

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**“Modelo de Calidad de Servicios basado en la ISO/IEC 25011 para un Sistema de Gestión de Aprendizaje: Una Aplicación en la Industria.”**

Tesis para optar el grado de Magister en Informática con mención en Ingeniería de Software que presenta

**Jaime Eduardo Medina Delgado**

Dirigido por

**Mg. Abraham Eliseo Dávila Ramón**

San Miguel, 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi gratitud a mi profesor Abraham Dávila, quién es un gran maestro y asesor, que a pesar del periodo de dificultades que presentó ante la emergencia sanitaria ocasionada por el COVID-19, continuó apoyándome en la realización de esta tesis.

A mi esposa por alentarme en el desarrollo de mi tesis y a cada uno de los integrantes de mi familia, mis padres quienes son mi ejemplo de superación, y mi hermana que espero servirle de motivación.

A todos, muchas gracias.



## **RECONOCIMIENTOS**

Como parte del trabajo de tesis se elaboró el artículo titulado "Quality of Service Evaluation of a Learning Management System using ISO/IEC 25011: A Prioritization Strategy" que ha sido aceptado y expuesto en el 8th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT 2020).

Este trabajo ha sido parcialmente soportado por el Departamento de Ingeniería y el Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software (GIDIS) de la Pontificia Universidad Católica del Perú.



## RESUMEN

La educación en línea ha pasado por grandes cambios tras la masificación del Internet y los dispositivos móviles, así como el posicionamiento de los sistemas de gestión de aprendizaje (LMS). Sin embargo, la calidad del servicio de éstos, todavía presenta ciertas dificultades, pues así lo manifiestan los estudiantes y docentes.

El objetivo del estudio es definir un modelo de calidad basada en la ISO/IEC 25011, con la participación de varios actores y el uso de una técnica de priorización para el caso de un sistema de gestión de aprendizaje de un emprendimiento que ha desarrollado su propio LMS.

Para este trabajo se realizó un mapeo sistemático de la literatura y un estudio de caso aplicando el Proceso Analítico Jerárquico (AHP del inglés Analytical Hierarchical Process) para determinar la priorización de las mejoras.

Se identificaron las características de calidad de servicio, como atributo del servicio, basadas en la ISO/IEC 25011, bajo el contexto de los sistemas de gestión de aprendizaje considerando a grupos de interés relevantes y usando el AHP para la priorización.

El modelo establecido y la priorización realizada, permitieron identificar que el sistema de gestión del aprendizaje del emprendimiento tiene como característica más importante la disponibilidad, el servicio más relevante el aula virtual.

**Palabras clave: LMS, E-learning, plataformas digitales, educación a distancia, Measurement of IT service quality**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de calidad de servicio, enfoque calidad de servicio en uso

Figura 2. Modelo de Calidad de Servicio, enfoque de calidad de servicio como servicio.



## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Descripción de términos asociados a LMS
- Tabla 2.** Principales características de los LMS
- Tabla 3.** Factores que pueden generar problemas en LMS según perspectiva de instructores
- Tabla 4.** Características de modelo de calidad de servicio en uso, adaptado de ISO/IEC 25011
- Tabla 5.** Características de modelo de calidad de servicio como atributo
- Tabla 6.** Escala de niveles de importancia para comparación por pares
- Tabla 7.** Etapas del proceso analítico jerárquico
- Tabla 8.** Características funcionales LMS I
- Tabla 9.** Características funcionales del LMS II
- Tabla 10.** Criterios de análisis de formación en línea
- Tabla 11.** Preguntas de investigación definidas para el Mapeo sistemático de la literatura
- Tabla 12.** Términos de búsqueda de estrategia PICO
- Tabla 13.** Cantidad de resultados y cadenas de búsqueda según base de datos
- Tabla 14.** Investigaciones seleccionadas de estrategia PICO
- Tabla 15.** Características de Calidad de Servicio estudiadas
- Tabla 16.** Fases y etapas del caso usado en ProCal-Proser
- Tabla 17.** Cuestionario aplicado a docentes, estudiantes y personal administrativo
- Tabla 18.** Subcaracterísticas propuestas para los LMS según perfil
- Tabla 19.** Sub-características de calidad de mayor relevancia para el LMS
- Tabla 20.** Servicios del LMS considerados en el estudio
- Tabla 21.** Matriz de comparación por pares de los criterios de calidad de servicio

**Tabla 22.** Matriz de comparación respecto al criterio "Compleitud"

**Tabla 23.** Matriz de comparación respecto al criterio "Exactitud"

**Tabla 24.** Matriz de comparación respecto al criterio "Oportunidad"

**Tabla 25.** Matriz de comparación respecto al criterio "Adecuación"

**Tabla 26.** Matriz de comparación respecto al criterio "Disponibilidad"

**Tabla 27.** Matriz de comparación respecto al criterio "Profesionalismo"

**Tabla 28.** Matriz de comparación respecto al criterio "Operabilidad"

**Tabla 29.** Matriz de prioridades de los servicios del LMS



## LISTA DE SIGLAS

**MSL:** Mapeo Sistemático de la Literatura

**LMS:** Learning Management System

**AHP:** Analytic Hierarchy Process

**ISO/IEC:** International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission.



## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	2
RECONOCIMIENTOS .....	3
RESUMEN .....	4
LISTA DE FIGURAS .....	5
LISTA DE TABLAS .....	6
LISTA DE SIGLAS .....	8
ÍNDICE GENERAL .....	9
1 INTRODUCCIÓN .....	10
2 MARCO DE REFERENCIA .....	11
2.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE APRENDIZAJE (LMS) .....	11
2.2 MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO ISO/IEC 25011 .....	13
2.3 PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO .....	18
3 ESTADO DEL ARTE .....	19
3.1 PROBLEMAS DE OPERACIÓN DE LMS .....	20
3.2 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL LMS .....	21
3.3 MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO DE UN LMS .....	22
4 DEFINICIÓN DEL ESTUDIO DE CASO .....	29
5 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO .....	36
6 REFERENCIAS .....	37

# 1 INTRODUCCIÓN

La educación, en la última década, ha pasado por grandes cambios, donde cada vez más la tecnología ha sido incluida en los procesos educativos. En ese contexto, la Internet es la tecnología más usada (Süral, 2010) y los móviles los nuevos actores (Khan, Al-Shihi, Al-Khanjari, & Sarrab, 2015).

Para afrontar de alguna manera estos cambios, se han desarrollado los sistemas de gestión de aprendizaje (más conocidos por sus siglas en inglés como LMS de Learning Management System). Estos LMS son herramientas que ayudan a facilitar el aprendizaje de los estudiantes, mejorar el rendimiento del docente y reducir costos educativos (Jafari, Salem, Moaddab, & Salem, 2016). Sin embargo, este tipo de plataformas no están estandarizadas y en ocasiones éstas no suelen cumplir con las características de calidad esperada por los estudiantes (Cigdemoglu, Arslan, & Akay, 2011).

De otro lado, la calidad en uso es definida, en el modelo de calidad de servicio ISO/IEC 25011, como la calidad que el usuario puede percibir del nivel del servicio para cubrir sus objetivos con eficiencia y satisfacción (Savchenko, Radchenko, & Taipale, 2015). Este modelo está conformado por ocho características de servicios (Savchenko et al., 2015): idoneidad, usabilidad, seguridad, confiabilidad, tangibilidad, sensibilidad, adaptabilidad y mantenibilidad. Características que pueden ser aplicadas al contexto de los LMS, exceptuando a la tangibilidad por ser un software.

En un estudio sobre LMS, realizado en la Universidad de Guadalajara, se propuso a la usabilidad como característica de calidad principal, así como a un conjunto de atributos: capacidad de búsqueda, comunicabilidad, fiabilidad, facilidad de configuración, diseño, compresión, facilidad en uso y navegabilidad (MedinaFlores & Morales-Gamboa, 2015). Además, según (Tjong, Magdalena, Sugandi, & Evelyn, 2018), tras el resultado de su análisis, determinó que la satisfacción del usuario y su productividad del proceso de aprendizaje está relacionada con el oportuno y rápido acceso a la plataforma.

Se aprecia a partir de las experiencias recogidas (Medina-Flores & Morales-Gamboa, 2015) (Tjong et al., 2018), que la aplicación de un modelo de calidad contribuye a identificar características que son de interés para determinar algunos tipos de usuario, en este caso los estudiantes y docentes que interactúan con la plataforma. La idea de aplicar un modelo de calidad debe ayudar a encontrar aspectos no funcionales que son más apreciados por todos los involucrados.

En este estudio se propone realizar un modelo de calidad de servicio basado en la ISO/IEC 25011 para un LMS desarrollado internamente determinado y priorizando las características en el contexto de un emprendimiento en Lima, Perú. La tesis se organiza de la siguiente manera: En la Sección 2, se presenta el marco conceptual del estudio; en la Sección 3, el estado del arte referido a los LMS y la aplicación de calidad en dicho contexto; en la Sección 4, la metodología de investigación donde se define las preguntas de investigación; en la Sección 5, la evaluación del modelo de calidad en uso a través de la técnica de priorización del proceso jerárquico; en la Sección 6, la obtención de resultados, y en la sección 7, se presenta la discusión final y trabajo futuro.

## **2 MARCO DE REFERENCIA**

En esta sección se presentan conceptos relacionados a Sistema de Gestión del Aprendizaje (conocido como LMS), la calidad de servicio definido en la ISO/IEC 25011 y un estudio de mapeo sobre calidad de servicios en el contexto de los LMS.

### **2.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE APRENDIZAJE (LMS)**

Un sistema de gestión del aprendizaje o LMS es un software que incluye un conjunto de servicios que asiste a los docentes con la gestión del curso, en el proceso de enseñanza e interacción con los usuarios (Ouadoud, Nejjari, Chkouri, & El Kadiri, 2018). Según (Süral, 2010) existen diversos términos asociados a los LMS, que se han mantenido en inglés para facilidad de esta investigación y que se presentan junto a su abreviatura y definición en la Tabla 1.

<b>Término</b>	<b>Siglas</b>	<b>Definición</b>
Learning Content Management System	LCMS	Entorno por el cual los creadores de contenido pueden crear, almacenar, reusar, gestionar y entregar contenido desde un repositorio central.
Learning Management System	LMS	Entorno por el cual los usuarios de los contenidos pueden gestionar contenido necesario para el proceso de aprendizaje.
Authoring Tool	AT	Herramienta para crear objetos de aprendizaje reutilizables para que sean accesibles en el repositorio central.
Learning Object Repository	LOR	Base de datos central donde el contenido es almacenado y gestionado.
Delivery Interface	DI	Permite distribuir los objetos de aprendizaje según el usuario del LMS. Estos comprenden consultas, evaluaciones y fuentes de información.
Administrative Application	AA	Aplicación necesaria para gestionar la creación de catálogos de cursos, reportes del progreso de los estudiantes, y funciones administrativas.

Tabla 1 - Descripción de términos asociados a LMS, adaptado de (Süral, 2010).

Un LMS es percibido como un software que usa internet como medio de soporte en el proceso educativo y puede ser utilizado en instituciones educativas, así como también en corporaciones para capacitar a sus empleados (Al-Busaidi & Al-Shihi, 2009).

Las principales características según (Medina-Flores & Morales-Gamboa, 2015) de los LMS son las descritas en la Tabla 2.

<b>Característica</b>	<b>Definición</b>
Multiplataforma	Característica que permite que el software pueda operar en diferentes sistemas operativos.
Soporte multimedia	Característica que permite contenido como videos, imágenes, animaciones, etc.
Usabilidad	Característica que permite resolver las necesidades de sus usuarios.

Tabla 2 – Principales características de los LMS, adaptado de (Medina-Flores & MoralesGamboa, 2015).

Además, en la Tabla 3 se describe según la perspectiva de los instructores, los factores que pueden generar problemas de aceptación del LMS (Al-Busaidi & AlShihi, 2009).

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Autoeficacia	Es el grado de uso correcto que los docentes presentan con el LMS.
Actitud del instructor	Factor que influye directamente con el grado de aceptación del LMS.
Experiencia con el uso de la tecnología	Se refiere a la habilidad que el docente presente usando herramientas tecnológicas educativas.
Estilo de enseñanza	Factor crítico para el aprendizaje.

Tabla 3 – Factores que pueden generar problemas en LMS según perspectiva de instructores, adaptado de (Al-Busaidi & Al-Shihi, 2009).

## 2.2 MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO ISO/IEC 25011

La calidad de servicios es un aspecto interesante que se aborda en el estándar ISO/IEC 25011 (Systems and software Quality Requirements and Evaluation SQuaRE). Existe dos enfoques que se mencionan en esta norma, los cuales se describen a continuación:

**Calidad en uso:** Este enfoque se basa en la satisfacción que las personas obtienen tras utilizar el producto o servicio ofrecido para determinar si logra satisfacer sus necesidades o cumplir con sus objetivos (ISO/IEC, 2017). Las características y sub-características de calidad, se muestran en la Figura 1 y se definen en la Tabla 4.

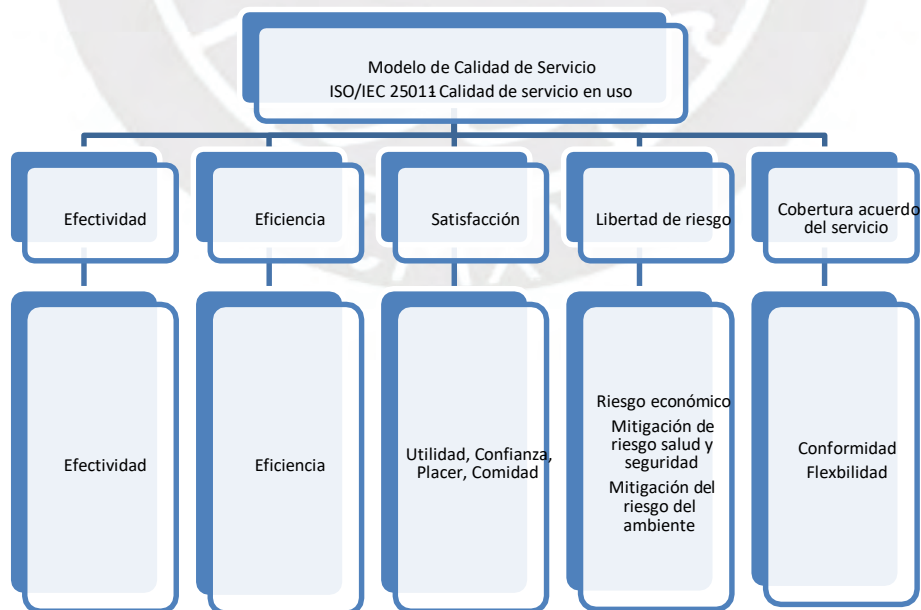


Figura 1 – Modelo de calidad de servicio, enfoque calidad de servicio en uso, adaptado de ISO/IEC 25011

<b>Calidad de servicio en uso</b>	
<b>Características</b>	<b>Sub-características</b>
Efectividad	Efectividad
Eficiencia	Eficiencia
Satisfacción	Utilidad, Confianza, Placer, Comodidad
Libertad del riesgo	Riesgo económico, Mitigación de riesgo salud y seguridad, Mitigación del riesgo del ambiente
Cobertura acuerdo del servicio	Conformidad, Flexibilidad.

Tabla 4 – Características de modelo de calidad de servicio en uso, adaptado de ISO/IEC 25011

Se presentan las definiciones de las sub-características de calidad de la ISO/IEC 25011 para el enfoque de calidad de servicio en uso.

**Efectividad:** Capacidad para cumplir el objetivo del sistema.

**Eficiencia:** Comprende el uso de recursos en relación con la exactitud y completitud para lograr los objetivos del sistema.

**Utilidad:** Grado de satisfacción del usuario con su logro percibido.

**Confianza:** Grado que el usuario tiene seguridad que el producto o servicio se comportará según lo previsto.

**Placer:** Grado que el usuario percibe al satisfacer sus necesidades personales.

**Comodidad:** Grado que el usuario está satisfecho con el bienestar físico.

**Libertad Riesgo económico:** Grado que el producto o sistema mitiga el riesgo financiero.

**Mitigación de riesgo salud y seguridad:** Grado que el producto o sistema mitiga otros riesgos que comprometan la salud y seguridad.

**Mitigación de riesgo ambiental:** Grado que el producto o sistema mitiga el riesgo potencial que pueda ocasionar al medio ambiente.

**Conformidad:** Grado que el sistema puede usarse con eficacia, eficiencia, ausencia de riesgo y satisfacción en todos los contextos especificados.

**Flexibilidad:** Grado que el producto o sistema se puede cambiar con eficacia, eficiencia, ausencia de riesgo y satisfacción en contextos más allá de los inicialmente especificados.

**Calidad de servicio como atributo del servicio:** Este enfoque considera que los servicios son evaluados en función a sus características operativas (ISO/IEC, 2017). Las características y sub-características de calidad se muestran en la Figura 2 y se definen en la Tabla 5.

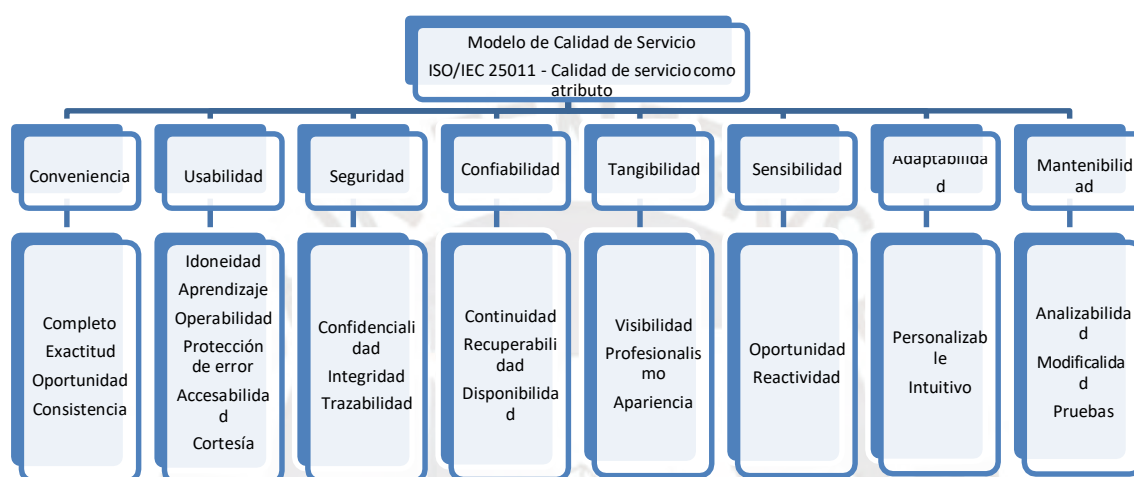


Figura 2 – Modelo de Calidad de Servicio, enfoque de calidad de servicio como servicio, adaptado de ISO/IEC 25011.

Calidad de servicio como atributo	
Características	Sub-características
Conveniencia	Compleitud, Exactitud, Oportunidad, Consistencia
Usabilidad	Idoneidad, Aprendizaje, Operabilidad, Protección de error, Accesabilidad, Cortesía
Seguridad	Confidencialidad, Integridad, Trazabilidad
Confiabilidad	Continuidad, Recuperabilidad, Disponibilidad
Tangibilidad	Visibilidad, Profesionalismo, Apariencia
Sensibilidad	Oportunidad, Reactividad
Adaptabilidad	Personalizable, Intuitivo
Mantenibilidad	Analizabilidad, Modificabilidad, Pruebas

Tabla 5 – Características de modelo de calidad de servicio como atributo, adaptado de ISO/IEC

Se presentan las definiciones de las sub-características de calidad de la ISO/IEC 25011 para el enfoque de calidad de servicio como atributo:

**Completitud:** Se utiliza para evaluar el grado en que las medidas de integridad de los servicios de TI cumplen con las necesidades establecidas.

**Exactitud:** Se utiliza para evaluar el grado en que un servicio de TI utiliza el proceso correcto y produce los resultados correctos con datos precisos.

**Adecuación:** Se utiliza para evaluar el grado en que un servicio de TI proporciona resultados que son apropiados para las necesidades del usuario.

**Consistencia:** Se utiliza para evaluar el grado en que los servicios relacionados o similares brindan una calidad constante.

**Reconocibilidad de idoneidad:** Se utiliza para evaluar el grado en que los usuarios pueden reconocer si un servicio es apropiado para sus necesidades.

**Capacidad de aprendizaje:** Se utiliza para evaluar el grado en que los usuarios pueden aprender de un servicio informático.

**Operabilidad:** Se utiliza para evaluar el grado en que un servicio de TI tiene atributos que facilitan su operación y control.

**Protección de error al usuario:** Se utiliza para evaluar el grado en que un servicio de TI protege a los usuarios contra errores.

**Accesibilidad:** Se utiliza para evaluar el grado en que un servicio de informática puede ser utilizado por personas para lograr un objetivo específico en un contexto de uso específico.

**Cortesía:** Se utiliza para evaluar el grado en que se presta el servicio de manera educada, respetuosa y amigable.

**Confidencialidad:** Se utiliza para evaluar el grado en que el servicio asegura que los datos sean accesibles solo para aquellos usuarios autorizados.

**Integridad:** Se utiliza para evaluar el grado en que el servicio previene acceso no autorizado o modificación de datos accidentalmente.

**Trazabilidad:** Se utiliza para evaluar si los resultados del servicio se pueden rastrear.

**Continuidad:** Se utiliza para evaluar el grado en que se presta el servicio en todas las circunstancias previsibles, incluida la mitigación del riesgo resultante de la interrupción del servicio.

**Recuperabilidad del servicio TI:** Se utiliza para evaluar el grado de recuperación en caso de interrupción o falla o desastre del sistema.

**Disponibilidad:** Se utiliza para evaluar el grado en que un servicio de TI está disponible para los usuarios cuando sea necesario.

**Visibilidad:** Se utiliza para evaluar el grado en que los aspectos tangibles del servicio informático se comunican y se apoyan.

**Profesionalismo:** Se utiliza para evaluar el grado en que el contenido del servicio se basa en la educación, habilidad, experiencia y calificación apropiadas.

**Apariencia de la interfaz del servicio de TI:** Se utiliza para evaluar el grado en que la interfaz del servicio tiene una apariencia u otras propiedades físicas que son agradables y satisfactorias para el usuario.

**Oportunidad:** Se utiliza para evaluar el grado en que los resultados del servicio se encuentren dentro de los límites de tiempo esperados.

**Reactividad:** Se utiliza para evaluar el grado en que el servicio de respuesta rápida responde a las solicitudes de los usuarios.

**Personalizable:** Se utiliza para evaluar el grado en que el servicio se puede personalizar a petición del usuario.

**Intuitivo:** Se utiliza para evaluar el grado en que el servicio reconoce los objetivos de los usuarios y el servicio sugiere cambios para satisfacer las necesidades de ellos.

**Analizabilidad:** Se utiliza para evaluar el grado que un servicio permite ser analizado.

**Modificabilidad:** Se utiliza para evaluar el grado en que un servicio de TI puede modificarse de manera efectiva y eficiente sin defectos o degradando la calidad del servicio existente.

**Pruebas:** Se utiliza para evaluar el grado de efectividad y la eficiencia con la que se pueden establecer los criterios de prueba para un servicio informático y determinar si se han cumplido esos criterios.

Considerando que un aspecto importante para un LMS es el servicio brindado, este estudio se realizó desde la segunda perspectiva, calidad de servicio como atributo del servicio.

### 2.3 PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO

El proceso analítico jerárquico (AHP del inglés Analytical Hierarchical Process) es un análisis de criterio múltiple desarrollado para tomar decisiones con múltiples criterios. El AHP permite la resolución de problemas complejos mediante comparación de pares, los cuales están asociados a una escala de medición con un significado establecido, que se presentan en la Tabla 6 (Saaty, 2008).

<b>Intensidad de importancia</b>	<b>Definición</b>
1	Igual importancia
3	Importancia moderada
5	Importancia fuerte
7	Importancia muy fuerte
9	Importancia extrema
2,4,6,8	Importancia
Recíprocos	Valores intermedios entre los dos juicios adyacentes.
Relaciones	Relaciones que surgen de la escala

Tabla 6 – Escala de niveles de importancia para comparación por pares

La técnica AHP implica trabajar con varias matrices, según al número de criterios establecidos y una secuencia de pasos detallados para obtener una lista ordenada de prioridades alternativas (Saaty, 2008). En ingeniería de software, se ha utilizado para priorizar los requisitos de software (Fadoua Fellir, Khalid Nafil, 2014), (Sadiq, Khan, & Mohammad, 2018), (Dhingra, Savithri, Madan, & Manjula, 2016) y aplicado a modelos de calidad de productos de software.

Para aplicar el proceso jerárquico de análisis (AHP) primero debemos definir la formulación del problema de decisión, seguido de valorar los elementos emitiendo un juicio en valor a los niveles establecidos, posteriormente el cálculo de prioridad de cada elemento y finalmente establecer una matriz conjunta para llegar a la meta planteada inicialmente (Polo, 2018).

### 2.3.1 ETAPAS DEL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP)

El método AHP permite representar de manera gráfica la información respecto a un problema o decisión a tomar, mediante un modelo jerárquico (Polo, 2018). Para ello el proceso se estructura en las siguientes etapas descritas en la tabla 7

<b>Etapas</b>	<b>Definición</b>
Formulación del problema de decisión	Conformado por objetivo, criterios y alternativas.
Valoración de los elementos	Se establece un valor a la preferencia de cada uno de los niveles establecidos (criterios y alternativas).
Cálculo de prioridad de cada elemento	Rangos numéricos positivos medidos en una escala.
Agregación de las alternativas con los criterios	Elaboración de una matriz conformada por la prioridad de cada elemento.

Tabla 7 – Etapas del proceso analítico jerárquico

## 3 ESTADO DEL ARTE

Para establecer el estado del arte, se realizó un mapeo sistemático de la literatura que se describe en mayor detalle en la sección 3.3 sobre los LMS y sus características funcionales.

Los LMS más representativos son usados en escuelas de educación superior y se pueden categorizar en propietarios, de código libre, basados en la nube e híbridos siendo los más representativos (Abuhlfaia & de Quincey, 2019) (Raga & Rodavia, 2018): WebCT, Blackboard, CourseWork, D2L, Moodle y Sakai.

También en el estudio (Jafari et al., 2016) se investigaron los factores que influyen en el éxito de los LMS a través de: i) la examinación de la relación entre los resultados de los estudiantes y la calidad de información; ii) la calidad del sistema y la preparación para el aprendizaje en línea; y, iii) la satisfacción del usuario. Los encuestados elegidos fueron estudiantes universitarios de la Universidad de Tecnología Creativa de Limkokwing en Malasia (Jafari et al., 2016).

Por otro lado, en la universidad de Binus en Indonesia, se discutió la usabilidad del aprendizaje en línea en la educación superior, con el propósito de evaluar la

usabilidad web mediante el uso de cuestionarios para medir la percepción del aprendizaje de los usuarios (Pangestu & Karsen, 2017).

Además, en el análisis de la plataforma digital de aprendizaje en línea del Tecnológico de Costa Rica (Gomez-Roman & Mata-Ortega, 2018), se identificó factores importantes que afectan a la percepción de la calidad del usuario final, los que comprenden: la cantidad de cambios realizados a herramientas en producción, tiempo invertido en revisiones y cantidad de reportes de incidentes.

### **3.1 PROBLEMAS DE OPERACIÓN DE LMS**

Con el avance tecnológico a nivel mundial en la última década, la adopción de los LMS puede verse afectada por algunos factores que impidan su correcta aceptación en las organizaciones, estos factores según (Abdallah Nahel A O, Abdul Rahman Ahlan, 2017) comprenden: factores del usuario, factores organizacionales, factores del instructor, factores sociales y factores tecnológicos.

En ese sentido, existen modelos de investigación que estudian los LMS para determinar su adopción en la organización como: el modelo de aceptación de tecnología o TAM (por sus siglas en inglés como Technology Acceptance Model) (Abdallah Nahel A O, Abdul Rahman Ahlan, 2017), los estudios de caso desde una perspectiva empírica (Jafari et al., 2016), o una revisión de literatura desde una perspectiva bibliográfica (Ouadoud et al., 2018).

Otros problemas comunes son: i) el estudiante puede aprender información teórica sobre un tema, sin embargo, para realizar la práctica podrían encontrar impedimentos si es necesario de materiales físicos como laboratorios especializados; y, ii) los LMS no suelen adaptarse a todos los estilos de enseñanza de los profesores (Raga & Rodavia, 2018).

La usabilidad es esencial para que el LMS sea un medio en el proceso de aprendizaje e integración en una comunidad (Medina-Flores & Morales-Gamboa, 2015), y el diseño de la interfaz gráfica de usuario afecta cómo se organiza la información (Dzandu & Tang, 2015).

Finalmente, en una universidad en Rusia, en el estudio de aprender un idioma extranjero mediante un LMS, encontró que las principales dificultades que los usuarios presentaron fueron: problemas con la interfaz y errores técnicos (Lyashenko & Malinina, 2015).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL LMS

Según la evaluación de usabilidad de expertos (Medina-Flores & MoralesGamboa, 2015), un software de gestión de aprendizaje tiene ciertas características descritas en la Tabla 8.

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Multiplataforma	Permitir la interoperabilidad entre diferentes hardware y sistemas operativos
Basado en un navegador web	LMS pueda ser accedido a través de un navegador web.
Arquitectura Cliente Servidor	El software es proporcionado desde el servidor, no se necesita de instalar software adicional en dispositivos de los usuarios.
Soporte multimedia	Característica que permite al usuario interactuar con archivos en diferentes formatos como texto, video, audio, etc.
Accesos restringidos	Los usuarios deben identificarse y necesitan de autorizaciones para usar el software.
Interfaz gráfica de usuario	Característica necesaria para interactuar con el LMS mediante una interfaz visual.
Gestión de información del usuario	Permitir la capacidad de almacenar, modificar, eliminar documentos con facilidad.
Interacción y comunicación	Permitir la facilidad de interacción y comunicación entre los diferentes usuarios a través de diferentes herramientas y espacios de trabajo.

Tabla 8 – Características funcionales LMS I (Medina-Flores & Morales-Gamboa, 2015)

Además, según (Bao & Meng, 2015) por el trabajo realizado en la plataforma **“English Translator MOOC”**, los autores señalan un conjunto de principales características de diseño que los LMS deberían poseer (ver Tabla 9).

Sin embargo, los efectos ocasionados por la pandemia del año 2020, y considerando el despliegue de las tecnologías de información, la escalabilidad debe ser considerado en miles en lugar de cientos.

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Escalabilidad	Habilidad de soportar cientos de usuarios inscritos.
Concurrencia	Soportar aprendizaje en línea de forma simultánea.
Alto rendimiento y rápida respuesta	Gran poder de cómputo para asegurar una buena experiencia en línea
Confiabilidad	Asegurar un servicio en línea continuo y evitar interrupciones.
Globalización	Abierta en cualquier lugar y por cualquier persona; lo que implica que sea gratuita o de código libre.
Portabilidad	Soportar variedad de terminales incluyendo teléfonos o PADs.

Tabla 9 – Características funcionales del LMS II (Bao & Meng, 2015)

### 3.3 MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO DE UN LMS

Un modelo de calidad es un conjunto definido de características y las relaciones entre ellas, que proporciona un marco de trabajo para la especificación y evaluación de la calidad (Iso, Johana, Ricardo, Johana, & Ricardo, 2019).

Según, la encuesta aplicada a los estudiantes de una institución de Malasia (Alias, Zakariah, Ismail, & Aziz, 2013), se establece que los atributos de calidad percibidos como más importantes son: confidencialidad, seguridad, eficiencia, facilidad de uso, información, apariencia, acoplamiento, comunicación y soporte.

Algunos autores como Torres y Ortega (2003) apoyándose en trabajos de Zeiberg (2011), proponen tres criterios de análisis de calidad de la formación en línea realizada a través de las plataformas LMS, los cuales son descritos en la Tabla 10.

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Calidad Técnica	Se refiere a las características técnicas de la plataforma como infraestructura, costo de acceso y mantenimiento, nivel de conocimientos técnicos para ser usado, nivel de facilidad de navegación, calidad de mecanismos de seguridad, facilidad para dar de alta o baja a usuarios.
Calidad Organizativa y Creativa	Se refiere a brindar opciones para el desarrollo correcto de la enseñanza y aprendizaje.
Calidad Comunicacional	Se refiere a la posibilidad de tener comunicación síncrona y asíncrona entre el estudiante y docente.

Tabla 10 – Criterios de análisis de formación en línea (Iso et al., 2019)

Para identificar los trabajos relacionados, se realizó un mapeo sistemático donde las preguntas de investigación y la cadena de búsqueda se estableció usando la estrategia PICO como lo sugiere (Petersen & Ali, 2011).

La metodología seguida implicó la definición de la cadena de búsqueda, la definición de un conjunto de criterios de inclusión y exclusión, la definición de la temporalidad de la búsqueda. A continuación, se presentan algunos elementos de este mapeo sistemático:

<b>ID</b>	<b>Pregunta</b>	<b>Motivación</b>
PI-1	¿Cuáles son las características más relevantes del modelo de calidad de servicio de la ISO/IEC 25011 asociados a los LMS?	Identificar los atributos de calidad asociados a los sistemas de gestión de aprendizaje.
PI-2	¿Cuáles son los LMS más utilizados por la industria?	Identificar las principales plataformas a nivel código libre y licenciadas utilizadas por la industria.

Tabla 11 – Preguntas de investigación definidas para el Mapeo sistemático de la literatura

### **Población:**

- Entidad: Learning Management System
- Término: LMS, e-learning, CMS, LCMS, CBT
- Justificación: Los términos utilizados responden al contexto de la investigación.

### **Intervención:**

- Entidad: Modelo de calidad de servicio ISO/IEC 25011
- Términos: Service Suitability, Service Reability, Service Responsiveness, Service Empathy, qos, quality of service
- Justificación: Los términos empleados son los que se pretenden identificar en el contexto de la calidad de servicio en este tipo de software.

### **Resultado:**

- Entidad: Evaluaciones, mapeos, revisiones sistemáticas de la literatura y experiencias.

- Término: Mapeo, Estudio de Caso, Estudios Empíricos, Evaluaciones, Experiencias, Investigación.
- Justificación: Términos que pueden aportar considerablemente a la investigación.

### **Cadenas de búsqueda originadas por PICO**

Para definir los términos de búsqueda de cada uno de los componentes de la estrategia PICO, fue necesario tomar en cuenta los términos de la sección anterior aplicando operadores booleanos, tal como se muestra en la Tabla 11.

Los términos fueron relacionados de la manera: (Población) AND (Intervención) AND (Comparación) AND (Resultado)

La cadena resultante fue insertada en los cuadros de búsqueda de las bases de datos para encontrar estudios relacionados al tema de interés del presente MSL. Sin embargo, para algunas bases de datos fue requerido realizar ajustes en la cadena final con el objetivo de tener afinidad con las opciones particulares de búsqueda.

<b>Concepto</b>	<b>Término</b>
Población	"Learning Management System" OR LMS OR "Blended Learning" OR "e-learning" OR "learning platform" OR CMS OR LCMS OR CBT OR IBT OR WBT OR SCORM
Intervención	"quality of service" OR qos OR Suitability OR Reability OR Responsiveness OR Empathy
Comparación	No aplica
Resultado	("analysis" OR ("mapping" OR "case studies" OR "empiric studies" OR "research" OR "evaluations" OR "experiences"))
Estrategia de búsqueda	Población AND Intervención

Tabla 12 – Términos de búsqueda de estrategia PICO

### **Criterios de selección de estudios**

Los criterios de selección definidos para este MSL, los cuales fueron refinados durante el proceso de búsqueda, son:

## **Criterios de inclusión**

Se consideraron los siguientes criterios

- CI. 1 Artículos de bases de datos indexadas.
- CI. 2 Se aceptará los artículos originarios de revistas científicas y ponencias de conferencias de organizaciones especializadas en el tema del MSL.
- CI.3 Se aceptarán los artículos que hagan mención a cualquier característica de calidad de servicio de plataformas digitales de enseñanza.

## **Criterios de exclusión**

- Se consideraron los siguientes criterios
- CE. 1 Artículos cuyo título no guarde relación con el MSL
- CE. 2 Artículos en idiomas distintos al inglés o español.
- CE. 3 Artículos duplicados

## **Temporalidad**

No se ha considerado un límite de tiempo para la selección de artículos con el objetivo de abarcar una gran cantidad de estos para obtener una visión sobre la evolución de los estudios a lo largo del tiempo.

## **Fuente de datos**

Se consideran las siguientes bases de datos por ser de alta relevancia en el ámbito científico.

- ScienceDirect
- Web of Science
- ACM
- IEEExplore (IEEE)

## **Procedimiento para selección de estudios**

Para la selección de los estudios relevantes se realizaron las siguientes etapas:

## **Primera etapa**

Se obtuvo los artículos potencialmente relevantes de las bases de datos seleccionadas mediante la cadena de búsqueda definida.

## **Segunda etapa**

Se aplicaron los criterios de exclusión en los títulos y resúmenes para descartar aquellos artículos que no apliquen, pero manteniendo aquellos que generaban duda al momento de aplicar los criterios.

## **Tercera etapa**

Se analizaron las introducciones y las conclusiones para obtener estudios relevantes según los criterios de inclusión y exclusión definidos.

## **Cuarta etapa**

Se solicitó la revisión de un investigador. Además, las cadenas de búsquedas fueron escritas según las reglas de cada base de datos obteniendo como resultados los mostrados en la Tabla 13.

Las investigaciones seleccionadas, tras la ejecución de las cadenas de búsqueda, son las mostradas en la Tabla 14.

De los estudios seleccionados se puede responder las preguntas de investigación:

P1: ¿Cuáles son las características de calidad de servicios de la ISO/IEC 25011 asociadas a los LMS?

De los datos obtenidos, en la Tabla 15, las características más estudiadas son Fiabilidad y Usabilidad, estas son mencionadas en los estudios (X01, X02, X04, X11) y (X04, X05, X06, X08, X10, X11, X12, X14).

Por otro lado, las características menos estudiadas son Idoneidad y Mantenibilidad, señalados en el estudio X11. Además, las características de Adaptabilidad y Tangibilidad no han sido estudiadas de acuerdo a los artículos seleccionados.

<b>Base de datos</b>	<b>Total de Artículos (Seleccionados)</b>	<b>Artículos seleccionados</b>	<b>Cadena de búsqueda</b>
IEEEExplore (IEE)	796	5	("Abstract": "learning management system" OR "Abstract":LMS OR "Abstract": "Blended Learning" OR "Abstract": "platform learning" OR "Abstract": "e-learning" OR "Abstract": "eLearning") AND ("Abstract": "quality of service" OR "Abstract": qos OR "Abstract": Suitability OR "Abstract": Reliability OR "Abstract": Usability OR "Abstract": cloud)
ScienceDirect	33 + 143	2	("learning management system" OR LMS OR "Blended Learning" OR "platform learning" OR "e-learning" OR "eLearning") AND B1= ("quality of service" OR qos OR Suitability) B2= (Reliability OR Usability OR cloud)
Web of Science	764	2	(AB=("learning management system") OR AB=(LMS) OR AB=("Blended Learning") OR AB=("platform learning") OR AB=("e-learning") OR AB=("eLearning")) AND (AB=("quality of service") OR AB=(qos) OR AB=(Suitability) OR AB=(Reliability) OR AB=(Empathy) OR AB=(Usability) OR AB=(cloud))
ACM	142	3	("learning management system" OR LMS OR "Blended Learning" OR "platform learning" OR "e-learning" OR "eLearning") AND ("quality of service" OR qos OR Suitability OR Reliability OR Usability OR cloud)

Tabla 13 – Cantidad de resultados y cadenas de búsqueda según base de datos

<b>Id</b>	<b>Titulo</b>	<b>Año</b>	<b>Fuente</b>
X01	Instructors' Acceptance of Learning Management Systems: A Theoretical Framework (Al-Busaidi & Al-Shihi, 2009)	2009	Sultan Qaboos University
X02	E-Learning Successful Elements for Higher Learning Institution in Malaysia (Alias et al., 2013)	2013	SCI
X03	Learning Management Systems for Higher Education - An Overview of Available Options for Higher Education Organizations (Dobre, 2015)	2015	SCI
X04	Usability Evaluation by Experts of a Learning Management System (Medina-Flores & Morales-Gamboa, 2015)	2015	IEEE
X05	Usability Evaluation of a Learning Management System (Blecken, Brüggemann, & Marx, 2010)	2010	IEEE
X06	Evaluation of Usability in Online Learning (Pangestu & Karsen, 2017)	2016	IEEE
X07	User Satisfaction Factors on Learning Management Systems Usage (Tjong et al., 2018)	2018	IEEE
X08	New Paradigm in Evaluating Usability of E-learning System (Nikmehr, 2008)	2008	IEEE
X09	Next Generation e-Learning (Sanders, 1995)	2017	ACM
X10	Evaluating the Usability of an E-Learning Platform within Higher Education from a Student Perspective (Abuhlfaia & de Quincey, 2019)	2019	ACM
X11	Usability of E-learning tools (Ardito et al., 2004)	2004	ACM
X12	e-Learning: The student experience (Gilbert, Morton, & Rowley, 2007)	2007	WoS
X13	Student Perceptions of E-Learning Service Quality, E-Satisfaction, and E-Loyalty (Pham, Williamson, & Berry, 2018)	2018	WoS

Tabla 14 – Investigaciones seleccionadas de estrategia PICO

<b>Características</b>	<b>Artículos</b>	<b>Total</b>
Usabilidad	X04, X05, X06, X08, X10, X11, X12, X14	8
Fiabilidad	X01, X02, X04, X11	4
Seguridad	X02, X13	2
Sensibilidad	X02, X01	2
Idoneidad	X11	1
Mantenibilidad	X11	1
Adaptabilidad	--	--
Tangibilidad	--	--

Tabla 15 – Características de Calidad de Servicio estudiadas

P2: ¿Cuáles son los LMS más utilizados por la industria?

De los artículos que indican productos comerciales (X01, X03, X04) se puede encontrar: ANGEL, Blackboard Learn, Canvas, D2L, Moodle y Sakai.

Del estado del arte se puede establecer que: i) los LMS más usados en los últimos años son Blackboard y Moodle; y ii) para lograr el éxito en la aceptación depende mucho de la satisfacción del usuario y la calidad de la información.

Además, se pueden presentar problemas de los LMS para su aceptación relacionados a factores de usuario, organizacionales, del instructor, sociales y tecnológicos (Abdallah Nahel A O, Abdul Rahman Ahlan, 2017).

#### **4 DEFINICIÓN DEL ESTUDIO DE CASO**

El estudio de caso se realizó en una pequeña empresa del sector educación ubicada en Lima, Perú. La empresa desarrolló un LMS como soporte a las clases brindadas a los estudiantes de esta institución.

##### **Diseño y planificación**

En este estudio de caso se establece un modelo de calidad basado en la ISO/IEC 25011 para los sistemas de gestión de aprendizaje. Este estudio de trabajo se puede dividir en fases y etapas, las cuales están descritas en la Tabla 16, donde las letras P, E y R corresponden a Planificación, Ejecución y Reporte.

El objetivo de este estudio (etapa P1-1) es evaluar un modelo de calidad de servicio con el enfoque de atributo de servicio basado en la ISO/IEC 25011 para el contexto de sistemas de gestión de aprendizaje.

Para este trabajo se estudia (etapa P1-2) un sistema LMS desarrollado como parte de un emprendimiento.

La teoría requerida ha sido presentada en el marco teórico para entender el contexto y características de una enseñanza en línea (etapa P1-3).

<b>Fase</b>	<b>Etapas</b>
P1: Diseñar el estudio de caso	(P1-1) Objetivo de estudio
	(P1-2) Qué se estudia
	(P1-3) Teoría requerida
	(P1-4) Preguntas de investigación
	(P1-5) Métodos de recolección
	(P1-6) Selección de datos
P2: Preparar la recolección de los datos	(P2-1) Definición de cómo se realiza la recolección
E1: Recolectar la evidencia	(E1-1) Recolección de los datos
E2: Analizar	(E1-2) Análisis de los datos
	(E1-3) Interpretación de los datos
R1: Reportar	(R1-1) Realización del informe

Tabla 16 – Fases y etapas del caso usado en ProCal-Proser (Dávila & Pessôa, 2015).

La pregunta de investigación (etapa P1-4) de este estudio es ¿Cuáles son las características y sub-características de calidad de servicio con el enfoque de atributo del servicio más demandadas de un LMS?

Los datos a obtener (etapa P1-5) son del tipo cuantitativo y se obtuvieron a partir de cuestionarios a los estudiantes, docentes y administrador del sistema.

La selección de datos (etapa P1-6) se realizó a 27 personas a través de cuestionarios a estudiantes del sector de tecnologías de la información, conformados por docentes que trabajan para la empresa y personal administrativo del sistema de gestión de aprendizaje. A las respuestas se le asignaron pesos según el nivel de importancia y se seleccionaron los de mayor puntaje.

### **Preparación y recogida de los datos**

Para recolectar los datos (etapa P2-1) sobre el uso del LMS del emprendimiento de este caso de estudio, 20 estudiantes, 5 docentes y 2 administradores del LMS

respondieron el cuestionario. El cuestionario se representa en Tabla 17. Además, se usó la escala Likert para el nivel de importancia, siendo 1 el valor más bajo y 5 el valor más alto.

<b>Preguntas</b>					
1	Completo. ¿Cuán importante es que un LMS disponga de todas las herramientas necesarias para que ayude al estudiante en su aprendizaje?	10	Cortesía. ¿Cuán importante es la forma de presentar la información del LMS?	19	Apariencia de la interfaz del servicio de TI ¿Cuán importante es que un LMS tenga una interfaz gráfica adecuada?
2	Exactitud. ¿Cuán importante es que un LMS siempre muestre la información correcta?	11	Confidencialidad. ¿Cuán importante es que sus datos sean tratados correctamente?	20	Oportunidad. ¿Cuán importante es que la calidad de un LMS esté dentro de lo esperado?
3	Adecuación. ¿Cuán importante es que un LMS interactúe de manera adecuada para ayudar con el aprendizaje del estudiante?	12	Integridad. ¿Cuán importante es que un LMS presente contenido diferente o mayor a lo esperado?	21	Reactividad. ¿Cuán importante es que un LMS responda de forma adecuada a sus solicitudes?
4	Consistencia. ¿Cuán importante es que el LMS presente secciones repetidas para mostrar el contenido?	13	Trazabilidad. ¿Cuán importante es que un LMS permita tener un registro de sus acciones?	22	Personalizable. ¿Cuán importante es que un LMS sea modificable para sus necesidades?
5	Reconocibilidad de idoneidad. ¿Cuán importante es que el LMS sea apropiado para sus necesidades?	14	Continuidad. ¿Cuán importante es que el servicio de un LMS no esté disponible operando de manera permanente?	23	Intuitivo. ¿Cuán importante es que un LMS sugiera cambios según sus necesidades?
6	Capacidad de aprendizaje. ¿Cuán importante es que pueda aprender desde el LMS?	15	Recuperabilidad del servicio TI. ¿Cuán importante es que un LMS se recupere tras un fallo?	24	Analizabilidad. ¿Cuán importante es que el proveedor de un LMS realice cambios con eficiencia?
7	Operabilidad. ¿Cuán importante es que un LMS pueda ser manejable para su aprendizaje?	16	Disponibilidad. ¿Cuán importante es que un LMS esté disponible las 24 horas del día?	25	Modificabilidad. ¿Cuán importantes es que un LMS pueda ser modificado con facilidad?
8	Protección de error al usuario. ¿Cuán importante es que el LMS se recupere adecuadamente tras un error?	17	Visibilidad. ¿Cuán importante es que las herramientas de un LMS sean de fácil acceso?	26	Pruebas. ¿Cuán importante es que un LMS permita identificar fácilmente los defectos del software?
9	Accesibilidad. ¿Cuán importante es que pueda acceder a las herramientas del LMS fácilmente?	18	Profesionalismo ¿Cuán importante es que un LMS respete acuerdos, términos y condiciones?		

Tabla 17 – Cuestionario aplicado a docentes, estudiantes y personal administrativo

De los resultados obtenidos de los cuestionarios y el juicio de los involucrados en el desarrollo del LMS, se determinó el modelo de calidad de servicio. Las características y sub-características relacionadas se presentan en la Tabla 18.

<b>Sub-características</b>		
<b>Estudiantes</b>	<b>Docentes</b>	<b>Administrativos</b>
Completo	Completo	Completo
Exactitud	Exactitud	Exactitud
Adecuación	Adecuación	Adecuación
Operabilidad	Reconocibilidad de TI	Operabilidad
Continuidad	Capacidad de Aprendizaje	Continuidad
Recuperabilidad de TI	Operabilidad	Recuperabilidad de TI
Disponibilidad	Accesibilidad	Disponibilidad
Visibilidad	Cortesía	Visibilidad
Apariencia de la interfaz	Confidencialidad	
	Integridad	
	Continuidad	
	Recuperabilidad de TI	
	Disponibilidad	
	Visibilidad	
	Apariencia de la interfaz	
	Oportunidad	

Tabla 18 – Subcaracterísticas propuestas para los LMS según perfil

Con apoyo de un experto se decidió optar por las sub-características de calidad descritas en la Tabla 19 por ser las de mayor relevancia en los resultados del cuestionario presentado a continuación:

En este cuestionario se aplica una escala para evaluar el nivel de importancia expresado del 1 al 5, siendo 1 NADA, 2 POCO, 3 MEDIO, 4 ALTO, 5 MUY ALTO.

Con la información consolidada de los cuestionarios se obtuvo el promedio aritmético para ser ordenado y obtener una priorización, como se muestra en la Tabla 20.

#	11	Pregunta	media
SC01 Completo	SC01	Completo. ¿Cuán importante es que un LMS disponga de todas las herramientas necesarias para que ayude al estudiante en su aprendizaje?	94%
SC02 Exactitud	SC02	Exactitud. ¿Cuán importante es que un LMS siempre muestre la información correcta?	92%
SC20 Oportunidad	SC20	Oportunidad. ¿Cuán importante es que la calidad de un LMS esté dentro de lo esperado?	89%
SC03 Adecuación	SC03	Adecuación. ¿Cuán importante es que un LMS interactúe de manera adecuada para ayudar con el aprendizaje del estudiante?	88%
SC16 Disponibilidad	SC16	Disponibilidad. ¿Cuán importante es que un LMS esté disponible las 24 horas del día?	88%
SC18 Profesionalismo	SC18	Profesionalismo ¿Cuán importante es que un LMS respete acuerdos, términos y condiciones?	87%
SC07 Operabilidad	SC07	Operabilidad. ¿Cuán importante es que un LMS pueda ser manejable para su aprendizaje?	87%

Tabla 19 – Sub-características de calidad de mayor relevancia para el LMS

Se aplica técnica de priorización jerárquica al modelo de calidad de servicios propuesto a los servicios del LMS. Los servicios considerados se presentan en la Tabla 20.

<b>Servicios del LMS</b>	
SF1	Servicio de Aula Virtual (feedback, clase en vivo)
SF2	Servicios de registros académico
SF3	Servicio de migración y replica de datos
SF4	Estadísticas de cursos e informes
SF5	Servicios de administrativos
SF6	Servicios de entrenamiento
SF7	Servicios de inscripción
SF8	Servicio de soporte a estudiantes
SF9	Servicio de bolsa de trabajo
SF10	Servicio postventa(promociones, consultas, reclamos, sugerencias)

Tabla 20 – Servicios del LMS considerados en el estudio

Además, para cada sub-criterio se construye una tabla usando funcionalidades de manera comparada respecto de cada criterio.

Según lo establecido en la técnica de priorización jerárquica (AHP), se determina una valoración del 1 al 9, considerando preferentemente los impares, si se asigna el valor 1, se establece el valor inverso en la casilla opuesta.

QoS	SC01	SC02	SC20	SC03	SC16	SC18	SC07	Valores
SC01 Completo	1	3	3	1	1/7	5	1	7.28
SC02 Exactitud	1/3	1	3	1	1/5	3	1/3	7.06
SC20 Oportunidad	1/3	1/3	1	1/5	1/7	1	1/5	7.79
SC03 Adecuación	1	1	5	1	1/3	3	3	8.19
SC16 Disponibilidad	7	5	7	3	1	3	3	8.80
SC18 Profesionalismo	1/5	1/3	1	1/3	1/3	1	1/5	8.55
SC07 Operabilidad	1	3	5	1/3	1/3	5	1	7.12
SUMA=	20.87	24.67	37.00	19.87	16.49	36.00	24.73	

Tabla 21 - Matriz de comparación por pares de los criterios de calidad de servicio

Para lograr obtener la matriz de priorizaciones de los servicios de LMS, se construyeron matrices usando funcionalidades de manera comparada respecto de cada criterio, las Tablas 22, 23, 24, 25, 26, 27 y 28 muestran los resultados para cada servicio del LMS.

SC01 Completo	SF01	SF02	SF03	SF04	SF05	SF06	SF07	SF08	SF09	SF10	Valores
SF01 Aula	1	1	9	5	5	7	5	7	9	9	11.77
SF02 Registro	1	1	3	3	1	5	1	1	5	7	11.49
SF03 Migración	1/9	1/3	1	1/3	1/3	1	1	1	1	3	11.49
SF04 Estadísticas	1/5	1/3	3	1	1	1	1/3	1	3	5	11.03
SF05 Administración	1/5	1	3	1	1	5	1	1	3	5	11.95
SF06 Entrenamiento	1/7	1/5	1	1	1/5	1	1/3	5	3	5	11.68
SF07 Inscripción	1/5	1	1	3	1	3	1	1	5	7	11.37
SF08 Soporte	1/7	1	1	1	1	1/5	1	1	1	5	10.70
SF09 Bolsa	1/9	1/5	1	1/3	1/3	1/3	1/5	1	1	3	10.97
SF10 PostVenta	1/9	1/7	1/3	1/5	1/5	1/5	1/7	1/5	1/3	1	10.92
SUMA=	3.22	6.21	23.33	15.87	11.07	23.73	11.01	19.20	31.33	50.00	

Tabla 22 - Matriz de comparación respecto al criterio "Compleitud"

SC02 Exactitud	SF01	SF02	SF03	SF04	SF05	SF06	SF07	SF08	SF09	SF10	Valores
SF01 Aula	1	5	5	3	5	9	5	9	9	9	12.00
SF02 Registro	1/5	1	5	1	1	3	3	9	9	7	12.63
SF03 Migración	1/5	1/5	1	1/9	3	3	3	7	7	5	11.23
SF04 Estadísticas	1/3	1	9	1	3	7	5	9	9	9	13.14
SF05 Administración	1/5	1	1/3	1/3	1	5	1	5	5	3	10.73
SF06 Entrenamiento	1/9	1/3	1/3	1/7	1/5	1	1/9	1	1	1	11.08
SF07 Inscripción	1/5	1/3	1/3	1/5	1	9	1	7	3	3	10.28
SF08 Soporte	1/9	1/9	1/7	1/9	1/5	1	1/7	1	1	1	10.31
SF09 Bolsa	1/9	1/9	1/7	1/9	1/5	1	1/3	1	1	1	10.54
SF10 PostVenta	1/9	1/7	1/5	1/9	1/3	1	1/3	1	1	1	10.77
SUMA=	2.38	9.23	21.49	6.12	14.93	40.00	18.92	50.00	46.00	40.00	

Tabla 23 - Matriz de comparación respecto al criterio "Exactitud"

SC20 Oportunidad	SF01	SF02	SF03	SF04	SF05	SF06	SF07	SF08	SF09	SF10	Valores
SF01 Aula	1	5	1	1/9	1	1	1	1	1/7	1/5	10.88
SF02 Registro	1/5	1	1/3	1/9	1/7	1/7	1/7	1/9	1/9	1/9	11.01
SF03 Migración	1	3	1	1	1	1	1	1/3	1/9	1/7	11.60
SF04 Estadísticas	3	9	1	1	1	5	1	1	1/9	1	11.08
SF05 Administración	1	7	1	1	1	5	1	1	1/7	1	11.16
SF06 Entrenamiento	1	7	1	1/5	1/5	1	1/3	1/7	1/9	1/7	10.60
SF07 Inscripción	1	7	1	1	1	3	1	1/7	1/7	1/7	11.49
SF08 Soporte	1	9	3	1	1	7	7	1	1	1	11.65
SF09 Bolsa	7	9	9	7	7	9	7	1	1	1	11.92
SF10 PostVenta	5	9	7	1	1	7	7	1	1	1	11.56
SUMA=	21.20	66.00	25.33	13.42	14.34	39.14	26.48	6.73	3.87	5.74	

Tabla 24 - Matriz de comparación respecto al criterio "Oportunidad"

SF03 Adecuación	SF01	SF02	SF03	SF04	SF05	SF06	SF07	SF08	SF09	SF10	Valores
SF01 Aula	1	3	3	3	3	5	3	9	9	9	11.55
SF02 Registro	1/3	1	3	1	1/9	1	1/3	1	7	5	11.40
SF03 Migración	1/3	1/3	1	1/3	1/7	5	1/3	3	7	5	11.25
SF04 Estadísticas	1/3	1	3	1	3	3	1	5	9	9	12.03
SF05 Administración	1/3	5	7	1/3	1	3	1	5	9	9	12.30
SF06 Entrenamiento	1/5	1	1/5	1/3	1/3	1	1/3	5	5	5	10.86
SF07 Inscripción	1/3	3	3	1	1	3	1	7	9	9	11.64
SF08 Soporte	1/9	1	1/3	1/5	1/5	1/5	1/7	1	3	3	10.88
SF09 Bolsa	1/9	1/7	1/7	1/9	1/9	1/5	1/9	1/3	1	1	10.64
SF10 PostVenta	1/9	1/5	1/5	1/9	1/9	1/5	1/9	1/3	1	1	10.79
<b>SUMA=</b>	<b>3.20</b>	<b>15.68</b>	<b>20.88</b>	<b>7.42</b>	<b>9.01</b>	<b>21.60</b>	<b>7.37</b>	<b>36.67</b>	<b>60.00</b>	<b>56.00</b>	

Tabla 25 - Matriz de comparación respecto al criterio "Adecuación"

SC16 Disponibilidad	SF01	SF02	SF03	SF04	SF05	SF06	SF07	SF08	SF09	SF10	Valores
SF01 Aula	1	5	9	7	5	7	5	5	9	9	12.41
SF02 Registro	1/5	1	3	3	1/3	5	1	1/3	9	7	10.90
SF03 Migración	1/9	1/3	1	1/3	1/3	3	1/5	1/3	7	3	10.48
SF04 Estadísticas	1/7	1/3	3	1	1/3	3	1/3	1/3	3	3	11.10
SF05 Administración	1/5	3	3	3	1	5	1/3	5	7	7	12.30
SF06 Entrenamiento	1/7	1/5	1/3	1/3	1/5	1	1/7	1/3	1	1	10.91
SF07 Inscripción	1/5	1	5	3	3	7	1	3	9	9	12.00
SF08 Soporte	1/5	3	3	3	1/5	3	1/3	1	5	7	11.60
SF09 Bolsa	1/9	1/9	1/7	1/3	1/7	1	1/9	1/5	1	1	10.50
SF10 PostVenta	1/9	1/7	1/3	1/3	1/7	1	1/9	1/7	1	1	10.55
<b>SUMA=</b>	<b>2.42</b>	<b>14.12</b>	<b>27.81</b>	<b>21.33</b>	<b>10.69</b>	<b>36.00</b>	<b>8.57</b>	<b>15.68</b>	<b>52.00</b>	<b>48.00</b>	

Tabla 26 - Matriz de comparación respecto al criterio "Disponibilidad"

SC18 Profesionalismo	SF01	SF02	SF03	SF04	SF05	SF06	SF07	SF08	SF09	SF10	Valores
SF01 Aula	1	1	3	1	1	3	1/5	1/3	3	3	11.07
SF02 Registro	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	9.96
SF03 Migración	1/3	1	1	1	1/3	1	1/3	1/9	3	3	9.34
SF04 Estadísticas	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	9.96
SF05 Administración	1	1	3	1	1	1	1	1	3	3	9.73
SF06 Entrenamiento	1/3	1	1	1	1	1	1/5	1/3	1/3	1/3	10.34
SF07 Inscripción	5	1	3	1	1	5	1	1	3	3	16.21
SF08 Soporte	3	1	3	1	1	3	1	1	3	3	13.50
SF09 Bolsa	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	3	1/3	1/3	1	1	11.47
SF10 PostVenta	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	3	1/3	1/3	1	1	11.47
<b>SUMA=</b>	<b>13.33</b>	<b>8.67</b>	<b>16.67</b>	<b>8.67</b>	<b>8.00</b>	<b>22.00</b>	<b>6.40</b>	<b>6.44</b>	<b>23.33</b>	<b>23.33</b>	

Tabla 27 - Matriz de comparación respecto al criterio "Profesionalismo"

SC07 Operabilidad	SF01	SF02	SF03	SF04	SF05	SF06	SF07	SF08	SF09	SF10	Valores
SF01 Aula	1	5	3	3	3	5	3	5	9	9	11.58
SF02 Registro	1/5	1	1	1	1	3	1	1/3	5	5	10.71
SF03 Migración	1/3	1	1	3	1	1	1	1/3	5	3	10.60
SF04 Estadísticas	1/3	1	1/3	1	1	1	1	3	3	1	12.16
SF05 Administración	1/3	1	1	1	1	3	1	3	3	3	11.37
SF06 Entrenamiento	1/5	1/3	1	1	1/3	1	1	5	3	3	11.43
SF07 Inscripción	1/3	1	1	1	1	1	1	5	5	5	11.53
SF08 Soporte	1/5	3	3	1/3	1/3	1/5	1/5	1	5	5	11.53
SF09 Bolsa	1/9	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/5	1/5	1	1/3	11.02
SF10 PostVenta	1/9	1/5	1/3	1	1/3	1/3	1/5	1/5	3	1	10.69
<b>SUMA=</b>	<b>3.16</b>	<b>13.73</b>	<b>11.87</b>	<b>12.67</b>	<b>9.33</b>	<b>15.87</b>	<b>9.60</b>	<b>23.07</b>	<b>42.00</b>	<b>35.33</b>	

Tabla 28 - Matriz de comparación respecto al criterio "Operabilidad"

Finalmente, se obtuvo la matriz de prioridades de los servicios del LMS (Tabla 29), producto de una multiplicación matricial según cada criterio por la matriz de criterio de pesos.

	SC01	SC02	SC20	SC03	SC16	SC18	SC07																					
SF01 Aula	0.32	0.31	0.05	0.26	0.33	0.11	0.28	<table border="1"> <thead> <tr> <th>W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.05</td></tr> <tr><td>0.03</td></tr> <tr><td>0.01</td></tr> <tr><td>0.05</td></tr> <tr><td>0.11</td></tr> <tr><td>0.01</td></tr> <tr><td>0.05</td></tr> </tbody> </table>	W	0.05	0.03	0.01	0.05	0.11	0.01	0.05	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Prior:100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8.79</td></tr> <tr><td>3.23</td></tr> <tr><td>2.02</td></tr> <tr><td>2.83</td></tr> <tr><td>3.78</td></tr> <tr><td>1.45</td></tr> <tr><td>4.00</td></tr> <tr><td>2.40</td></tr> <tr><td>0.95</td></tr> <tr><td>0.83</td></tr> </tbody> </table>	Prior:100	8.79	3.23	2.02	2.83	3.78	1.45	4.00	2.40	0.95	0.83
W																												
0.05																												
0.03																												
0.01																												
0.05																												
0.11																												
0.01																												
0.05																												
Prior:100																												
8.79																												
3.23																												
2.02																												
2.83																												
3.78																												
1.45																												
4.00																												
2.40																												
0.95																												
0.83																												
SF02 Registro	0.15	0.14	0.01	0.08	0.10	0.11	0.10																					
SF03 Migración	0.05	0.10	0.04	0.08	0.05	0.07	0.10																					
SF04 Estadísticas	0.07	0.21	0.10	0.15	0.05	0.11	0.08																					
SF05 Administración	0.11	0.08	0.09	0.16	0.14	0.12	0.10																					
SF06 Entrenamiento	0.07	0.02	0.03	0.06	0.02	0.06	0.08																					
SF07 Inscripción	0.11	0.08	0.05	0.15	0.16	0.17	0.11																					
SF08 Soporte	0.07	0.02	0.15	0.03	0.10	0.15	0.09																					
SF09 Bolsa	0.03	0.02	0.29	0.01	0.02	0.05	0.02																					
SF10 PostVenta	0.02	0.02	0.18	0.02	0.02	0.05	0.03																					

Tabla 29 – Matriz de prioridades de los servicios del LMS

Obteniendo el servicio SF01 (Aula) el más importante por tener un valor de priorización más alto (8.79) y SF10 (Post Venta) el menos importante por tener el valor más bajo (0.83) en la matriz de priorización.

En el modelo de obtenido (Tabla 21) se aprecia que las características de mayor importancia son: SC16 disponibilidad (8.80), SC 18 profesionalismo (8.55) y SC03 adecuación (8.19), representando a los servicios funcionales de aula, inscripción y administración por ser los de mayor uso en el LMS.

## 5 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se logró definir un modelo de calidad de servicio utilizando el enfoque de atributo del servicio considerando a 3 grupos de interés (estudiantes, docentes y administradores).

Dicho modelo fue priorizado usando la técnica de priorización jerárquica pues no todas las sub características son igual de importante para cada servicio funcional del LMS.

Dentro de las lecciones aprendidas para este trabajo se pueden señalar:

- Tras los cuestionarios realizados a los estudiantes, docentes y personal administrativo se pudo identificar las características y sub-características más relevantes que ayudaron a definir el modelo de calidad de servicios.
- La técnica AHP permitió organizar la toma de decisiones y para este caso de estudio se obtuvo el servicio SF01 (Aula) el más importante por tener

un valor de priorización más alto (8.79) y SF10 (Post Venta) el menos importante por tener el valor más bajo (0.83) en la matriz de priorización.

Como trabajo a futuro se puede incorporar la calidad de servicio desde la perspectiva de Calidad en Uso, que presenta un grupo de características que complementan el estudio realizado. Asimismo, resulta interesante realizar las mejoras en el software tomando en cuenta las priorizaciones hacer las mediciones de métricas antes y después de los cambios.

## **6 REFERENCIAS**

- Abdallah Nahel A O, Abdul Rahman Ahlan, O. A. A. (2017). Factors Affecting **Instructors' Adoption of Learning Management Systems**: A Theoretical Framework. 2016 6th International Conference on Information and Communication Technology for The Muslim World (ICT4M), 13–18. <https://doi.org/10.1109/ict4m.2016.016>
- Abuhlfaia, K., & de Quincey, E. (2019). Evaluating the usability of an e-learning platform within higher education from a student perspective. ACM International Conference Proceeding Series, 1–7. <https://doi.org/10.1145/3371647.3371661>
- Al-Busaidi, K. A., & Al-Shihi, H. (2009). **Instructors' Acceptance of Learning Management Systems: A Theoretical Framework**. Knowledge Management and Innovation in Advancing Economies: Analyses and Solutions - Proceedings of the 13th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2009, 3, 1199–1207.
- Alias, N., Zakariah, Z., Ismail, N. Z., & Aziz, M. N. A. (2013). E-Learning Successful Elements for Higher Learning Institution in Malaysia. Procedia - Social and Behavioral Sciences. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.353>
- Ardito, C., Marsico, M. De, Lanzilotti, R., Levaldi, S., Roselli, T., Rossano, V., ... Sapienza, L. (2004). Usability of E-Learning Tools. 80–84.

- Bao, S., & Meng, F. (2015). The design of massive open online course platform for english translation learning based on moodle. Proceedings - 2015 5th International Conference on Communication Systems and Network Technologies, CSNT 2015, 1365–1368.  
<https://doi.org/10.1109/CSNT.2015.48>
- Blecken, A., Brüggemann, D., & Marx, W. (2010). Usability Evaluation of a Learning Management System. Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 1–9.  
<https://doi.org/10.1109/HICSS.2010.422>
- Cigdemoglu, C., Arslan, H. O., & Akay, H. (2011). A Phenomenological Study of **Instructors' Experiences on an Open Source Learning Management System**. World Conference on Educational Technology Researches (WCETR) in Procedia - Social and Behavioral Sciences, 28, 790–795.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.11.144>
- Dhingra, S., Savithri, G., Madan, M., & Manjula, R. (2016). Selection of prioritization technique for software requirement using Fuzzy Logic and Decision Tree. Proceedings of 2016 Online International Conference on Green Engineering and Technologies, IC-GET 2016.  
<https://doi.org/10.1109/GET.2016.7916822>
- Dobre, I. (2015). Learning Management Systems for Higher Education - An Overview of Available Options for Higher Education Organizations. Procedia - Social and Behavioral Sciences.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.122>
- Dzandu, M. D., & Tang, Y. (2015). Beneath a Learning Management System - Understanding the Human Information Interaction in Information Systems. Procedia Manufacturing, 3(Ahfe), 1946–1952.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.239>
- Fadoua Fellir, Khalid Nafil, R. T. (2014). System requirements prioritization based on AHP. 163–167. <https://doi.org/10.1109/CIST.2014.7016612>

- Gilbert, J., Morton, S., & Rowley, J. (2007). E-Learning: The student experience. *British Journal of Educational Technology*, 38(4), 560–573. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00723.x>
- Gomez-Roman, K., & Mata-Ortega, I. (2018). Integration of the Quality Manager with the Development Model to Guarantee the Quality of Products in an eLearning Environment. 2018 XIII Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO), 17–20. <https://doi.org/10.1109/LACLO.2018.00013>
- ISO/IEC. (2017). ISO/IEC TS 25011:2017 Information Technology — Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Service Quality Models. In ISO. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/35735.html>
- Iso, L. A. N., Johana, K., Ricardo, C., Johana, K., & Ricardo, C. (2019). Auditoría a la Usabilidad y Capacidad DE BAJO LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL SOFTWARE DE.
- Jafari, S. M., Salem, S. F., Moaddab, M. S., & Salem, S. O. (2016). Learning Management System (LMS) success: An investigation among the university students. 2015 IEEE Conference on E-Learning, e-Management and e-Services, IC3e 2015, 64–69. <https://doi.org/10.1109/IC3e.2015.7403488>
- Khan, A. I., Al-Shihi, H., Al-Khanjari, Z. A., & Sarrab, M. (2015). Mobile Learning (M-Learning) adoption in the Middle East: Lessons learned from the educationally advanced countries. *Telematics and Informatics*, 32(4), 909–920. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2015.04.005>
- Lyashenko, M. S., & Malinina, I. A. (2015). The Use of Learning Management System Projects for Teaching a Foreign Language in the University. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 182, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.741>
- Medina-Flores, R., & Morales-Gamboa, R. (2015). Usability Evaluation by Experts of a Learning Management System. *Revista Iberoamericana de Tecnologías*

Del Aprendizaje, 10(4), 197–203.

<https://doi.org/10.1109/RITA.2015.2486298>

Nikmehr, N. (2008). New Paradigm in Evaluating Usability of E-learning System. 347–351.

Ouadoud, M., Nejari, A., Chkouri, M. Y., & El Kadiri, K. E. (2018). Educational modeling of a learning management system. Proceedings of 2017 International Conference on Electrical and Information Technologies, ICEIT

2017, 2018-Janua, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EITech.2017.8255247>

Pangestu, H., & Karsen, M. (2017). Evaluation of usability in online learning.

Proceedings of 2016 International Conference on Information Management and Technology, ICIMTech 2016, (November), 267–271.

<https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2016.7930342>

Petersen, K., & Ali, N. Bin. (2011). Identifying strategies for study selection in systematic reviews and maps. International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, 351–354.

<https://doi.org/10.1109/esem.2011.46>

Pham, L., Williamson, S., & Berry, R. (2018). Student perceptions of E-learning service quality, E-satisfaction, and E-loyalty. International Journal of

Enterprise Information Systems, 14(3), 19–40.

<https://doi.org/10.4018/IJEIS.2018070102>

Polo, I. G. (2018). Toma de decisiones multicriterio. aplicación del proceso analítico jerárquico a un caso real.

Raga, R., & Rodavia, M. R. (2018). Perceptions and Utilization of a Learning Management System: An Analysis from Two Perspectives. Proceedings -

2018 International Symposium on Educational Technology, ISET 2018, 33–

37. <https://doi.org/10.1109/ISET.2018.00017>

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. Omega,

15(4), 283–290. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(87\)90016-8](https://doi.org/10.1016/0305-0483(87)90016-8)

Sadiq, M., Khan, S., & Mohammad, C. W. (2018). Matrices of AHP. (9).

Sanders, M. (1995). Next generation. *Appliance*, 52(9), 59–62. <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-935-9.ch292>

Savchenko, D. I., Radchenko, G. I., & Taipale, O. (2015). Microservices validation: Mjolnir platform case study. 2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2015 - Proceedings, (May), 235–240. <https://doi.org/10.1109/MIPRO.2015.7160271>

Süral, I. (2010). Characteristics of a sustainable learning and content management system (LCMS). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.298>

Tjong, Y., Magdalena, Y., Sugandi, L., & Evelyn, C. (2018). User Satisfaction Factors on Learning Management Systems Usage. *International Conference on Information Management and Technology (ICIMTECH)*, (September), 11– 14. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2018.8528171>