education institutions: Adoption readiness assessment model: Research in-progress. *2017 International Conference on Computing Networking and Informatics (ICCNI)*, 1-7.  
<https://doi.org/10.1109/ICCNI.2017.8123812>
- Wright, D., Smith, D., Bala, R. & Gill, B. (2019). *Magic Quadrant for Cloud Infrastructure as a Service, Worldwide*. <https://www.gartner.com/en/documents/3947472>
- Xavier, M., Neves, M., Rossi, F., Ferreto, T., Lange, T., & De Rose, C. (2013). Performance Evaluation of Container-Based Virtualization for High Performance Computing Environments. *2013 21st Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing*, 233-240. <https://doi.org/10.1109/PDP.2013.41>
- Xavier, M; Gomes, M. & Rose, A. (2014). A Performance Comparison of Container-Based Virtualization Systems for MapReduce Clusters. *2014 22nd Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing*, 299-306.  
<https://doi.org/10.1109/PDP.2014.78>

**ANEXOS**



## Anexo 2. Configuración Manual del servicio Moodle

```

# Restaura tu backup de moodle en CentOS 7
# 1. Prepara tus repositorios.
yum install -y update epel-release yum-utils http://rpms.remirepo.net/enterprise/remi-release-7.rpm

# Opcional, CentOS 7 implementa por defecto la version 5.4 de php, si deseas utilizar
# otra version, ejecuta el correspondinte comando segun la version de tu preferencia.
# | version php | comando |
# | | | |
# | 7.3 | yum-config-manager --enable remi-php73 |
# | 7.2 | yum-config-manager --enable remi-php72 |
# | 7.1 | yum-config-manager --enable remi-php71 |
# | 7.0 | yum-config-manager --enable remi-php70 |
# | 5.6 | yum-config-manager --enable remi-php56 |
# | 5.5 | yum-config-manager --enable remi-php55 |
# para mas informacion: https://blog.remirepo.net/pages/Config-en

# 2. Actualizar tus repositorios.
yum install -y update

# 3. Instalar php y sus extensiones necesarias.
yum install -y php php-common php-opcache php-pecl-mcrypt php-cli php-gd php-mysqlnd php-mbstring php-
pecl-zip php-xmllrpc php-soap php-intl php-ldap

# 4. instalar MariaDB.
yum install -y mariadb-server

# Opcional, habilitar el servicio de MariaDB en el arranque del sistema.
systemctl enable mariadb

# 5. Arrancar el servicio de MariaDB.
systemctl start mariadb

# 6. Preparar mariadb para los requerimientos de moodle.
mysql -e "set global innodb_file_format = BARRACUDA; set global innodb_large_prefix = ON; set global
innodb_file_per_table = ON; set global max_allowed_packet=1072731894; set global
net_buffer_length=1000000; set global max_allowed_packet=1000000000; drop user 'a'localhost'; drop user
'a'$(hostname)"; drop database test;"

# Opcional, desactivar la verificacion de llaves foranea, para agilizar el volcado de datos.
mysql -e "set foreign_key_checks = 0;"

# 7. restaurar el respaldo de datos.
mysql -e "source /your/backup/file.sql"

# Opcional, activar la verificacion de llaves foranea.
mysql -e "set foreign_key_checks = 1;"

# 8. asignar una contraseña para el usuario root de mariadb.
mysql -e "update mysql.user set Password = PASSWORD('your password') where User = 'root'; flush
privileges"

# 9. instalar apache
yum install -y httpd

# 10. configurar tu servidor apache, puedes utilizar si deseas mySimpleHttpdExample.conf,
# pero recuerda descomentar de acuerdo a tu version de php.
cat mySimpleHttpdExample.conf > /etc/httpd/conf/httpd.conf

# Opcional, habilitar el servicio de apache en el arranque del sistema.
systemctl enable httpd

# 11. restaurar moodledata
mv your/backup/moodledata /var/www

# 12. asignar a moodledata los permisos necesarios.
chown apache:apache -R /var/www/moodledata/ 66 chmod 770 -R /var/www/moodledata/ 66 chcon -R -t
httpd_sys_content_rw_t /var/www/moodledata/

# Opcional, warning! si no deseas asignar permisos, ya sea porque tu ambiente
# de desarrollo lo requiere, puedes desactivar SELinux (no es recomendado en produccion).
setenforce 0

# 13. restaurar moodle
mv your/backup/moodle /var/www/html/

# 14. arrancar el servicio de apache.
systemctl start httpd

```

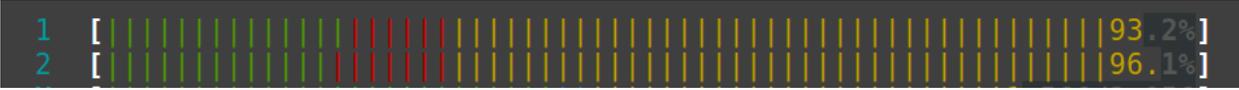
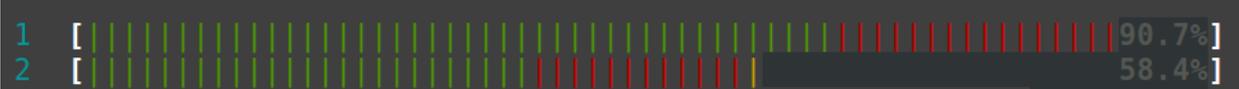
### Anexo 3. Formato de evaluación de integración

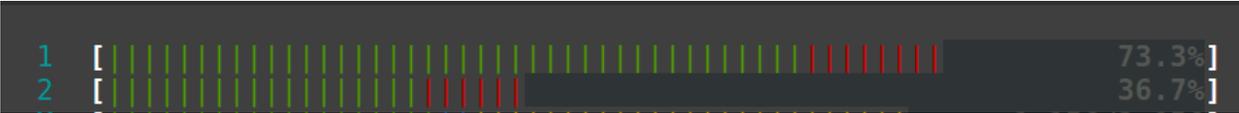
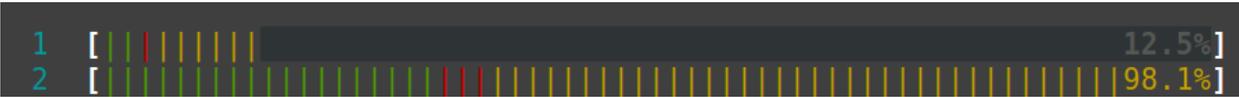
Servicio	Descripción de la verificación	Estado
Apache Http Server	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ejecuta el comando de revisión de estado del Apache HTTP Server.</li> </ul> <p>Se revisa la sección de logs de Apache HTTP Server buscando si se generó algún problema. Se ingresa desde el navegador al dominio utilizando HTTPS. Se revisa el firewall cumpla las reglas de puerto 443 abierto.</p>	
MySQL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ejecutando un comando de verificación de estado de MariaDB.</li> </ul> <p>Se revisan los logs de error buscando algún error. Utilizando el cliente de MariaDB se inicia una sesión y se hace una consulta de prueba.</p>	
CentOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se valida la página de lanzamiento de servidor del proveedor de nube.</li> </ul>	
HTTPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ejecuta un comando de revisión de configuración en Apache HTTP Server.</li> </ul> <p>Se revisan el log de error de Apache HTTP Server. Se revisa el firewall cumpla las reglas de puerto 443 abierto.</p>	
PHP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se verifica el comando de estado en PHP</li> </ul>	

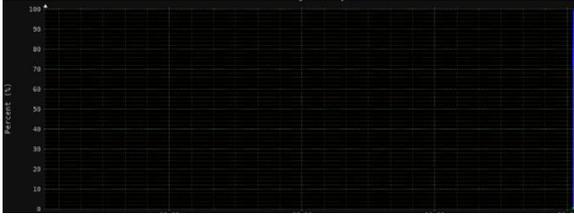
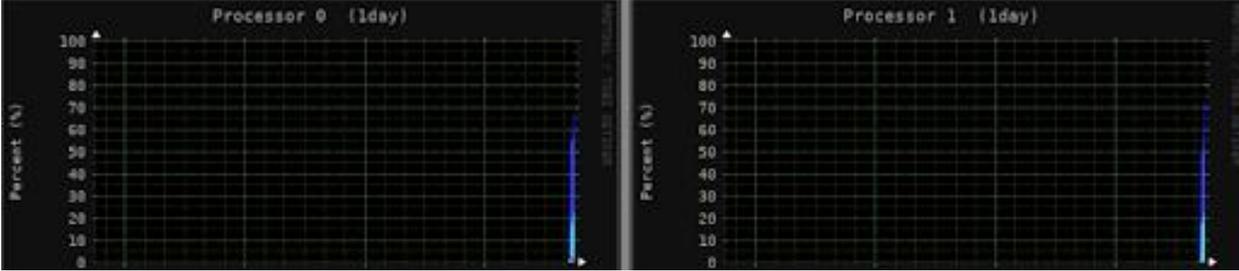
#### Anexo 4. Formato de evaluación de funcionalidad

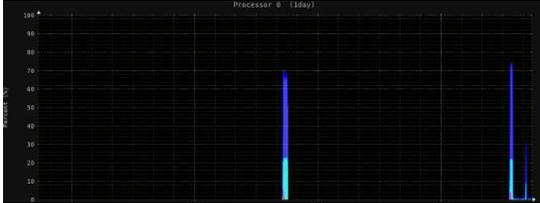
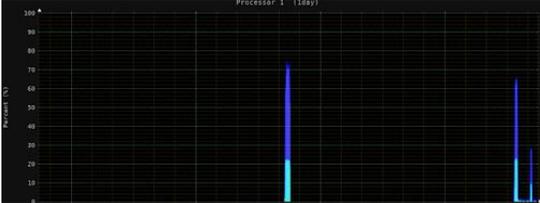
Rol	Funcionalidad	Resultado ideal	Resultado obtenido	Estado
Estudiante	Listado de cursos	Listado de las categorías con sus respectivos cursos.		
Estudiante	Inscripción a cursos (con opción auto matrícula)	Inscripción satisfactoria al curso y redirección a la página principal del curso.		
Estudiante	Subir un archivo	El archivo seleccionado es subido satisfactoriamente y es accesible para consulta desde el usuario propietario.		
Estudiante	Modificar el perfil	Se modifica un campo del perfil al azar de manera satisfactoria y el cambio se ve reflejado.		
Profesor	Listado de cursos	Listado de los cursos los cuales pertenecen al profesor.		
Profesor	Modificar curso	Se actualiza el contenido del curso de manera satisfactoria y es redirigido a la página principal.		
Profesor	Crear una actividad en un curso	Creación de una actividad dentro del curso seleccionado.		
Profesor	Crear un debate en un foro	Creación de un satisfactoria en un tema para debatir en el foro.		
Administrador	Inicio de sesión	Se ingresa con la cuenta de Gmail o Outlook, e ingresa exitosamente, dirigiéndose a la página principal.		
Administrador	Modificar curso	Se modifica un curso de cualquier usuario.		
Administrador	Agregar un plugin	Plugin subido e instalado de manera satisfactoria.		
Administrador	Modificar la página de inicio	Se realizan cambios a la página principal de Moodle.		

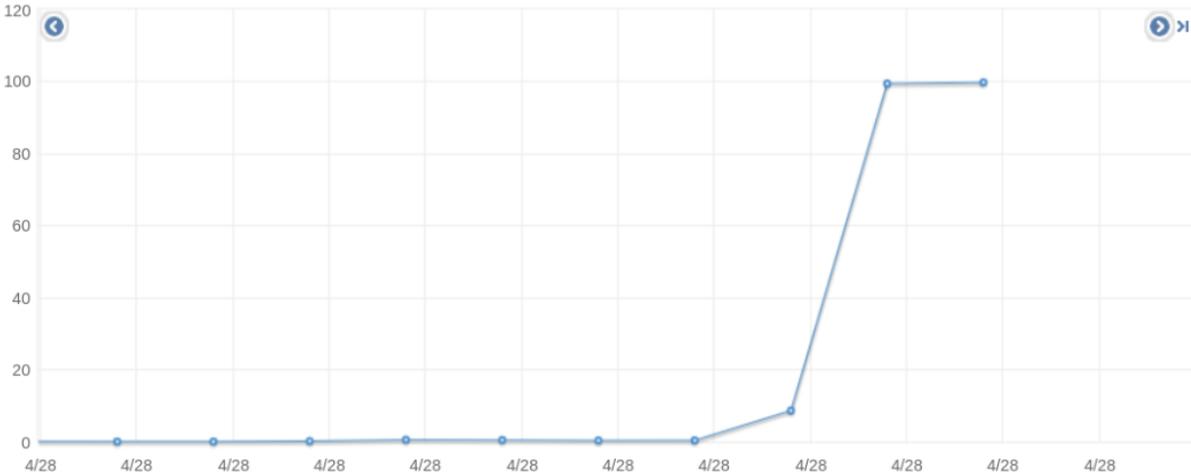
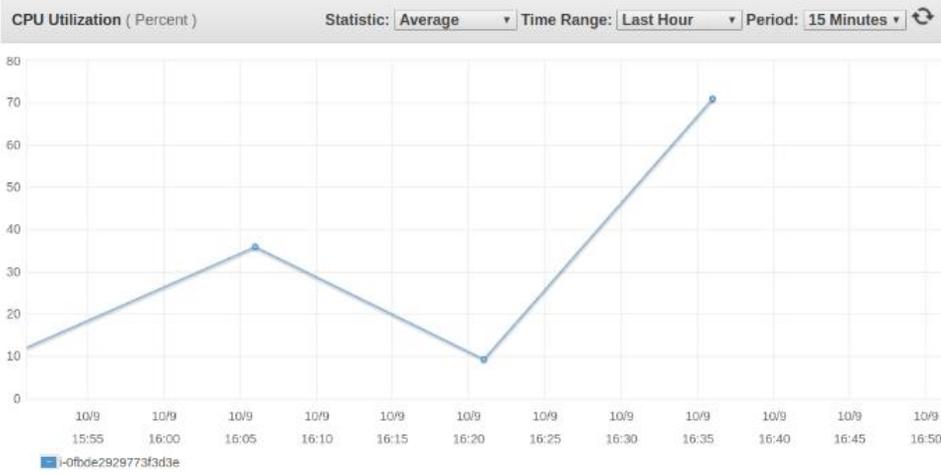
### Anexo 5. Pruebas de uso de procesador

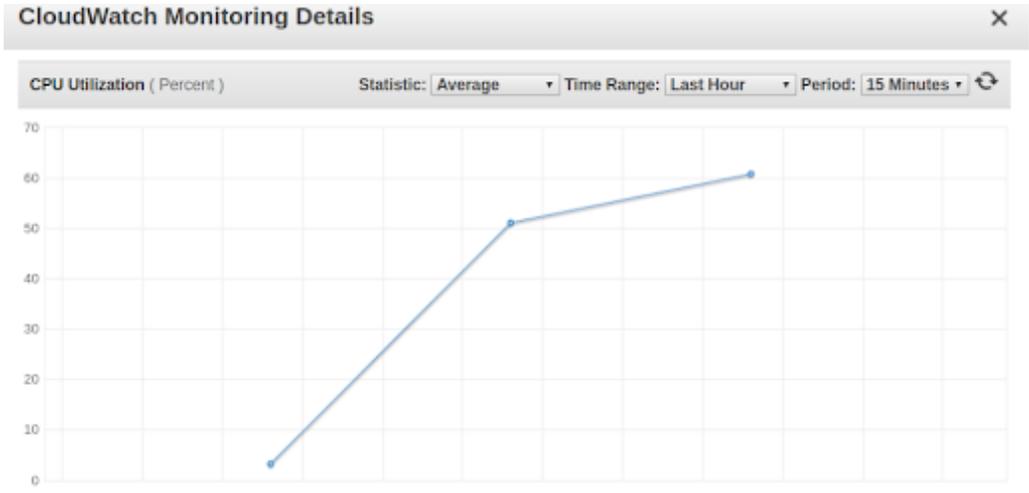
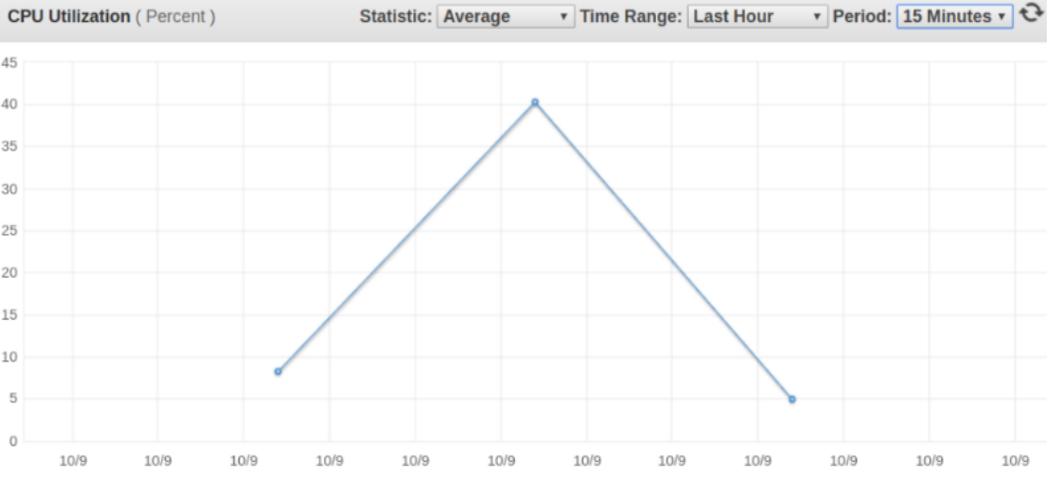
Arquitectura	Herramienta	Evidencia
Arquitectura 1	Htop	 <p>1 [      93.2%] 2 [      96.1%]</p>
Arquitectura 2	Htop	 <p>1 [      90.7%] 2 [      58.4%]</p>

Arquitectura	Herramienta	Evidencia
Arquitectura 3	Htop	 <pre> 1 [      73.3%] 2 [      36.7%] </pre>
Arquitectura 4	Htop	 <pre> 1 [   12.5%] 2 [      98.1%] </pre>

Arquitectura	Herramienta	Evidencia	
Arquitectura 1	Monitorix	 <p>A screenshot of the Monitorix dashboard showing a single vertical bar representing CPU usage. The y-axis is labeled 'Percent (%)' and ranges from 0 to 100. The x-axis shows time intervals: 00:00, 05:00, 10:00, and 15:00. The bar at 15:00 reaches the 100% mark.</p>	 <p>A screenshot of the Monitorix dashboard showing a single vertical bar representing CPU usage. The y-axis is labeled 'Percent (%)' and ranges from 0 to 100. The x-axis shows time intervals: 00:00, 05:00, 10:00, and 15:00. The bar at 15:00 reaches the 100% mark.</p>
Arquitectura 2	Monitorix	 <p>Two side-by-side screenshots of the Monitorix dashboard. The left screenshot is titled 'Processor 0 (1day)' and the right is titled 'Processor 1 (1day)'. Both show a vertical bar at 100% CPU usage. The y-axis is labeled 'Percent (%)' and ranges from 0 to 100. The x-axis shows time intervals: 00:00, 05:00, 10:00, and 15:00. The bars at 15:00 reach the 100% mark.</p>	

Arquitectura	Herramienta	Evidencia	
Arquitectura 3	Monitorix	 <p>The image shows two side-by-side line graphs titled "Kernel usage per processor". The left graph is for "Processor 0 (1day)" and the right is for "Processor 1 (1day)". Both graphs have a y-axis labeled "Percent (%)" ranging from 0 to 100. The x-axis represents time. Both graphs show a baseline near 0% with two prominent, sharp spikes reaching approximately 70% kernel usage. The spikes are colored with a gradient from cyan at the base to blue at the peak.</p>	
Arquitectura 4	Monitorix	 <p>This is a smaller version of the "Processor 0 (1day)" graph from the previous row. It shows a y-axis labeled "Percent (%)" from 0 to 100 and two sharp spikes reaching about 70% kernel usage.</p>	 <p>This is a smaller version of the "Processor 1 (1day)" graph from the previous row. It shows a y-axis labeled "Percent (%)" from 0 to 100 and two sharp spikes reaching about 70% kernel usage.</p>

Arquitectura	Herramienta	Evidencia																										
Arquitectura 1	Nube	 <p>A line chart showing CPU utilization over time. The y-axis represents CPU utilization from 0 to 120. The x-axis shows dates from 4/28. The utilization is near 0% until approximately 4/28 16:20, then spikes to 100% by 4/28 16:35 and remains there.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>CPU Utilization (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4/28 15:55</td><td>0</td></tr> <tr><td>4/28 16:00</td><td>0</td></tr> <tr><td>4/28 16:05</td><td>0</td></tr> <tr><td>4/28 16:10</td><td>0</td></tr> <tr><td>4/28 16:15</td><td>0</td></tr> <tr><td>4/28 16:20</td><td>0</td></tr> <tr><td>4/28 16:25</td><td>10</td></tr> <tr><td>4/28 16:30</td><td>60</td></tr> <tr><td>4/28 16:35</td><td>100</td></tr> <tr><td>4/28 16:40</td><td>100</td></tr> <tr><td>4/28 16:45</td><td>100</td></tr> <tr><td>4/28 16:50</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	Time	CPU Utilization (%)	4/28 15:55	0	4/28 16:00	0	4/28 16:05	0	4/28 16:10	0	4/28 16:15	0	4/28 16:20	0	4/28 16:25	10	4/28 16:30	60	4/28 16:35	100	4/28 16:40	100	4/28 16:45	100	4/28 16:50	100
Time	CPU Utilization (%)																											
4/28 15:55	0																											
4/28 16:00	0																											
4/28 16:05	0																											
4/28 16:10	0																											
4/28 16:15	0																											
4/28 16:20	0																											
4/28 16:25	10																											
4/28 16:30	60																											
4/28 16:35	100																											
4/28 16:40	100																											
4/28 16:45	100																											
4/28 16:50	100																											
Arquitectura 2	Nube	 <p>CPU Utilization (Percent) chart. The y-axis ranges from 0 to 80. The x-axis shows times from 10/9 15:55 to 16:50. The utilization fluctuates, peaking at approximately 70% at 16:35.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>CPU Utilization (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10/9 15:55</td><td>10</td></tr> <tr><td>10/9 16:00</td><td>25</td></tr> <tr><td>10/9 16:05</td><td>35</td></tr> <tr><td>10/9 16:10</td><td>25</td></tr> <tr><td>10/9 16:15</td><td>15</td></tr> <tr><td>10/9 16:20</td><td>10</td></tr> <tr><td>10/9 16:25</td><td>25</td></tr> <tr><td>10/9 16:30</td><td>45</td></tr> <tr><td>10/9 16:35</td><td>70</td></tr> <tr><td>10/9 16:40</td><td>70</td></tr> <tr><td>10/9 16:45</td><td>70</td></tr> <tr><td>10/9 16:50</td><td>70</td></tr> </tbody> </table>	Time	CPU Utilization (%)	10/9 15:55	10	10/9 16:00	25	10/9 16:05	35	10/9 16:10	25	10/9 16:15	15	10/9 16:20	10	10/9 16:25	25	10/9 16:30	45	10/9 16:35	70	10/9 16:40	70	10/9 16:45	70	10/9 16:50	70
Time	CPU Utilization (%)																											
10/9 15:55	10																											
10/9 16:00	25																											
10/9 16:05	35																											
10/9 16:10	25																											
10/9 16:15	15																											
10/9 16:20	10																											
10/9 16:25	25																											
10/9 16:30	45																											
10/9 16:35	70																											
10/9 16:40	70																											
10/9 16:45	70																											
10/9 16:50	70																											

Arquitectura	Herramienta	Evidencia								
Arquitectura 3	Nube	 <p><b>CloudWatch Monitoring Details</b></p> <p>CPU Utilization ( Percent )    Statistic: Average    Time Range: Last Hour    Period: 15 Minutes</p> <table border="1"> <caption>CPU Utilization Data for Architecture 3</caption> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>CPU Utilization (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10/9 10:00</td> <td>~5</td> </tr> <tr> <td>10/9 10:15</td> <td>~52</td> </tr> <tr> <td>10/9 10:30</td> <td>~61</td> </tr> </tbody> </table>	Time	CPU Utilization (%)	10/9 10:00	~5	10/9 10:15	~52	10/9 10:30	~61
Time	CPU Utilization (%)									
10/9 10:00	~5									
10/9 10:15	~52									
10/9 10:30	~61									
Arquitectura 4	Nube	 <p>CPU Utilization ( Percent )    Statistic: Average    Time Range: Last Hour    Period: 15 Minutes</p> <table border="1"> <caption>CPU Utilization Data for Architecture 4</caption> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>CPU Utilization (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10/9 10:00</td> <td>~8</td> </tr> <tr> <td>10/9 10:15</td> <td>~40</td> </tr> <tr> <td>10/9 10:30</td> <td>~5</td> </tr> </tbody> </table>	Time	CPU Utilization (%)	10/9 10:00	~8	10/9 10:15	~40	10/9 10:30	~5
Time	CPU Utilization (%)									
10/9 10:00	~8									
10/9 10:15	~40									
10/9 10:30	~5									

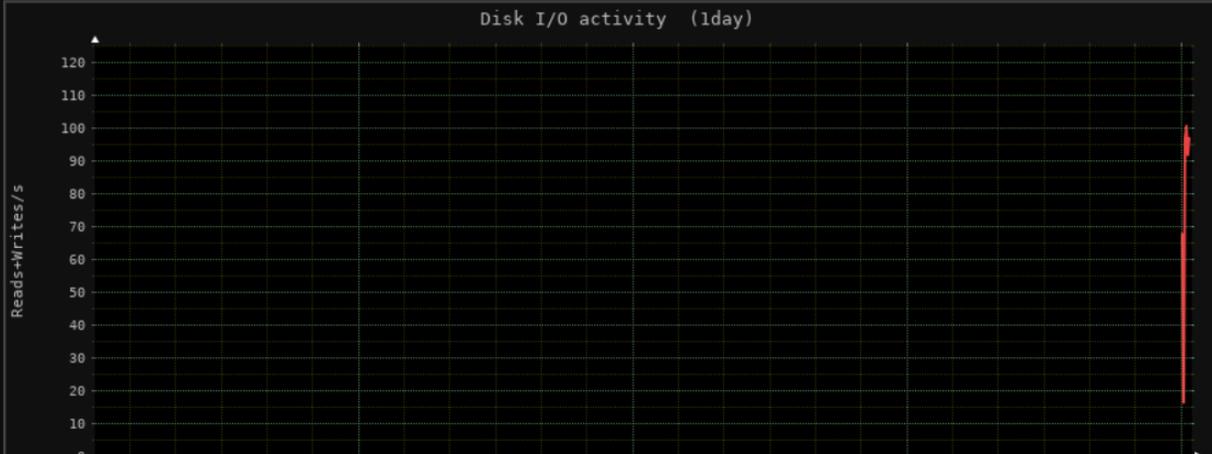
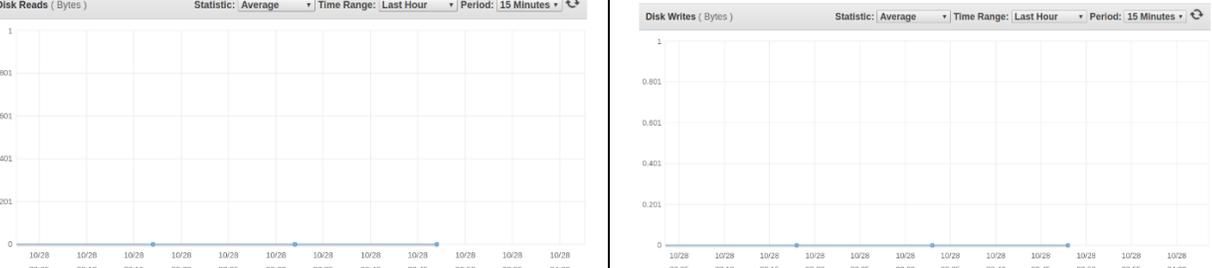
Incidencia	Evidencia
<p>La arquitectura uno, no supera la evaluación, esto es debido, a que, durante la simulación, su uso de procesador tendía a estar en el límite, ocasionando, que, por momentos, se perdiera el servicio de conexión de los usuarios en la plataforma.</p>	 <p>The screenshot shows a web browser window with a yellow error message box. The text in the box reads: "Error: Database connection failed", "It is possible that the database is overloaded or otherwise not running properly.", and "The site administrator should also check that the database details have been correctly specified in config.php".</p>

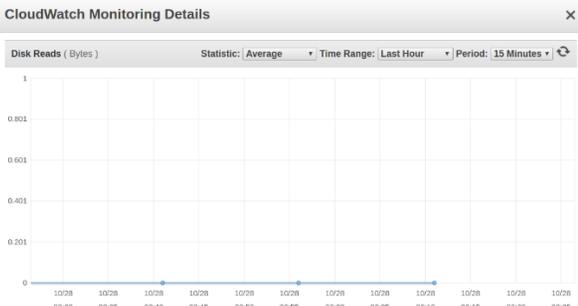
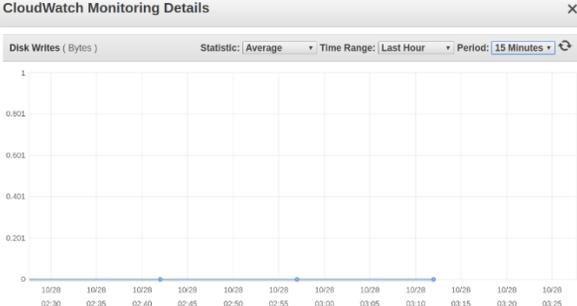
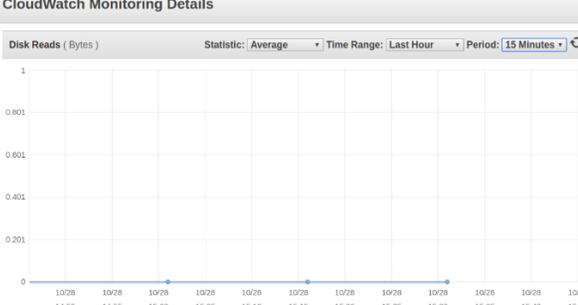
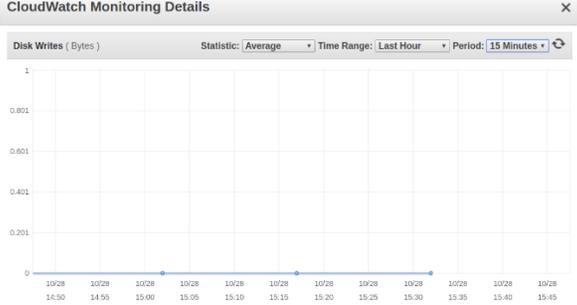
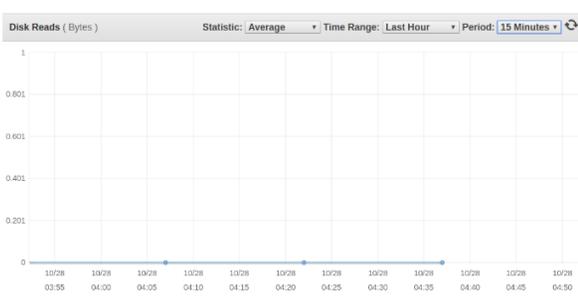
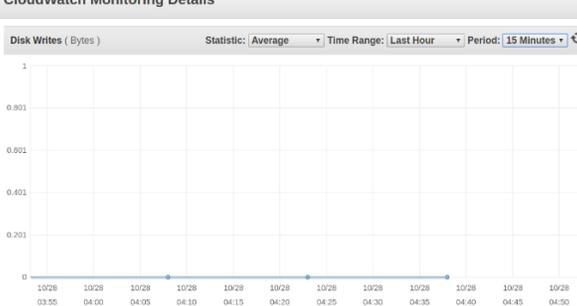
**Anexo 6. Pruebas de consumo de memoria RAM.**

Arquitectura	Evidencia
Arquitectura 1	 <p>Mem [        2.08G/3.85G]</p>
Arquitectura 2	 <p>Mem [        1.60G/3.85G]</p>
Arquitectura 3	 <p>Mem [        1.48G/3.85G]</p>
Arquitectura 4	 <p>Mem [        1.65G/3.85G]</p>

**Anexo 7. Pruebas de uso de almacenamiento**

Arquitectura	Herramienta	Evidencia
Arquitectura 1	Monitorix	
Arquitectura 2	Monitorix	

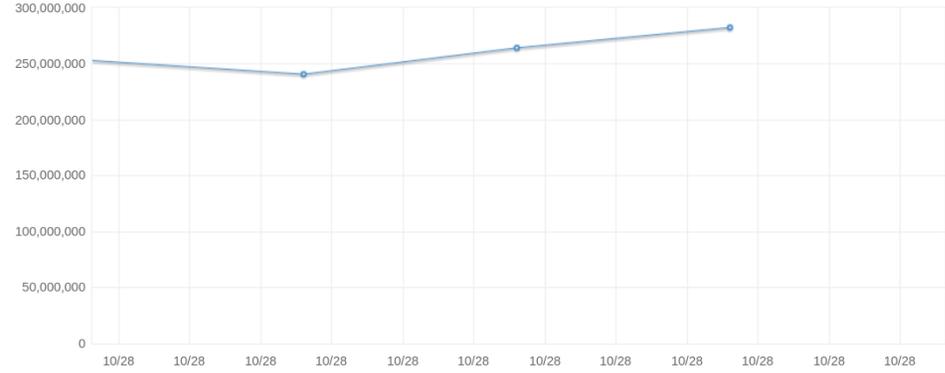
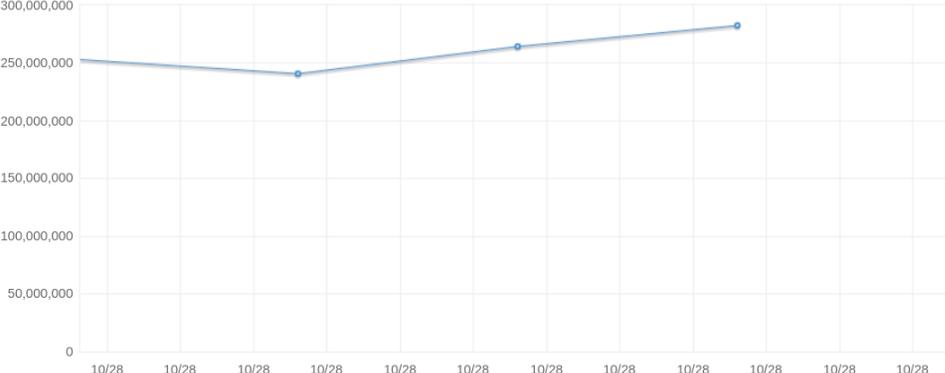
Arquitectura 3	Monitorix	
Arquitectura 4	Monitorix	
Arquitectura 1	Nube	

<p>Arquitectura 2</p>	<p>Nube</p>		
<p>Arquitectura 3</p>	<p>Nube</p>		
<p>Arquitectura 4</p>	<p>Nube</p>		

**Incidencia**

La herramienta de medición de recursos del proveedor de nube envía resultados que tienden a cero, esto es consecuencia de la herramienta, la cual solo permite medir el uso de disco de los volúmenes que se han añadido físicamente (Amazon, 2020)

**Anexo 8. Prueba de consumo de red**

Arquitectura	Evidencia												
Arquitectura 1	 <table border="1"> <caption>Data for Arquitectura 1</caption> <thead> <tr> <th>Date</th> <th>Consumption</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10/28</td> <td>250,000,000</td> </tr> <tr> <td>10/28</td> <td>240,000,000</td> </tr> <tr> <td>10/28</td> <td>240,000,000</td> </tr> <tr> <td>10/28</td> <td>260,000,000</td> </tr> <tr> <td>10/28</td> <td>280,000,000</td> </tr> </tbody> </table>	Date	Consumption	10/28	250,000,000	10/28	240,000,000	10/28	240,000,000	10/28	260,000,000	10/28	280,000,000
Date	Consumption												
10/28	250,000,000												
10/28	240,000,000												
10/28	240,000,000												
10/28	260,000,000												
10/28	280,000,000												
Arquitectura 2	 <table border="1"> <caption>Data for Arquitectura 2</caption> <thead> <tr> <th>Date</th> <th>Consumption</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10/28</td> <td>250,000,000</td> </tr> <tr> <td>10/28</td> <td>240,000,000</td> </tr> <tr> <td>10/28</td> <td>240,000,000</td> </tr> <tr> <td>10/28</td> <td>260,000,000</td> </tr> <tr> <td>10/28</td> <td>280,000,000</td> </tr> </tbody> </table>	Date	Consumption	10/28	250,000,000	10/28	240,000,000	10/28	240,000,000	10/28	260,000,000	10/28	280,000,000
Date	Consumption												
10/28	250,000,000												
10/28	240,000,000												
10/28	240,000,000												
10/28	260,000,000												
10/28	280,000,000												



### Anexo 9. Formato de evaluación de seguridad.

N.º	Tipo de ataque	Descripción	Estado
A1	Inyección	Ataques de suplantación de código generalmente SQL para obtener información sin autorización.	
A2	Pérdida de autenticación y Gestión de Sesiones	Ataques de robo de sesiones para suplantar la identidad de usuarios.	
A3	Exposición de Datos Sensibles	Ataques para robar o visualizar información que no está protegida debidamente.	
A4	Entidad Externa de XML	Ataque a procesadores de XML que no realizan las validaciones pertinentes para realizar diferentes tipos de ataques (DOS).	
A5	Pérdida de Control de Acceso	Ataque para aprovechar las validaciones incorrectas para los permisos y roles de las páginas.	
A6	Configuración de seguridad incorrecta	Ataque para aprovechar algunas omisiones de configuraciones correctas de seguridad por parte de los administradores o desarrolladores.	
A7	Secuencia de Comandos en Sitios Cruzados (XSS)	Ataque por el cual ejecuta código JavaScript del lado del cliente para robar información.	
A8	Deserialización Insegura	Ataque que aprovecha una deserialización errónea de objetos que llegan y logra ejecución de código remoto en el servidor.	
A9	Uso de Componentes con Vulnerabilidades Conocidas	Ataque que aprovecha algún componente o tecnología que tiene problemas de seguridad documentadas públicamente, para lograr tomar control del servidor.	
A10	Registro y Monitoreo Insuficientes	Ataque que aprovecha la falta de herramientas de monitoreo que puedan alertar a tiempo al administrador y que le permite al atacante escalar a otros servicios sin ser detectado.	

### Anexo 10. Vulnerabilidades encontradas en la evaluación de seguridad

Arquitectura	Vulnerabilidades								
Arquitectura 1	<table border="1"> <tr> <td>High</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Medium</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>Low</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Informational</td> <td>26</td> </tr> </table>	High	6	Medium	36	Low	7	Informational	26
	High	6							
	Medium	36							
	Low	7							
	Informational	26							
	NAVIGATE TO								
	Cross-Site Request Forgery	6							
	Common directory	31							
	HTTP TRACE	1							
	Unencrypted password form	1							
	Backup directory	2							
	Backup file	1							
	Common sensitive file	3							
	Common administration interface	1							
	Password field with auto-complete	1							
	Missing 'X-Frame-Options' header	1							
Private IP address disclosure	1								
Interesting response	25								
HttpOnly cookie	1								

Arquitectura 2	High	6	
	Medium	36	
	Low	7	
	Informational	26	
	NAVIGATE TO		
	Cross-Site Request Forgery	6	
	Common directory	31	
	HTTP TRACE	1	
	Unencrypted password form	1	
	Backup directory	2	
	Backup file	1	
	Common sensitive file	3	
	Common administration interface	1	
	Password field with auto-complete	1	
	Missing 'X-Frame-Options' header	1	
	Private IP address disclosure	1	
	Interesting response	25	
	HttpOnly cookie	1	

Arquitectura 3	High	6
	Medium	36
	Low	7
	Informational	26
	NAVIGATE TO	
	Cross-Site Request Forgery	6
	Common directory	31
	HTTP TRACE	1
	Unencrypted password form	1
	Backup directory	2
	Backup file	1
	Common sensitive file	3
	Common administration interface	1
	Password field with auto-complete	1
	Missing 'X-Frame-Options' header	1
	Private IP address disclosure	1
	Interesting response	25
	HttpOnly cookie	1

Arquitectura 4	High	6
	Medium	36
	Low	7
	Informational	26
	NAVIGATE TO	
	Cross-Site Request Forgery	6
	Common directory	31
	HTTP TRACE	1
	Unencrypted password form	1
	Backup directory	2
	Backup file	1
	Common sensitive file	3
	Common administration interface	1
	Password field with auto-complete	1
	Missing 'X-Frame-Options' header	1
	Private IP address disclosure	1
	Interesting response	25
	HttpOnly cookie	1

Tipo de prioridad	Evidencia																																										
<p>Crítica</p>	<div data-bbox="953 272 1623 764"> <p><b>Cross-Site Request Forgery</b> 6</p> <p>In the majority of today's web applications, clients are required to submit forms which can perform sensitive operations. An example of such a form being used would be when an administrator wishes to create a new user for the application. In the simplest version of the form, the administrator would fill-in:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Name</li> <li>Password</li> <li>Role (level of access)</li> </ul> <p>Continuing with this example, Cross Site Request Forgery (CSRF) would occur when the administrator is tricked into clicking on a link, which if logged into the application, would automatically submit the form without any further interaction.</p> <p>Cyber-criminals will look for sites where sensitive functions are performed in this manner and then craft malicious requests that will be used against clients via a social engineering attack.</p> <p>There are 3 things that are required for a CSRF attack to occur:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>The form must perform some sort of sensitive action.</li> <li>The victim (the administrator the example above) must have an active session.</li> <li>Most importantly, all parameter values must be <b>known</b> or <b>guessable</b>.</li> </ol> <p>Arachni discovered that all parameters within the form were known or predictable and therefore the form could be vulnerable to CSRF. Manual verification may be required to check whether the submission will then perform a sensitive action, such as reset a password, modify user profiles, post content on a forum, etc.</p> <p>(CWE)</p> <table border="1"> <tr><td>http://3.85.95.205/login/signup.php</td><td>Form</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/login/index.php</td><td>Form</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/mod/forum/search.php</td><td>Form</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/course/search.php</td><td>Form</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/mod/forum/discuss.php</td><td>Form</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/login/forgot_password.php</td><td>Form</td></tr> </table> </div>	http://3.85.95.205/login/signup.php	Form	http://3.85.95.205/login/index.php	Form	http://3.85.95.205/mod/forum/search.php	Form	http://3.85.95.205/course/search.php	Form	http://3.85.95.205/mod/forum/discuss.php	Form	http://3.85.95.205/login/forgot_password.php	Form																														
http://3.85.95.205/login/signup.php	Form																																										
http://3.85.95.205/login/index.php	Form																																										
http://3.85.95.205/mod/forum/search.php	Form																																										
http://3.85.95.205/course/search.php	Form																																										
http://3.85.95.205/mod/forum/discuss.php	Form																																										
http://3.85.95.205/login/forgot_password.php	Form																																										
<p>Media</p>	<div data-bbox="953 781 1623 1273"> <p><b>Common directory</b> 31</p> <p>Web applications are often made up of multiple files and directories. It is possible that over time some directories may become unreferenced (unused) by the web application and forgotten about by the administrator/developer. Because web applications are built using common frameworks, they contain common directories that can be discovered (independent of server).</p> <p>During the initial recon stages of an attack, cyber-criminals will attempt to locate unreferenced directories in the hope that the directory will assist in further compromise of the web application. To achieve this they will make thousands of requests using word lists containing common names. The response headers from the server will then indicate if the directory exists.</p> <p>Arachni also contains a list of common directory names which it will attempt to access.</p> <p>(CWE)</p> <table border="1"> <tr><td>http://3.85.95.205/login/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/install/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/backup/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/auth/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/search/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/report/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/login/index.php</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/cache/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/login/ests/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/course/classes/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/course/ests/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/course/report/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/user/classes/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/user/ests/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/mod/forum/ids/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/mod/forum/backup/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/mod/forum/classes/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/mod/forum/ests/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/cache/classes/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/cache/ests/</td><td>Server</td></tr> <tr><td>http://3.85.95.205/admin/htdocs/aprivacy/ids/</td><td>Server</td></tr> </table> </div>	http://3.85.95.205/login/	Server	http://3.85.95.205/install/	Server	http://3.85.95.205/backup/	Server	http://3.85.95.205/auth/	Server	http://3.85.95.205/search/	Server	http://3.85.95.205/report/	Server	http://3.85.95.205/login/index.php	Server	http://3.85.95.205/cache/	Server	http://3.85.95.205/login/ests/	Server	http://3.85.95.205/course/classes/	Server	http://3.85.95.205/course/ests/	Server	http://3.85.95.205/course/report/	Server	http://3.85.95.205/user/classes/	Server	http://3.85.95.205/user/ests/	Server	http://3.85.95.205/mod/forum/ids/	Server	http://3.85.95.205/mod/forum/backup/	Server	http://3.85.95.205/mod/forum/classes/	Server	http://3.85.95.205/mod/forum/ests/	Server	http://3.85.95.205/cache/classes/	Server	http://3.85.95.205/cache/ests/	Server	http://3.85.95.205/admin/htdocs/aprivacy/ids/	Server
http://3.85.95.205/login/	Server																																										
http://3.85.95.205/install/	Server																																										
http://3.85.95.205/backup/	Server																																										
http://3.85.95.205/auth/	Server																																										
http://3.85.95.205/search/	Server																																										
http://3.85.95.205/report/	Server																																										
http://3.85.95.205/login/index.php	Server																																										
http://3.85.95.205/cache/	Server																																										
http://3.85.95.205/login/ests/	Server																																										
http://3.85.95.205/course/classes/	Server																																										
http://3.85.95.205/course/ests/	Server																																										
http://3.85.95.205/course/report/	Server																																										
http://3.85.95.205/user/classes/	Server																																										
http://3.85.95.205/user/ests/	Server																																										
http://3.85.95.205/mod/forum/ids/	Server																																										
http://3.85.95.205/mod/forum/backup/	Server																																										
http://3.85.95.205/mod/forum/classes/	Server																																										
http://3.85.95.205/mod/forum/ests/	Server																																										
http://3.85.95.205/cache/classes/	Server																																										
http://3.85.95.205/cache/ests/	Server																																										
http://3.85.95.205/admin/htdocs/aprivacy/ids/	Server																																										

Media	<p><b>HTTP TRACE 1</b></p> <p>The <b>TRACE</b> HTTP method allows a client to send a request to the server, and have the same request then sent back in the server's response. This allows the client to determine if the server is receiving the request as expected or if specific parts of the request are not arriving as expected. For example incorrect encoding or a load balancer has filtered or changed a value. On many default installations the <b>TRACE</b> method is still enabled.</p> <p>While not vulnerable by itself, it does provide a method for cyber-criminals to bypass the <b>HTTPOnly</b> cookie flag, and therefore could allow a XSS attack to successfully access a session token.</p> <p>Arachni has discovered that the affected page permits the HTTP <b>TRACE</b> method.</p> <p>(CWE)</p> <p><a href="http://3.85.95.205/">http://3.85.95.205/</a> Server</p> <p><b>Unencrypted password form 1</b></p> <p>The HTTP protocol by itself is clear text, meaning that any data that is transmitted via HTTP can be captured and the contents viewed.</p> <p>To keep data private, and prevent it from being intercepted, HTTP is often tunnelled through either Secure Sockets Layer (SSL), or Transport Layer Security (TLS). When either of these encryption standards are used it is referred to as HTTPS.</p> <p>Cyber-criminals will often attempt to compromise credentials passed from the client to the server using HTTP. This can be conducted via various different Man-in-The-Middle (MITM) attacks or through network packet captures.</p> <p>Arachni discovered that the affected page contains a <b>password</b> input, however, the value of the field is not sent to the server utilising HTTPS. Therefore it is possible that any submitted credential may become compromised.</p> <p>(CWE)</p> <p><a href="http://3.85.95.205/login/index.php">http://3.85.95.205/login/index.php</a> password Form</p>
Media	<p><b>Backup directory 2</b></p> <p>A common practice when administering web applications is to create a copy/backup of a particular directory prior to making any modification. Another common practice is to add an extension or change the name of the original directory to signify that it is a backup (examples include <b>.bak</b>, <b>.orig</b>, <b>.backup</b>, etc.).</p> <p>During the initial recon stages of an attack, cyber-criminals will attempt to locate backup directories by adding common extensions onto directories already discovered on the webserver. By analysing the response headers from the server they are able to determine if a backup directory exists. These backup directories can then assist in the compromise of the web application.</p> <p>By utilising the same method, Arachni was able to discover a possible backup directory.</p> <p>(CWE)</p> <p><a href="http://3.85.95.205/theme/styles.php/essential/1550016763_1/all-/">http://3.85.95.205/theme/styles.php/essential/1550016763_1/all-/</a> Server</p> <p><a href="http://3.85.95.205/theme/javascript.php/essential/1550016763/footer-/">http://3.85.95.205/theme/javascript.php/essential/1550016763/footer-/</a> Server</p> <p><b>Backup file 1</b></p> <p>A common practice when administering web applications is to create a copy/backup of a particular file or directory prior to making any modification to the file. Another common practice is to add an extension or change the name of the original file to signify that it is a backup (examples include <b>.bak</b>, <b>.orig</b>, <b>.backup</b>, etc.).</p> <p>During the initial recon stages of an attack, cyber-criminals will attempt to locate backup files by adding common extensions onto files already discovered on the webserver. By analysing the response headers from the server they are able to determine if the backup file exists. These backup files can then assist in the compromise of the web application.</p> <p>By utilising the same method, Arachni was able to discover a possible backup file.</p> <p>(CWE)</p> <p><a href="http://3.85.95.205/lib/javascript.php/1550016518/lib/javascript-static.js-">http://3.85.95.205/lib/javascript.php/1550016518/lib/javascript-static.js-</a> Server</p>

Baja	<p><b>Common sensitive file 3</b></p> <p>Web applications are often made up of multiple files and directories.</p> <p>It is possible that over time some files may become unreferenced (unused) by the web application and forgotten about by the administrator/developer. Because web applications are built using common frameworks, they contain common files that can be discovered (independent of server).</p> <p>During the initial recon stages of an attack, cyber-criminals will attempt to locate unreferenced files in the hope that the file will assist in further compromise of the web application. To achieve this they will make thousands of requests using word lists containing common filenames. The response headers from the server will then indicate if the file exists.</p> <p>Arachni also contains a list of common file names which it will attempt to access.</p> <p><a href="http://3.85.95.205/login/index.php">http://3.85.95.205/login/index.php</a> Server</p> <p><a href="http://3.85.95.205/config.php">http://3.85.95.205/config.php</a> Server</p> <p><a href="http://3.85.95.205/cache/classes/config.php">http://3.85.95.205/cache/classes/config.php</a> Server</p>
Baja	<p><b>Common administration interface 1</b></p> <p>An administration interface was identified and should be reviewed.</p> <p><a href="http://3.85.95.205/login/index.php">http://3.85.95.205/login/index.php</a> Server</p>
Baja	<p><b>Password field with auto-complete 1</b></p> <p>In typical form-based web applications, it is common practice for developers to allow <code>autocomplete</code> within the HTML form to improve the usability of the page. With <code>autocomplete</code> enabled (default), the browser is allowed to cache previously entered form values.</p> <p>For legitimate purposes, this allows the user to quickly re-enter the same data when completing the form multiple times.</p> <p>When <code>autocomplete</code> is enabled on either/both the username and password fields, this could allow a cyber-criminal with access to the victim's computer the ability to have the victim's credentials automatically entered as the cyber-criminal visits the affected page.</p> <p>Arachni has discovered that the affected page contains a form containing a password field that has not disabled <code>autocomplete</code>.</p> <p><a href="http://3.85.95.205/login/index.php">http://3.85.95.205/login/index.php</a> Form</p>
Baja	<p><b>Missing 'X-Frame-Options' header 1</b></p> <p>Clickjacking (User Interface redress attack, UI redress attack, UI redressing) is a malicious technique of tricking a Web user into clicking on something different from what the user perceives they are clicking on, thus potentially revealing confidential information or taking control of their computer while clicking on seemingly innocuous web pages.</p> <p>The server didn't return an <code>X-Frame-Options</code> header which means that this website could be at risk of a clickjacking attack.</p> <p>The <code>X-Frame-Options</code> HTTP response header can be used to indicate whether or not a browser should be allowed to render a page inside a frame or iframe. Sites can use this to avoid clickjacking attacks, by ensuring that their content is not embedded into other sites.</p> <p>(CWE)</p> <p><a href="http://3.85.95.205/theme/yui_combo.php?rollup/3.17.2/yui-moodlesimple-min.css">http://3.85.95.205/theme/yui_combo.php?rollup/3.17.2/yui-moodlesimple-min.css</a> Server</p>



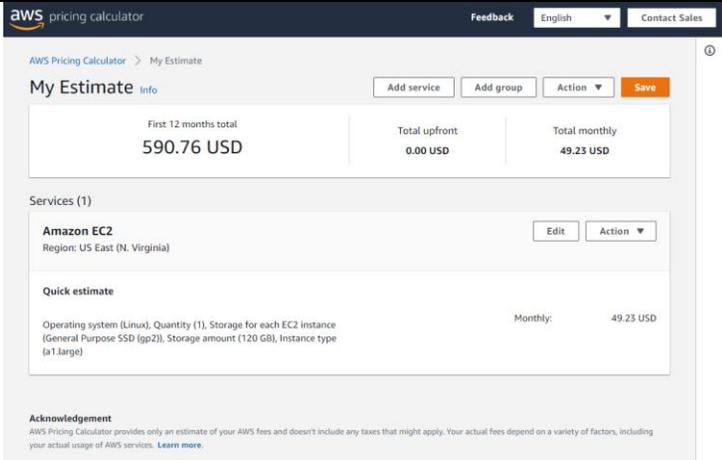
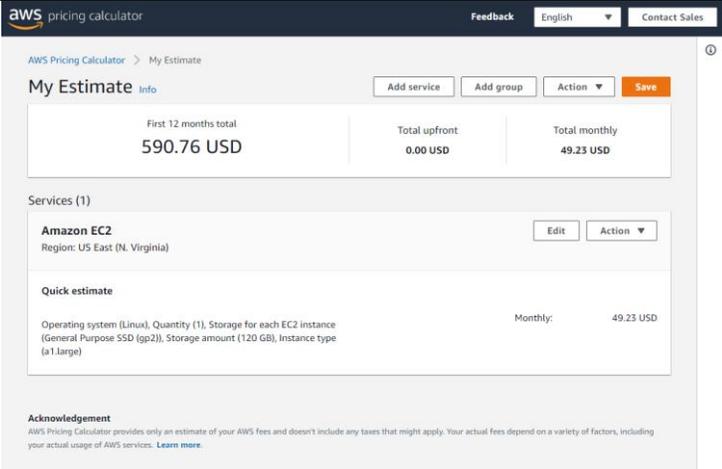
Vulnerabilidad	Recomendaciones de la literatura	Propuestas de solución
CSRF (Cross-Site Request Forgery)	Agregar dentro de la cabecera de la petición, un identificador único que garantice, la identidad del origen del usuario, rechazando cualquier consulta si encuentra irregularidades.	Activar la configuración de autenticación OAuth 2.0.
Directorios usados comúnmente	Modificar los permisos de acceso, a los directorios que no requieren ser públicos.	<p>Buscar los 31 directorios mencionados en la herramienta y modificar sus permisos para que no sean públicos.</p> <pre data-bbox="1058 634 1791 1146"> if test -d "\$MOODLE_FOLDER"; then   if test -d "\$MOODLEDATA_FOLDER"; then     echo '&gt;' start assigning permissions'      chown -R \$USER_ID:\$GROUP_ID \$MOODLE_FOLDER     chmod 0755 \$MOODLE_FOLDER     find \$MOODLE_FOLDER -type d -exec chmod 0755 {} \;     find \$MOODLE_FOLDER -type f -exec chmod 0644 {} \;     echo "&gt; moodle user:\$USER_NAME group:\$GROUP_NAME"     echo '&gt; moodle folders: 755'     echo '&gt; moodle files: 644'      chown -R \$USER_ID:\$GROUP_ID \$MOODLEDATA_FOLDER     chmod 0700 \$MOODLEDATA_FOLDER     find \$MOODLEDATA_FOLDER -type d -exec chmod 0700 {} \;     find \$MOODLEDATA_FOLDER -type f -exec chmod 0600 {} \;     echo "&gt; moodledata user:\$USER_NAME group:\$GROUP_NAME"     echo '&gt; moodledata folders: 700'     echo '&gt; moodledata files: 600'      echo "&gt; assigned moodle permissions"   else     echo \${RED}"&gt; ERROR: the folder "\$MOODLEDATA_FOLDER" not found.\${NORMAL}   fi else   echo \${RED}"&gt; ERROR: the folder "\$MOODLE_FOLDER" not found.\${NORMAL} </pre>
Cross Site Tracing (XST)	Deshabilitar la funcionalidad, que permite la respuesta al método TRACE.	Deshabilitar el método de consulta TRACER en Apache HTTP Server.

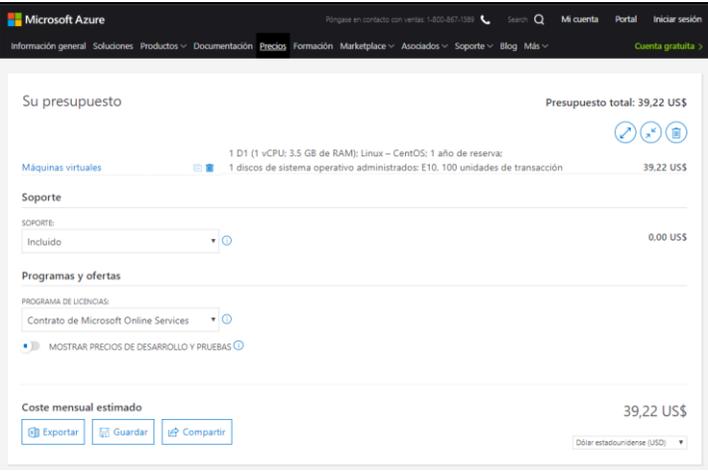
		<pre> ServerRoot "/etc/httpd" Listen 80 Include conf.modules.d/*.conf  User apache Group apache TraceEnable Off  ServerAdmin root@localhost ServerName 172.23.0.2  &lt;Directory /&gt;     AllowOverride none     Require all denied &lt;/Directory&gt;  DocumentRoot "/var/www/html/moodle"  &lt;Directory "/var/www/html"&gt;     AllowOverride None     Require all granted &lt;/Directory&gt;  &lt;Directory "/var/www/html/moodle"&gt;     Options Indexes FollowSymLinks     AllowOverride None     Require all granted &lt;/Directory&gt;  &lt;IfModule dir_module&gt;     DirectoryIndex index.html         </pre>
<p>Información descriptada</p>	<p>Utilizar SSL/TLS, que es la capa de transporte segura, la cual, cifra la información de encabezado y permite que las credenciales no se pueden leer por ningún atacante.</p>	<p>Activar la Implementación del protocolo HTTPS.</p>
<p>Backups disponibles en el servidor</p>	<p>Guardar las copias de seguridad, en directorios donde el servidor de aplicaciones no tenga acceso.</p>	<p>Los directorios, se les restringió el acceso, para que no fueran públicos.</p> <pre> if test -d "\$MOODLE_FOLDER"; then     if test -d "\$MOODLEDATA_FOLDER"; then         echo '&gt;' start assigning permissions'          chown -R \$USER_ID:\$GROUP_ID \$MOODLE_FOLDER         chmod 0755 \$MOODLE_FOLDER         find \$MOODLE_FOLDER -type d -exec chmod 0755 {} \;         find \$MOODLE_FOLDER -type f -exec chmod 0644 {} \;         echo "&gt; moodle user: '\$USER_NAME' group: '\$GROUP_NAME'"         echo "&gt; moodle folders: 755'"         echo "&gt; moodle files: 644'"          chown -R \$USER_ID:\$GROUP_ID \$MOODLEDATA_FOLDER         chmod 0700 \$MOODLEDATA_FOLDER         find \$MOODLEDATA_FOLDER -type d -exec chmod 0700 {} \;         find \$MOODLEDATA_FOLDER -type f -exec chmod 0600 {} \;         echo "&gt; moodledata user: '\$USER_NAME' group: '\$GROUP_NAME'"         echo "&gt; moodledata folders: 700'"         echo "&gt; moodledata files: 600'"          echo "&gt; assigned moodle permissions"     else         echo \${RED}&gt; ERROR: the folder "\$MOODLEDATA_FOLDER" not found."\${NORMAL}     fi else     echo \${RED}&gt; ERROR: the folder "\$MOODLE_FOLDER" not found."\${NORMAL} fi         </pre>

<p>Direcciones de archivos comúnmente sensibles</p>	<p>Cambiar el nombre de las URL a unas personalizadas y restringir el acceso a las que no deban ser públicas.</p>	<p>Las URL de los archivos de los archivos de configuración de Moodle (config.php), se les restringe el acceso público.</p> <pre> if test -d "\$MOODLE_FOLDER"; then   if test -d "\$MOODLEDATA_FOLDER"; then     echo '&gt;' start assigning permissions'      chown -R \$USER_ID:\$GROUP_ID \$MOODLE_FOLDER     chmod 0755 \$MOODLE_FOLDER     find \$MOODLE_FOLDER -type d -exec chmod 0755 {} \;     find \$MOODLE_FOLDER -type f -exec chmod 0644 {} \;     echo "&gt; moodle user:\$USER_NAME group:\$GROUP_NAME"     echo '&gt;' moodle folders: 755'     echo '&gt;' moodle files: 644'      chown -R \$USER_ID:\$GROUP_ID \$MOODLEDATA_FOLDER     chmod 0700 \$MOODLEDATA_FOLDER     find \$MOODLEDATA_FOLDER -type d -exec chmod 0700 {} \;     find \$MOODLEDATA_FOLDER -type f -exec chmod 0600 {} \;     echo "&gt; moodledata user:\$USER_NAME group:\$GROUP_NAME"     echo '&gt;' moodledata folders: 700'     echo '&gt;' moodledata files: 600'      echo "&gt; assigned moodle permissions"   else     echo \${RED}"&gt; ERROR: the folder "\$MOODLEDATA_FOLDER" not found."\${NORMAL}   fi else   echo \${RED}"&gt; ERROR: the folder "\$MOODLE_FOLDER" not found."\${NORMAL} fi </pre>
<p>Interfaz de administrador común</p>	<p>Personalizar la URL del panel de administrador.</p>	<p>Es una alerta informativa, sin embargo, esta URL es por defecto y por buenas prácticas, definida por Moodle, cambiarla, podría conllevar problemas, por lo que se omite esta acción.</p>
<p>Vulnerable a Clickjacking</p>	<p>Habilitar en el servidor de aplicaciones, el encabezado el X-Frame-Options.</p>	<p>Se realizan cambios en la configuración de Apache HTTP Server, en el atributo X-Frame-Options, con permisos limitados solamente al sitio principal.</p> <pre> Header always append X-Frame-Options SAMEORIGIN </pre>

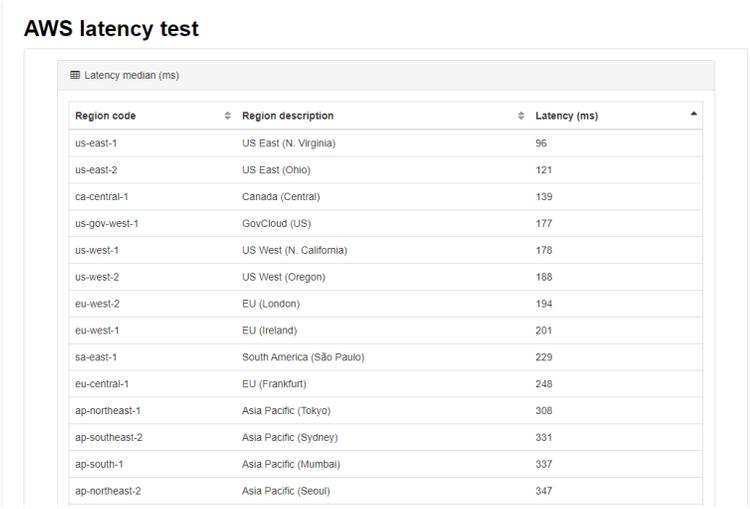
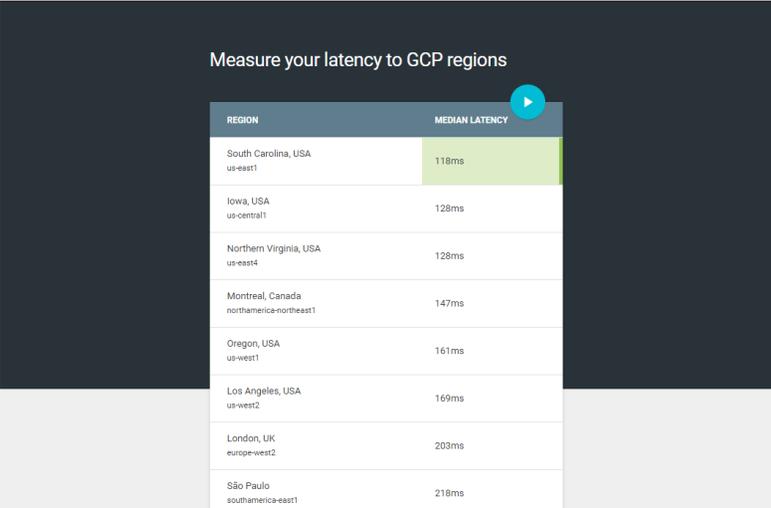
<p>IP privada revelada</p>	<p>Limitar el acceso, a los archivos que contengan la posible filtración de información sobre el servidor.</p>	<p>Se limita el acceso de los archivos que contienen la información sobre el servidor.</p> <pre> if test -d "\$MOODLE_FOLDER"; then if test -d "\$MOODLEDATA_FOLDER"; then echo '&gt;' start assigning permissions'  chown -R \$USER_ID:\$GROUP_ID \$MOODLE_FOLDER chmod 0755 \$MOODLE_FOLDER find \$MOODLE_FOLDER -type d -exec chmod 0755 {} \; find \$MOODLE_FOLDER -type f -exec chmod 0644 {} \; echo "&gt; moodle user:\$USER_NAME" group:\$GROUP_NAME echo '&gt;' moodle folders: 755' echo '&gt;' moodle files: 644'  chown -R \$USER_ID:\$GROUP_ID \$MOODLEDATA_FOLDER chmod 0700 \$MOODLEDATA_FOLDER find \$MOODLEDATA_FOLDER -type d -exec chmod 0700 {} \; find \$MOODLEDATA_FOLDER -type f -exec chmod 0600 {} \; echo "&gt; moodledata user:\$USER_NAME" group:\$GROUP_NAME echo '&gt;' moodledata folders: 700' echo '&gt;' moodledata files: 600'  echo "&gt; assigned moodle permissions" else echo \${RED}"&gt; ERROR: the folder "\$MOODLEDATA_FOLDER" not found."\${NORMAL} fi else echo \${RED}"&gt; ERROR: the folder "\$MOODLE_FOLDER" not found."\${NORMAL} fi </pre>
<p>Respuesta a urls por defecto</p>	<p>Realizar cambios en la configuración del servidor, para responder con un código Not Found, a las URL que no existan.</p>	<p>No se realiza ningún cambio, debido a que Moodle, tiene su propia configuración para responder a la petición Not Found.</p>
<p>HttpOnly flag no está habilitada</p>	<p>Habilitar la bandera HttpOnly en la configuración del servidor.</p>	<p>Se habilita en la configuración de Apache HTTP Server, la bandera HttpOnly.</p> <pre> Header always append X-Frame-Options SAMEORIGIN </pre>

**Anexo 11. Estimación de costo en los principales proveedores de nube**

Proveedor de nube	Características			Precio (USD)	Evidencia
	vCPU	RAM (GB)	SSD (GB)		
Google Cloud	1	3.5	120	29.70	 <p>The screenshot shows the AWS Pricing Calculator interface. At the top, it says 'aws pricing calculator' and 'My Estimate'. Below this, there are three summary boxes: 'First 12 months total' at 590.76 USD, 'Total upfront' at 0.00 USD, and 'Total monthly' at 49.23 USD. Under 'Services (1)', it lists 'Amazon EC2' in the 'US East (N. Virginia)' region. A 'Quick estimate' section shows the configuration: 'Operating system (Linux), Quantity (1), Storage for each EC2 instance (General Purpose SSD (gp2)), Storage amount (120 GB), Instance type (a1.large)'. The monthly cost is listed as 49.23 USD.</p>
Amazon AWS	2	4	120	49.23	 <p>This screenshot is identical to the one above, showing the AWS Pricing Calculator for an Amazon EC2 instance. The configuration is the same: 1 vCPU, 3.5 GB RAM, and 120 GB SSD. The monthly cost is 49.23 USD. The 'Quick estimate' section details the instance type as 'a1.large'.</p>

Microsoft Azure	1	3.5	128	40.17	 <p>The screenshot displays the Microsoft Azure pricing calculator interface. At the top, the navigation bar includes 'Microsoft Azure' and various menu items like 'Información general', 'Soluciones', 'Productos', 'Documentación', 'Precios', 'Formación', 'Marketplace', 'Asociados', 'Soporte', and 'Blog'. The main content area is titled 'Su presupuesto' and shows a total estimated cost of 39.22 US\$. The configuration includes 1 D1 virtual machine (1 vCPU, 3.5 GB RAM) with Linux - CentOS, 1 year of reserved pricing, and 1 system disk. The support level is set to 'Incluido' (Included) for 0.00 US\$. The license program is 'Contrato de Microsoft Online Services'. At the bottom, there are buttons for 'Exportar', 'Guardar', and 'Compartir', along with a currency selector set to 'Dólar estadounidense (USD)'.</p>
--------------------	---	-----	-----	-------	--

**Anexo 12. Prueba de latencia en los principales proveedores de nube**

Proveedor de nube	Evidencia																																													
<p>Amazon AWS</p>	 <p><b>AWS latency test</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Region code</th> <th>Region description</th> <th>Latency (ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>us-east-1</td><td>US East (N. Virginia)</td><td>96</td></tr> <tr><td>us-east-2</td><td>US East (Ohio)</td><td>121</td></tr> <tr><td>ca-central-1</td><td>Canada (Central)</td><td>139</td></tr> <tr><td>us-gov-west-1</td><td>GovCloud (US)</td><td>177</td></tr> <tr><td>us-west-1</td><td>US West (N. California)</td><td>178</td></tr> <tr><td>us-west-2</td><td>US West (Oregon)</td><td>188</td></tr> <tr><td>eu-west-2</td><td>EU (London)</td><td>194</td></tr> <tr><td>eu-west-1</td><td>EU (Ireland)</td><td>201</td></tr> <tr><td>sa-east-1</td><td>South America (São Paulo)</td><td>229</td></tr> <tr><td>eu-central-1</td><td>EU (Frankfurt)</td><td>248</td></tr> <tr><td>ap-northeast-1</td><td>Asia Pacific (Tokyo)</td><td>308</td></tr> <tr><td>ap-southeast-2</td><td>Asia Pacific (Sydney)</td><td>331</td></tr> <tr><td>ap-south-1</td><td>Asia Pacific (Mumbai)</td><td>337</td></tr> <tr><td>ap-northeast-2</td><td>Asia Pacific (Seoul)</td><td>347</td></tr> </tbody> </table>	Region code	Region description	Latency (ms)	us-east-1	US East (N. Virginia)	96	us-east-2	US East (Ohio)	121	ca-central-1	Canada (Central)	139	us-gov-west-1	GovCloud (US)	177	us-west-1	US West (N. California)	178	us-west-2	US West (Oregon)	188	eu-west-2	EU (London)	194	eu-west-1	EU (Ireland)	201	sa-east-1	South America (São Paulo)	229	eu-central-1	EU (Frankfurt)	248	ap-northeast-1	Asia Pacific (Tokyo)	308	ap-southeast-2	Asia Pacific (Sydney)	331	ap-south-1	Asia Pacific (Mumbai)	337	ap-northeast-2	Asia Pacific (Seoul)	347
Region code	Region description	Latency (ms)																																												
us-east-1	US East (N. Virginia)	96																																												
us-east-2	US East (Ohio)	121																																												
ca-central-1	Canada (Central)	139																																												
us-gov-west-1	GovCloud (US)	177																																												
us-west-1	US West (N. California)	178																																												
us-west-2	US West (Oregon)	188																																												
eu-west-2	EU (London)	194																																												
eu-west-1	EU (Ireland)	201																																												
sa-east-1	South America (São Paulo)	229																																												
eu-central-1	EU (Frankfurt)	248																																												
ap-northeast-1	Asia Pacific (Tokyo)	308																																												
ap-southeast-2	Asia Pacific (Sydney)	331																																												
ap-south-1	Asia Pacific (Mumbai)	337																																												
ap-northeast-2	Asia Pacific (Seoul)	347																																												
<p>Google Cloud</p>	 <p><b>Measure your latency to GCP regions</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>REGION</th> <th>MEDIAN LATENCY</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>South Carolina, USA us-east1</td><td>118ms</td></tr> <tr><td>Iowa, USA us-central1</td><td>128ms</td></tr> <tr><td>Northern Virginia, USA us-east4</td><td>128ms</td></tr> <tr><td>Montreal, Canada northamerica-northeast1</td><td>147ms</td></tr> <tr><td>Oregon, USA us-west1</td><td>161ms</td></tr> <tr><td>Los Angeles, USA us-west2</td><td>169ms</td></tr> <tr><td>London, UK europe-west2</td><td>203ms</td></tr> <tr><td>São Paulo southamerica-east1</td><td>218ms</td></tr> </tbody> </table>	REGION	MEDIAN LATENCY	South Carolina, USA us-east1	118ms	Iowa, USA us-central1	128ms	Northern Virginia, USA us-east4	128ms	Montreal, Canada northamerica-northeast1	147ms	Oregon, USA us-west1	161ms	Los Angeles, USA us-west2	169ms	London, UK europe-west2	203ms	São Paulo southamerica-east1	218ms																											
REGION	MEDIAN LATENCY																																													
South Carolina, USA us-east1	118ms																																													
Iowa, USA us-central1	128ms																																													
Northern Virginia, USA us-east4	128ms																																													
Montreal, Canada northamerica-northeast1	147ms																																													
Oregon, USA us-west1	161ms																																													
Los Angeles, USA us-west2	169ms																																													
London, UK europe-west2	203ms																																													
São Paulo southamerica-east1	218ms																																													

Microsoft Azure

## Azure Speed Test 2.0

Measuring the latency from your web browser to the Blob Storage Service in each of the Microsoft Azure Data Centers.

Data Center	Average Latency	History
 East US 2	102ms	
 East US	116ms	
 North Central US	127ms	
 Canada Central	138ms	
 South Central US	162ms	
 Central US	174ms	

### Anexo 13. Datos de la encuesta de UVIRTUAL

Marca temporal	Correo (registrado en UVIRTUAL)	¿Ha escuchado, leído o tiene conocimiento sobre el Proyecto de la Migración a Cloud Computing (nube) de la Plataforma UVIRTUAL del Programa de Ingeniería de Sistemas?	¿Desde cuándo se migró a la nube?	Por favor, a continuación, indique su grado de frecuencia con las siguientes proposiciones [Frecuencia con que ingresa y usa UVIRTUAL desde la UFPS]	Por favor, a continuación, indique su grado de frecuencia con las siguientes proposiciones [Frecuencia con que ingresa y usa UVIRTUAL desde su casa o fuera de la UFPS]	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia de tiempo de carga, velocidad y rendimiento de la plataforma UVIRTUAL desde la UFPS]	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia de tiempo de carga, velocidad y rendimiento de la plataforma UVIRTUAL desde su casa o fuera de la UFPS]	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia y satisfacción con la autenticación (inicio de sesión) único en UVIRTUAL usando el correo electrónico (Google y Microsoft)]	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia y satisfacción con la carga (upload) de archivos (hasta 100MegaBytes)]	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia y satisfacción con el uso de certificado digital SSL]	Por favor, a continuación, indique su grado de satisfacción con las siguientes proposiciones [Experiencia y satisfacción en general con la plataforma UVIRTUAL]
26/09/2019 6:07:55		Sí	Primer semestre de 2019	Siempre	Siempre	Regular	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
26/09/2019 11:32:58		Sí	Primer semestre de 2019	Siempre	Siempre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
26/09/2019 10:22:48		Sí	Primer semestre de 2019	Nunca	Casi nunca	Bien	Regular	Bien	Regular	Bien	Bien
26/09/2019 10:24:11		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	A veces	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 10:24:30		Sí	Primer semestre de 2019	A veces	A veces	Regular	Regular	Bien	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 10:24:39		No		Casi siempre	Casi siempre	Bien	Bien	Excelente	Bien	Excelente	Excelente
26/09/2019 10:26:03		Sí	Primer semestre de 2019	Siempre	A veces	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
26/09/2019 10:26:22		Sí	Junio del 2019	Casi siempre	A veces	Excelente	Excelente	Bien	Deficiente	Excelente	Bien
26/09/2019 10:27:57		Sí	Primer semestre de 2019	Siempre	Siempre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
26/09/2019 10:28:23		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Casi nunca	Bien	Bien	Bien	Regular	Bien	Bien
26/09/2019 10:31:32		No		A veces	A veces	Deficiente	Mal	Regular	Bien	Deficiente	Regular
26/09/2019 10:33:52		Sí	Junio del 2019	Casi siempre	Casi siempre	Bien	Excelente	Bien	Bien	Excelente	Bien

26/09/2019 10:35:08		Sí	Primer semestre de 2019	Siempre	Siempre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
26/09/2019 10:40:55		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	A veces	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 10:50:17		Sí	Junio del 2019	Casi siempre	Casi siempre	Excelente	Bien	Excelente	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 10:55:37		Sí	Primer semestre de 2019	A veces	Casi siempre	Bien	Bien	Excelente	Regular	Bien	Bien
26/09/2019 10:58:18		Sí	Primer semestre de 2019	Siempre	Siempre	Excelente	Excelente	Bien	Regular	Regular	Excelente
26/09/2019 11:01:06		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	Casi siempre	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 11:01:26		Sí	Junio del 2019	A veces	A veces	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 11:01:38		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	A veces	Bien	Regular	Mal	Regular	Bien	Bien
26/09/2019 11:03:37		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	Casi siempre	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Excelente
26/09/2019 11:32:35		Sí	Primer semestre de 2019	Siempre	A veces	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
26/09/2019 11:41:12		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	Casi siempre	Bien	Bien	Excelente	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 11:50:58		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Siempre	Regular	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
26/09/2019 11:53:41		Sí	Primer semestre de 2019	Siempre	Siempre	Bien	Bien	Excelente	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 11:59:29		Sí	Primer semestre de 2019	A veces	Casi nunca	Bien	Bien	Excelente	Excelente	Excelente	Bien
26/09/2019 12:19:15		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	A veces	Bien	Bien	Excelente	Bien	Excelente	Bien
26/09/2019 12:21:03		No		Casi nunca	Casi nunca	Regular	Regular	Regular	Deficiente	Regular	Regular
26/09/2019 12:33:58		Sí	Segundo semestre de 2018	Siempre	Siempre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
26/09/2019 12:46:29		No		Casi siempre	Casi siempre	Regular	Excelente	Bien	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 13:07:06		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Casi siempre	Excelente	Bien	Bien	Regular	Excelente	Bien
26/09/2019 13:12:46		Sí	Segundo semestre de 2018	Siempre	Siempre	Excelente	Excelente	Excelente	Bien	Bien	Excelente
26/09/2019 13:19:23		Sí	Junio del 2019	A veces	A veces	Regular	Regular	Bien	Regular	Regular	Regular
26/09/2019 13:37:01		Sí	Segundo semestre de 2018	Siempre	Siempre	Bien	Excelente	Bien	Regular	Regular	Bien
26/09/2019 13:51:54		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	A veces	Bien	Bien	Bien	Regular	Bien	Bien
26/09/2019 14:01:16		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	Casi siempre	Regular	Bien	Bien	Bien	Bien	Regular
26/09/2019 14:15:50		No		A veces	A veces	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien

26/09/2019 14:28:18		Sí	Primer semestre de 2019	Siempre	Casi siempre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Bien	Bien
26/09/2019 14:28:51		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Siempre	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 14:31:58		Sí	Primer semestre de 2019	A veces	Siempre	Excelente	Excelente	Regular	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 14:33:55		Sí	Segundo semestre de 2018	A veces	Casi siempre	Bien	Bien	Excelente	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 14:40:37		Sí	Segundo semestre de 2018	A veces	A veces	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 14:55:57		Sí	Junio del 2019	A veces	Casi siempre	Regular	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
26/09/2019 15:01:40		Sí	Segundo semestre de 2018	Nunca	Nunca	Mal	Mal	Mal	Regular	Mal	Mal
26/09/2019 15:26:39		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	A veces	Bien	Bien	Bien	Excelente	Excelente	Excelente
26/09/2019 15:52:46		Sí	Segundo semestre de 2018	A veces	Casi siempre	Bien	Bien	Bien	Deficiente	Bien	Bien
26/09/2019 16:43:13		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Siempre	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Bien	Excelente
26/09/2019 16:44:36		Sí	Segundo semestre de 2018	A veces	A veces	Excelente	Excelente	Bien	Excelente	Regular	Excelente
26/09/2019 16:56:15		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	A veces	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 17:09:30		No		Siempre	Siempre	Regular	Bien	Excelente	Regular	Regular	Bien
26/09/2019 18:47:04		Sí	Segundo semestre de 2018	Siempre	Casi siempre	Excelente	Bien	Excelente	Bien	Bien	Excelente
26/09/2019 19:09:31		Sí	Junio del 2019	A veces	Casi siempre	Bien	Bien	Excelente	Bien	Bien	Excelente
26/09/2019 21:40:52		Sí	Primer semestre de 2019	A veces	Casi siempre	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
26/09/2019 22:13:40		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	Casi siempre	Bien	Bien	Excelente	Excelente	Excelente	Bien
27/09/2019 6:45:28		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	Siempre	Bien	Excelente	Bien	Excelente	Bien	Excelente
27/09/2019 7:21:16		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	A veces	Regular	Regular	Bien	Mal	Bien	Regular
27/09/2019 10:05:22		Sí	Segundo semestre de 2018	A veces	Casi siempre	Bien	Bien	Excelente	Mal	Regular	Bien
27/09/2019 10:19:38		Sí	Junio del 2019	Siempre	Casi siempre	Excelente	Bien	Bien	Bien	Excelente	Bien
27/09/2019 10:33:53		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Casi siempre	Excelente	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
27/09/2019 10:56:43		No		A veces	A veces	Mal	Mal	Mal	Deficiente	Bien	Regular
27/09/2019 17:04:47		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Casi siempre	Regular	Bien	Bien	Regular	Regular	Bien
27/09/2019 20:43:12		Sí	Segundo semestre de 2018	Nunca	Nunca	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien

27/09/2019 21:07:07		No		Siempre	Casi siempre	Regular	Bien	Excelente	Bien	Bien	Bien
27/09/2019 22:06:49		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Casi siempre	Bien	Bien	Bien	Regular	Bien	Bien
28/09/2019 8:58:34		No		A veces	A veces	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
28/09/2019 16:37:08		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	A veces	Bien	Excelente	Excelente	Regular	Bien	Bien
28/09/2019 19:10:41		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Casi siempre	Bien	Bien	Excelente	Bien	Bien	Bien
29/09/2019 10:19:38		No		A veces	A veces	Regular	Regular	Bien	Regular	Regular	Regular
29/09/2019 17:03:48		Sí	Junio del 2019	Casi siempre	Siempre	Bien	Excelente	Regular	Bien	Bien	Bien
29/09/2019 19:06:06		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Casi nunca	Bien	Bien	Excelente	Regular	Regular	Bien
30/09/2019 6:03:57		Sí	Segundo semestre de 2018	Casi siempre	A veces	Bien	Bien	Excelente	Bien	Bien	Bien
30/09/2019 10:56:19		Sí	Junio del 2019	A veces	A veces	Bien	Bien	Excelente	Excelente	Bien	Bien
30/09/2019 13:51:35		No		Siempre	Casi nunca	Excelente	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
30/09/2019 16:21:01		No		Casi siempre	Casi siempre	Regular	Bien	Regular	Regular	Regular	Regular
30/09/2019 17:49:43		Sí	Primer semestre de 2019	Siempre	Casi siempre	Bien	Regular	Excelente	Regular	Bien	Bien
30/09/2019 18:13:47		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	A veces	Excelente	Bien	Excelente	Bien	Bien	Bien
30/09/2019 19:43:43		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Casi siempre	Excelente	Bien	Bien	Excelente	Bien	Excelente
1/10/2019 10:42:28		Sí	Primer semestre de 2019	Casi siempre	Casi siempre	Bien	Bien	Bien	Regular	Bien	Bien
1/10/2019 19:44:24		Sí	Primer semestre de 2019	Nunca	A veces	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
10/10/2019 16:29:10		Sí	Segundo semestre de 2018	Siempre	Casi siempre	Regular	Bien	Excelente	Bien	Regular	Excelente

## Anexo 14. Archivos de configuración de Nginx

```
user nginx;
worker_processes auto;
error_log /var/log/nginx/error.log;
pid /run/nginx.pid;

# Load dynamic modules. See /usr/share/nginx/README.dynamic.
include /usr/share/nginx/modules/*.conf;

events {
    worker_connections 1024;
}

http {
    log_format main '$remote_addr - $remote_user [$time_local] "$request" '
        '$status $body_bytes_sent "$http_referer" '
        '"$http_user_agent" "$http_x_forwarded_for"';

    access_log /var/log/nginx/access.log main;

    sendfile        on;
    tcp_nopush      on;
    tcp_nodelay     on;
    keepalive_timeout 65;
    types_hash_max_size 2048;

    include         /etc/nginx/mime.types;
    default_type    application/octet-stream;

    # Load modular configuration files from the /etc/nginx/conf.d directory.
    # See http://nginx.org/en/docs/nginx_core_module.html#include
    # for more information.
    include /etc/nginx/conf.d/*.conf;

    server {
        listen      80;
        listen      [::]:80;
        server_name _;
        root        /usr/share/nginx/html;

        # Load configuration files for the default server block.
        include /etc/nginx/default.d/*.conf;

        location / {
        }

        error_page 404 /404.html;
            location = /404.html {
        }

        error_page 500 502 503 504 /50x.html;
            location = /50x.html {
        }
    }
}
```

```
server {  
  
    server_name www.uvirtual.cloud.ufps.edu.co uvirtual.cloud.ufps.edu.co;  
  
    location / {  
  
        client_max_body_size 200m;  
        proxy_pass http://127.0.0.1:12000;  
        proxy_set_header Host $host;  
        proxy_set_header X-Real-IP $remote_addr;  
        proxy_set_header X-Forwarded-For $proxy_add_x_forwarded_for;  
        proxy_set_header X-Forwarded-Proto https;  
        proxy_ssl_name $host;  
        proxy_read_timeout 7d;  
        proxy_send_timeout 7d;  
  
    }  
  
    listen 443 ssl; # managed by Certbot  
    ssl_certificate /etc/letsencrypt/live/uvirtual.cloud.ufps.edu.co-0001/fullchain.pem; # managed by  
Certbot  
    ssl_certificate_key /etc/letsencrypt/live/uvirtual.cloud.ufps.edu.co-0001/privkey.pem; # managed by  
Certbot  
    include /etc/letsencrypt/options-ssl-nginx.conf; # managed by Certbot  
    ssl_dhparam /etc/letsencrypt/ssl-dhparams.pem; # managed by Certbot  
  
}  
  
    server {  
    if ($host = uvirtual.cloud.ufps.edu.co) {  
        return 301 https://$host$request_uri;  
    } # managed by Certbot  
  
        server_name www.uvirtual.cloud.ufps.edu.co uvirtual.cloud.ufps.edu.co;  
        listen 80;  
        return 404; # managed by Certbot  
  
}
```

```
server {  
  
    server_name www.vpl.cloud.ufps.edu.co vpl.cloud.ufps.edu.co;  
  
    location / {  
  
        proxy_pass http://127.0.0.1:4000;  
        proxy_set_header X-Forwarded-For $proxy_add_x_forwarded_for;  
        proxy_set_header Host $host;  
  
        proxy_http_version 1.1;  
        proxy_set_header Upgrade $http_upgrade;  
        proxy_set_header Connection "upgrade";  
  
    }  
  
    listen 443 ssl; # managed by Certbot  
    ssl_certificate /etc/letsencrypt/live/vpl.cloud.ufps.edu.co/fullchain.pem; # managed by Certbot  
    ssl_certificate_key /etc/letsencrypt/live/vpl.cloud.ufps.edu.co/privkey.pem; # managed by Certbot  
    include /etc/letsencrypt/options-ssl-nginx.conf; # managed by Certbot  
    ssl_dhparam /etc/letsencrypt/ssl-dhparams.pem; # managed by Certbot  
}  
  
server {  
    if ($host = vpl.cloud.ufps.edu.co) {  
        return 301 https://$host$request_uri;  
    } # managed by Certbot  
  
    server_name www.vpl.cloud.ufps.edu.co vpl.cloud.ufps.edu.co;  
    listen 80;  
    return 404; # managed by Certbot
```

## Anexo 2 Certificado de IV Encuentro Regional de Semilleros de Investigación





## Anexo 16. Certificado de XXI Encuentro Nacional y XV Internacional de Semilleros de Investigación




**XXI Encuentro Nacional y XV Internacional de Semilleros de Investigación**

La Fundación Red Colombiana de Semilleros de Investigación, RedCOLSI

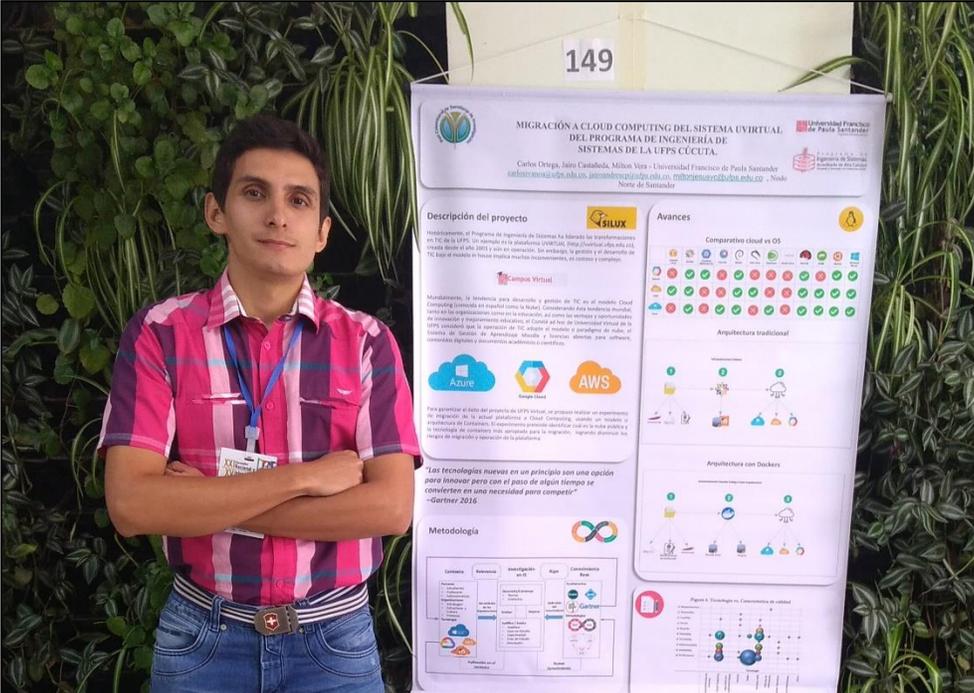
**CERTIFICA QUE:**  
**CARLOS IVAN ORTEGA ALVAREZ**  
participó en calidad de:  
**PONENTE**

en el XXI Encuentro Nacional y XV Internacional de Semilleros de Investigación,  
realizado del 11 al 14 de octubre de 2018 en Pasto, Colombia.

  
William Eduardo Suárez Fernández  
Coordinador Nacional

  
Franco Andrés Montenegro Coral  
Coordinador Nodo Nariño

**Conciencia para la Ciencia**



149

**MIGRACIÓN A CLOUD COMPUTING DEL SISTEMA UVIRTUAL DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UPFS CÚCUTA.**

Carlos Ortega, Jaime Castañeda, Milibon Vivero - Universidad Francisco de Paula Santander  
mailto:carlosortega@upfs.edu.co | milibonvivero@upfs.edu.co | JaimeCastaneda@upfs.edu.co | Node  
Node de Santander

**Descripción del proyecto**

Actualmente, el Programa de Ingeniería de Sistemas ha liderado la transformación en TIC de la UPFS. Se cuenta con la plataforma virtual, pero durante años se está usando desde el año 2005 y aún se soporta. Se requiere la gestión y el desarrollo de TIC que el modelo de física muestra muchos inconvenientes, en costos y tiempos.

**Avances**

Comparativa cloud vs OS

Categoría	Cloud	OS
Costo	✓	✗
Seguridad	✓	✗
Escalabilidad	✓	✗
Flexibilidad	✓	✗
Disponibilidad	✓	✗
Integración	✓	✗
Automatización	✓	✗
Resiliencia	✓	✗
Control de acceso	✓	✗
Actualización	✓	✗
Soporte	✓	✗
Integración de servicios	✓	✗
Integración de dispositivos	✓	✗
Integración de aplicaciones	✓	✗
Integración de datos	✓	✗
Integración de redes	✓	✗
Integración de usuarios	✓	✗
Integración de dispositivos móviles	✓	✗
Integración de dispositivos de red	✓	✗
Integración de dispositivos de almacenamiento	✓	✗
Integración de dispositivos de impresión	✓	✗
Integración de dispositivos de seguridad	✓	✗
Integración de dispositivos de monitoreo	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de recursos	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de energía	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de espacio	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de tiempo	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de calidad	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de riesgo	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de reputación	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de imagen	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de marca	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de cultura	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de valores	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de ética	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de responsabilidad social	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de sostenibilidad	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de innovación	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de talento humano	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de liderazgo	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de comunicación	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de marketing	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de ventas	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de atención al cliente	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de logística	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de operaciones	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de producción	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de distribución	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de finanzas	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de recursos humanos	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de tecnología	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de innovación	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de sostenibilidad	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de responsabilidad social	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de ética	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de valores	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de cultura	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de liderazgo	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de comunicación	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de marketing	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de ventas	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de atención al cliente	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de logística	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de operaciones	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de producción	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de distribución	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de finanzas	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de recursos humanos	✓	✗
Integración de dispositivos de gestión de tecnología	✓	✗

**Metodología**

Las tecnologías nuevas en un principio son una opción para innovar pero con el paso de algún tiempo se convierten en una necesidad para competir.  
-Gartner 2016

## Anexo 17. Evidencia de ¿UVIRTUAL en la nube?

**M**

Become a member [Sign in](#) [Get started](#)



### ¿ UVIRTUAL en la Nube ☁ ?

 Ingeniería de Sistemas Cloud [Follow](#)

Mar 13, 2019 · 6 min read

[Twitter](#) [Facebook](#) [Bookmark](#)

...

“Si he logrado ver más lejos, ha sido porque he subido a hombros de gigantes” — Isaac Newton.

...

## Anexo 18. Certificado de VII Encuentro de Semilleros de Investigación



**Anexo 19. Certificado de MoodleMoot 2019**

## Anexo 20 Certificado de Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería







## Anexo 21. Certificado de Conferencia TICAL y 3er Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia





**Anexo 22. Certificado de ExpoCiencias Nacional Nuevo León**



## Anexo 23. Certificado del Décimo Día Virtual de Ingeniería en Sistemas Computacionales






---



**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
A TRAVÉS DEL  
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN**

OTORGA EL PRESENTE

# RECONOCIMIENTO

**a: Jairo Andrés Castañeda Pacheco**

---

Por su participación en el Décimo Día Virtual de Ingeniería en Sistemas Computacionales con el tema:

**Volando entre nubes: un proceso experimental de trabajar con Cloud Computing.**

Teziutlán, Puebla  
15 de octubre de 2019  
Atentamente  
"La Juventud de Hoy, Tecnología del Mañana"



Mtra. Arminda Juárez Arroyo  
DIRECTORA GENERAL



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
S.E.P.  
GOBIERNO DEL ESTADO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO  
SUPERIOR DE TEZIUTLÁN  
DIRECCIÓN GENERAL

# 10 Decimo día virtual

Sistemas relacionados con Aeronaves, las estrellas y el Internet de las Cosas así como expectativas Laborales, estadías y posgrados.

SEP SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO  
PUEBLA

TEC de Teziutlán

Lugar sala de videoconferencia

Sistemas Computacionales

**15 de Octubre**  
**10 de la mañana**

**Transmisión en vivo**

f LIVE  
CANAL TEC DE TEZIUTLAN

YouTube  
Tec de Teziutlán

**Participar en vivo por videoconferencia y en redes sociales**

**Arquitectura de Internet de las Cosas (IoT)**  
Héctor Vicenteño Rivera  
Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán  
10:00 a 10:40hrs.

**Volando entre nubes: un proceso experimental de trabajar con Cloud Computing**  
Jairo Andres Castañeda Pacheco  
Universidad Francisco de Paula Santander (Colombia)  
11:00 a 11:40hrs.

**Mi experiencia en la NASA**  
Jonathan Cristihan Sánchez Pérez  
Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo (Estado de Hidalgo)  
12:00 a 13:30hrs.

**Panel: Experiencia en el extranjero y en estudios de posgrado**  
Mariano Gibran Montero Colio  
Estudiante de Intercambio en la República de Colombia  
Edgar Moises Hernández  
Estudiante de Posgrado en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE)  
13:30 a 14:30hrs.

**Informes:**  
M.Sc. Lilia Adriana Ibañez Salas  
División de Ingeniería en Sistemas Computacionales  
M.Sc. Heriberto Hernández Rodríguez  
Coordinación de Educación a Distancia  
Tel. (291) 31 140 00 Ext. 604

[www.itsteziutlan.edu.mx](http://www.itsteziutlan.edu.mx)

**Anexo 24. Entrevista UFPS Cúcuta**

