



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México

**Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico**

Tesis de Doctorado

**Contenidos completos en servicios Web de
aprendizaje**

presentada por

M.C. Julia Guadalupe Juárez Hernández

como requisito para la obtención del grado de
Doctora en Ciencias de la Computación

Director de tesis

Dra. Olivia Graciela Fragoso Díaz

Cuernavaca, Morelos, México. Octubre de 2025.

 cenidet [®] Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico	ACEPTACIÓN DE IMPRESIÓN DEL DOCUMENTO DE TESIS DOCTORAL		Código: CENIDET-AC-006-D20
	Referencia a la Norma ISO 9001:2008 7.1, 7.2.1, 7.5.1, 7.6, 8.1, 8.2.4		Revisión: 0
			Página 1 de 1

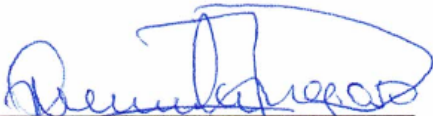
Cuernavaca, Mor., a 29 de agosto de 2024

DR. CARLOS MANUEL ASTORGA ZARAGOZA
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

AT'N: DR. JUAN GABRIEL GONZÁLEZ SERNA
PRESIDENTE DEL CLAUSTRO DOCTORAL
DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS COMPUTACIONALES

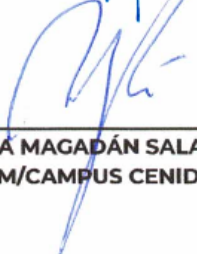
Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial de la estudiante **M.C. JULIA GUADALUPE JUÁREZ HERNÁNDEZ** manifiestan que después de haber revisado el documento de tesis titulado: **CONTENIDOS COMPLETOS EN SERVICIOS WEB DE APRENDIZAJE**, realizado bajo la dirección de **OLIVIA GRACIELA FRAGOSO DÍAZ**, el trabajo se **ACEPTA** para proceder a su impresión.

ATENTAMENTE
"Excelencia en Educación Tecnológica®"
"Educación Tecnológica al Servicio de México"


OLIVIA GRACIELA FRAGOSO DÍAZ
 TecNM/CAMPUS CENIDET

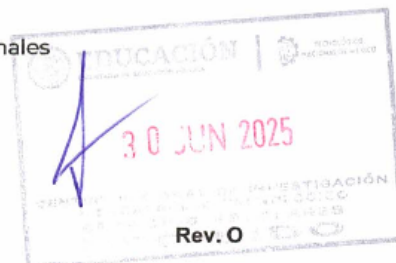

BLANCA DINA VALENZUELA ROBLES
 TecNM/CAMPUS CENIDET


JUAN CARLOS ROJAS PÉREZ
 TecNM/CAMPUS CENIDET


ANDREA MAGADÁN SALAZAR
 TecNM/CAMPUS CENIDET


FRANCISCO JAVIER ÁLVAREZ RODRÍGUEZ
 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

c.c.p: María Elena Gómez Torres/Jefa del Departamento de Servicios Escolares
 c.c.p: Noé Alejandro Castro Sánchez/Jefe del Departamento de Ciencias Computacionales
 c.c.p: Expediente





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Centro Nacional de Investigación y Desarrollo tecnológico
Subdirección Académica

Cuernavaca Mor, 30/junio/2025

Oficio No. SAC/162/2025

Asunto: Autorización de impresión de tesis

JULIA GUADALUPE JUÁREZ HERNÁNDEZ
CANDIDATA AL GRADO DE DOCTORA
EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
P R E S E N T E

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de tesis titulado **"CONTENIDOS COMPLETOS EN SERVICIOS WEB DE APRENDIZAJE"**, ha informado a esta Subdirección Académica, que están de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior, se le autoriza a que proceda con la impresión definitiva de su trabajo de tesis.

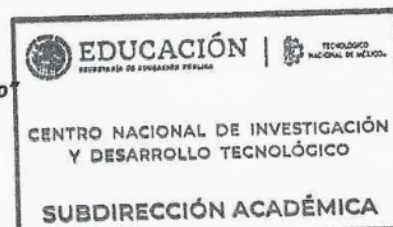
Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

"Conocimiento y Tecnología al Servicio de México"

CARLOS MANUEL ASTORGA ZARAGOZA
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



c.c.p. Departamento de Ciencias Computacionales
Departamento de Servicios Escolares

CMAZ/lmz



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira,
C. P. 62490, Cuernavaca, Morelos Tel. 01 (777) 3627770, ext. 4104,
e-mail: acad_cenidet@tecnm.mx tecnm.mx | cenidet.tecnm.mx

cenidet
Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico



DEDICATORIA

A *Dios*, por dejarme cumplir este sueño tan anhelado, guiar mi vida por buenos pasos y darme la paciencia y la sabiduría para seguir cada día.

A mi mamá *Elena Hernández Padrón*, por su amor incondicional, por enseñarme a nunca rendirme y por ser mi mayor ejemplo de fortaleza y dedicación. Tu apoyo y cuidado han sido esenciales en cada paso de mi vida.

A mi papá *Juan Juárez Muñiz (+)*, por su sabiduría, por enseñarme el valor del esfuerzo y por estar siempre dispuesto a escucharme. Gracias por ser una fuente constante de motivación y guía.

A mi hermana *Elena de Carmen Juárez Hernández*, por su apoyo constante, su compañía en cada etapa de mi vida, y por creer en mí incluso cuando yo dudaba.

AGRADECIMIENTOS

Al *Tecnológico Nacional de México/Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)*, por darme el privilegio de ser parte de su alumnado y brindarme las bases para ser doctora en ciencias de la computación.

Al *Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT)*, por brindarme el apoyo económico durante mis estudios de doctorado y cumplir un logro en mi vida.

A mi directora de tesis, *Dra. Olivia Graciela Fragoso Díaz*, por su orientación, paciencia y apoyo a lo largo de todo este proceso. Su experiencia, compromiso y valiosos consejos no solo han enriquecido el desarrollo de esta investigación, sino que también me han guiado para crecer como investigador y como profesional. Aprecio profundamente el tiempo que ha dedicado para revisar cada detalle, su disposición para resolver mis dudas y su confianza en mi trabajo.

Al comité revisor, *Dra. Andrea Magadán Salazar, Dr. Juan Carlos Rojas Pérez, Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez*, por sus observaciones, críticas constructivas y sugerencias que han contribuido significativamente a mejorar la calidad de esta tesis. Sus comentarios detallados y su enfoque riguroso han sido esenciales para afinar el contenido y fortalecer la estructura de este proyecto. Agradezco el tiempo y esfuerzo invertidos en la revisión minuciosa de cada etapa del trabajo.

A mis padres *Elena Hernández Padrón y Juan Juárez Muñiz (+)*, cuyo amor incondicional, paciencia y sabiduría han sido mi pilar fundamental. Gracias por su sacrificio, apoyo constante y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Sin su ejemplo de esfuerzo y dedicación, este logro no habría sido posible.

A mi hermana *Elena de Carmen Juárez Hernández*, por su comprensión, apoyo emocional y por estar siempre dispuesta a escucharme, aún en los días más desafiantes. Gracias por hacerme sentir siempre acompañado en cada paso que doy.

A mi *familia en general*, por su cariño y aliento en cada momento, y por celebrar conmigo cada pequeño triunfo en este proceso. Su cercanía, aunque a veces en la distancia, ha sido una fuente constante de motivación.

A mis *amigos y compañeros*, quienes han sido una fuente constante de apoyo, motivación y compañía durante este largo camino. Gracias por los momentos de aprendizaje compartido, por las conversaciones que me ayudaron a reflexionar y por estar siempre dispuestos a ofrecer una palabra de aliento en los momentos difíciles. Su amistad ha hecho que esta experiencia sea mucho más enriquecedora y llevadera.

RESUMEN

La tesis tiene como objetivo principal proponer un esquema de evaluación para la creación de servicios Web de aprendizaje que presenten contenidos completos, específicamente orientados a procesos de capacitación en el lugar de trabajo. La problemática abordada es la incompletitud de los recursos de aprendizaje en plataformas de *e-learning*, que a menudo no garantizan que estos recursos contengan toda la información necesaria para cumplir con los objetivos de aprendizaje. Aunque el e-learning ha crecido exponencialmente gracias a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), enfrenta desafíos relacionados con la calidad y cantidad de los contenidos. Esta investigación busca definir y medir la completitud de los contenidos ofrecidos en servicios Web de aprendizaje, aspecto crucial para la efectividad de los procesos de capacitación.

La metodología desarrollada para alcanzar este objetivo incluye varios componentes clave. Primero, se define el concepto de completitud en el contexto de los recursos de aprendizaje. A continuación, se crea un método para medir dicha completitud, que involucra la selección de recursos de aprendizaje y la extracción de información relevante. Este método también mide la coherencia de los contenidos y facilita la creación de recursos completos. Se implementó un sistema web denominado ONTY, diseñado para facilitar la evaluación y creación de recursos educativos completos. El sistema ONTY permite medir la completitud de los recursos a través de servicios Web, proporcionando una herramienta práctica para asegurar que los recursos de aprendizaje sean adecuados y completos.

La validación del sistema ONTY se llevó a cabo mediante pruebas piloto y estudios de caso. Estas pruebas demostraron que es posible medir y mejorar la completitud de los recursos de aprendizaje a través de servicios Web. Los resultados obtenidos indicaron una mejora significativa en la calidad de los recursos evaluados utilizando el esquema propuesto. Los análisis de los datos recogidos durante la validación mostraron que los recursos de aprendizaje completos contribuyen de manera más efectiva al logro de los objetivos de capacitación en el lugar de trabajo.

En la discusión de los resultados, se destaca la importancia de un enfoque sistemático para la evaluación de la completitud de los recursos de aprendizaje. Se discuten las implicaciones de los hallazgos para el diseño y la implementación de servicios Web de aprendizaje, así como las posibles limitaciones de la metodología utilizada. Además, se sugiere que futuras investigaciones podrían explorar la integración de nuevas tecnologías y metodologías para mejorar aún más la evaluación continua de la completitud de los recursos de aprendizaje.

Finalmente, la tesis propone líneas de trabajo futuro para ampliar el esquema de evaluación y mejorar la metodología. Estas líneas incluyen la exploración de técnicas avanzadas de análisis de datos y aprendizaje automático para la evaluación automatizada de la completitud, así como la adaptación del esquema para diferentes contextos de *e-learning*.

ABSTRACT

The primary objective of this thesis is to propose an evaluation scheme for the creation of learning web services that present complete content, specifically oriented to training processes in the workplace. One of the key challenges in e-learning is the lack of comprehensive learning resources on platforms. Often, these resources do not provide the full range of information needed to achieve the desired learning outcomes. Despite the exponential growth of e-learning thanks to information and communication technologies (ICT), there are still challenges related to the quality and quantity of content. The aim of this research is to define and measure the completeness of the content offered in web learning services, which is a crucial aspect for the effectiveness of training processes.

To achieve this objective, the methodology developed includes several key components. Firstly, the concept of completeness is defined in the context of learning resources. Subsequently, a methodology is devised to quantify this completeness, entailing the selection of learning resources and the extraction of pertinent information. Furthermore, this method enables the measurement of content consistency, thereby facilitating the creation of comprehensive resources. A web system, called ONTY, was implemented with the objective of facilitating the evaluation and creation of complete educational resources. The ONTY system enables the measurement of resource completeness through web services, providing a practical tool to guarantee the adequacy and completeness of learning resources.

The ONTY system was validated through pilot tests and case studies. These tests demonstrated that it is possible to measure and improve the completeness of learning resources through Web services. The results obtained indicated a significant improvement in the quality of the resources evaluated using the proposed scheme. The analysis of data collected during validation showed that comprehensive learning resources contribute most effectively to achieving workplace training objectives.

The discussion of the results emphasizes the importance of a systematic approach to assessing the completeness of learning resources. The implications of the findings for the design and implementation of learning web services are discussed, as well as the potential limitations of the methodology used. Furthermore, future research should explore the integration of new technologies and methodologies to further improve the continuous assessment of the completeness of learning resources. Finally, the thesis proposes lines of future work to expand the evaluation scheme and improve the methodology. These include exploring advanced data analysis and machine learning techniques for automated completeness assessment, as well as adapting the scheme for different e-learning contexts.

Contenido

Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 General	2
1.3.2 Específicos	2
1.4 Justificación	2
1.5 Alcances y limitaciones	3
1.5.1 Alcances	3
1.5.2 Limitaciones	3
1.6 Organización del documento	4
Capítulo 2 Marco conceptual	5
3.1 Servicio Web	6
3.2 Servicio Web de Aprendizaje	6
3.3 Recurso de aprendizaje	6
3.4 Completitud	7
3.5 Contenido	7
3.6 Proceso de negocios	8
3.7 E-learning en el lugar de trabajo	9
3.8 Ontologías	10
Capítulo 3 Antecedentes y Trabajos relacionados	11
3.1 Antecedentes	12
3.2 Trabajos relacionados	12
3.2.1 Discusión de los trabajos relacionados	12
3.2.2 Comparativa de los trabajos relacionados	14
Capítulo 4 Metodología de solución	21
Descripción de la propuesta de solución	25

1. Definir la completitud	25
2. Generar la forma de medir la completitud	30
3. Selección de recursos de aprendizaje para probar la solución.....	31
4. Extracción de información de los elementos del recurso de aprendizaje.....	36
5. Búsqueda de secciones en la ontología	38
6. Cuantificar los elementos	39
7. Medición de la coherencia entre las secciones del recurso de aprendizaje	39
8. Medición de completitud del recurso de aprendizaje	45
9. Creación del recurso de aprendizaje	45
Capítulo 5 Implementación de la solución	49
5.1 Descripción del sistema Web ONTY	50
5.2 Desarrollo del sistema Web ONTY	53
5.3 Descripción de la interfaz del sistema Web ONTY	56
Capítulo 6 Pruebas y resultados	61
6.1 Plan de pruebas	62
6.1.1 Pruebas de funcionamiento.....	62
6.1.1.1 Pruebas de funcionamiento de la opción “Evaluación de completitud”	63
6.1.1.2 Pruebas de funcionamiento de la opción “Creación de recurso de aprendizaje”	65
6.1.2 Pruebas de evaluación de recursos de aprendizaje	66
6.1.2.1 Evaluación de la funcionalidad “Evaluación de completitud”	66
6.1.2.2 Pruebas de evaluación de la opción “Creación de recurso de aprendizaje”	67
6.2 Resultados	68
6.2.1 Resultados de la evaluación de los recursos de aprendizaje.....	68
6.2.2 Discusión de resultados	73
Capítulo 7 Conclusiones	75
7.1 Conclusiones	76
7.2 Trabajos futuros	77
7.3 Aportaciones	78

7.4	Productos académicos	79
7.5	Otras actividades	80
	Referencias	81
	Anexos	92
	Anexo 1. Síntesis de los trabajos relacionados	93
	Enfoque de secuencias o rutas de aprendizaje	93
	Enfoque de servicios Web	105
	Enfoque de procesos de capacitación en empresas o en el lugar de trabajo	120
	Enfoque de completitud en recursos de aprendizaje	133
	Anexo 2. Elementos de los productos del proceso de negocio	137
	Sección 1: Análisis y diseño	137
	Sección 2: Componentes	139
	Sección 3: Software	139
	Sección 4: Manual de usuario	140
	Sección 5: Manual de operación	140
	Sección 6: Manual de mantenimiento	141
	Sección 7: Reporte de actividades	142
	Sección 8: Registro de rastreo	143
	Sección 9: Plan de pruebas de sistema	144
	Sección 10: Reporte de pruebas de sistema	145
	Sección 11: Plan de pruebas de integración	146
	Sección 12: Reporte de pruebas de integración	147
	Sección 13: Reporte de verificación	148
	Sección 14: Reporte de validación	149
	Anexo 3: Medición de la completitud de los recursos de aprendizaje	151
	Sección 1: Análisis y diseño	151
	Sección 2: Componentes	153

Sección 3: Software.....	154
Sección 4: Manual de usuario.....	154
Sección 5: Manual de operación	154
Sección 6: Manual de mantenimiento	155
Sección 7: Reporte de actividades.....	156
Sección 8: Registro de rastreo	157
Sección 9: Plan de pruebas de sistema	158
Sección 10: Reporte de pruebas de sistema	160
Sección 11: Plan de pruebas de integración	161
Sección 12: Reporte de pruebas de integración	162
Sección 13: Reporte de verificación	163
Sección 14: Reporte de validación.....	164
Anexo 4. Requerimientos funcionales del sistema ONTY	166
Anexo 5. Análisis y Diseño del sistema ONTY	167
Anexo 6. Requerimientos de interfaz de usuario.....	169
Anexo 7. Modelo de calidad	170

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Metodología de solución.....	23
Ilustración 2 Clases principales de la ontología programada con Protégé	36
Ilustración 3 Fragmento de los individuos que conforman la sub-clase sinónimos de un producto en específico	37
Ilustración 4 Fragmento de los individuos que conforman la sub-clase atributos	37
Ilustración 5 Validación de los párrafos	38
Ilustración 6 Salida del script para buscar las secciones en la ontología	39
Ilustración 7 Etapas para la medición de coherencia.....	40
Ilustración 8 Vectorización del párrafo	41
Ilustración 9 Bibliotecas utilizadas para la creación de recursos de aprendizaje	46
Ilustración 10 Consulta a la ontología.....	46
Ilustración 11 Creación e inserción de los atributos extraídos	46
Ilustración 12 Búsqueda de las definiciones de los atributos extraídos de la ontología.....	47
Ilustración 13 Inserción de las definiciones al documento Word	47
Ilustración 14 Guardar documento creado	48
Ilustración 15 Sistema Web ONTY	51
Ilustración 16 Pantalla de bienvenida del sistema ONTY	56
Ilustración 17 Pantalla de cargar el recurso de aprendizaje del sistema Web ONTY.....	57
Ilustración 18 Pantalla de creación del recurso de aprendizaje del sistema Web ONTY	58
Ilustración 19 Pantalla de resultados del sistema Web ONTY	58
Ilustración 20 Resultado de la opción secciones identificadas en el recurso de aprendizaje	59
Ilustración 21 Resultado de la opción coherencia del recursos de aprendizaje	59
Ilustración 22 Resultado de la opción completitud del recursos de aprendizaje	60
Ilustración 23 Moodle como proveedor y cliente en una arquitectura de integración y clasificación de SWA.....	108
Ilustración 24 Validación del modelo con la maquina de Turing	134
Ilustración 25 Diagrama de casos de uso.....	167
Ilustración 26 Diagrama de secuencia	167
Ilustración 27 Diagrama de componentes	168
Ilustración 28 Diagrama de despliegue.....	168

Lista de tablas

Tabla 1 Comparativa de los trabajos relacionados	14
Tabla 2 Elementos del proceso de negocio.....	26
Tabla 3 Símbolos que forman al alfabeto para la definición formal	30
Tabla 4 Formulas para medir la completitud de los diferentes productos del proceso de negocio	35
Tabla 5 Servicios Web generados	54
Tabla 6 Elementos de los casos de prueba	62
Tabla 7 Resumen de las pruebas de funcionamiento	63
Tabla 8 Resumen de las pruebas de funcionamiento del apartado de "Creación de recurso de aprendizaje"	65
Tabla 9 Total de recursos de aprendizaje evaluados	67
Tabla 10 Total de pruebas realizadas para la creación de recursos de aprendizaje	67
Tabla 11 Resumen de la evaluación de completitud de los recursos de aprendizaje	68
Tabla 12 Resumen de la evaluación de completitud de los recursos de aprendizaje creados	71
Tabla 13 Logros de los objetivos	76

Lista de diagramas

Diagrama 1 Elementos del documento de especificación de requerimientos	29
Diagrama 2 Elementos del documento de análisis y diseño	138
Diagrama 3 Elementos del documento de componentes.....	139
Diagrama 4 Elementos del documento de software.....	139
Diagrama 5 Elementos del documento manual de usuario.....	140
Diagrama 6 Elementos del documento manual de operación.....	141
Diagrama 7 Elementos del documento manual de mantenimiento	142
Diagrama 8 Elementos del documento reporte de actividades.....	143
Diagrama 9 Elementos del documento registro de rastreo	144
Diagrama 10 Elementos del documento plan de pruebas de sistema.....	145
Diagrama 11 Elementos del documento reporte de pruebas de sistema	146
Diagrama 12 Elementos del documento plan de pruebas de integración.....	147
Diagrama 13 Elementos del documento reporte de pruebas de integración.....	148
Diagrama 14 Elementos del documento reporte de verificación	149
Diagrama 15 Elementos del documento reporte de validación	150
Diagrama 16 Modelo de calidad para los recursos de aprendizaje	170

Capítulo

1

Introducción

En este capítulo se define el contexto de este trabajo de investigación y se describen los siguientes puntos: Introducción, descripción del problema, objetivos, alcances y limitaciones, y organización del documento.

1.1 Introducción

El aprendizaje electrónico se define como el empleo de recursos digitales para lograr un objetivo de aprendizaje. Actualmente se hace uso intensivo de Internet de tal manera que ha potenciado el desarrollo y ampliación de *e-learning*, que si bien se han generado beneficios también han aparecido problemas o limitaciones que previenen que los objetivos de aprendizaje se alcancen y muchos de ellos tienen que ver con las tecnologías de información y comunicación. Normalmente, *e-learning* emplea plataformas como MOODLE, BLACKBOARD, etc. para llevar a cabo los programas de estudios y cursos que se ofrecen. Su funcionamiento emplea los conocidos objetos de aprendizaje contruidos a partir de estándares orientados a la educación y son los que contienen a los recursos de aprendizaje que se emplean en los cursos. Una modalidad diferente es el uso de servicios Web para entregar los recursos, su ventaja sobre los objetos de aprendizaje es que no dependen de un estándar orientado a la educación, sino que utilizan los protocolos de internet que dan más apertura pudiendo manejar los recursos sin limitaciones de plataformas. Sin embargo, a la fecha si bien se puede poner un recurso de aprendizaje en un servicio Web, no se puede determinar cuánta es la cantidad de información que deba contener, por lo tanto, se presenta el problema de tener servicios Web de aprendizaje que no tengan la cantidad de contenido como para que el objetivo de aprendizaje pueda ser alcanzado.

1.2 Descripción del problema

El uso de recursos de aprendizaje en procesos de capacitación virtual se lleva a cabo de tal forma que se confía en que los recursos contienen la información necesaria para lograr el objetivo de aprendizaje. Sin embargo, si los recursos no cuentan con esa información, se presenta el problema de que se forman secuencias formativas incompletas, las cuales pueden influir negativamente en el logro de los objetivos de aprendizaje.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Proponer un esquema de evaluación que genere un valor cuantitativo para poder seleccionar los recursos de aprendizaje completos para propósitos de *e-learning* en el lugar de trabajo.

1.3.2 Específicos

1. Definir un esquema de evaluación para ser usado en las revisiones del proceso de construcción de los servicios Web de aprendizaje.
2. Proponer un mecanismo para generar recursos de aprendizaje con contenido completo.
3. Validación del modelo propuesto.

1.4 Justificación

La tecnología es un factor determinante para el éxito o fracaso de una empresa. Las empresas que incorporan adecuadamente sistemas de información en su infraestructura se posicionan para lograr ventajas competitivas (Jokic et al., 2010). Estas ventajas se logran gracias a la capacitación continua del personal que labora en las diferentes áreas que conforman la

empresa. La capacitación efectiva es esencial para mantener la competitividad en el mercado global, ya que asegura que los empleados posean las habilidades y conocimientos necesarios para adaptarse a los cambios tecnológicos y operativos.

En particular, la capacitación en el lugar de trabajo se ha visto potenciada por el uso de las tecnologías de información y comunicación TICs (Singh & Singh, 2015), las cuales han facilitado la entrega de la capacitación en línea. Las TICs permiten que los empleados accedan a recursos de aprendizaje en cualquier momento y desde cualquier lugar, lo cual es especialmente valioso en un mundo cada vez más digital y conectado (Creutz & Wiklund, 2014). Esto ha llevado a un crecimiento exponencial del *e-learning*, que se ha convertido en una herramienta clave para el desarrollo del capital humano en las organizaciones (Entrevista al Director de La Empresa Pink Elephant Latinoamérica, 2014).

Sin embargo, para llevar a cabo la capacitación en el lugar de trabajo, actualmente existen dos enfoques que entregan recursos de aprendizaje. El primero maneja objetos de aprendizaje por medio de plataformas o sistemas gestores, como Moodle o Blackboard, que permiten organizar y gestionar los contenidos educativos de manera estructurada (Valenzuela Robles, 2017). El segundo enfoque maneja los recursos de aprendizaje por medio de servicios Web, los cuales ofrecen una mayor flexibilidad al no depender de estándares específicos y permiten la integración de contenidos diversos a través de protocolos de Internet.

En cualquiera de los dos enfoques se busca proporcionar los recursos de aprendizaje necesarios para lograr un objetivo de aprendizaje. Sin embargo, ninguno de los dos enfoques puede validar que los recursos que se entregan tengan el contenido necesario para que se logre el objetivo de aprendizaje planteado al inicio de la capacitación. Esta falta de validación puede resultar en secuencias formativas incompletas, que a su vez pueden influir negativamente en el logro de los objetivos de aprendizaje y, por ende, en la efectividad de la capacitación.

No existen actualmente enfoques robustos para medir la completitud de los recursos de aprendizaje en el contexto del *e-learning* en el lugar de trabajo. La falta de una metodología clara para evaluar si los contenidos ofrecidos son completos y adecuados impide asegurar la calidad de la capacitación. Es por esto por lo que se requiere establecer una forma para medir qué tan completo debe ser el recurso de aprendizaje contenido en el servicio Web. La completitud del contenido es crucial para garantizar que todos los aspectos necesarios del conocimiento y habilidades se cubran adecuadamente, asegurando así que los empleados puedan aplicar lo aprendido de manera efectiva en sus roles laborales.

1.5 Alcances y limitaciones

Para el propósito de este trabajo, se establecieron los alcances y limitaciones como se describen a continuación.

1.5.1 Alcances

- Definir y formalizar el concepto de contenido completo para propósitos de capacitación.
- Los recursos de aprendizaje que se utilizaron en las pruebas corresponden a procesos de negocios; para determinar la completitud en recursos empleados en procesos de capacitación.

1.5.2 Limitaciones

- No se probó la calidad pedagógica de los SWA individuales ni compuestos.

- Solo se trabajó con recursos de aprendizaje del tipo contenido.
- No se midió el tiempo de carga al visualizar el recurso de aprendizaje.
- No se evaluó la reusabilidad de los Servicios Web de Aprendizaje.
- No se evaluó el logro del objetivo de aprendizaje, derivado de que influyen muchos factores, por ejemplo, legibilidad, accesibilidad, usabilidad, entre otros.

1.6 Organización del documento

En el capítulo 2 se presentan los conceptos que sustentan este trabajo de investigación. Se describe que son los Servicios Web, Servicios Web de Aprendizaje, Recurso de aprendizaje, Completitud, Contenido, Proceso de negocio, E-learning en el lugar de trabajo y Ontologías.

En el capítulo 3 se presentan los antecedentes y trabajos relacionados que se utilizaron para esta investigación.

En el capítulo 4 se presenta la metodología de solución utilizada para lograr el objetivo de este trabajo de investigación para la medición de la completitud en los recursos de aprendizaje.

En el capítulo 5 se presenta la implementación de la propuesta de solución y las diferentes pruebas aplicadas al sistema Web para validar su funcionamiento.

En el capítulo 6 se presentan los resultados de la medición de la completitud de los recursos de aprendizaje que se utilizaron. Por último, en el capítulo 7 se muestran las conclusiones de esta investigación y se proponen trabajos futuros.

Capítulo

2

Marco conceptual

En este capítulo se presenta el marco conceptual, donde se definen los conceptos que dan sustento al desarrollo de la investigación.

La elaboración de este marco teórico es crucial en este trabajo, ya que explica términos clave como Servicio Web, Servicios Web de Aprendizaje, Recursos de Aprendizaje, Completitud, Contenido, Proceso de Negocio, E-learning en el lugar de trabajo y Ontologías. Estos conceptos son esenciales para definir y comprender los conceptos en el contexto de este estudio y así dar solución al problema planteado.

3.1 Servicio Web

De acuerdo con el W3C (Booth et al., 2004)

“Un servicio Web es un sistema de software diseñado para apoyar la interacción interoperable máquina a máquina sobre una red. Tiene una interfaz descrita en un formato procesable por una máquina (específicamente WSDL). Otros sistemas interactúan con el servicio Web de una manera prescrita por su descripción utilizando mensajes SOAP, típicamente transportados usando HTTP con una serialización XML en conjunto con otras normas relacionadas con la Web”.

Estos servicios proporcionan un medio estándar de comunicación entre las diferentes aplicaciones de software que participan en la presentación de la información de contexto dinámico dirigido al usuario. Así mismo promueven la interoperabilidad y extensibilidad entre aplicaciones de tal manera que puedan ser combinados con el fin de realizar operaciones más complejas. De acuerdo con (Kothari & Wilkinson, 2020) los servicios Web son útiles en un método de composición para el desarrollo de aplicaciones, donde algunas de las características clave de una aplicación integrada se proporcionan externamente a través de uno o más sistemas remotos. A través de las ventajas y beneficios que proporcionan los servicios Web se pueden crear nuevos servicios a partir de componentes ya existentes, simplificando la creación de nuevos servicios Web a través de la orquestación.

3.2 Servicio Web de Aprendizaje

(Delgado Fernández, 2012) define a un Servicio Web de Aprendizaje, como:

“Una unidad de aprendizaje construida como servicio Web que contiene el mecanismo de comunicación hacia el contenido educativo de uno de los cuatro elementos que conforman a un objeto de aprendizaje, funcionando como intermediario entre el usuario y el contenido de aprendizaje. El SWA cuenta con todas las características de un servicio Web, pero su uso es exclusivamente para consultar y desplegar al usuario uno o más contenidos de aprendizaje”.

El autor define cuatro principales tipos de servicios Web de aprendizaje: SWA de tipo objetivo, SWA de tipo contenido, SWA de tipo actividad y SWA de tipo evaluación los cuales corresponden a los elementos pedagógicos que deben estar contenidos en un objeto de aprendizaje.

3.3 Recurso de aprendizaje

Los autores (Ramírez Prado & Rama, 2014) definen los recursos de aprendizaje como:

“El conjunto de estrategias activas para la educación a distancia o enseñanza virtualizada. Esta modalidad existe con el desarrollo de las tecnologías de la comunicación e información (TCI) promovidas por las industrias culturales, las que permiten el acceso al conocimiento, capacitación o instrucción sin la presencia del docente”.

Se entiende a los recursos de aprendizaje como el conjunto de procedimientos y estrategias que el estudiante debe poner en funcionamiento cuando se enfrenta con una tarea de aprendizaje. Estos procedimientos pueden ser recursos materiales o procesos cognitivos que permiten realizar un aprendizaje significativo en el contexto en el que se realice. Cuando las estrategias puestas en funcionamiento permiten elaborar cadenas secuenciales con significado.

3.4 Completitud

De acuerdo con la RAE completitud es: *Calidad de completo o acción y efecto de completar*, algunos sinónimos son: Completitud, Completo y Compleción.

Actualmente no se ha encontrado alguna definición de completitud en recurso de aprendizaje; sin embargo, existen modelos de calidad que mencionan el atributo de completitud; pero ninguno menciona como implementarlo o como medirlo. De acuerdo con (Berander et al., 2005) la completitud como atributo de calidad está involucrada en la exactitud, en la fiabilidad y en la usabilidad. Entre los cuales se destacan los siguientes:

- (Dromey, 1995) apoya a la construcción de software de calidad a través de la definición de estándares de codificación específicos del lenguaje, la clasificación sistemática de defectos de calidad y el desarrollo de auditores de código automatizados para detectar defectos en el software. El autor define a la completitud como: *“Una función posee la propiedad de ser completa si tiene todos los elementos necesarios para definir e implementar la función para que cumpla su rol de forma que no afecte la fiabilidad o la funcionalidad”*.
- (International Organization for Standardization, 2002) Menciona el atributo de completitud, pero lo implementa en la realización de pruebas funcionales (prueba de caja negra) del sistema de acuerdo con las especificaciones de requisitos.
- (International Organization for Standardization, 1998) El autor menciona que la completitud debe considerarse al hablar de la usabilidad como la medida en que un producto puede ser utilizado para lograr un objetivo específico y los principales sub atributos para alcanzar la usabilidad son: Precisión, Completitud y Recursos utilizados.
- (McCall et al., 1977) vincula la exactitud con tres criterios de calidad, es decir características, entre las cuales se destacan la trazabilidad, la completitud y la consistencia. Este modelo define la exactitud como: *“El grado en que un sistema o componente está libre de fallas en su especificación, diseño e implementación”*.

3.5 Contenido

De acuerdo con (Kumar et al., 2021) los contenidos son los temas, creencias, comportamientos, conceptos y hechos, a menudo agrupados dentro de cada materia o área de aprendizaje bajo conocimientos, habilidades, valores y actitudes, que se espera que se aprendan y formen la base de la enseñanza y el aprendizaje. Este contenido puede representarse a través de cualquier archivo de documento, archivo de presentación, archivo de audio o archivo de vídeo que pueda utilizarse para impartir una capacitación o clase. Esto incluye presentaciones en power point, guías, informes, documentos técnicos, cuadros y gráficos, ilustraciones, videos, estudios de casos, infografías, escenarios de solución de problemas, simulaciones, capturas de pantalla, gifs animados, listas de verificación, libros electrónicos, artículos, publicaciones de blog, entrevistas, etc., como material de estudio o conferencias, asignaciones, proyectos, preguntas de prueba, banco de preguntas y respuestas, ejercicios de práctica. El contenido de aprendizaje se puede clasificar en dos elementos principales, contenido de aprendizaje y

contenido del sitio Web. “Contenido de aprendizaje” denota material de estudio completo y preciso entregado a los alumnos de manera concisa y oportuna. El contenido se distribuye principalmente a través de los canales electrónicos mediante el uso de Internet, televisión por satélite, radio y dispositivos de almacenamiento como discos compactos, discos duros y memorias. El contenido del sitio Web, significa el contenido de aprendizaje accesible para los alumnos a través de la plataforma del sitio Web, en cualquier momento y de forma precisa y concisa. Ahora el ímpetu de cualquier proveedor de servicios está en el diseño visual, los colores, los diseños, las fuentes y las formas del sitio Web, junto con las ayudas a la navegación. como barras de tareas, hipervínculos y casillas de verificación

3.6 Proceso de negocios

Existen diferentes definiciones de proceso de negocio, a continuación, se enlistan algunas de las definiciones encontradas:

- (Brady et al., 2001) lo define como *“Colección de actividades que toma una o más tipos de entradas y crea una salida, eso es de valor para el cliente”*.
- (Robson & Ullah, 1996) lo definen como *“Flujo de trabajo que pasa de una persona a la siguiente y para procesos más grandes, probablemente de un departamento a otro”*.
- (Harrington et al., 1997) lo definen como *“Conjunto lógico de actividades relacionadas secuencialmente que toma una entrada de un proveedor, le agrega valor y produce una salida para un cliente”*.
- (Hammer & Champy, 1993) lo definen como *“Colección de actividades que toman uno o más tipos de entrada y crean una salida que es de valor para el cliente”*.
- (Davenport & Short, 1990) lo definen como *“Un conjunto de tareas relacionadas lógicamente que se realizan para lograr un resultado comercial definido para un cliente o mercado en particular”*.
- (Weske, 2007) lo define como *“Conjunto de actividades que se realizan en coordinación en un entorno organizacional y técnico. Estas actividades logran conjuntamente un objetivo comercial. Cada proceso empresarial es implementado por una sola organización, pero puede interactuar con procesos empresariales realizados por otras organizaciones”*.
- (ISO/IEC 29110, 2016) lo define como *“Conjunto de prácticas relacionadas entre sí, llevadas a cabo a través de roles y por elementos automatizados, que utilizando recursos y a partir de insumos producen un satisfactor de negocio para el cliente”*.
- (International Organization for Standardization, 1992a) lo define como *“Conjunto de actividades y tareas para la adquisición de un producto o servicio de software y durante el suministro, desarrollo, operación, mantenimiento y eliminación de productos de software. Esta estructura permite establecer vínculos claros con las prácticas de software, hardware, personal y de negocios”*.
- (International Organization for Standardization, 1992b) lo define como *“Conjunto de actividades y tareas para la adquisición de un producto o servicio de software y durante el suministro, desarrollo, operación, mantenimiento y eliminación de productos de software. Esta estructura permite establecer vínculos claros con las prácticas de software, hardware, personal y de negocios”*.
- (Havey, 2005) lo define como un *“Algoritmo paso a paso para lograr un objetivo comercial. La mejor visualización de un proceso de negocio es un diagrama de flujo. Un proceso puede ser ejecutado realmente por un motor de proceso,*

siempre que su lógica se defina de manera precisa e inequívoca. Cuando se ingresa una definición de proceso a un motor, el motor puede ejecutar instancias del proceso. Los pasos del proceso se denominan actividades”.

- (Dumas et al., 2013) lo definen como *“Colección de eventos, actividades y puntos de decisión interrelacionados que involucran a varios actores y objetos, y que colectivamente conducen a un resultado que es de valor para al menos un cliente”.*

Con base en el conjunto de definiciones antes mencionadas se puede concluir que todas las definiciones involucran los mismos elementos, es decir, actividades, tareas, roles, productos intermedios, productos finales y clientes. De acuerdo con (Okta, 2005) un proceso de negocio está conformado por:

- **Roles:** Es responsable por un conjunto de actividades de uno o más procesos. Un rol puede ser asumido por una o más personas de tiempo parcial o completo.
- **Actividades:** Conjunto de tareas específicas asignadas para su realización a uno o más roles.
- **Tareas:** Trabajo predominante manual y repetitivo que debe hacerse en un tiempo limitado para completar la operación dentro de una actividad.
- **Producto interno:** Cualquier elemento que se genera en un proceso.

3.7 E-learning en el lugar de trabajo

En las últimas décadas, ha habido cambios rápidos en la vida laboral y la sociedad, especialmente aquellos impulsados por las tecnologías emergentes de la información y la comunicación, el crecimiento exponencial de la información, los cambios industriales y la dinámica económica. Estos cambios han obligado a las organizaciones a buscar nuevas formas de mejorar su ventaja competitiva, en las que el conocimiento se considera el recurso central y el aprendizaje el proceso más importante. De acuerdo con (Boud & Garrick, 2012) el aprendizaje en el lugar de trabajo se refiere a actividades de aprendizaje o formación realizadas en entornos laborales con el objetivo de mejorar el desempeño individual y organizacional. Puede resumirse como los medios, procesos y actividades en el lugar de trabajo mediante los cuales los empleados aprenden desde técnicas básicas hasta alta tecnología y habilidades de gestión que son inmediatamente aplicables a sus trabajos, deberes y roles. El campo del aprendizaje en el lugar de trabajo también se conoce como capacitación y desarrollo, desarrollo de recursos humanos, capacitación corporativa y desarrollo de experiencia profesional, entre otros.

Además, (Ellinger, 2005) menciona que el aprendizaje en entornos laborales incluye tanto el aprendizaje formal como el informal. El aprendizaje formal se refiere a actividades que están planificadas y estructuradas formalmente y patrocinadas institucionalmente, mientras que el aprendizaje informal se describe como procesos que son predominantemente no estructurados, experienciales y no institucionales.

La principal diferencia en el aprendizaje que ocurre en los dos tipos de situaciones es que el aprendizaje en el sistema educativo se basa en actividades educativas formales y planificadas, mientras que el aprendizaje en el lugar de trabajo es mayormente informal al basarse en tareas prácticas y situaciones laborales más que en la enseñanza explícita.

3.8 Ontologías

La palabra Ontología se deriva del griego ontos (estudio del ser) y logos (palabra). Filosóficamente, ontología es la ciencia de qué es. De acuerdo con (Smith, 2002) es una especificación formal para representar las entidades de un área en particular y sus relaciones. Las ontologías de dominio pueden contribuir a eliminar las confusiones terminológicas y conceptuales generadas por las lenguas de especialidad. El uso de ontologías permite el tratamiento ponderado del conocimiento, sirviendo como herramienta para recuperar información de una manera automatizada. Además, (An & Park, 2018) definen una ontología como *“Una especificación formal y explícita para representar las entidades de un área en particular y sus relaciones”*. Las ontologías de dominio pueden contribuir a eliminar la confusión terminológica y conceptual generada por las lenguas de especialidad.

En este trabajo de investigación se empleó una ontología de dominio, perteneciente al ámbito del conocimiento específico. Las ontologías de dominio proporcionan generalizaciones acerca de tareas específicas utilizando un vocabulario propio de un área determinada del conocimiento (Rivero Hernández et al., 2014).

Capítulo

3

Antecedentes y Trabajos relacionados

En este capítulo se presentan los antecedentes y trabajos relacionados que se analizaron para contextualizar la investigación, estableciendo cómo esta se diferencia o contribuye a los estudios existentes.

3.1 Antecedentes

Como principales antecedentes en el área de Ingeniería de Software del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) se han desarrollado un conjunto de tesis de maestría las cuales se enfocan en la tecnología para empaclar los recursos en servicios Web en sus dos formas SOAP y REST (Escobar Megchún, 2017) y para construir los recursos desde formas básicas tales como texto, imagen, video (Gregorio, 2017). Así como para identificar atributos que pudieran dar información sobre aspectos de calidad de los recursos de aprendizaje en la forma de estos (Salinas Roman, 2017). Es decir, si un recurso de aprendizaje se presenta a un usuario, ¿cuál es entonces la mejor forma de presentarlo?, logrando establecer un conjunto de atributos básicos para la evaluación de los recursos. En otra tesis de maestría se investigó el atributo de legibilidad de los recursos de aprendizaje (Rebolledo Castañeda, 2017). Después, se desarrolló la evaluación de entregabilidad de los servicios Web de aprendizaje tanto en SOAP como en REST (Benítez Domínguez, 2018), en función de tiempo de respuesta, tasa de éxito y rendimiento, y también se determinó una estrategia que pudiera transmitir las respuestas de los servicios Web de aprendizaje de manera segmentada para evitar generar errores (Fuentes Chab, 2019).

3.2 Trabajos relacionados

Los trabajos relacionados de este trabajo de investigación están agrupados en cuatro enfoques: el primer enfoque, está compuesto por los artículos que abordan el tema de secuencias o rutas de aprendizaje; el segundo enfoque, se conforma de los artículos que abordan el tema de servicios Web; el tercer enfoque, lo conforman los artículos que abordan el tema de procesos de capacitación en empresas o en el lugar de trabajo, y el último enfoque está conformado por los artículos que abordan el tema de completitud en recursos de aprendizaje.

Los trabajos que se han encontrado normalmente atienden otros atributos que deban tener los recursos de aprendizaje que se entregan a diferentes usuarios. Todos los trabajos presentan el manejo de los recursos de aprendizaje empacados en lo que se llama objetos de aprendizaje y dependen fuertemente de los estándares que fueron creados para gestionarlos. La síntesis de los trabajos relacionados analizados en esta investigación se presenta en el capítulo de Anexos sección 1.

3.2.1 Discusión de los trabajos relacionados

En el enfoque de Servicios Web, los trabajos relacionados demostrarán que se utilizan servicios Web como una forma de encapsular funcionalidades de plataformas o actividades específicas. Los autores señalan que las plataformas de aprendizaje utilizan recursos de aprendizaje que están acoplados a ellas, lo cual requiere desacoplarlos para poder utilizarlos fuera de las plataformas y reutilizarlos en la creación de nuevas plataformas de aprendizaje. Para lograr este objetivo, se propone empaquetar los recursos de aprendizaje como servicios Web. El uso de servicios Web es destacado por su capacidad para empaclar recursos de aprendizaje y utilizarlos fuera de los sistemas gestores de aprendizaje. Además, mencionan que esta técnica permite la creación de objetos de aprendizaje interactivos que se pueden reutilizar, lo que reduce el tiempo y el esfuerzo necesarios para crear dichos objetos en sistemas independientes. Los trabajos existentes describen cómo los servicios Web han facilitado el desarrollo de nuevos sistemas de aprendizaje sin la necesidad de programarlos desde cero. Además, algunos trabajos indican que esta tecnología puede respaldar la creación eficiente de cursos adaptativos que se ajusten al patrón de enseñanza de cada alumno.

En el enfoque de secuencias o rutas de aprendizaje, se encontraron trabajos relacionados que aplican el análisis semántico para la creación de nuevos recursos de aprendizaje utilizados en las secuencias de aprendizaje. Estos trabajos también mencionan la posibilidad de personalizar las secuencias de aprendizaje, denominándolo un marco de *e-learning* personalizado que tiene en cuenta el estilo de aprendizaje y los fundamentos teóricos previos de cada alumno. Además, se proponen modelos semánticos para definir las recomendaciones a los alumnos según su estado, es decir, el estado del grupo y la progresión de la sesión de aprendizaje.

Con relación al enfoque de procesos de capacitación en empresas o en el lugar de trabajo, se identificó que las organizaciones utilizan el *e-learning* como modalidad de capacitación para sus empleados, y también emplean el Aprendizaje Multimodal (MMLA) para recopilar datos de procesos y productos multimodales. Los trabajos relacionados mencionan que el aprendizaje colaborativo es beneficioso, ya que los estudiantes tienen una mejor perspectiva cuando trabajan en conjunto con sus compañeros. También se resalta la importancia de definir una forma de medir la satisfacción de los estudiantes y se recomienda combinar liderazgos educativos para resolver efectivamente los problemas que surgen en el lugar de trabajo. Aunque los trabajos mencionan la evaluación de los resultados del aprendizaje desde diferentes aspectos, como la eficiencia y la satisfacción de los usuarios, no se ha encontrado un nivel de detalle en las evaluaciones. Sin embargo, se proponen modelos que apoyen el logro de objetivos personales y corporativos con el fin de motivar a los empleados en su aprendizaje. En cuanto al enfoque de completitud en recursos de aprendizaje, se identificó que este atributo es mencionado o considerado en múltiples disciplinas y aplicaciones prácticas, funcionando como un pilar fundamental para garantizar la calidad y eficacia en el desarrollo de software, la integridad de datos y los sistemas de aprendizaje. Desde la perspectiva de Dromey, que enfoca la completitud en el contexto del desarrollo de software mediante estándares específicos y auditorías automáticas para garantizar la funcionalidad sin errores, hasta las aplicaciones en integridad de datos descritas por Issa et al. (2021), que clasifican la completitud en múltiples dimensiones como esquema, propiedad y metadatos, la completitud se utiliza como un criterio esencial para medir la adecuación y exhaustividad de los datos. Además, en el ámbito educativo, la completitud se traduce en la presencia necesaria y suficiente de recursos de aprendizaje que satisfagan los objetivos educativos, lo que es vital para la efectividad de la educación a distancia y el aprendizaje personalizado. Este enfoque multifacético de la completitud no solo mejora la precisión y la utilidad de los sistemas y herramientas desarrollados, sino que también promueve una mayor coherencia y capacidad de respuesta frente a las necesidades específicas de usuarios y aplicaciones.

En resumen, los trabajos relacionados brindan información relevante sobre los enfoques utilizados en esta investigación. Cada enfoque presenta diferentes aportes, como el uso de servicios Web para empaquetar funciones de las plataformas, la aplicación de estrategias colaborativas en el *e-learning* en el lugar de trabajo y el análisis semántico en la creación de secuencias de aprendizaje. Sin embargo, la principal diferencia entre los trabajos relacionados y este trabajo de investigación radica en que ninguno de los trabajos aborda el uso de recursos de aprendizaje mediante servicios Web. Tampoco describen la formalización del concepto de completitud ni su forma de medición.

3.2.2 Comparativa de los trabajos relacionados

La Tabla 1 muestra la comparativa de los trabajos relacionados que se analizaron, en la cual se consideran *e-training* o *e-learning in the workplace* (ET), utilización de servicios Web (SW) para facilitar el *e-learning* o servicios Web de aprendizaje (SWA) para entregar recursos de aprendizaje, Completitud (C) y Secuencias de aprendizaje (SA).

Tabla 1 Comparativa de los trabajos relacionados

Trabajo	ET	SW	C	SA	Resultado
Secuencias o rutas de aprendizaje					
Applying path analysis model in explaining the factors affecting the quality and usefulness of <i>e-learning</i> : the students' perspective. (Saeid & Goodarzi, 2019)	✓				Una comparación de los modelos exitosos de aprendizaje electrónico, al igual de medir la calidad.
Motivation path between the difficulties and attitudes of using the <i>e-learning</i> systems in the Jordanian universities: Ajloun University as a case study. (Shakah et al., 2019)	✓				Identificar las dificultades que afectan la motivación para el uso de sistemas <i>e-learning</i> por parte de los estudiantes universitarios de la Universidad de Ajloun en Jordania.
Determining <i>e-learning</i> success factor in higher education based on user perspective using Fuzzy AHP. (Anggrainingsih et al., 2018)	✓			✓	Factores de éxito de los programas de <i>e-learning</i> en la Universidad Sebelas Maret desde la perspectiva de 10 expertos en <i>e-learning</i> , 305 profesores y 4195 estudiantes.
Learning path construction in <i>e-learning</i> . (Yang & Dong, 2017)	✓			✓	Desarrollar contenidos de aprendizaje para instruir el aprendizaje, la configuración de entornos para involucrar el aprendizaje, el diseño de plataformas y herramientas para mejorar el aprendizaje, la organización y estandarización de los recursos de aprendizaje para hacer que los contenidos de aprendizaje sean reutilizables y más formales.
Adaptive and Personalized Learning System as Workshop Complement. (Febriana & Kurniawan, 2017)	✓			✓	Una ontología con cinco modelos, la ontología permite analizar los conocimientos previos considerando los modelos de usuario, modelos de dominio, modelos de contenido y ruta de aprendizaje.
Learning path adaptation in online learning systems. (Muhammad et al., 2016)				✓	Una introducción a la adaptación de la ruta de aprendizaje para investigadores y profesionales.
Ontology-based personalized learning path recommendation for course learning. (Cheng et al., 2018)	✓			✓	Un método de ontologías para generar rutas de aprendizaje basadas en el dominio del conocimiento de los alumnos en lugar de su preferencia.
Instructional Design for Learning Path Identification in an <i>E-learning</i> Environment using Felder-Silverman Learning Styles Model. (Joseph & Abraham, 2017)	✓			✓	Un sistema para proporcionar contenido electrónico personalizado para los estudiantes basado en el modelo de estilos de aprendizaje de Felder-Silverman.
Students' Satisfaction in Learning Style-Based Adaptation (Alshammari et al., 2015)				✓	Medir la satisfacción de los estudiantes a través de la definición de rutas de aprendizaje personalizadas de acuerdo con el estilo de aprendizaje.
On Learning Path Planning Algorithm Based on Collaborative Analysis of Learning Behavior (Shou et al., 2020)				✓	Un algoritmo de planificación de rutas de aprendizaje basado en el análisis colaborativo del comportamiento de aprendizaje a través del análisis de datos colaborativos de los comportamientos de aprendizaje en línea.
A systematic literature review on adaptive content recommenders in personalized learning environments from 2015 to 2020. (Raj & Renumol, 2021)				✓	Una revisión sistemática con el objetivo de analizar y resumir los estudios sobre recomendación de contenido de aprendizaje en entornos de aprendizaje adaptativos y personalizados.

Continuación Tabla 1

Trabajo	ET	SW	C	SA	Resultado
Secuencias o rutas de aprendizaje					
A comprehensive analysis of personalized learning components. (Shemshack et al., 2021)				✓	Un análisis de los diferentes enfoques de aprendizaje personalizados que consideran los diferentes componentes de aprendizaje, de modo que se tenga un acuerdo en evolución sobre modelos y enfoques de aprendizaje personalizados.
A Learning Semantic Web Service for Generating Learning Paths. (Ben Mahmoud et al., 2015)	✓			✓	Un enfoque para proporcionar a los alumnos rutas de aprendizaje adaptadas a sus solicitudes.
Towards a Recommendation System for the Learner from a Semantic Model of Knowledge in a Collaborative Environment. (Mediani et al., 2015)				✓	Una arquitectura para un sistema de recomendación mediante el refinamiento de un modelo semántico de “traces” con indicadores.
Quality evaluation for multimedia contents of <i>e-learning</i> systems using the ANP approach on high speed network. (Choi & Jeong, 2019)				✓	Un modelo de evaluación de calidad que calcula los pesos de prioridad de cada atributo.
Towards a Quality Model for Open Courseware and Open Educational Resources. (Vlădoiu, 2014)	✓			✓	Un conjunto de criterios para asegurar la calidad de cursos y recursos educativos abiertos.
Toward A Complete <i>e-Learning</i> System Framework for Semantic Analysis, Concept Clustering and Learning Path Optimization. (Tam et al., 2012)				✓	Un marco de un sistema de <i>e-learning</i> que integra el análisis semántico, la agrupación de conceptos y la optimización de la ruta de aprendizaje.
A Case Study: Developing reusable Learning Objects. (Santorum et al., 2021)	✓			✓	Una revisión sistemática de las características, estándares y herramientas para la creación y reutilización de objetos de aprendizaje.
Cognitive Level Analysis in a Learning Cycle. (Das et al., 2018)				✓	Un estudio que encuentra qué nivel(es) cognitivo(s) se requiere(n) para completar con éxito un ciclo de aprendizaje.
A novel Adaptive Learning Management System Using Ontology. (Nafea et al., 2016)	✓			✓	Un marco de <i>e-learning</i> personalizado.
The Evolution of <i>E-Learning</i> Platforms from Content to Activity Based Learning. (Andergassen et al., 2015)				✓	Una descripción de la metamorfosis del sistema Learn@WU.
On Learning Path Planning Algorithm Based on Collaborative Analysis of Learning Behavior (Shou et al., 2020)	✓			✓	Un algoritmo de planificación de la ruta de aprendizaje basado en el análisis colaborativo del comportamiento de aprendizaje a través del análisis colaborativo de datos de comportamientos de aprendizaje en línea.
Learning Path Recommendation Based on Knowledge Tracing Model and Reinforcement Learning (Cai et al., 2019)				✓	Un método de seguimiento de conocimientos que modela el nivel de conocimientos de los alumnos a lo largo del tiempo.
Ontology-based personalized learning path recommendation for course learning (Cheng et al., 2018)				✓	Un aprendizaje en bucle para proponer una solución basada en ontologías que incluye un método de ontología y un mecanismo de actualización de la ontología para cada alumno.
A Semantic Web Based Recommendation Framework of Educational Resources in E Learning (Wu et al., 2020)		✓		✓	Un marco de recomendación semántica de recursos educativos basado en la Web semántica y la pedagogía.
A Conceptual View of Web-Based E-Learning Systems (Schewe et al., 2005)				✓	Un marco para personalizar los cursos de <i>e-learning</i> .
The use of accessibility metadata in <i>e-learning</i> environments a systematic literature review (Ingavélez-Guerra et al., 2023)				✓	Una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de metadatos de accesibilidad en entornos de <i>e-learning</i> .

Continuación Tabla 1

Trabajo	ET	SW	C	SA	Resultado
Secuencias o rutas de aprendizaje					
Survey of personalized learning software systems a taxonomy of environments, learning content, and user models (Ismail et al., 2023)				✓	Una revisión sistemática de los sistemas de software de aprendizaje personalizado.
Personalized adaptive learning technologies based on machine learning techniques to identify learning styles a systematic literature review (Essa et al., 2023)		✓		✓	Una revisión sistemática de la literatura sobre tecnologías de aprendizaje adaptativo personalizado basadas en técnicas de aprendizaje automático para identificar estilos de aprendizaje.
Prospects and challenges of <i>e-learning</i> (a review during covid-19 pandemic) (Kausar et al., 2023)				✓	Un análisis de las perspectivas, los retos y el impacto del aprendizaje electrónico durante la pandemia de COVID-19.
Towards a new adaptive <i>e-learning</i> system based on learner's motivation and machine learning (Riad et al., 2023)				✓	Un sistema de aprendizaje electrónico adaptativo basado en la motivación del alumno y en el aprendizaje automático.
The factors influenced by stakeholder identification in <i>e-learning</i> systems a survey (Elneel et al., 2023)				✓	Una discusión de los factores influenciados por la identificación de los interesados en los sistemas de <i>e-learning</i> .
Servicios Web					
SWAYAM <i>E-Learning</i> Portal, A Web Mining Perspective. (Abd Rahman & Abdul Hamid, 2018)		✓			Un análisis del portal SWAYAM utilizando técnicas de minería Web.
<i>E-Learning</i> Pedagogical Strategy: Present and Trends in Scientific Research. (W. Zhang & Rieckmann, 2018)	✓			✓	Una investigación de la estrategia pedagógica del <i>e-learning</i> con el software de visualización denominado CITESPACE y Excel para enriquecer la investigación teórica relacionada y optimizar las prácticas.
<i>E-Learning</i> Paradigms: A model to address known issues. (Montebello, 2018)	✓				Aborda tres problemas del <i>e-learning</i> ; el aislamiento, la motivación y la naturaleza impersonal del entorno electrónico.
<i>E-Learning</i> Service Quality Case Study: Al-Madinah International University. (Abd Rahman & Abdul Hamid, 2017)	✓	✓			Medir la calidad del aprendizaje electrónico en la Universidad de Malasia.
Educational Resources as Learning Web Services, an Alternative Point of View to Learning Objects. (Valenzuela et al., 2017)	✓	✓		✓	Proporcionar una alternativa a los objetos de aprendizaje mediante SWA (Servicios Web de Aprendizaje).
Adaptive <i>E-learning</i> Web-based English Tutor Using Data Mining Techniques and Jackson's Learning Styles. (Tashtoush et al., 2017)	✓	✓			Un sistema de aprendizaje electrónico adaptativo, con el objetivo de determinar el mejor patrón de enseñanza para cada alumno.
A Web Service Architecture for Tracking and Analyzing Data from Distributed <i>E-Learning</i> Environments. (Askinadze & Conrad, 2017)	✓	✓			Una arquitectura basada en servicios para entornos de aprendizaje distribuidos.
Web Service Model for Distance Learning Using Cloud Computing Technologies. (Cvetkovic et al., 2017)	✓				La computación en la nube mejora la productividad en la preparación de temas didácticos.
Technology <i>E-Learning</i> Environment for the Hybrid Cloud. (Sokolov et al., 2017)	✓	✓			Una infraestructura para dar servicio a un nuevo tipo de entorno de <i>e-learning</i> para estudios de tecnología.
Creating <i>e-learning</i> Web services Towards Reusability of functionalities In creating <i>e-Learning</i> systems. (Rabahallah & Ahmed-Ouamer, 2015)	✓	✓			Crear dos ontologías con los servicios Web, los cuales fueron generados a partir de funcionalidades que tienen en común las plataformas de <i>e-learning</i> , con la finalidad de reutilizarlos en otro sistema.
Service-oriented <i>e-learning</i> system. (Moon et al., 2007)		✓			Construir un conjunto de servicios Web de <i>e-learning</i> .

Continuación Tabla 1

Trabajo	ET	SW	C	SA	Resultado
Servicios Web					
A Web Services Oriented Framework for Dynamic E-Learning Systems (Z. Xu et al., 2003)		✓			Un marco orientado a los servicios Web para los sistemas de <i>e-learning</i> .
Description of an instructional ontology and its application in Web services for education (Ullrich, 2004)		✓		✓	Una ontología que capture la esencia de un curso de <i>e-learning</i> .
Adaptive Content Creation for Personalized e-Learning Using Web Services (Thyagarajan & Nayak, 2007)		✓			Un conjunto de servicios Web que apoyen a los alumnos a la selección e integración automática de materiales de aprendizaje apropiados.
Web Service to Support Recovery of Learning Objects in Repositories and Federations (Aguirre Osorio et al., 2016)		✓			Un servicio Web para la evaluación de los metadatos de los OA (Objetos de aprendizaje) de forma automática.
An Ontology-based Service Composition Approach for Integrating E-learning Tools (Xie et al., 2009)		✓			Un enfoque de composición de servicios Web basado en ontología.
Web Service QoS Prediction via Collaborative Filtering: A Survey (Zheng et al., 2022)		✓			Un análisis del estado del arte de los enfoques de predicción de la calidad del servicio de los servicios Web.
A Classification Based Web Service Selection Approach (Purohit & Kumar, 2021)		✓			Un enfoque para la selección de servicios Web basado en parámetros de QoS.
Modeling learning contents based on Web services. (Jingjing et al., 2007)		✓		✓	Un modelo de interacción para compartir, crear y redactar cursos de aprendizaje electrónico de manera efectiva.
Integration of Web Services with <i>E-Learning</i> for Knowledge Society. (Pattnayak & Pattnaik, 2016)		✓			Creación de una sociedad del conocimiento a través del <i>e-learning</i> con el apoyo de servicios Web.
Model of Learning Objects Exchange between LCMS Platforms through Intelligent Agents. (Gaona-García et al., 2015)		✓			Un método para permitir la interoperabilidad entre plataformas de objetos de aprendizaje con el objetivo de conectar objetos de aprendizaje.
Creating Interactive Learning Objects with Web Services. (Robal & Kalja, 2009)		✓			Un marco para el uso de servicios Web para el desarrollo de objetos de aprendizaje interactivos.
Integration of Learning Web Services into Learning Management Systems. (Fragoso et al., 2014)		✓			Un análisis de las características que son importantes para facilitar la integración y la gestión de los servicios Web de aprendizaje.
Improving Learning objects reusability through automatic generation Web services. (Kanagwa et al., 2011)		✓			Proporcionar objetos de aprendizaje flexibles y componibles como servicios Web.
Using Learning Analytics to Predict Students Performance in Moodle LMS. (Y. Zhang et al., 2020)		✓			Mejorar el proceso de aprendizaje y reducir el número de estudiantes con bajo rendimiento a través del análisis de un plugin de Moodle.
Use of Open Educational Resources in <i>E-learning</i> for Higher Education. (Navarrete et al., 2014)		✓			Una evaluación de la disponibilidad de los Recursos Educativos Abiertos para ser utilizados en entornos de aprendizaje electrónico.
Use of the LMS Moodle for an Effective Implementation of an Innovative Policy in Higher Educational Institutions. (Zabolotniaia et al., 2020)		✓			Utilizar la herramienta Moodle para garantizar la aplicación eficaz de una política innovadora de la institución de enseñanza superior.
Facilitating Teachers' Reuse of Mobile Assisted Language Learning Resources Using Educational Metadata. (Zervas & Sampson, 2014)		✓		✓	Un marco llamado Mobile2Learn para apoyar el intercambio y la reutilización de recursos para el aprendizaje de idiomas asistido por móvil en el contexto del desarrollo del curso.
A systematic literature review on the applications of robots and natural language processing in education (Younis et al., 2023)		✓			Una revisión sistemática de la literatura sobre las aplicaciones de los robots y el procesamiento del lenguaje natural en la educación.

Continuación Tabla 1

Trabajo	ET	SW	C	SA	Resultado
Servicios Web					
Intelligent techniques in <i>e-learning</i> a literature review (Ilić et al., 2023)		✓			Una revisión de literatura que explora el uso de técnicas inteligentes en el <i>e-learning</i> .
CISing up service learning a systematic review of service learning experiences in computer and information science (Yamamoto et al., 2023)		✓			Una revisión sistemática de las experiencias de aprendizaje servicio en informática y ciencias de la información (CIS).
Microservices and Web-services a review (Meshaal & Saif, 2022)		✓			Un análisis de las diferencias entre microservicios y servicios Web, dos estilos arquitectónicos de la arquitectura orientada a servicios (SOA).
A review of cloud computing for the evolution of the <i>e-learning</i> process (Muddam & Satti, 2023)		✓			Un análisis de los beneficios de la computación en la nube en términos de escalabilidad, flexibilidad y seguridad para las plataformas de <i>e-learning</i> .
Procesos de capacitación en empresas o en el lugar de trabajo					
Adaptive workplace <i>e-learning</i> model. (Pashev et al., 2020)	✓			✓	Un modelo formal para facilitar la adaptabilidad en términos de perseguir objetivos personales y corporativos.
Learning Web services for <i>e-learning</i> in the workplace. (V. L. Caballero et al., 2019)	✓				Un método que consiste en generar recursos de aprendizaje a partir de un modelo de procesos de negocio con el fin de relacionar las tareas reales con los recursos de aprendizaje.
Learning management systems in the workplace: a literature review. (Sabharwal et al., 2019)	✓			✓	Un estudio de los factores de usabilidad de los sistemas de gestión de aprendizaje (LMS), su implementación y adopción, así como sus limitaciones y barreras, con un énfasis específico en LMS en los lugares de trabajo.
Does audience matter? Comparing teachers' and nonteachers' application and perception of quality rubrics for evaluating Open Educational Resources. (Yuan & Recker, 2018)	✓				Una evaluación de las métricas que se usan para calificar a los recursos de aprendizaje abiertos.
Self-Oriented Learning based on Intelligent Systems into the Workplace. (Mendes et al., 2017)	✓			✓	Un modelo para desarrollar sistemas de aprendizaje inteligentes con contenidos autorregulados.
Review and discussion: <i>E-learning</i> for academia and industry. (Chang, 2016)	✓				Una revisión de la literatura sobre el impacto del <i>e-learning</i> en la academia y en la industria.
Proposed Model to Evaluate the Impact of E-Training on Work Performance Among IT Employees in Malaysia. (Saidin & Iskandar, 2016)	✓				Un modelo de investigación para evaluar la efectividad de la capacitación electrónica en el desempeño laboral.
A model for assessing the impact of <i>e-learning</i> systems on employees' satisfaction. (Navimipour & Zareie, 2015)	✓				Un modelo y un marco para evaluar el impacto del <i>e-learning</i> en la satisfacción de los empleados.
<i>E-learning</i> in workplaces. (Daneshgar et al., 2008)	✓				Establecer el concepto de <i>e-learning</i> a partir de estudios anteriores y desarrollos recientes en el lugar de trabajo con el fin de proporcionar directrices para el desarrollo del <i>e-learning</i> en las organizaciones.
Towards Business Process Management based Workplace <i>e-Learning</i> . (Subramanian, 2016)	✓				Un marco de aprendizaje que este apegado al proceso de negocio.
Learning actions, objects and types of interaction: A methodological analysis of expansive learning among pre-service teachers. (Rantavuori et al., 2016)	✓				Una metodología para entender el aprendizaje colaborativo.
Students' Perceptions of a Constructivist Classroom: A Collaborative Learning Approach. (Theng & Mai, 2013)	✓				Un estudio para entender la percepción de los estudiantes sobre el aprendizaje colaborativo.

Continuación Tabla 1

Trabajo	ET	SW	C	SA	Resultado
Procesos de capacitación en empresas o en el lugar de trabajo					
Authentic leadership and organizational culture as drivers of employees' job satisfaction. (Azanza et al., 2013)	✓				Un estudio para examinar cómo las culturas organizativas afectan a la flexibilidad.
Multimodal learning analytics of collaborative patterns during pair programming in higher education (W. Xu et al., 2023)	✓			✓	Un análisis del aprendizaje multimodal (MMLA) para recopilar datos de procesos y productos multimodales.
E-learning services acceptance in higher educational institutes: A case study in Brunei (Aqilah et al., 2018)	✓				Un estudio para la aceptación de los servicios de <i>e-learning</i> en las instituciones de enseñanza superior de Brunei Darussalam.
Enhancing collaborative learning in Web 2.0-based e-learning systems: A design framework for building collaborative e-learning contents (El Mhouthi et al., 2017)	✓			✓	Una solución conceptual para el diseño informático y el desarrollo del conocimiento pedagógico.
Research on e-learning in the workplace 2000–2012: A bibliometric analysis of the literatura (Cheng et al., 2014)	✓				Una revisión sistemática de 324 artículos sobre el <i>e-learning</i> en el lugar de trabajo.
Workplace happiness the key to employees retention (Roy & Konwar, 2018)	✓				Una investigación de la relación entre la satisfacción en el lugar de trabajo y la retención de empleados.
<i>E-learning</i> adoption for sustainable higher education (Mashroofa et al., 2023)	✓			✓	Un análisis de los factores que influyen en la adopción del <i>e-learning</i> y su impacto en la sostenibilidad de la enseñanza en las universidades estatales de Sri Lanka.
<i>E-learning</i> for continuing professional development of university librarians a systematic review (Shahzad et al., 2023)	✓			✓	Una revisión sistemática sobre el <i>e-learning</i> para el desarrollo profesional continuo (CPD) de los bibliotecarios universitarios.
A review of the strategies used in the it sector for employee training and development (Chethana & Noronha, 2023)	✓				Un análisis de las estrategias utilizadas en el sector de las TI para la formación y el desarrollo de los empleados, haciendo hincapié en su importancia en la actual coyuntura económica.
The influence of leadership, technology acceptance and training on performance (Basalamah et al., 2022)	✓	✓			Una investigación del impacto del liderazgo, la aceptación de la tecnología y la formación en el rendimiento en el campo de la Gestión de Recursos Humanos.
<i>E-learning</i> in science education opportunities and challenges (Rawat, 2023)	✓				Un análisis de las oportunidades y desafíos del <i>e-learning</i> en la educación científica, destacando ventajas como la flexibilidad y accesibilidad, así como desafíos como la necesidad de infraestructura tecnológica y experiencias prácticas de laboratorio.
Complejidad en recursos de aprendizaje					
A Model for Software Product Quality (Dromey, 1995)			✓		Un modelo que apoya a la construcción de software de calidad a través de la definición de estándares de codificación específicos del lenguaje, la clasificación sistemática de defectos de calidad y el desarrollo de auditores de código automatizados para detectar defectos en el software.
La conexidad y el axioma de completitud en un conjunto totalmente ordenado k denso, sin elementos primero y ultimo. (Ahumada Barrios & Puerta Ortiz, 1991)			✓		Una aplicación paso a paso del axioma de completitud en un conjunto matemático.
Knowledge Graph Completeness: A Systematic Literature Review. (Issa et al., 2021b)			✓		Una definición de 6 tipos de completitud (de esquema, de propiedad, de población, de entrelazado, de metadatos y de etiquetado) las cuales son aplicadas en la integridad de los datos.

Continuación Tabla 1

Trabajo	ET	SW	C	SA	Resultado
Compleitud en recursos de aprendizaje					
Convergence, continuity , recurrence and Turing completeness in dynamic epistemic. (Klein & Rendsvig, 2020)			✓		Un marco en el que la lógica epistémica dinámica satisface los requisitos para ser un sistema dinámico topológico, interconectando lógicas dinámicas discretas con mapeos continuos de sistemas dinámicos.
Completeness-aware Rule Learning from Knowledge Graphs. (Tanon et al., 2018)			✓		Utilizar metainformación de completitud para evaluar la calidad de las reglas aprendidas de los grafos de conocimiento.
Estimating Global Completeness of Event Logs: A Comparative Study. (Pei et al., 2018)			✓		Una medición de la completitud de los registros de eventos para una mejor comprensión y optimización de los procesos.
Preventing Defects: The Impact of Requirements Traceability Completeness on Software Quality. (Rempel & Mader, 2016)			✓		La importancia de la completitud en la trazabilidad de los requerimientos de software en proyectos de pequeña o gran escala.
An Automatic Indicator of the Reusability of Learning Objects Based on Metadata. (Sanz-rodríguez et al., 2010)			✓		Un indicador de reutilización, que se puede calcular automáticamente considerando los metadatos que describen a los objetos para garantizar que el material esté descrito adecuadamente.
Completeness, security and privacy in user modelling for Web-based learning. (Virvou et al., 2006)			✓		Un entorno de aprendizaje personalizado, para personalizar el aprendizaje de los usuarios, como sus conocimientos, sus habilidades y sus necesidades previas.
Quality Metrics for Learning Object Metadata. (Ochoa & Duval, 2005)			✓		Una medición de la completitud de los metadatos de los objetos de aprendizajes almacenados en los repositorios al igual de proponer métricas, entre las características que midieron son: integridad, precisión, procedencia, conformidad con las expectativas, consistencia lógica y coherencia, oportunidad y accesibilidad.
Learning Resources Collections: completeness and compactness issues. (Rovinskiy, 2002)			✓		El autor menciona que la clave para determinar la calidad del aprendizaje en la educación a distancia es la disponibilidad de los recursos de aprendizaje para todos los participantes. Así mismo, el autor indica que un curso de aprendizaje está completo cuando contiene para cada objetivo del curso todos los recursos necesarios de todos los tipos necesarios (contenido, actividad y evaluación).
On the Convergence of Formal Ontologies and Standardized. (Garc, 2002)			✓		Una discusión de los aspectos prácticos de la representación de instancias de metadatos en los objetos de aprendizaje y los representa en ontologías.
A Fine-Grained Metric System for the Completeness of Metadata (T. Margaritopoulos et al., 2009)			✓		Un sistema para medir la completitud de los metadatos.
Quantifying and Measuring Metadata Completeness (M. Margaritopoulos et al., 2012)			✓		Un sistema de métricas de grano fino para medir la completitud de los metadatos, basado en la completitud del campo.
Quality assessment for collections of learning resources. (Rovinskiy et al., 2003)			✓		Medir la completitud y la compacidad en una colección de recursos de aprendizaje.
Este trabajo de investigación	✓	✓	✓	✓	Formalización del concepto de completitud y la forma de medirla en los servicios Web de aprendizaje usados en un proceso de capacitación en el lugar de trabajo.

Metodología de solución

En este capítulo se presenta la metodología de solución empleada para lograr el objetivo de este trabajo de investigación descrito en la sección 1.3 del capítulo 1.

La metodología de solución descrita en la Ilustración 1 radica en su capacidad para abordar de manera integral y efectiva el problema planteado en la sección 1.3 del capítulo 1. Esta metodología combina enfoques teóricos y prácticos, asegurando una comprensión profunda del contexto y la aplicación de soluciones concretas. Al integrar diversas técnicas y herramientas, se busca maximizar la precisión y la relevancia de los resultados obtenidos.

Los bloques que se consideran son el estudio de trabajos relacionados, la formulación de la propuesta de solución, la experimentación del modelo propuesto, el análisis de los resultados y, por último, los documentos científicos que se obtuvieron con el desarrollo de esta investigación. A la vez, cada bloque consta de subactividades las cuales están claramente definidas y orientadas para alcanzar los objetivos planteados.

La aplicación de esta metodología también incluye etapas de validación y verificación, mediante pruebas, que permiten ajustar y mejorar continuamente el enfoque adoptado. Esto no solo asegura la efectividad de la solución, sino que también facilita su adaptación a diferentes contextos y necesidades específicas.

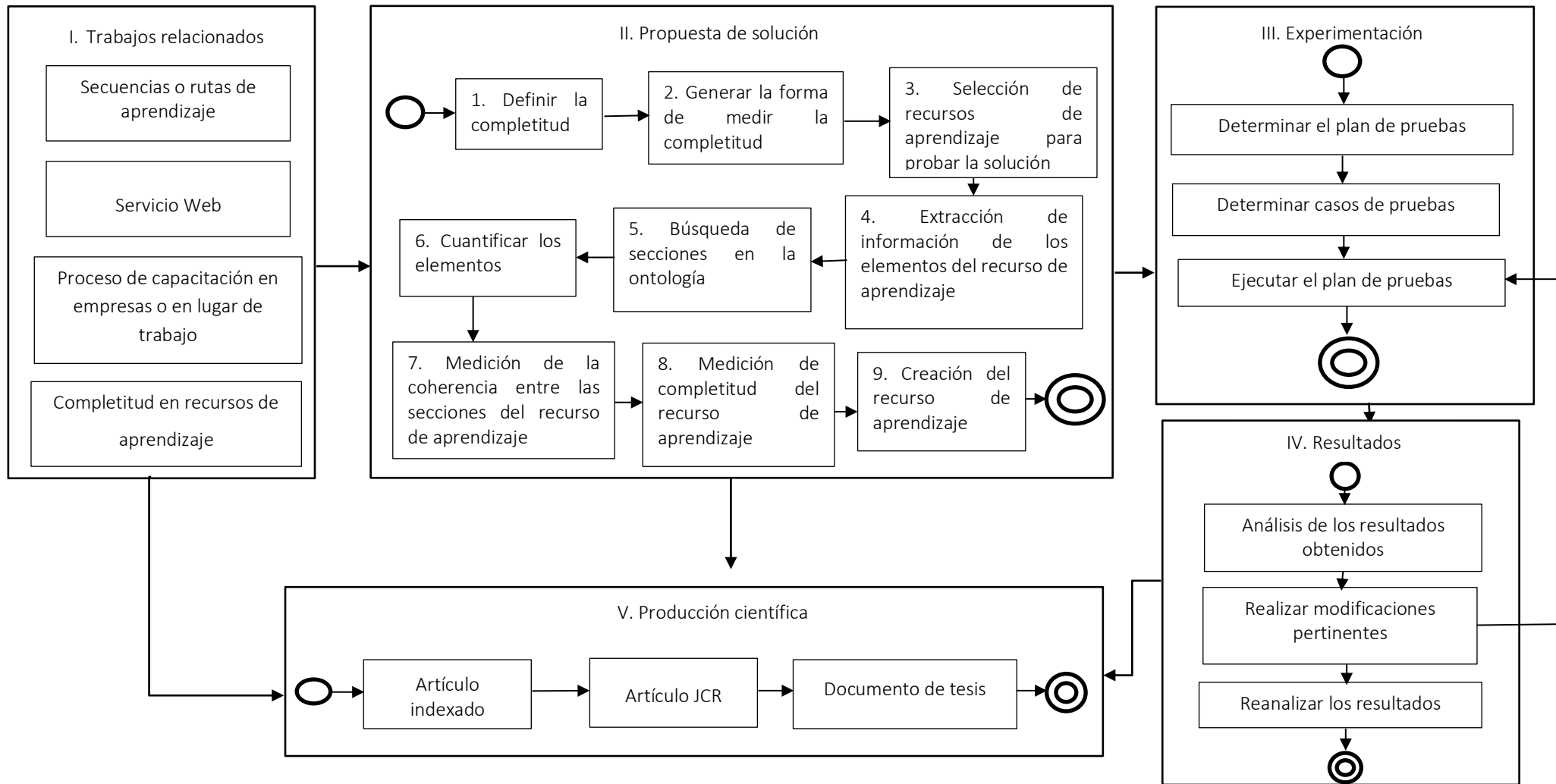


Ilustración 1 Metodología de solución

I. Trabajos relacionados

El estudio de trabajos relacionados fue una actividad constante en el desarrollo de este proyecto aportando elementos importantes sobre qué es completitud y por otro lado permitió establecer la aportación de este trabajo. En el Capítulo 3 Antecedentes y Trabajos relacionados de esta tesis se describen a detalle los trabajos relacionados que se analizaron.

II. Propuesta de solución

- 1. Definir la completitud:** Esta actividad es compleja debido a que, si bien existen definiciones de completitud, no hay una manera específica o única para medirla, eso depende del objeto que se trate, para este trabajo de tesis se manejarán recursos de aprendizaje.
- 2. Generar la forma de medir la completitud:** Esta actividad consistió en establecer la relación entre los elementos encontrados en la definición de la completitud de los recursos de aprendizaje y el proceso de negocio de referencia.
- 3. Selección de recursos de aprendizaje para probar la solución:** En esta actividad se identificaron y seleccionaron los recursos de aprendizaje a partir de los elementos de un proceso de negocio; posteriormente fueron empacados como servicio Web de aprendizaje.
- 4. Extracción de información de los elementos del recurso de aprendizaje:** Con base en los recursos seleccionados en el punto anterior, se extrajeron los elementos identificados que describan a la completitud de los recursos de aprendizaje para medirlos.
- 5. Búsqueda de secciones en la ontología:** La ontología está conformada por los elementos que tiene el proceso de negocio y estos elementos son los que deben de tener los recursos de aprendizaje.
- 6. Cuantificar los elementos:** Esta actividad consistió en la asignación de pesos de los elementos extraídos de los recursos de aprendizaje.
- 7. Medición de la coherencia entre las secciones del recurso de aprendizaje:** La coherencia se calculó mediante la implementación de medidas de similitud con el lenguaje de programación Python.
- 8. Medición de completitud del recurso de aprendizaje:** El cálculo de la completitud se realizó mediante la multiplicación del peso de los elementos que conforman al recurso por el valor de coherencia que se obtiene en la actividad anterior.
- 9. Creación del recurso de aprendizaje:** Esta actividad consistió en crear los recursos de aprendizaje completo, es decir que cuente con todas las secciones que se especifica en el proceso de negocio utilizado como referencia.

III. Experimentación

En la experimentación se contó con un conjunto de SWA, los cuales estuvieron relacionados con el proceso de negocio. Los casos de prueba se definieron en términos de la completitud. En el Capítulo 5 de esta tesis se describen a detalle las pruebas que se realizaron.

IV. Resultados

El bloque de resultados consistió en el análisis de los resultados obtenido de la actividad de experimentación para validar la medición de la completitud de los recursos de aprendizaje que ayuden a un proceso de negocio. En el Capítulo 6 de esta tesis se describe a detalle los resultados.

V. Producción científica

Del bloque de trabajos relacionados se generó un artículo de la revisión sistemática, también se publicó el método que se usó para la medición de la completitud de los recursos de aprendizaje. De la experimentación se publicó un artículo de revista como parte de la contribución principal de este trabajo de investigación. La producción generada sirvió de base para la redacción de esta tesis y se encuentran descritos de manera detalla en el Capítulo 7 Conclusiones.

Descripción de la propuesta de solución

1. Definir la completitud

Existen algunas definiciones de completitud, a continuación, se en listan las que se han encontrado:

- *“Una función posee la propiedad de ser completa si tiene todos los elementos necesarios para definir e implementar la función para que cumpla su rol de forma que no afecte la fiabilidad o la funcionalidad”* (Dromey, 1995).
- *“Menciona el atributo de completitud funcional. Este tipo de completitud mide que el sistema que se obtuvo cumpla con los requisitos que el cliente solicitó. Aunque no documentan la completitud para recursos de aprendizaje, este se puede utilizar cuando el recurso sea utilizado cuando se trate de requisitos y pruebas”* (International Organization for Standardization, 2002)
- *“El autor menciona que la completitud debe considerarse al hablar de la usabilidad como la medida en que un producto puede ser utilizado para lograr un objetivo específico y los principales sub-atributos para alcanzar la usabilidad son: precisión, completitud y recursos utilizados”* (International Organization for Standardization, 1998)
- *El modelo de McCall vincula la exactitud con tres criterios de calidad, es decir características, entre las cuales se destacan la trazabilidad, la completitud y la consistencia. Este modelo define la completitud como: “El grado en que un sistema o componente está libre de fallas en su especificación, diseño e implementación”* (McCall et al., 1977)

Con base en el conjunto de definiciones presentadas anteriormente de completitud y de proceso de negocio MoProSoft específicamente la categoría de Operación y los procesos de Administración de Proyectos Específicos y Desarrollo y Mantenimiento del Software “DMS” (Oktaba, 2005)., se define la completitud para este proyecto de investigación como: ***“El recurso de aprendizaje está completo, cuando se hace referencia a las secciones que especifica el proceso de negocio y que el contenido del recurso es coherente”***.

Para este trabajo de investigación se utilizó el proceso de negocio de Desarrollo y Mantenimiento del Software “DMS”, que consta de 14 productos esenciales como la especificación de requerimientos, análisis y diseño, plan de pruebas, entre otros. Estos productos son fundamentales y deben enseñarse para trabajar en una empresa que implemente este proceso de negocio.

La Tabla 2 consta de tres columnas: la primera muestra el nombre del producto intermedio o final, identificado en el proceso de negocio; la segunda detalla los elementos que describen dicho producto, y la tercera columna indica el anexo dónde se

puede encontrar una descripción más amplia del producto. Esta descripción consta de un diagrama y un texto explicativo de los componentes del diagrama. Estos diagramas se leen de izquierda a derecha, comenzando por el elemento situado a la izquierda, que es un componente crucial del proceso de negocio.

Tabla 2 Elementos del proceso de negocio

Producto	Elementos	Anexo
Análisis y Diseño	Arquitectónica ○ Introducción ○ Objetivo ○ Diagrama casos de uso ○ Diagrama de colaboración ○ Diagrama de componentes Detallada ○ Introducción ○ Objetivo ○ Diagrama de clases ○ Diagrama de despliegue ○ Diagrama de secuencia	Anexo 2 Sección 1
Componentes	○ Título del componente ○ Introducción ○ Objetivo ○ Descripción del componente	Anexo 2 Sección 2
Software	○ Título ○ Introducción ○ Objetivo ○ Descripción	Anexo 2 Sección 3
Manual de usuario	○ Introducción ○ Objetivo ○ Explicación del sistema	Anexo 2 Sección 4
Manual de operación	○ Introducción ○ Objetivo ○ Explicación del funcionamiento del sistema	Anexo 2 Sección 5
Manual de mantenimiento	Instalación ○ Introducción ○ Objetivo ○ Requisitos por considerar (Sistema operativo, Memoria, App de instalación) ○ Instalación de la herramienta Mantenimiento ○ Introducción ○ Objetivo ○ Descripción de las principales funciones (Nombre, Atributos, Métodos, Descripción de los métodos)	Anexo 2 Sección 6

Continuación Tabla 2

Producto	Elementos	Anexo
Reporte de actividades	○ Nombre de la actividad realizada ○ Fecha de inicio ○ Fecha de termino ○ Nombre del responsable ○ Mediciones (Tiempo de producción, Tiempo de corrección, Tiempo de verificación, Tiempo de validación, Defectos encontrados, Tamaño del producto)	Anexo 2 Sección 7
Registro de rastreo	○ Documento de requerimientos ○ Documento de análisis y diseño ○ Componentes ○ Documento del plan de pruebas	Anexo 2 Sección 8
Plan de pruebas de sistema	○ Introducción ○ Objetivo ○ Pruebas de acuerdo con los requerimientos (Nombre, Requisito a probar, Ejecutor, Fecha y hora de ejecución, Evaluador por desarrolladores, Evaluador por cliente, Condiciones de ejecución, Entradas, Acciones, Resultados esperados, Resultados obtenidos, Evaluación de la prueba, Acciones correctivas, Aprobación)	Anexo 2 Sección 9
Reporte de pruebas de sistema	○ Introducción ○ Objetivo ○ Nombre del proyecto ○ Participantes ○ Fecha ○ Lugar ○ Duración ○ Defectos encontrados (Nombre del defecto, Descripción, Ubicación del defecto)	Anexo 2 Sección 10
Plan de pruebas de integración	○ Introducción ○ Objetivo ○ Orden de integración (Id, Nombre, Descripción) ○ Pruebas para validar la integración (Id, Nombre, Autor, Fecha, Descripción, Actores, Precondiciones, Flujo normal, Flujo alternativo, Postcondiciones)	Anexo 2 Sección 11

Continuación Tabla 2

Producto	Elementos	Anexo
Reporte de verificación	○ Introducción ○ Objetivo ○ Nombre del proyecto ○ Participantes ○ Fecha ○ Lugar ○ Duración ○ Elementos verificados ○ Defectos encontrados (Nombre del defecto, Descripción, Ubicación del defecto) ○ Comentarios y/o observaciones	Anexo 2 Sección 13
Reporte de validación	○ Introducción ○ Objetivo ○ Nombre del proyecto ○ Participantes ○ Fecha ○ Lugar ○ Duración ○ Elementos validados ○ Defectos encontrados (Nombre del defecto, Descripción, Ubicación del defecto) ○ Comentarios y/o observaciones	Anexo 2 Sección 14

A modo de ejemplo, se presenta el producto "Especificación de requerimientos" junto con los elementos que se están tomando en cuenta.

1. Especificación de requerimientos

- ✓ **Introducción:** Se da una descripción general del software y su uso en el ámbito de negocio del cliente.
- ✓ **Objetivo:** Descripción de un logro.
- ✓ **Descripción de requerimientos**
 - **Funcionales**
 - **Numeración:** Es el orden que se le asigna a los requerimientos funcionales, comúnmente se les agrega la letra "F" para saber que se tratan de los requerimientos funcionales.
 - **Descripción:** Necesidades establecidas que debe satisfacer el software cuando es usado en condiciones específicas. Solo deben de expresar una idea por oración.
 - **No funcionales**
 - **Numeración:** Es el orden que se le asigna a los requerimientos no funcionales, comúnmente se les agrega las letras "NF" para saber que se tratan de los requerimientos no funcionales.
 - **Descripción:** Especificación de cómo debe de estar el software.

- **Interfaz de usuario (Prototipo de interfaz):** Definición de aquellas características de la interfaz de usuario que permiten que el software sea fácil de entender, aprender, que genere satisfacción y con el cual el usuario pueda desempeñar su tarea eficientemente.
- **Confiabilidad (Descripción):** Especificación del nivel de desempeño del software con respecto a la madurez, tolerancia a fallas y recuperación.
- **Eficiencia (Descripción):** Especificación del nivel de desempeño del software con respecto al tiempo y a la utilización de recursos.
- **Mantenimiento (Descripción):** Descripción de los elementos que facilitarán la comprensión y la realización de las modificaciones futuras del software.
- **Portabilidad (Descripción):** Descripción de las características del software que permitan su transferencia de un ambiente a otro.
- **Requerimientos de desarrollo**
 - **Descripción:** Especificación de cómo se va a desarrollar el software.
 - **Sistema operativo:** Descripción del sistema operativo que se usara en el desarrollo, el tipo del sistema operativo, RAM que se necesita.
 - **Memoria requerida:** Descripción de la cantidad de memoria que se necesita para ejecutar el software desarrollado.
 - **IDE de desarrollo:** Descripción de los entornos de desarrollo con su nombre, el tipo y la dirección de donde se obtuvo.

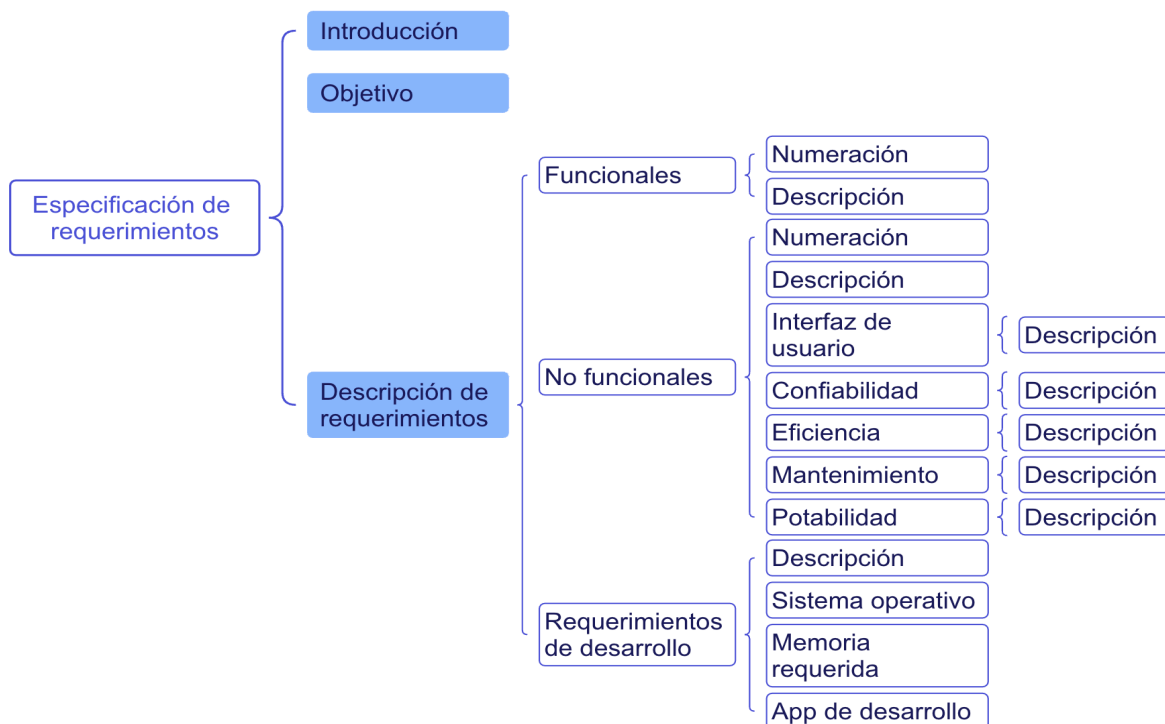


Diagrama 1 Elementos del documento de especificación de requerimientos

2. Generar la forma de medir la completitud

Un proceso de negocio captura las actividades que una organización debe realizar para lograr un objetivo en particular. La definición que se utiliza está basada en el ISO/IEC 12207 e involucra los siguientes elementos: actividades, tareas, roles, recursos, entradas y salidas.

En la Tabla 3, se definen los símbolos que definen al alfabeto que se utiliza para plantear la definición formal de un proceso de negocio (López Caballero, 2021).

Tabla 3 Símbolos que forman al alfabeto para la definición formal

Elementos de alfabeto utilizado	
Símbolos y cadenas	$a_1, a_2, \dots, a_n$ $1, 2, \dots, n$ $t_1, t_2, \dots, t_n$ $pr_1, pr_2, \dots, pr_n$ $rol_1, rol_2, \dots, rol_n$ $rec_1, rec_2, \dots, rec_n$ $c_1, c_2, \dots, c_n$ $imp_1, imp_2, \dots, imp_n$ $out_1, out_2, \dots, out_n$ PT $Sec_1, Sec_2, Sec_3, \dots, Sec_n$
Relaciones y funciones	$R_1, R_2, R_3, R_4, f_1, f_2$
Símbolos lógicos	$\rightarrow, \wedge, \vee$
Símbolos de comparación	$=, \neq$
Símbolos de relación	$\in, \notin, $
Paréntesis	$(), \{ \}$

Utilizando el alfabeto anterior y basándose en los elementos de un modelo de procesos de negocio propuesto por el ISO/IEC 12207 se propone: $P = (A, T, PR, ROL, REC, C, IMP, OUT, f_1, R_1, R_2, R_3)$, donde:

- $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ es un conjunto finito no vacío de actividades.
- $I = \{1, 2, \dots, n\}$ es un conjunto finito de índices que se utilizan como apoyo para plantear las definiciones.
- $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ es un conjunto finito de tareas. Una partición de T , es una familia de subconjuntos no vacíos PT_i , tal que $i \in I$ y donde A está en función con PT_i .
- $PR = \{pr_1, pr_2, \dots, pr_n\}$ es un conjunto finito de productos generados por una tarea.
- $ROL = \{rol_1, rol_2, \dots, rol_n\}$ es un conjunto finito de roles.
- $REC = \{rec_1, rec_2, \dots, rec_n\}$ es un conjunto finito de recursos.
- $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ es un conjunto finito de condiciones.

- $IMP = \{imp_1, imp_2, \dots, imp_n\}$ es un conjunto finito de entradas.
- $OUT = \{out_1, out_2, \dots, out_n\}$ es un conjunto finito de salidas.

La ecuación 1 muestra la fórmula para medir la completitud de los recursos de aprendizaje, esta fórmula se obtuvo a partir de la definición de completitud: *“El recurso de aprendizaje está completo, cuando se hace referencia a las secciones que especifica el proceso de negocio y que el contenido del recurso es coherente”* y el alfabeto descrito en la Tabla 3.

$$Compleitud = \sum_i^n W_{Sec_n} \times Coherencia_{Sec} \quad (1)$$

Donde:

- $i = \{1, 2, \dots, n\}$ es un conjunto finito de índices que se utilizan como apoyo para plantear las definiciones.
- n = es el número total de elementos.
- W_{Sec_n} = es el peso que se le asigna a cada sección que conforma al entregable.
- $Sec_n = \{Sec_1, Sec_2, Sec_3, \dots, Sec_n\}$ es un conjunto finito de secciones que conforman al entregable, tal que cada sección $Sec \in PR$. Sec es una variable que puede tomar diferentes formas .
- $Coherencia_{Sec}$ es el valor de la coherencia que se obtiene de cada sección que conforma al entregable.

3. Selección de recursos de aprendizaje para probar la solución

En esta sección se define el recurso de aprendizaje como el objeto a medir con sus respectivos elementos que lo conforman. De acuerdo con (Ramírez Prado & Rama, 2014) el recurso de aprendizaje es el conjunto de procedimientos y estrategias que el estudiante debe poner en funcionamiento cuando se enfrenta con una tarea de aprendizaje. Estos procedimientos pueden ser recursos materiales o procesos cognitivos que permiten realizar un aprendizaje significativo en el contexto en el que se realice.

Para calcular la completitud en un recurso de aprendizaje en específico se considera la ecuación 2:

$$Compleitud_{PR} = \sum_i^n W_{Sec_n} \times Coherencia_{Sec} \quad (2)$$

Donde:

- $Compleitud_{PR}$ = Es la completitud de un producto en específico.
- $i = \{1, 2, \dots, n\}$ es un conjunto finito de índices que se utilizan como apoyo para plantear las definiciones.
- n = es el número total de elementos.
- $Sec_n = \{Sec_1, Sec_2, Sec_3, \dots, Sec_n\}$ es un conjunto finito de secciones que conforman al entregable, tal que cada sección pertenece al producto $Sec \in PR$.
- $Coherencia_{Sec}$ es el valor de la coherencia que se obtiene de cada sección que conforma al entregable.

La diferencia entre la ecuación 1 y la ecuación 2 es que la ecuación 1 es la forma general de medir la completitud en un recurso de aprendizaje y la ecuación 2 es la forma de medir la completitud de un recurso de aprendizaje en específico del proceso de negocio.

Un recurso de aprendizaje se considera completo cuando las secciones que tiene el recurso de aprendizaje son iguales a lo que está en la clase de "Atributos" en la ontología (**Com {PR} = Ont {Atr}**). La ontología se crea con base en el proceso de negocio y sus secciones son los elementos mínimos que debe de tener el recurso de aprendizaje para lograr un objetivo de aprendizaje.

Como manera de ejemplo se muestran las fórmulas empleadas para evaluar la completitud del producto "Especificación de requerimientos". Estas fórmulas son cruciales para asegurar que todos los aspectos necesarios del producto estén adecuadamente cubiertos y documentados. Además, para facilitar el acceso a información similar de otros productos derivados del proceso de negocio.

○ 3.2. Especificación de requerimientos

Para calcular la completitud de especificación de requerimientos es necesario primero calcular la completitud de forma independiente de las secciones principales (ecuación 3).

$$Compleitud_{Pr3} = W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + \sum Sec_3 \quad (3)$$

Donde:

$Pr_3 = \{\text{Especificación de requerimientos}\}$

W_{Sec1} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{Sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{Sec2} = Peso de la sección de {Objetivos}

$Coherencia_{Sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

$\sum Sec_3$ sumatoria de la completitud de la sección de {Descripción de requerimientos}

Para calcular la completitud de Sec3 se utiliza la ecuación 4:

$$\sum Sec_3 = \sum Sec_{31} + \sum Sec_{32} + \sum Sec_{33} \quad (4)$$

Donde:

$\sum Sec_{31}$ sumatoria de la completitud de la sección de {Funcionales}

$\sum Sec_{32}$ sumatoria de la completitud de la sección de {No funcionales}

$\sum Sec_{33}$ sumatoria de la completitud de la sección de {Requerimientos de desarrollo}

Para poder utilizar la ecuación 4 es necesario primero calcular la completitud sus secciones de forma independiente, como se describe en la ecuación 5:

$$\sum Sec_{31} = W_{Sec311} \times Coherencia_{Sec311} + W_{Sec12} \times Coherencia_{Sec12} + W_{Sec313} \times Coherencia_{Sec313} \quad (5)$$

Donde:

$\sum Sec_{31}$ sumatoria de la completitud de la sección de {Funcionales}

W_{Sec311} = Peso de la sección de {Numeración}

$Coherencia_{Sec311}$ = Valor de la coherencia de la sección {Numeración}

W_{Sec312} = Peso de la sección de {Descripción}

$Coherencia_{Sec312}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción}

W_{Sec313} = Peso de la sección de {Solo exprese una idea}

$Coherencia_{Sec313}$ = Valor de la coherencia de la sección {Solo exprese una idea}

Para calcular la completitud del atributo de {No funcionales}, se utiliza la ecuación 6:

$$\begin{aligned} \sum Sec_{32} = & W_{Sec321} \times Coherencia_{Sec321} + W_{Sec322} \times Coherencia_{Sec322} + W_{Sec323} \times Coherencia_{Sec323} \\ & + W_{Sec324} \times Coherencia_{Sec324} + W_{Sec325} \times Coherencia_{Sec325} + W_{Sec326} \times Coherencia_{Sec326} \\ & + W_{Sec327} \times Coherencia_{Sec327} \end{aligned} \quad (6)$$

Donde:

$\sum Sec_{32}$ sumatoria de la completitud de la sección de {No funcionales}

W_{Sec321} = Peso de la sección de {Numeración}

$Coherencia_{Sec321}$ = Valor de la coherencia de la sección {Numeración}

W_{Sec322} = Peso de la sección de {Descripción}

$Coherencia_{Sec322}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción}

W_{Sec323} = Peso de la sección de {Interfaz de usuario, Prototipo de Interfaz}

$Coherencia_{Sec323}$ = Valor de la coherencia de la sección {Interfaz de usuario, Prototipo de Interfaz}

W_{Sec324} = Peso de la sección de {Confiabilidad, Definición}

$Coherencia_{Sec324}$ = Valor de la coherencia de la sección {Confiabilidad, Definición}

W_{Sec325} = Peso de la sección de {Eficiencia, Definición}

$Coherencia_{Sec325}$ = Valor de la coherencia de la sección {Eficiencia, Definición}

W_{Sec326} = Peso de la sección de {Mantenimiento, Definición}

$Coherencia_{Sec326}$ = Valor de la coherencia de la sección {Mantenimiento, Definición}

W_{Sec327} = Peso de la sección de {Portabilidad, Definición}

$Coherencia_{Sec327}$ = Valor de la coherencia de la sección {Portabilidad, Definición}

En la ecuación 7 se describe la forma de calcular la completitud del atributo de {Requerimientos de desarrollo}:

$$\begin{aligned} \sum Sec_{33} = & W_{Sec331} \times Coherencia_{Sec331} + W_{Sec332} \times Coherencia_{Sec332} + W_{Sec333} \times Coherencia_{Sec333} \\ & + W_{Sec334} \times Coherencia_{334} \end{aligned} \quad (7)$$

Donde:

$\sum Sec_{33}$ sumatoria de la completitud de la sección de {Requerimientos de desarrollo}

W_{Sec331} = Peso de la sección de {Descripción}

$Coherencia_{Sec331}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción}

W_{Sec332} = Peso de la sección de {Sistema operativo}

$Coherencia_{Sec332}$ = Valor de la coherencia de la sección {Sistema operativo}

W_{sec333} = Peso de la sección de {Memoria requerida}

$Coherencia_{sec333}$ = Valor de la coherencia de la sección {Memoria requerida}

W_{sec334} = Peso de la sección de {App de desarrollo}

$Coherencia_{sec334}$ = Valor de la coherencia de la sección {App de desarrollo}

La Tabla 4 muestra la ubicación del resto de las fórmulas utilizadas para evaluar la completitud de cada uno de los productos identificados en el proceso de negocio.

Tabla 4 Formulas para medir la completitud de los diferentes productos del proceso de negocio

Producto	Formula	Anexo
Análisis y Diseño	$\sum Sec_1 + \sum Sec_2$	Anexo 3 Sección 1
Componentes	$W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4}$	Anexo 3 Sección 2
Software	$W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4}$	Anexo 3 Sección 3
Manual de usuario	$W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3}$	Anexo 3 Sección 4
Manual de operación	$W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3}$	Anexo 3 Sección 5
Manual de mantenimiento	$\sum Sec_1 + \sum Sec_2$	Anexo 3 Sección 6
Reporte de actividades	$W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4} + \sum Sec_5$	Anexo 3 Sección 7
Registro de rastreo	$W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4}$	Anexo 3 Sección 8
Plan de pruebas de sistema	$W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + \sum Sec_3$	Anexo 3 Sección 9
Reporte de pruebas de sistema	$W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4} + W_{Sec5} \times Coherencia_{Sec5} + W_{Sec6} \times Coherencia_{Sec6} + W_{Sec7} \times Coherencia_{Sec7} + \sum Sec_8$	Anexo 3 Sección 10
Plan de pruebas de integración	$Sec_1 \times Coherencia_{Sec1} + Sec_2 \times Coherencia_{Sec2} + \sum Sec_3 + \sum Sec_4$	Anexo 3 Sección 11
Reporte de pruebas de integración	$W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4} + W_{Sec5} \times Coherencia_{Sec5} + W_{Sec6} \times Coherencia_{Sec6} + W_{Sec7} \times Coherencia_{Sec7} + \sum Sec_8$	Anexo 3 Sección 12
Reporte de verificación	$W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4} + W_{Sec5} \times Coherencia_{Sec5} + W_{Sec6} \times Coherencia_{Sec6} + W_{Sec7} \times Coherencia_{Sec7} + W_{Sec8} \times Coherencia_{Sec8} + \sum Sec_9 + W_{Sec10} \times Coherencia_{Sec10}$	Anexo 3 Sección 13
Reporte de validación	$W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4} + W_{Sec5} \times Coherencia_{Sec5} + W_{Sec6} \times Coherencia_{Sec6} + W_{Sec7} \times Coherencia_{Sec7} + W_{Sec8} \times Coherencia_{Sec8} + \sum Sec_9 + W_{Sec10} \times Coherencia_{Sec10}$	Anexo 3 Sección 14

4. Extracción de información de los elementos del recurso de aprendizaje

Para comenzar esta actividad, se requirió recolectar información de un proceso de negocio específico para crear una ontología de dominio que facilitara el mapeo de sus elementos. Esto implicó realizar un análisis manual del proceso de negocio seleccionado, a partir del cual se identificaron y extrajeron las actividades, tareas, roles, productos (intermedios y finales) y atributos. Una vez extraídos estos elementos, se procedió a modelar la ontología empleando el software Protégé.

Protégé es un editor de ontologías de código abierto y gratuito para crear un modelo de dominio y un sistema de información basado en el conocimiento con ontologías. El editor Protégé admite varios lenguajes de ontologías como RDF, DAML + OIL, XML, OWL, Clips, UML, etc. (Universidad de Stanford, 2020)

Para unir estos elementos se utilizó la relación “Part of” porque es una relación de composición y todos estos elementos son parte de cualquier proceso de negocio que se utilice. En el caso de los productos se utilizó la relación “Is a” porque los dos tipos de productos que se encuentran en el proceso pertenecen a la familia de producto.

La Ilustración 2, muestra las clases principales de la ontología. La clase proceso tiene las subclases de producto, actividad, tarea y rol. Las secciones que conforman a un recurso de aprendizaje están definidas en la clase atributos. Las clases proceso y atributos están relacionadas a través de la relación “Tiene” donde el dominio es la clase Producto y el rango en la clase Atributos.

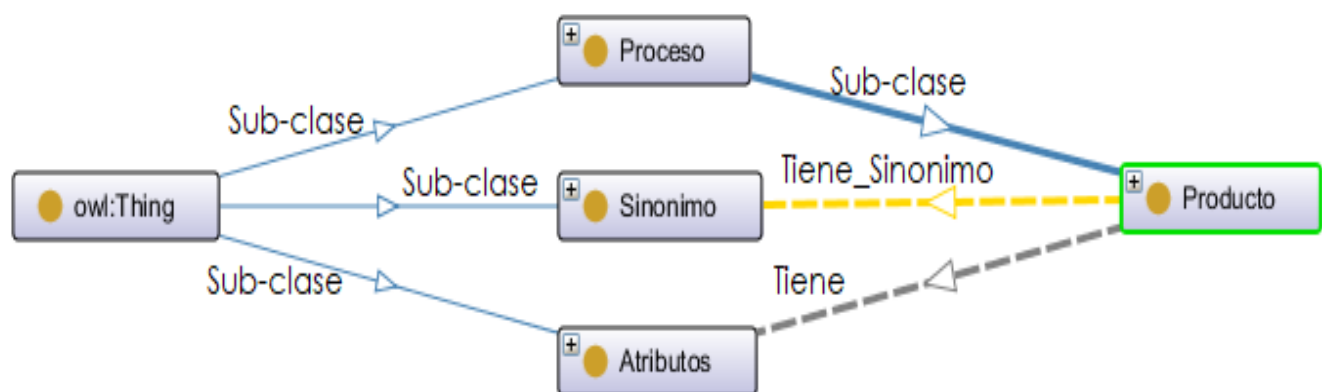


Ilustración 2 Clases principales de la ontología programada con Protégé

La Ilustración 3 muestra un fragmento de la clase sinónimo; la cual está conformada por los diversos nombres que puede tener un producto, por ejemplo, el Prod10 tiene Sin20.

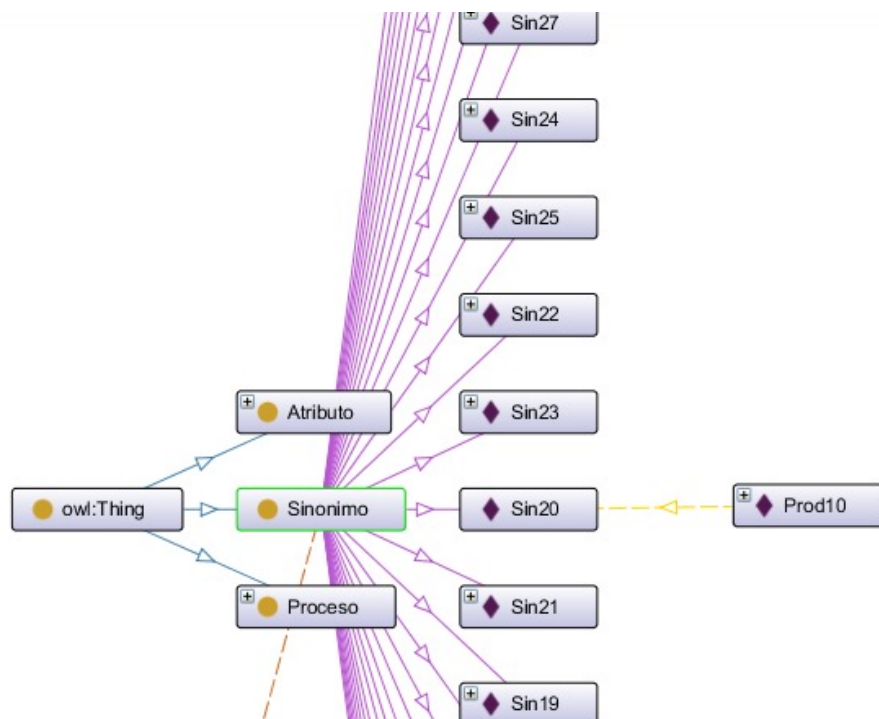


Ilustración 3 Fragmento de los individuos que conforman la sub-clase sinónimos de un producto en específico

La Ilustración 4 muestra un fragmento de la clase atributo, es decir los elementos que ayudan a describir cada producto. Estos atributos se describen de manera amplia en el Anexo 2.

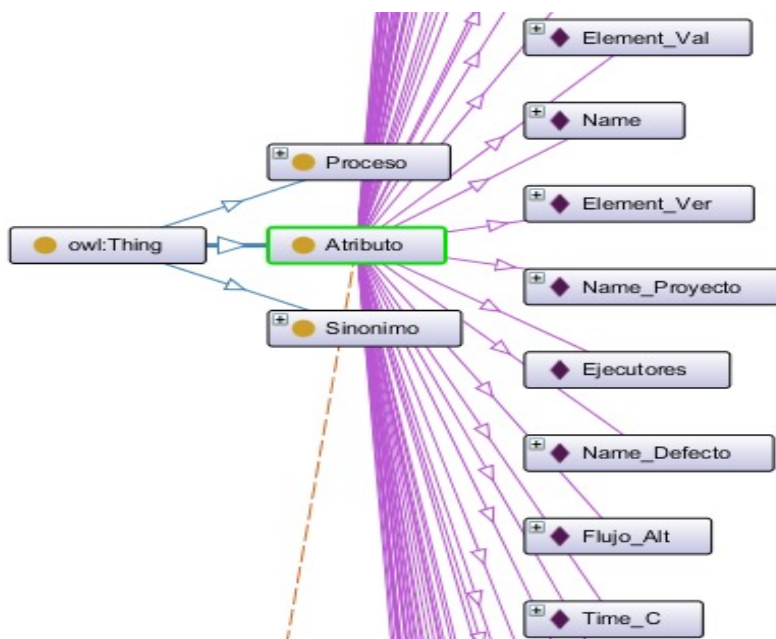


Ilustración 4 Fragmento de los individuos que conforman la sub-clase atributos

Una vez creada la ontología, se creó un script para extraer los elementos que conforman al recurso de aprendizaje, es decir el nombre de las secciones como son Introducción, objetivos, cuerpo textual, conclusiones, referencias, entre otras. El script creado está conformado por varias etapas, entre las cuales se encuentran:

- o Identificar las secciones del recurso de aprendizaje
- o Enviar las secciones identificadas a un bloc de notas
- o Buscar las secciones identificadas en la ontología
- **Identificar las secciones de un recurso de aprendizaje:** La extracción de las secciones se realizó a través de la identificación de los estilos asignados por Word (título 1 a título 9) y el cuerpo textual (normal) con el lenguaje de programación de Python. Los nombres de las secciones identificados se guardan en un bloc de nota y, este sirva de entrada para la búsqueda en la ontología de las secciones identificadas para obtener un porcentaje de la completitud de los recursos de aprendizaje.
- **Enviar las secciones identificadas a un bloc de notas:** Al terminar la extracción de los nombres de las secciones que conforman un recurso de aprendizaje, la lista de las secciones identificadas es enviada a un bloc de notas. La validación de los párrafos consistió en identificar si los párrafos tienen contenido o únicamente tiene un salto de línea. En la Ilustración 5 se muestra un ejemplo de los resultados de la validación de los párrafos que conforman el recurso de aprendizaje.

```

Parrafo vacio
Parrafo vacio
Parrafo completo
Parrafo completo
Parrafo completo
Parrafo completo
Parrafo completo
Parrafo vacio
Parrafo vacio
Parrafo vacio

```

Ilustración 5 Validación de los párrafos

- **Buscar las secciones identificadas en la ontología**

Para la búsqueda de las secciones identificadas en la ontología se creó un script, el cual está compuesto por varias etapas:

- Búsqueda de las secciones en la ontología:
- Asignación de los pesos de las secciones que se identificaron
- Cálculo de la completitud

Estas etapas son descritas a detalle en la siguientes secciones de este documento de tesis.

5. Búsqueda de secciones en la ontología

Para buscar las secciones de la ontología se creó un script en Python donde la entrada es la lista de las secciones que se identificaron previamente en la actividad “Enviar las secciones identificadas a un bloc de notas”. Se realizó la consulta a la ontología, después se comparó la lista que se extrae de la ontología versus la lista de las secciones que se identificaron para indicar al usuario que secciones tienen en común y cuales les hacen falta. En la Ilustración 6 se muestra un ejemplo de la

salida del script. Las secciones que tienen en común se etiquetan con la palabra de “Similares” y las secciones que les hacen falta se etiquetan con la palabra “Diferentes”, al final se muestra la cantidad de cada una.

```
#####Conexion establecida#####
COMPARATIVA:
### SIMILARES ###
Acciones
Evaluacion prueba
Objetivo
### DIFERENTES ###
Acciones correctivas
Aprobacion
Condiciones
Ejecutor
Entradas
Evaluador cliente
Evaluador desarrollador
Fecha de ejecucion
Hora de ejecucion
Introduccion
Nombre
Requisto
Resultados esperados
Resultados obtenidos
### ELEMENTOS ###
      ENCONTRADOS : 3
      FALTANTES : 14
#####Conexion finalizada#####
```

Ilustración 6 Salida del script para buscar las secciones en la ontología

6. Cuantificar los elementos

Esta actividad consistió en cuantificar las secciones que se identificaron del recursos de aprendizaje, por medio de asignar pesos que se deben normalizar, es decir los valores pueden tomar como máximo un 1 y como mínimo un 0. Las secciones que se cuantifican son aquellas compartidas entre el recurso y la ontología, a las cuales el usuario asignará un peso o valor según su importancia. En la Ilustración 6, estas secciones están identificadas con la etiqueta "Similares".

7. Medición de la coherencia entre las secciones del recurso de aprendizaje

De acuerdo con (Beaugrande & Dressler, 1997) la coherencia es cuando un texto tiene sentido porque el conocimiento aplicado por las expresiones que lo componen va construyendo valga la redundancia, una continuidad de sentido. Cuando las personas que están leyendo detectan la ausencia de continuidad, el texto se convierte en un “sin sentido”. La coherencia se refiere a una interrelacionalidad global en el texto, al igual explica como el significado de diferentes unidades textuales pueden combinarse para construir un significado discursivo mayor. Para este trabajo de investigación coherencia se define como: **“La relación lógica entre las partes o secciones del recurso de aprendizaje, de modo que no se produce contradicción ni oposición entre ellas”**. Para la medición de coherencia se creó un script en lenguaje Python con la librería de Spacy y el módulo “es_core_news_md”.

La Ilustración 7 muestra las etapas del script, donde:

1. La etapa de “normalización del texto” representada por el recuadro de color amarillo consiste en convertir en minúsculas el texto, se eliminan signos de puntuación, *stopwords*, espacios en blanco y se remplazan con salto de línea, se realiza la *tokenización* y lematización.
2. La etapa de “vectorizar el texto” representada por el recuadro de color verde consiste en aplicar la técnica de bolsa de palabras específicamente el enfoque de frecuencia para convertir el texto del párrafo a un vector numérico.
3. La última etapa representada por el recuadro de color azul es donde se aplica la similitud léxica o sintáctica, específicamente la similitud basada en tokens (Similitud Coseno, Similitud de Jaccard, Similitud Sorensen-Dice y Similitud de Solapamiento o Similitud de Traslapo). La cual trata de métricas que miden la similitud o diferencia entre dos cadenas de texto según la coincidencia o comparación aproximada de cadenas.

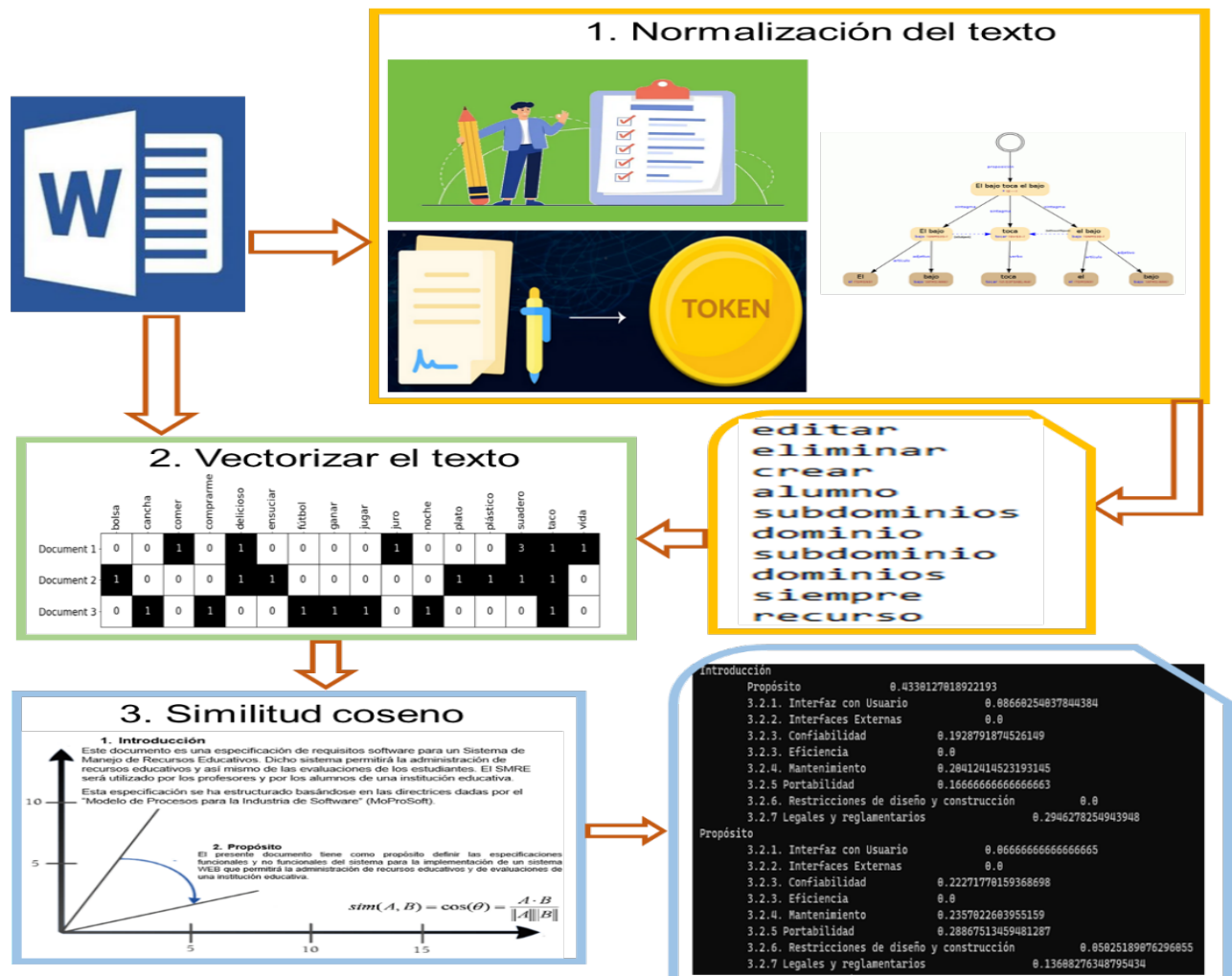


Ilustración 7 Etapas para la medición de coherencia

❖ Normalización del texto

De acuerdo con (Bracco, 2018) la normalización de textos se define como el proceso de transformación de texto para la obtención de una forma canónica. Usualmente incluye la corrección de errores ortográficos y de tipeo, y la uniformización en el uso de mayúsculas, acentos, signos de puntuación, acrónimos y abreviaciones.

Con este proceso se convierte a minúscula el texto para posteriormente eliminar las *stopwords* o las palabras vacías (artículos, pronombres, preposiciones), las cuales son aquellas que no tienen significado alguno y carecen de sentido cuando se escriben solas o sin la palabra clave o *keyword*. El pionero de usar este término fue Hans Peter Luhn, un informático alemán, y fue el primero en emplear la estadística en los análisis textuales en Recuperación de información. Además, se eliminan los signos de puntuación y se eliminan los espacios en blanco y se remplazan con salto de línea.

Una vez que se eliminan los elementos no deseados del texto, se realiza la *tokenización* y lematización. De acuerdo con (Lutkevich, 2021) la *tokenización* consiste en dividir el texto en oraciones y estas, en palabras. Es decir, la aparición concreta de cada palabra. Y la lematización se refiere a la forma única común a todas las posibles variaciones de una misma palabra. Para realizar esta actividad se utilizó la librería *spacy* y el módulo “*es_core_news_md*”.

❖ Vectorizar el texto

El vector consta de N dimensiones, donde N representa las palabras diferentes que conforman el párrafo del recurso de aprendizaje. La conversión se realiza a través de la técnica de bolsa de palabras. Esta técnica consiste en la construcción de un vocabulario a partir de las formas de palabras. Cada párrafo se representa por un vector con dimensiones igual al tamaño del vocabulario. Cada palabra del documento tendrá asociado un valor numérico.

Específicamente se utilizó el enfoque de frecuencia de palabras, el cual consiste en contar las veces que aparece una forma de palabra en cada párrafo del recurso de aprendizaje.

La Ilustración 8 muestra un ejemplo de la vectorización de los párrafos que conforman cada sección del recurso de aprendizaje previamente identificadas en la actividad “Enviar las secciones identificadas a un bloc de notas”.

[illegible]

Ilustración 8 Vectorización del párrafo

❖ Similitud léxica o sintáctica

El cálculo de similitud es una tarea básica y primaria para las áreas donde se manipula la información simbólica, como procesamiento de lenguaje natural o análisis de imágenes. La similitud es la medida de la interrelación existente entre dos cadenas cualesquiera en un texto.

○ Similitud Coseno

De acuerdo con (Singhal, 2001) la similitud coseno es una medida de la similitud existente entre dos vectores en un espacio que posee un producto interior con el que se evalúa el valor del coseno del ángulo comprendido entre ellos. Proporciona un valor igual a 1 si el ángulo comprendido es cero, es decir si ambos vectores apuntan a un mismo lugar. Esta distancia se emplea frecuentemente en la búsqueda y recuperación de información representando las palabras (o documento) en un espacio vectorial. En minería de textos se aplica la similitud coseno con el objeto de establecer una métrica de semejanza entre textos.

(National Institute of Standards and Technology, 2020) define al coseno de dos vectores distintos de cero se puede derivar utilizando la fórmula del producto escalar euclidiano: $A \cdot B = |A| |B| \cos \theta$.

Dados dos vectores de atributos, A y B , la similitud del coseno, se representa como $\cos(\theta)$. La ecuación 8 representa la similitud coseno mediante un producto escalar y la magnitud como:

$$\text{similarity} = \cos \theta = \frac{A \cdot B}{||A|| ||B||} = \frac{A \cdot B}{\sum \sqrt{A_i^2} * \sum \sqrt{B_i^2}} \quad (8)$$

Donde:

A y $B \rightarrow$ son los vectores de atributos, tanto del primero y segundo párrafo

$A \cdot B \rightarrow$ es el producto punto de los dos vectores “A” y “B”

$||A||$ y $||B|| \rightarrow$ magnitud de los dos vectores “A” y “B”

$||A|| * ||B|| \rightarrow$ producto cruz de los dos vectores “A” y “B”

La similitud resultante varía de -1 que significa exactamente lo contrario, a 1 que significa exactamente lo mismo, con 0 que indica ortogonalidad, mientras que los valores intermedios indican similitud o disimilitud intermedia.

De acuerdo con el (National Institute of Standards and Technology, 2020), algunas de las ventajas que se obtienen al aplicar la similitud coseno son:

- La similitud del coseno es beneficiosa porque incluso si los dos objetos de datos similares están muy separados, aún podrían tener un ángulo pequeño entre ellos. Cuanto menor sea el ángulo, mayor será la similitud.
- Cuando se traza en un espacio multidimensional, la similitud del coseno captura la orientación (el ángulo) de los objetos de datos y no la magnitud.
- Su baja complejidad, especialmente para los vectores dispersos, es decir, solo se deben considerar las dimensiones distintas de cero.

- **Similitud del índice de Jaccard**

De acuerdo con (Campos Sobrino, 2020) el índice de Jaccard opera sobre conjuntos, por lo que comúnmente se utiliza para comparar sentencias o párrafos completos como un conjunto de palabras, sin embargo, también puede ser utilizado para comparar palabras considerándolas como conjuntos de letras o caracteres. Cualquiera que sea el nivel de *tokenización* sobre el que se utilice, es interesante notar que la posición que ocupa el elemento no tiene relevancia y que elementos repetidos son considerados como uno solo dentro del conjunto.

El índice de Jaccard está definido como la intersección sobre la unión de los conjuntos y es una medida de la similitud entre ambos. Es decir, es la división entre el número de elementos en común que tienen los dos conjuntos sobre el número de elementos únicos que tiene la unión de ambos conjuntos.

La ecuación 9 representa el índice de Jaccard como la intersección de los conjuntos entre la unión de los mismos conjuntos.

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (9)$$

Donde:

A y $B \rightarrow$ Son los conjuntos de atributos, tanto del primero y segundo párrafo

$|A \cap B| \rightarrow$ Cardinalidad de la intersección entre los dos vectores

$|A \cup B| \rightarrow$ Cardinalidad de la unión de los dos vectores

La similitud resultante puede variar entre 1 y 0, 1 significa que los conjuntos son iguales y 0 significa que tiene nula similitud. En Python el coeficiente de Jaccard es una medida de similitud entre dos grupos y se define como la cardinalidad de la intersección de ambos conjuntos dividida por la cardinalidad de su unión. Los elementos están almacenados en listas, por lo que la función convertirá de listas a conjuntos. Se realiza la operación (ya sea intersección o unión) y se calcula la 'cardinalidad', es decir, cuántos elementos contiene el conjunto.

- **Similitud del coeficiente de Sorensen-Dice**

De acuerdo con (Campos Sobrino, 2020), el coeficiente de Sorensen-Dice o simplemente Dice es un estadístico utilizado para comparar la similitud de dos muestras. Este coeficiente enfatiza las características comunes sin tomar en cuenta las características independientes.

La ecuación 10 representa el coeficiente de Sorensen-Dice como la intersección de los conjuntos entre la suma de la cardinalidad de las muestras.

$$D(A, B) = \frac{2 |A \cap B|}{|A| + |B|} \quad (10)$$

Donde:

A y $B \rightarrow$ Son las muestras, tanto del primero y segundo párrafo

$|A \cap B| \rightarrow$ Cardinalidad de la intersección entre las dos muestras

$|A| \rightarrow$ Cardinalidad de la muestra A

$|B| \rightarrow$ Cardinalidad de la muestra B

La similitud resultante puede variar entre 1 y 0, 1 significa que las muestras son iguales y 0 significa que tiene nula similitud.

- **Similitud de Traslape**

De acuerdo con (Graph Everywhere, 2021) el algoritmo de similitud de traslape está pensado para calcular la superposición existente entre dos conjuntos de datos. Este se basa en el cálculo del coeficiente de superposición, también conocido como coeficiente de Szymkiewicz-Simpson. Este concepto también está relacionado con el índice Jaccard ya que se define como el tamaño de la intersección existente entre los datos, dividido por el conjunto de menor tamaño. La similitud resultante puede variar entre 1 y 0, 1 significa que los conjuntos son iguales y 0 significa que tiene nula similitud.

La ecuación 11 representa el algoritmo de similitud de solapamiento o traslape como la intersección de los conjuntos entre la cardinalidad mínima de los conjuntos.

$$S(A, B) = \frac{|A \cap B|}{\min(|A|, |B|)} \quad (11)$$

Donde:

A y $B \rightarrow$ Son los conjuntos de atributos, tanto del primero y segundo párrafo

$|A \cap B| \rightarrow$ Cardinalidad de la intersección entre los dos conjuntos

$|A| \rightarrow$ Cardinalidad del conjunto A

$|B| \rightarrow$ Cardinalidad del conjunto B

$\min(|A|, |B|) \rightarrow$ Conjunto de menor tamaño

- **Similitud del Tversky**

De acuerdo con (Tversky, 1977) y (Tversky & Gati, 1982) el modelo se basa en las características de los objetos a comparar. La similitud se calcula a partir de una función que coteja los elementos que comparten tanto A, como B y tomando en cuenta, también, los elementos que solo están en A y en B. De esta forma, se toman en cuenta las características que comparten dos objetos, pero, también se toma en cuenta, directamente, los elementos que hacen que se distingan a de B. La similitud resultante puede variar entre 1 y 0, 1 significa que los conjuntos son iguales y 0 significa que tiene nula similitud.

$$T(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cap B| + \alpha |A - B| + \beta |B - A|} \quad (12)$$

Donde:

A y $B \rightarrow$ Son los conjuntos de atributos, tanto del primero y segundo párrafo

$|A \cap B| \rightarrow$ Cardinalidad de la intersección entre los dos conjuntos

$|A - B| \rightarrow$ Cardinalidad de lo que tiene el conjunto A, pero no el conjunto B

$|B - A| \rightarrow$ Cardinalidad de lo que tiene el conjunto B, pero no el conjunto A

α y $\beta \rightarrow$ Son los pesos de importancia que se les asigna a los conjuntos, comúnmente es de 0.5 para ambos

- **Similitud de la distancia euclidiana**

De acuerdo con (Huang, 2008) se define como la distancia más corta entre dos puntos. Para utilizar esta distancia, los textos se deben de representar en un espacio euclidiano mediante vectores, donde cada dimensión de los vectores representa una palabra de los textos. La similitud resultante puede variar entre 1 y 0, 0 significa que los vectores son iguales y 1 significa que tiene nula similitud.

$$T(A,B) = \frac{\sqrt{(A_1 - B_1)^2 + (A_2 - B_2)^2 + \dots + (A_n - B_n)^2}}{\sqrt{\sum_{i=0}^n A_i^2} + \sqrt{\sum_{i=0}^n B_i^2}} \quad (13)$$

Donde:

A y B → Son los dos vectores, tanto del primero y segundo párrafo

$(A_n - B_n)^2$ → Son la diferencia entre el valor del vector A menos el valor del vector B elevado al cuadrado

$\sum_{i=0}^n A_i^2$ → Es la suma de todos los valores el vector A elevados al cuadrado

$\sum_{i=0}^n B_i^2$ → Es la suma de todos los valores el vector B elevados al cuadrado

8. Medición de completitud del recurso de aprendizaje

Con base en el conjunto de definiciones presentadas anteriormente de completitud y de proceso de negocio, presentadas en el Capítulo 2 Marco conceptual secciones 3.4 y 3.6 respectivamente: La completitud se define para este proyecto de investigación como: *“El recurso de aprendizaje está completo, cuando se hace referencia a las secciones que especifica el proceso de negocio y que el contenido del recurso es coherente”*. La ecuación 14 muestra la formalización de completitud.

$$Completitud = \sum_i^n W_{Sec_n} \times Coherencia_{Sec} \quad (14)$$

Donde:

- $i = \{1, 2, \dots, n\}$ es un conjunto finito de índices que se utilizan como apoyo para plantear las definiciones.
- n = es el número total de elementos.
- W_{Sec_n} = es el peso que se le asigna a cada sección que conforma al entregable.
- $Sec = \{Sec_1, Sec_2, Sec_3, \dots, Sec_n\}$ es un conjunto finito de secciones que conforman al entregable, tal que cada sección $Sec \in PR$. Sec es una variable que puede tomar diferentes formas.
- $Coherencia_{Sec}$ es el valor de la coherencia que se obtiene de cada sección que conforma al entregable.

Para aplicar la ecuación 14 se consideran los pesos de las secciones que son iguales en el recurso de aprendizaje y en la ontología, además del valor de coherencia entre las secciones del recurso de aprendizaje.

9. Creación del recurso de aprendizaje

Para la creación del recurso de aprendizaje completo, se consideraron los elementos descritos en la ontología, particularmente los del nodo de atributos. Esto se debe a que este nodo está conformado por las secciones que se especifican en el proceso de negocio de referencia. La etapa siguiente consistió en la búsqueda de definiciones para las secciones extraídas de la ontología. Para buscar las definiciones se utilizaron dos API: Wikipedia y WordReference, lo cual facilita la comprensión de los contenidos requeridos en cada sección para los usuarios.

Para la creación del Script se utilizó el lenguaje Python, la Ilustración 9 muestra las bibliotecas utilizadas para poder crear el recurso de aprendizaje.

```

from flask import Flask, request, jsonify
import mysql.connector
from docx import Document
import wikipediaapi
import re
from googletrans import Translator
from nltk.corpus import wordnet

```

Ilustración 9 Bibliotecas utilizadas para la creación de recursos de aprendizaje

Después de importar las bibliotecas necesarias, el primer paso consistió en realizar una consulta a la ontología con el objetivo de extraer las secciones asociados al entregable (Ilustración 10). La consulta, identificada por la variable "query_name_producto" y resaltada en color verde, se ejecuta en los nodos de productos y atributos. Estos atributos están definidos en el proceso de negocio de referencia al momento de crear la ontología.

Realiza la consulta a la ontología

```

query_name_producto = text("SELECT name_atributo FROM productos, atributos WHERE productos.name_producto =
atributos.name_producto AND productos.name_producto = :entregable")
r = db.engine.execute(query, {'entregable': entregable})
resultados = list(r)
longitud_resultados = len(resultados)
print(longitud_resultados)

```

Ilustración 10 Consulta a la ontología

La Ilustración 11 muestra la creación de un nuevo documento mediante la instancia de la clase "Document()", este documento será nuestro recurso de aprendizaje. Luego, se añade un encabezado de nivel 1 al documento con el texto contenido en la variable "query_name_producto". Esta variable contiene el nombre del entregable obtenido de la consulta, y se utiliza para nombrar el documento de manera descriptiva y relevante.

```

# Crea un nuevo documento de Word
doc = Document()

# Coloca el nombre del documento con el valor de name_producto de la consulta
doc.add_heading(query_name_producto, level=1)

```

Ilustración 11 Creación e inserción de los atributos extraídos

La Ilustración 12 muestra definición de la función "get_definition", la cual realiza la búsqueda de las definiciones de los atributos extraídos, estas definiciones son extraídas de Wikipedia utilizando la biblioteca "wikipediaapi". La función toma dos parámetros: "term" (el término a buscar) y "Lang" (el idioma de la búsqueda). Si en la página existe la definición del atributo, extrae el resumen y limpia las referencias numéricas mediante una expresión regular antes de devolver la definición; si no, devuelve "None" y realiza la búsqueda en WordNet.

```
# Define una función para buscar definiciones en Wikipedia o WordNet
def get_definition(term, lang):
    user_agent = 'MiScriptWikipedia/1.0 (contacto@example.com)'
    wiki_wiki = wikipediaapi.Wikipedia(
        language=lang,
        extract_format=wikipediaapi.ExtractFormat.WIKI,
        user_agent=user_agent
    )
    page = wiki_wiki.page(term)
    if page.exists():
        definition = page.summary
        definition = re.sub(r'\[\d+\]', '', definition)
        return definition
    else:
        return None
```

Ilustración 12 Búsqueda de las definiciones de los atributos extraídos de la ontología

La Ilustración 13 muestra la inserción de las definiciones extraídas de Wikipedia o WordNet como párrafos separados. Para cada fila del “query_name_producto”, se extrae el valor y se eliminan los dígitos. Este resultado se utiliza para agregar un encabezado al documento, alineado al centro. Luego, se utiliza la función “get_definition” para traducir la definición al español. Si se encuentra una definición, se agrega como un párrafo justificado. Si no se encuentra, el valor se traduce al inglés y se buscan definiciones en WordNet. Cada definición obtenida en inglés se traduce al español y se agrega al documento; si no se encuentran definiciones, se indica que no hay definiciones disponibles para el término.

```
# Agrega cada resultado como un párrafo separado y busca definiciones en Wikipedia o WordNet
for row in resultados:
    valor_columna = row[0]
    valor_columna_sin_numeros = ''.join(filter(lambda x: not x.isdigit(), valor_columna))
    p = doc.add_heading(f'{valor_columna_sin_numeros}', level=2)
    p.alignment = 3

    definition_es = get_definition(valor_columna_sin_numeros, 'es')

    if definition_es:
        p = doc.add_paragraph(definition_es)
        p.alignment = 3
    else:
        translation_en = translator.translate(valor_columna_sin_numeros, src='es', dest='en').text
        translated_words_en = translation_en.split()

        for word in translated_words_en:
            synsets = wordnet.synsets(word)
            if synsets:
                for synset in synsets:
                    translation_def_es = translator.translate(synset.definition(), src='en', dest='es').text
                    p = doc.add_paragraph('• ')
                    p.add_run(f'Definición: {translation_def_es}')
            else:
                doc.add_paragraph(f'No se encontraron definiciones para "{word}".')
```

Ilustración 13 Inserción de las definiciones al documento Word

Por último, la Ilustración 14 muestra el procedimiento para almacenar el recurso de aprendizaje que se ha creado, asignándole el nombre de un producto. Se emplea la función "f-string" para concatenar dicho nombre con la extensión ".docx", conformando así el nombre completo del recurso de aprendizaje. Luego, el recurso es almacenado utilizando el método "doc.save()", pasando el nombre del archivo como parámetro. Para concluir, el código devuelve un mensaje en formato JSON que confirma la generación exitosa del documento.

```
# Define el nombre del archivo con base en el producto
nombre_archivo = f'{query_name_producto}.docx'

# Guarda el documento
doc.save(nombre_archivo)

return jsonify({"message": "Documento generado exitosamente"})
```

Ilustración 14 Guardar documento creado

Capítulo

5

Implementación de la solución

En este capítulo se presenta la descripción de la implementación de la solución para solventar el problema descrito en la sección 1.2 del capítulo 1.

La implementación de la solución se realizó a través del desarrollo de un sistema Web para evaluar la completitud de manera automática. El sistema Web ONTY es una herramienta diseñada para medir la completitud en los recursos de aprendizaje de forma automática, especialmente en cuanto al contenido. ONTY no solo se enfoca en el contenido en sí, sino que también incorpora las secciones especificadas en un proceso de negocio.

5.1 Descripción del sistema Web ONTY

Se creó un sistema Web llamado ONTY (Ilustración 15) que ayudó a medir la completitud en los recursos de aprendizaje y a la creación de recursos de aprendizaje. Las funciones que tiene ONTY son: identificar secciones de un recurso de aprendizaje que sea de tipo contenido con extensión doc o docx, búsqueda de las secciones en la ontología, medición de coherencia, medición de completitud y creación de recurso de aprendizaje de tipo contenido. Estas funciones se empacaron como servicios Web para su manejo.

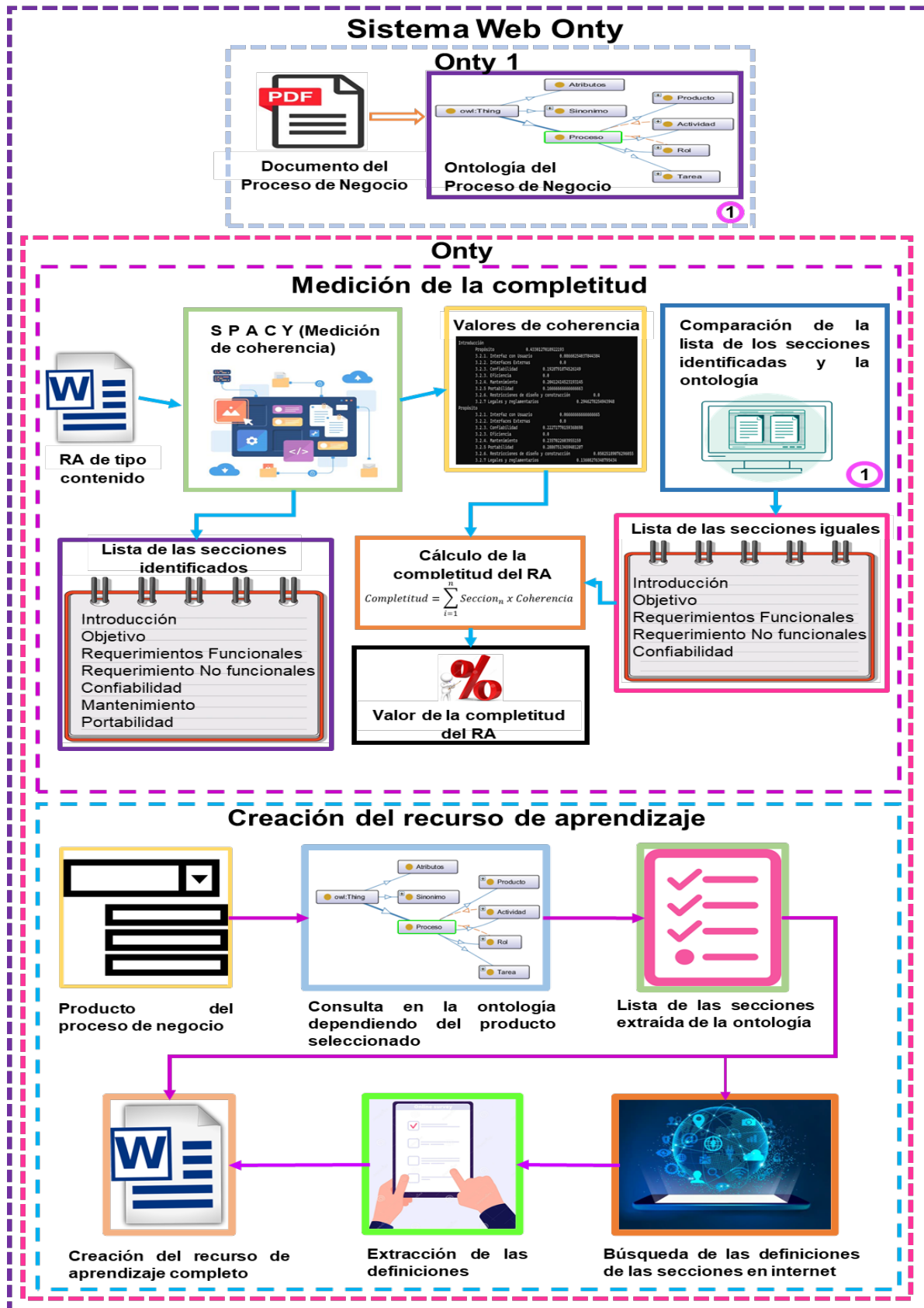


Ilustración 15 Sistema Web ONTY

El primer subsistema representado por el recuadro de color azul claro línea no continua se llama “ONTY1” es el encargado de la generación automática de las ontologías de los procesos de negocio y su entrada principal es un proceso de negocio. En la parte inferior derecha se encuentra un círculo de color lila el cual es un conector que servirá como entrada para la función de medición de coherencia.

El segundo subsistema representado por el recuadro de color rosa con línea no continua se llama “ONTY” y está conformado por dos subsistemas. El primer subsistema representado por el recuadro de color lila se llama “Medición de la completitud” y es el encargado de medir la completitud del recurso de aprendizaje; este está conformado por las funciones descritas anteriormente y su entrada principal es un recurso de aprendizaje de tipo contenido (icono de Word).

La primera función mide la coherencia representada por el recuadro de color verde a través de la librería spacy (para mayor detalle de esta función ver la Ilustración 7), como salida se obtendrán los valores de la coherencia representados por el recuadro de color amarillo y la lista de las secciones identificadas representado por el recuadro de color morado.

Posteriormente, se ejecuta la segunda función representada por el recuadro de color azul para realizar la comparativa de los elementos identificados y la ontología del proceso de negocio. La entrada es la ontología del proceso de negocio (círculo lila número 1) y la lista de los elementos identificados. Como salida se obtiene una lista de los elementos similares, es decir, los elementos que coinciden en ambas representada por el recuadro de color rosa.

La tercera función es el cálculo de la completitud del recurso de aprendizaje representado por el recuadro de color naranja y sus entradas son los valores de coherencia y la lista de los elementos que coincide (con sus respectivos pesos). Como salida se obtiene un porcentaje de completitud que tiene el recurso de aprendizaje representado por el recuadro de color negro.

El tercer subsistema de “ONTY” representado por el recuadro de color azul con línea no continua se llama “Creación del recurso de aprendizaje” y es el encargado de la creación del recurso de aprendizaje completo; está conformado por las funciones anteriormente descritas y su entrada es el nombre de un producto del proceso de negocio representado por el recuadro de color amarillo.

Con base en el nombre de producto del proceso de negocio se realiza una consulta a la ontología representado por el recuadro de color azul específicamente al nodo de atributos. Esto se debe a que en dicho nodo se encuentran las secciones que deben integrar el recurso de aprendizaje. A continuación, esta lista de secciones extraídas de la ontología es agregada a un documento Word representado por el recuadro de color naranja claro.

Posteriormente, se realiza la búsqueda de las definiciones de estas secciones en WORDNET y Wikipedia representado por el recuadro de color naranja, además estas definiciones son extraídas representado por el recuadro de color verde y agregadas al Word previamente creado para enriquecer el contenido del recurso con información precisa y contextualizada.

5.2 Desarrollo del sistema Web ONTY

Con base en los requerimientos funcionales descritos en el Anexo 4 y el análisis y diseño descrito en el Anexo 5 se programaron 13 servicios Web con las principales funciones que debe de realizar ONTY. Estos servicios Web se programaron con el framework FLASK y la arquitectura REST con el formato JSON. Flask es un framework minimalista escrito en Python que permite crear aplicaciones Web rápidamente y con un mínimo número de líneas de código. Está basado en la especificación WSGI de Werkzeug y el motor de plantillas Jinja2 (L. Caballero, 2023). La palabra “minimalista” no implica que sea un proyecto pequeño o que permita hacer páginas Web pequeñas, sino que al instalar Flask tenemos las herramientas necesarias para crear una aplicación Web funcional, pero si se necesita en algún momento una nueva funcionalidad hay un conjunto grande de extensiones (plugin) que se pueden instalar con Flask que le van dotando de funcionalidad.

La arquitectura REST se refiere a una interfaz de programación de aplicaciones (API o API Web) que facilita la interacción con servicios Web RESTful. REST no constituye un protocolo ni un estándar en sí mismo; en cambio, describe un conjunto de restricciones arquitectónicas. Cuando el cliente envía una solicitud a través de una API de RESTful, esta transfiere una representación del estado del recurso requerido a quien lo haya solicitado o al extremo. La información se entrega por medio de HTTP en uno de estos formatos: JSON (JavaScript Object Notation), HTML, XML, Python, PHP o texto sin formato. JSON es el lenguaje de programación más popular, ya que tanto las máquinas como las personas lo pueden comprender y no depende de ningún lenguaje.

Todos estos servicios son consumidos por el *frontend*, estos servicios están representados por un *endpoint* cada uno, la Tabla 5 muestra todos los *endpoint* de los servicios Web que se crearon para los dos subsistemas del ONTY.

Tabla 5 Servicios Web generados

Nombre del SW	Endpoint	Entrada	Salida	Descripción
Medición de la completitud				
Cargar recurso de aprendizaje	/api/v1.0/uploadRA	Recurso de aprendizaje	Mensaje de carga exitosa o mensaje de error	Cargar el recurso de aprendizaje que se desea analizar para calcular su completitud.
Identificar secciones	/api/v1.0/identifySections	- Entregable - Extensión - Nombre archivo	Secciones identificadas	Identificar las secciones dentro del recurso de aprendizaje.
Buscar secciones	/api/v1.0/searchSections	- Secciones - Entregable	Secciones similares	Buscar las secciones identificadas en la ontología del proceso de negocio.
Tokenización	/api/v1.0/tokenization	- Secciones similares - Nombre archivo	Vector del texto	Convertir los párrafos de las secciones en vectores.
Coherencia con coseno	/api/v1.0/cosinecoherence	Vector del texto	Vector con los valores de coseno	Cálculo de la coherencia entre los párrafos del recurso de aprendizaje con la similitud coseno.
Coherencia con Jaccard	/api/v1.0/jaccardcoherence	Vector del texto	Vector con los valores de Jaccard	Cálculo de la coherencia entre los párrafos del recurso de aprendizaje con el índice de Jaccard.
Coherencia con Sorence-Dice	/api/v1.0/sorensedicecoherence	Vector del texto	Vector con los valores de Sorence-Dice	Cálculo de la coherencia entre los párrafos del recurso de aprendizaje con la similitud de Sorence-Dice.
Coherencia con Solapamiento	/api/v1.0/solapamientocoherence	Vector del texto	Vector con los valores de Solapamiento	Cálculo de la coherencia entre los párrafos del recurso de aprendizaje con la similitud de Solapamiento.
Coherencia con Tversky	/api/v1.0/tverskycoherence	Vector del texto	Vector con los valores de Tversky	Cálculo de la coherencia entre los párrafos del recurso de aprendizaje con la similitud de Tversky.
Coherencia con Distancia Euclidiana	/api/v1.0/euclidianacoherence	Vector del texto	Vector con los valores de distancia euclidiana	Cálculo de la coherencia entre los párrafos del recurso de aprendizaje con la distancia euclidiana.

Continuación Tabla 5

Nombre del SW	Endpoint	Entrada	Salida	Descripción
Compleitud	/api/v1.0/completeness	- Vector del texto - Secciones similares - Peso de la sección	Vector con los valores de completitud	Cálculo de la completitud de las secciones del recurso de aprendizaje.
Información de secciones	/api/v1.0/sectioninfo	- Entregable - Nombre sección	Descripción de la sección seleccionada	Muestra la información de una sección en específico.
Creación del recurso de aprendizaje				
Creación del recurso de aprendizaje	/api/v1.0/CreateRA	Nombre del entregable	Mensaje de creación exitosa o mensaje de error	Crea el recurso de aprendizaje con sus definiciones extraídas.

5.3 Descripción de la interfaz del sistema Web ONTY

Una vez que se programaron los servicios Web, se procedió a desarrollar la interfaz de usuario tomando como referencia los requerimientos de interfaz de usuario descritos en el Anexo 6.

La Ilustración 16 muestra la página principal del sistema ONTY, un sistema diseñado para evaluar y crear recursos de aprendizaje completos en el contexto de la capacitación laboral. ONTY tiene un doble propósito: medir la completitud del contenido educativo conforme al estándar ISO 12207 y facilitar la creación de recursos completos de tipo contenido. La completitud se define como la cualidad de estar completo, asegurando que los entregables contengan todas las secciones especificadas por el proceso de negocio y mantengan la coherencia. Además de estas funciones, la página incluye enlaces a redes sociales y menciona los derechos reservados a TECNM/CENIDET 2023.



Ilustración 16 Pantalla de bienvenida del sistema ONTY

La Ilustración 17 muestra la página de la opción "Carga del recurso de aprendizaje" del sistema ONTY tiene un menú de navegación con las opciones de "Bienvenida", "Evaluación de completitud" y "Creación de recurso de aprendizaje". La página está conformada por dos secciones principales: la primera es la sección de selección del recurso de aprendizaje, donde se especifica que este recurso debe estar en formato "doc" o "docx" y en el idioma español. La segunda sección es donde el usuario debe especificar el nombre del entregable al cual apoya el recurso de aprendizaje previamente cargado. Una vez cargado el recurso y seleccionado el entregable, se activa el botón de "Evaluar" para iniciar la medición de la completitud.

Ilustración 17 Pantalla de cargar el recurso de aprendizaje del sistema Web ONTY

La Ilustración 18 muestra la página de la opción "Creación de recurso de aprendizaje completo", la cual está conformada por una lista desplegable donde se puede seleccionar el nombre del entregable del proceso de negocio para crear el recurso de aprendizaje completo; y una vez que se seleccionó, se activa el botón "Generar" para iniciar el proceso de creación del recurso de aprendizaje.

EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



cenidet
Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico

BienvenidaEvaluación de completitudCreación de recurso de aprendizaje

Creación de recurso de aprendizaje completo

1. Seleccione el nombre del entregable del proceso de negocio que desea crear el recurso de aprendizaje.

2. Presiona el botón de "Generar"

Seleccione un entregable para crear el recurso de aprendizaje:

— seleccione un entregable —

Generar

Dirección

Contacto



Todos los derechos reservados TECNM/CENIDET 2023

Ilustración 18 Pantalla de creación del recurso de aprendizaje del sistema Web ONTY

La Ilustración 19 muestra la pantalla de resultados del sistema Web ONTY. Esta pantalla presenta las diversas opciones de resultados que ONTY puede mostrar, las cuales incluyen "Secciones identificadas", "Coherencia" y "Compleitud" y están resaltadas con un cuadrado de color naranja.

Resultados

Seleccione una opción de la lista desplegable para mostrar los resultados deseados

Secciones identificadas ▾

Secciones identificadas

Coherencia

Compleitud

Ilustración 19 Pantalla de resultados del sistema Web ONTY

La Ilustración 20 muestra los resultados de la opción "Secciones identificadas". Para obtener estos resultados, el proceso consiste en extraer los títulos de las secciones que conforman el recurso de aprendizaje y también extraer las secciones descritas en la ontología. Una vez que se tienen ambas listas, estas se comparan entre sí. Al concluir la comparativa, al usuario se le presentan las secciones similares, que son aquellas que comparten tanto el recurso como la ontología, mientras que las secciones faltantes son aquellas que le hacen falta al recurso de aprendizaje.



Ilustración 20 Resultado de la opción secciones identificadas en el recurso de aprendizaje

La Ilustración 21 muestra los resultados de la opción “Coherencia”, para calcular la coherencia primero se tiene que transformar el texto de cada sección en vector para realizar esto se utiliza la técnica de bolsa de palabras. Esta técnica consiste en la construcción de un vocabulario a partir de las formas de palabras. Cada párrafo se representa por un vector con dimensiones igual al tamaño del vocabulario. Cada palabra del documento tendrá asociado un valor numérico. Específicamente se utilizó el enfoque de frecuencia de palabras, el cual consiste en contar las veces que aparece una forma de palabra en cada párrafo del recurso de aprendizaje.

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES						
	Coseno	Jaccard	Sorence-Dice	Solapamiento o Traslape	Tversky	Euclidiana
Interfaces Externas	0	0.222222222222222	0.363636363636363	0.014388489208633094	0	1
Confiabilidad	0	0.222222222222222	0.363636363636363	0.014388489208633094	0	1
Eficiencia	0	0.222222222222222	0.363636363636363	0.014388489208633094	0	1
Mantenimiento	0	0.222222222222222	0.363636363636363	0.014388489208633094	0	1
Portabilidad	0	0.222222222222222	0.363636363636363	0.014388489208633094	0	1
Restricciones De Diseño Y Construcción	0.748635363992559	0.333333333333333	0.5	0.02158273381294964	0.07643312101910828	0.8679269148711757
Legales Y Reglamentarios	0.37901876926362116	0.222222222222222	0.363636363636363	0.014388489208633094	0.0273972602739726	0.9758612844164346

Ilustración 21 Resultado de la opción coherencia del recursos de aprendizaje

La Ilustración 22 muestra los resultados de la opción de “Compleitud”, para realizar el cálculo de la completitud del recurso de aprendizaje se asigna un peso a las secciones similares del recurso de aprendizaje previamente identificadas y el valor de coherencia para multiplicarlos y poder obtener el valor de la coherencia de la sección. La fila en color morado denominada “porcentaje” muestra el resultado de completitud correspondiente al nombre de la sección ubicada en la parte superior de la imagen.

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES						
	Coseno	Jaccard	Sorence-Dice	Solapamiento o Traslape	Tversky	Euclidiana
Interfaces Externas	0	0.02777777777777776	0.04545454545454545	0.0017985611510791368	0	0.125
Confiabilidad	0	0.02777777777777776	0.04545454545454545	0.0017985611510791368	0	0.125
Eficiencia	0	0.02777777777777776	0.04545454545454545	0.0017985611510791368	0	0.125
Mantenimiento	0	0.02777777777777776	0.04545454545454545	0.0017985611510791368	0	0.125
Portabilidad	0	0.02777777777777776	0.04545454545454545	0.0017985611510791368	0	0.125
Restricciones De Diseño Y Construcción	0.09357942049906988	0.04166666666666664	0.0625	0.002697841726618705	0.009554140127388535	0.10849086435889696
Legales Y Reglamentarios	0.047377346157952645	0.02777777777777776	0.04545454545454545	0.0017985611510791368	0.003424657534246575	0.12198266055205433
Porcentaje	14.095676665702253%	20.833333333333332%	33.52272727272727%	1.3489208633093526%	1.297879766163511%	85.54735249109513%

Ilustración 22 Resultado de la opción completitud del recursos de aprendizaje

Capítulo

6

Pruebas y resultados

En este capítulo se presentan las pruebas realizadas para validar el funcionamiento y detectar posibles errores en el sistema Web ONTY. También se presenta un análisis de los resultados de la medición de la completitud de los recursos de aprendizaje.

6.1 Plan de pruebas

6.1.1 Pruebas de funcionamiento

El objetivo de estas pruebas es validar si los requerimientos funcionales del sistema ONTY se encuentran completos (Anexo 4). El sistema ONTY es un sistema Web diseñado específicamente para evaluar la completitud de los recursos de aprendizaje empleados en capacitaciones dentro de entornos laborales o empresariales.

- **Casos de pruebas**

Los casos de prueba se dividen en dos grupos: el primero se enfoca en validar la opción de "Evaluación de completitud", y el segundo, en la opción de "Creación de recurso de aprendizaje". El primer grupo incluye 10 casos de prueba, mientras que el segundo cuenta con 5. Es importante indicar que estos casos se desarrollan a través de dos o tres escenarios, dependiendo del caso particular. El escenario número 1, conocido como el "*Happy Path*", ilustra la situación ideal donde todo funciona correctamente. Si la prueba incluye tres escenarios, el segundo se considera alternativo. Por otro lado, si la prueba consta de solo dos escenarios, el escenario número 2 se asume como el de error. Cuando hay un tercer escenario, este siempre representa una situación de fallo. Adicionalmente, cada caso de prueba consta de los elementos especificados en la Tabla 6.

Tabla 6 Elementos de los casos de prueba

Elemento	Descripción
Id y Nombre	Está conformado por un identificador único del caso de prueba y el nombre que llevara la prueba.
Datos generales de la prueba	
Requisito por probar	Descripción del requerimiento a probar.
Ejecutor	Nombre de la persona encargada de ejecutar la prueba.
Fecha y hora	Fecha y hora donde se ejecutó la prueba.
Evaluador por desarrolladores	Nombre de la persona que representa el equipo de desarrolladores.
Evaluador por el cliente	Nombre de la persona que representa al cliente o empresa que se le desarrollo el sistema.
Desarrollo	
Objetivo	Descripción del porque se va a realizar esta prueba.
Prioridad	Valor cualitativo que se le asigna a la prueba, puede ser alta, media o baja.
Id requerimiento a probar	Identificador del requerimiento que se está probando.
Precondiciones	Indicaciones que se deben de seguir antes de ejecutar la prueba.
Ejecución	Pasos por seguir para obtener un resultado exitoso de la prueba.
Valores/Datos de entrada	Datos que se necesitan para ejecutar la prueba.
Resultados esperados	Resultados que se espera obtener de la prueba si se ejecuta correctamente.
Resultados obtenidos	Resultados que se obtiene al ejecutar los pasos definidos.
Estado de la prueba	Valor cualitativo que se le asigna a la prueba, puede ser Aprobado o No aprobado.
Aprobación	Nombre de los representantes de ambas partes, donde se acepta o se rechaza la prueba.
Comentarios	Descripción con información adicional de la prueba.

6.1.1.1 Pruebas de funcionamiento de la opción “Evaluación de completitud”

La Tabla 7 muestra el conjunto de pruebas realizadas para validar el funcionamiento del sistema Web ONTY, específicamente la opción de “Evaluación de completitud”. Esta tabla incluye el número de caso de prueba, el requerimiento al que atiende y las observaciones obtenidas. Es importante indicar que algunas pruebas inicialmente no fueron aprobadas debido a que no se obtuvo el resultado deseado, estas pruebas se resaltan en color rosa para su identificación. Sin embargo, se realizaron las modificaciones pertinentes y se realizó una validación adicional de dichas pruebas para asegurar que se obtengan los resultados deseados. Tras las correcciones y la validación, todas las pruebas fueron aprobadas, lo que indica que se cumplió con todos los requerimientos funcionales.

Tabla 7 Resumen de las pruebas de funcionamiento

Caso de prueba	Nombre de la prueba	Escenario	Requerimiento	Observaciones
Evaluación de completitud				
CP01	Pantalla de bienvenida	1	RF01	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		2		Se rechaza la prueba, debido a que el sistema ONTY no muestra el mensaje de error cuando el sistema no está disponible o cuando el servidor esta deshabilitado se obtenga un 404. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
CP02	Menú	1	RF02	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		2		Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		3		Se rechaza la prueba, debido a que el menú del sistema ONTY en pantalla chica no se comprime únicamente se brinca a la parte de abajo. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
CP03	Botón cancelar	1	RF03	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		2		Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.

Continuación Tabla 7

Caso de prueba	Nombre de la prueba	Escenario	Requerimiento	Observaciones
CP04	Cargar recurso de aprendizaje	1	RF04, RF05	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		2		Se rechaza la prueba, debido a que el sistema ONTY no marca ningún error cuando se carga un recurso de aprendizaje con extensión incorrecta. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
CP05	Seleccionar el producto que atiende	1	RF07	Se rechaza la prueba, debido a que el sistema ONTY no muestra ningún producto de la lista desplegable. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
		2		Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP06	Identificar las secciones del recurso	1	RF08, RF09	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		2		Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP07	Buscar las secciones en la ontología	1	RF10	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		2		Se rechaza la prueba, debido a que el sistema ONTY no notifica nada en caso de que no se identifique ninguna sección en la ontología. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
CP08	Medir la coherencia	1	RF11	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		2		Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP09	Evaluar la completitud	1	RF12	Se rechaza la prueba, debido a que el sistema ONTY no se está calculando la completitud del recurso de aprendizaje. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
		2		Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.

Continuación Tabla 7

Caso de prueba	Nombre de la prueba	Escenario	Requerimiento	Observaciones
CP10	Pantalla de resultados	1	RF13	Se rechaza la prueba, debido a que el sistema ONTY no muestra los resultados en pantalla, pero si en consola. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
		2		Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		3		Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.

6.1.1.2 Pruebas de funcionamiento de la opción “Creación de recurso de aprendizaje”

La Tabla 8 muestra el resumen del conjunto de pruebas realizadas para validar el funcionamiento del sistema Web ONTY, específicamente la opción de “Creación de recurso de aprendizaje”. Las celdas marcadas en rosa indican las pruebas que inicialmente no fueron aprobadas porque no se alcanzaron los resultados esperados. Sin embargo, se realizaron las modificaciones pertinentes y se realizó una validación adicional de dichas pruebas para asegurar que se obtengan los resultados deseados. Tras las correcciones y la validación, todas las pruebas fueron aprobadas, lo que indica que se cumplió con todos los requerimientos funcionales.

Tabla 8 Resumen de las pruebas de funcionamiento del apartado de “Creación de recurso de aprendizaje”

Caso de prueba	Nombre de la prueba	Escenario	Requerimiento	Observaciones
CP01	Pantalla de Bienvenida	1	RF01	Se rechaza la prueba, debido a que el sistema ONTY no muestra la página de Bienvenida. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
		2		Se rechaza la prueba, debido a que el sistema ONTY no muestra la página de Bienvenida La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
		3		Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.

Continuación Tabla 8

Caso de prueba	Nombre de la prueba	Escenario	Requerimiento	Observaciones
CP02	Menú	1	RF02	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		2		Se rechaza la prueba, debido a que el menú del sistema ONTY no se comprime. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
		3		Se rechaza la prueba, debido a que el menú del sistema ONTY no se comprime. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
CP03	Seleccionar el producto que se desea crear	1	RF03	Se rechaza la prueba, debido a que no aparece la lista desplegable de los productos. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
		2		Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP04	Consulta a la ontología	1	RF04	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		2		Se rechaza la prueba, debido a que el sistema ONTY no realice la búsqueda de los atributos que especifica la ontología dependiendo del producto seleccionado. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.
CP05	Crear documento Word	1	RF05	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
		2		Se rechaza la prueba, debido a que el sistema ONTY no notifica nada cuando no se crea el documento de Word. La prueba es aceptada en la etapa de verificación, la cual se llevó a cabo después de realizar las modificaciones.

6.1.2 Pruebas de evaluación de recursos de aprendizaje

6.1.2.1 Evaluación de la funcionalidad "Evaluación de completitud"

El plan de pruebas consta de ocho proyectos que fueron desarrollados en la materia de Ingeniería de Software del TECNM campus CENIDET. Estos proyectos incluyen recursos de aprendizaje de tipo contenido, los cuales fueron creados siguiendo el proceso de negocio "Desarrollo y Mantenimiento de Software (DMS)". La Tabla 9 muestra los recursos de aprendizaje evaluados correspondientes a los distintos proyectos, sumando un total de 40 pruebas de los ocho proyectos. Los recursos

evaluados comprenden formatos doc y docx, y de tipo de contenido. Estos recursos de aprendizaje son utilizados en procesos de enseñanza relacionados con el desarrollo de software.

Tabla 9 Total de recursos de aprendizaje evaluados

Proyectos	Recursos de aprendizaje
Sistema de apoyo a la implementación de MoProSoft	6
Evaluador de recursos educativos para servicios Web	5
ONTY1	2
ONTY2	2
Ser2r	6
SOFTNI	8
QLEER	3
SILI	8
Total	40

6.1.2.2 Pruebas de evaluación de la opción “Creación de recurso de aprendizaje”

La Tabla 10 muestra el resumen de las pruebas realizadas para crear recursos de aprendizaje de tipo contenido con formato docx. Se crearon un total de 14 recursos de aprendizaje, estos recursos son los productos que especifica el proceso de negocio utilizado. Para la creación de los recursos de aprendizaje se consideró la ontología creada previamente y las definiciones de las secciones que lo conforman fueron extraídas de Wikipedia o Wordnet.

Tabla 10 Total de pruebas realizadas para la creación de recursos de aprendizaje

Caso de prueba	Nombre de la prueba	Observaciones
CP01	Creación del recurso de aprendizaje completo “Análisis y Diseño”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP02	Creación del recurso de aprendizaje completo “Especificación de requerimientos”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP03	Creación del recurso de aprendizaje completo “Manual de mantenimiento”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP04	Creación del recurso de aprendizaje completo “Manual de operación”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP05	Creación del recurso de aprendizaje completo “Manual de usuario”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP06	Creación del recurso de aprendizaje completo “Plan de desarrollo”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP07	Creación del recurso de aprendizaje completo “Plan de pruebas de integración”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP08	Creación del recurso de aprendizaje completo “Plan de pruebas de sistemas”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP09	Creación del recurso de aprendizaje completo “Registro de rastreo”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP10	Creación del recurso de aprendizaje completo “Reporte de actividades”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP11	Creación del recurso de aprendizaje completo “Reporte de pruebas de integración”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.

Continuación Tabla 10

Caso de prueba	Nombre de la prueba	Observaciones
CP12	Creación del recurso de aprendizaje completo “Reporte de pruebas de sistema”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP13	Creación del recurso de aprendizaje completo “Reporte de validación”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.
CP14	Creación del recurso de aprendizaje completo “Reporte de verificación”	Sin observaciones, es decir se acepta la prueba.

6.2 Resultados

Los resultados muestran la evaluación de la completitud de los recursos de aprendizaje de tipo contenido, esta completitud se obtiene a través del cálculo de coherencia en el recurso de aprendizaje y el valor de importancia o peso que se les asigna a las secciones que tienen en común el proceso de negocio y el recurso de aprendizaje.

6.2.1 Resultados de la evaluación de los recursos de aprendizaje

La Tabla 11 muestra los resultados de la evaluación de completitud de los 40 recursos de aprendizaje. Es importante resaltar que la evaluación de completitud revela que el valor más alto es de 48% y se encuentran resaltados en color verde claro. Esto indica que el recurso de aprendizaje no fue creado con base en el proceso de negocio correspondiente. Por lo tanto, no está abordando los conocimientos necesarios para la capacitación laboral y el trabajador no está aprendiendo lo que debería conforme a su puesto de trabajo.

Tabla 11 Resumen de la evaluación de completitud de los recursos de aprendizaje

Sistema de apoyo a la implementación de MoProSoft							
No	Nombre del recurso de aprendizaje	Coseno	Jaccard	Dice	Traslape	Tversky	Euclidiana
1	Análisis y diseño	0	0	0	0	0	0
2	Especificación de requerimientos	14.4453624	31.5194805	36.0373058	0.39438503	14.0345372	36.0970141
3	Manual de mantenimiento	9.65081624	35.8333333	41.6005291	0.34293553	6.23758851	45.3733573
4	Manual de operación	0	0	0	0	0	0
5	Manual de usuario	6.45129372	50	50	0.4	4.07486378	46.8581282
6	Plan de pruebas	1.49768695	32.7380952	37.6785714	0.24213075	1.17979243	45.6995446
Evaluador de recursos educativos para servicios Web							
7	Análisis y diseño	0	0	0	0	0	0
8	Especificación de requerimientos	3.9208807	35.6481481	40.1101928	0.41786917	2.63748209	48.4220066
9	Manual de usuario	0	0	0	0	0	0
10	Manual de operación	0	0	0	0	0	0
11	Plan de pruebas	0	31.25	35	1.20967742	0	50
ONTY1							
12	Especificación de requerimientos	20.5363074	36.9047619	40.1461039	0.73227133	18.2126223	31.6309409
13	Análisis y Diseño	0	0	0	0	0	0

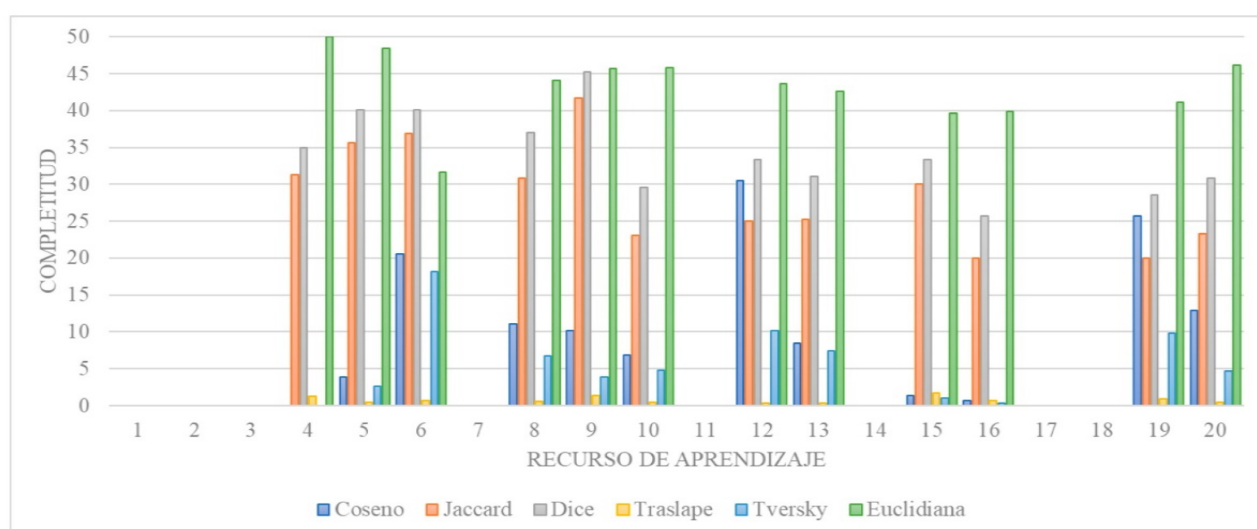
Continuación Tabla 11

No	Nombre del recurso de aprendizaje	Coseno	Jaccard	Dice	Traslape	Tversky	Euclidiana
ONTY							
14	Especificación de requerimientos	11.0360233	30.8892496	37.0062093	0.52278988	6.7936752	44.110679
15	Análisis y diseño	10.1192172	41.6666667	45.2380952	1.35135135	3.89745671	45.7221963
Ser2r							
16	Especificación de requerimientos	8.43477197	25.2541924	31.044048	0.38796267	7.39884355	42.6614826
17	Análisis y diseño	0	0	0	0	0	0
18	Reporte de verificación	1.34005042	30	33.3333333	1.73913043	1.02564103	39.6187269
19	Reporte de validación	0.69504805	20	25.6666667	0.6626506	0.37037037	39.8591266
20	Manual de usuario	0	0	0	0	0	0
21	Reporte de actividades	0	0	0	0	0	0
SOFTNI							
22	Especificación de requerimientos	5.11906317	25.9575626	32.056340	0.34235485	2.46357474	48.0949065
23	Análisis y diseño	0	0	0	0	0	0
24	Reporte de verificación	0.51868855	13.8492063	19.4331066	1.04166667	0.5841467	35.4758012
25	Reporte de validación	0	25	28.5714286	1.35135135	0	35.7142857
26	Plan de pruebas del sistema	2.42785351	15.1648352	17.6648352	0.54192383	1.38025463	22.6482712
27	Manual de usuario	29.4117647	25	33.3333333	0.81967213	8.19672131	42.520095
28	Reporte de actividades	0	0	0	0	0	0
29	Registro de rastreo	0	0	0	0	0	0
QLEER							
30	Especificación de requerimientos	6.82188539	23.0353699	29.5676676	0.48002145	4.83667477	45.8325677
31	Análisis y diseño	0	0	0	0	0	0
32	Plan de pruebas	30.4635898	25	33.3333333	0.37593985	10.2040816	43.6666882
SILI							
33	Manual de mantenimiento	0.25712974	0.2	0.28571429	0.00934579	0.09803922	0.41132945
34	Manual de operación	12.8867094	23.3333333	30.8201058	0.49668874	4.7012987	46.1779435
35	Manual de usuario	16.0350822	23.3333333	30.8201058	0.5	5.84415584	44.8712701
36	Especificación de requerimientos	4.73856196	25.952381	31.9063959	0.44554455	2.7480231	48.7250612
37	Reporte de verificación de la especificación de requerimientos	0	38.3333333	40	2.25490196	0	43.3333333
38	Reporte de verificación del manual de mantenimiento	0.60858062	33.3333333	36.7777778	2.32323232	0.51282051	43.1311215
39	Reporte de verificación del manual de usuario	1.36082763	38.3333333	40	2.83950617	1.33333333	42.5819889

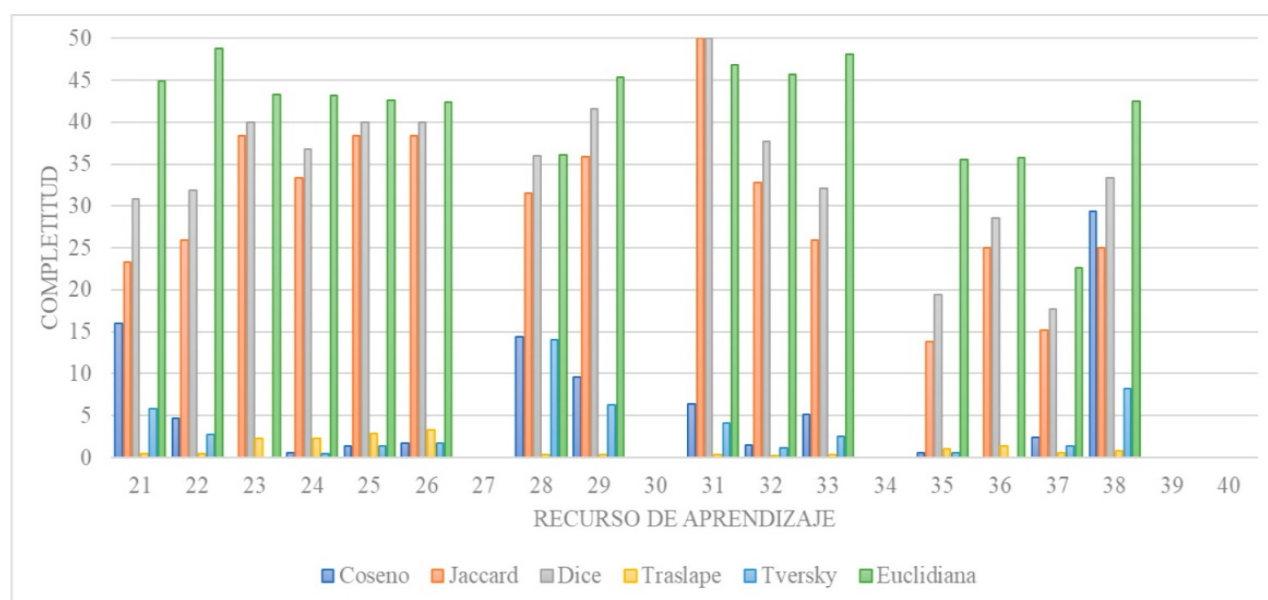
Continuación Tabla 11

No	Nombre del recurso de aprendizaje	Coseno	Jaccard	Dice	Traslape	Tversky	Euclidiana
SILI							
40	Reporte de verificación del manual de operación	1.66666667	38.3333333	40	3.33333333	1.66666667	42.3570226

La Gráfica 1 y la Gráfica 2 muestran la representación visual de las evaluaciones realizadas. El "eje x" corresponde a los recursos de aprendizaje evaluados, mientras que el "eje y" es el valor obtenido de la completitud de cada recurso. De esta manera, es posible identificar el nivel de completitud alcanzado por cada recurso. Asimismo, los diferentes colores utilizados en las gráficas indican las diferentes similitudes utilizadas para el cálculo de la completitud.



Gráfica 1 Resultados de la evaluación de completitud de los primeros 20 recursos de aprendizaje



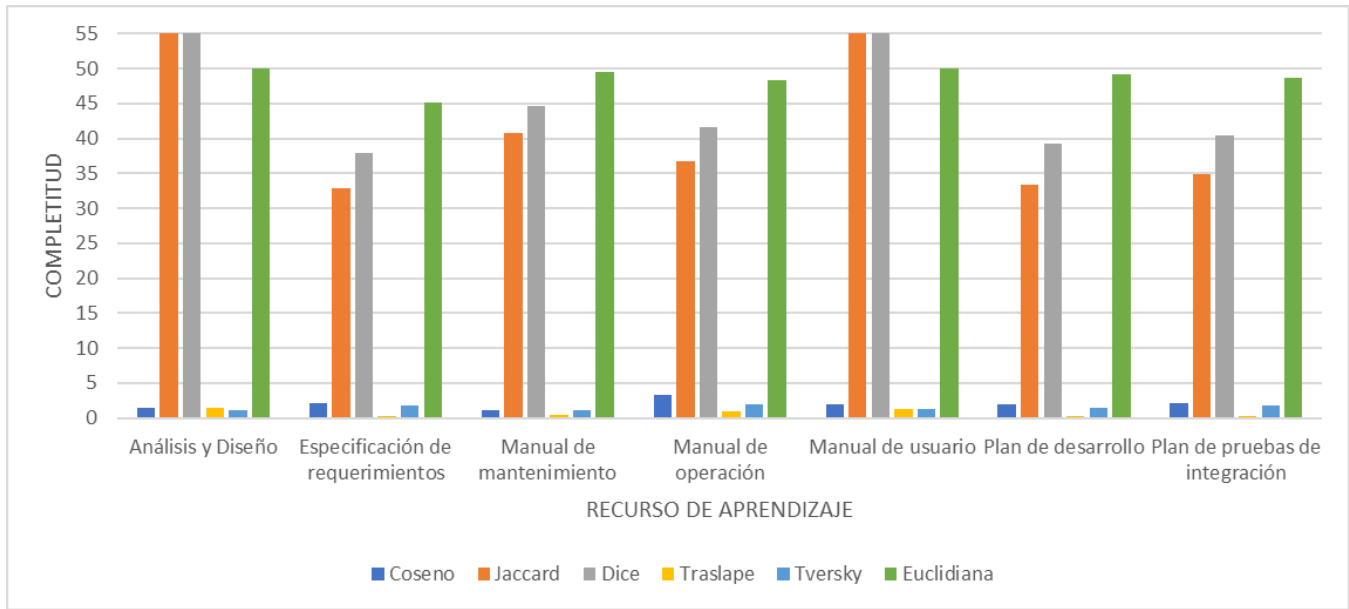
Gráfica 2 Resultados de la evaluación de completitud de los últimos 20 recursos de aprendizaje

La Tabla 12 muestra la evaluación de la completitud de los recursos de aprendizaje creados a partir del proceso de negocio de referencia. El valor de completitud que se obtuvo se calculó utilizando métricas como Coseno, Jaccard, Dice, Traslape, Tversky y Euclidiana. Cada fila en la tabla representa un recurso de aprendizaje, que varía desde manuales de operación hasta reportes de verificación. El valor más alto de completitud registrado fue 55%, y está resaltado en verde claro. Este valor indica que los recursos de aprendizaje fueron diseñados conforme al proceso de negocio de referencia; sin embargo, no alcanzan el 100% necesario para su uso en capacitación. Esto se debe a que la técnica empleada para vectorizar el texto no incluye sinónimos ni utiliza una palabra clave durante la vectorización. Es importante señalar que la creación de estos recursos tomó en cuenta los elementos presentes en el nodo de atributos de la ontología creada.

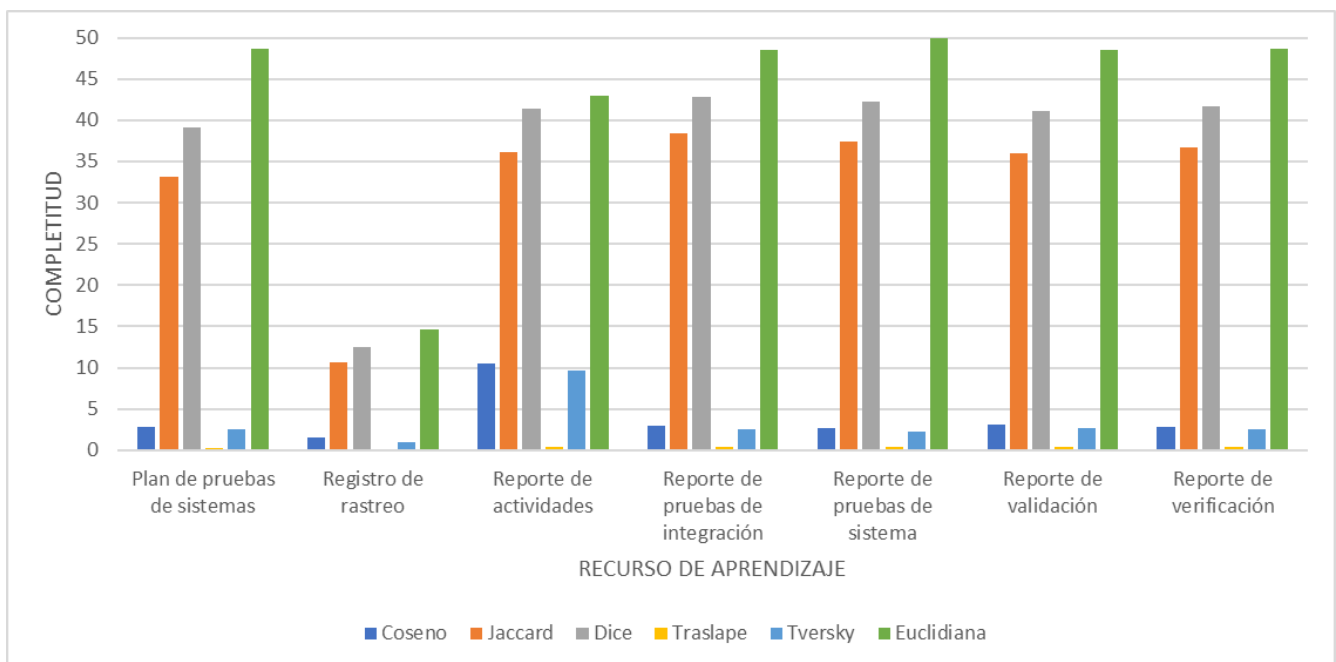
Tabla 12 Resumen de la evaluación de completitud de los recursos de aprendizaje creados

No	Nombre del recurso de aprendizaje	Coseno	Jaccard	Dice	Traslape	Tversky	Euclidiana
1	Análisis y Diseño	1.382859156	55	55	1.379310345	1.111388611	50
2	Especificación de requerimientos	2.155889426	32.94590025	37.98867799	0.31587032	1.842940724	45.08214871
3	Manual de mantenimiento	1.184015912	40.71428571	44.55782313	0.48849327	1.130330457	49.43430026
4	Manual de operación	3.270468523	36.66666667	41.66666667	0.968992248	1.958689459	48.37484884
5	Manual de usuario	1.993702992	55	55	1.265822785	1.291571465	50
6	Plan de desarrollo	2.008710086	33.30586081	39.22438672	0.200174471	1.46732543	49.22512793
7	Plan de pruebas de integración	2.102901271	34.8989899	40.47438672	0.330796654	1.867759738	48.66294292
8	Plan de pruebas de sistemas	2.762914295	33.10267857	39.08636094	0.220903812	2.481532093	48.69312435
9	Registro de rastreo	1.559393322	10.62271062	12.56410256	0.126564478	0.931522313	14.63630387
10	Reporte de actividades	10.54126463	36.07936508	41.36363636	0.456431535	9.6590773	42.9602967
11	Reporte de pruebas de integración	2.96121175	38.37037037	42.81834215	0.47118752	2.559765398	48.52677828
12	Reporte de pruebas de sistema	2.66778537	37.40740741	42.19135802	0.47108512	2.287758485	50
13	Reporte de validación	3.130737056	35.98484848	41.13636364	0.418393046	2.703656483	48.45405385
14	Reporte de verificación	2.862854119	36.70454545	41.66546417	0.414169164	2.539301805	48.58080257

La Gráfica 3 y la Gráfica 4 muestran la representación visual de las evaluaciones realizadas. El "eje x" corresponde a los recursos de aprendizaje evaluados, mientras que el "eje y" representa el valor de la completitud obtenido de cada recurso. De esta manera, es posible identificar el nivel de completitud alcanzado por cada recurso evaluado. Asimismo, los diferentes colores utilizados en las gráficas indican las diferentes similitudes utilizadas para el cálculo de la completitud.



Gráfica 3 Resultados de la evaluación de completitud de los primeros 7 recursos de aprendizaje



Gráfica 4 Resultados de la evaluación de completitud de los últimos 7 recursos de aprendizaje

6.2.2 Discusión de resultados

Este trabajo de investigación se enfoca únicamente al contenido esto se debe a que el contenido es crucial, ya que proporciona la información necesaria para comprender un tema y alcanzar los objetivos de aprendizaje. Es importante mencionar que este contenido puede estructurarse mediante la integración de dos o más servicios Web. Siguiendo este enfoque, el análisis de los resultados se realiza en tres etapas. Inicialmente, se realiza la búsqueda de secciones correspondientes en la ontología del proceso de negocio. Posteriormente, se procede al análisis de los resultados en términos de coherencia. Finalmente, la tercera etapa aborda la evaluación de la completitud del recurso de aprendizaje. Cada una de estas etapas proporciona una perspectiva valiosa para comprender y evaluar los resultados, como se muestra en la Ilustración 15.

En relación con la primera etapa, se observó que la mayoría de los recursos de aprendizaje analizados (Tabla 9) presentaban una falta de secciones requeridas según lo mencionado en el proceso de negocio. Por ejemplo, en el recurso de aprendizaje de "Especificación de requerimientos" del proyecto "Onty1", se encontraron solo 8 secciones de las 13 especificadas en el proceso de negocio. Esta deficiencia penaliza e impacta en la consecución del objetivo de aprendizaje de la capacitación. En el caso del recurso de aprendizaje "Análisis y Diseño", solo se encontró 1 sección de las 3 indicadas en el proceso de negocio. Es importante mencionar que estas secciones se buscan en la ontología creada con base en el proceso de negocio de referencia. Estos resultados muestran la necesidad de mejorar la completitud de los recursos de aprendizaje para garantizar un cumplimiento adecuado de los objetivos de capacitación.

En la segunda etapa se identificó que las medidas de similitud como Coseno, Jaccard, y Dice se centran en la comparación de elementos en común entre dos secciones del recurso de aprendizaje. El Coseno se enfoca en el ángulo entre los vectores que representan las secciones, mientras que Jaccard y Dice se enfocan en la proporción de elementos en común entre las secciones.

Las medidas de Traslape y Tversky también se basan en la proporción de elementos en común entre las secciones, pero también tienen en cuenta los elementos que son diferentes en cada sección. Tversky penaliza más los elementos que están presentes en una sección, pero no en la otra, mientras que Traslape es más tolerante en este aspecto.

Por último, la Distancia euclidiana se centra en la distancia entre los elementos de las secciones. Esta medida evalúa la similitud entre las secciones en términos de la proximidad de los elementos en cada una de ellas.

Estas medidas de similitud permiten evaluar la coherencia entre las secciones del recurso de aprendizaje, proporcionando una medida cuantitativa de su similitud y ayudando a determinar su nivel de coherencia en relación con todas las secciones que lo conforman.

Para aplicar las similitudes mencionadas, fue necesario convertir el texto de cada sección del recurso de aprendizaje en vectores utilizando la técnica de bolsa de palabras. Sin embargo, durante la experimentación se validó que esta técnica produce resultados bajos. Esto se debe a que el recurso de aprendizaje presenta pocas palabras en común entre todas las secciones que lo conforman, y además no se están considerando sinónimos ni alguna palabra clave. Al considerar sinónimos es necesario que no crezca la bolsa únicamente contabilizar las palabras como una misma.

En algunas pruebas, se obtuvo un resultado de indeterminación, lo cual indica que la sección que se está evaluando no tiene ninguna relación con la sección que se está considerando como referencia. Es importante destacar que estas secciones son aquellas que comparten tanto el recurso de aprendizaje como el proceso de negocio, es decir, son las secciones similares de la ontología utilizada en la evaluación (Ilustración 20).

En algunas pruebas, se encontró que el recurso de aprendizaje solo tiene una sección similar con el proceso de negocio. En estos casos no se pudieron aplicar las medidas de similitudes consideradas, debido a que no fue posible realizar alguna comparación con otra sección. Dado que solo existe una sección similar, no se puede establecer una base de comparación para calcular las similitudes en relación con otras secciones (Ilustración 21).

Por último, en la tercera etapa se identificó que la mayoría de los recursos de aprendizaje evaluados carecen de información necesaria, lo cual compromete el logro de los objetivos de aprendizaje establecidos. Además, se observó que el valor más alto de completitud alcanzado por los recursos de aprendizaje fue del 48% (Gráfica 1 y Gráfica 2) los cuales están resaltados en color verde en la Tabla 11. Esto indica que estos recursos no fueron creados teniendo en cuenta el proceso de negocio como referencia. Asimismo, se pudo concluir que los recursos de aprendizaje tienen contenido que no se alinea adecuadamente con el proceso de negocio, es decir, no utilizan las palabras clave o términos relevantes asociados al proceso de negocio. Este factor penaliza la completitud del recurso de aprendizaje en cuestión.

Respecto a la sección de “creación de recursos de aprendizaje” se identificó que es una tarea complicada debido a que se consideran diferentes aspectos, entre los cuales se encuentra el procesamiento de lenguaje natural, la Web semántica y los elementos necesarios que debe tener el recurso de aprendizaje que se desea crear.

Actualmente no existen repositorios de recursos de aprendizaje que traten los temas o elementos del proceso de negocio específicamente el de “Desarrollo y Mantenimientos del Software (DMS)” en el área de ingeniería de software, entonces este se considera como un factor importante debido a que es necesario considerar o poner público esta parte para que otros autores o investigadores los puedan utilizar.

Para la creación de recursos de aprendizaje, son de importancia los atributos descritos en la ontología creada, debido a que estos son la guía para poder realizar la búsqueda de sus definiciones y agregarlas al recurso de aprendizaje. Respecto a la completitud, se logró aumentarla el valor de 48% a 55% (Gráfica 3 y Gráfica 4), este valor indica que los recursos de aprendizaje fueron diseñados conforme al proceso de negocio de referencia. Esto se debe a que la técnica empleada para vectorizar el texto no incluye sinónimos ni utiliza una palabra clave de manera consistente durante la vectorización.

Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones con base en los resultados. Así mismo se describen los trabajos futuros que pueden atenderse a partir de este trabajo de investigación y los productos obtenidos.

7.1 Conclusiones

Los procesos de negocio se consideran una fuente importante para establecer objetivos de aprendizaje en la capacitación en el lugar de trabajo. Si un proceso está debidamente documentado, es posible asignar diferentes ponderaciones a sus elementos que lo conforman (actividades, tareas, roles, productos, atributos) y medir cuantitativamente diversos atributos de calidad (Anexo 7). Los procesos de negocio que se consideraron en este trabajo de investigación son procesos de negocio que tiene algún nivel de madurez o esta documentados con base a un estándar

Es fundamental destacar que sí se consideran procesos de negocio que estén mal documentado o no tenga algún nivel de madurez no pueden generar recursos de aprendizaje completos, tampoco se puede evaluar la completitud a aquellos recursos que se proponen utilizar en las capacitaciones.

En este trabajo de investigación, se utilizó una ontología para generar el conocimiento necesario para medir la completitud de los recursos de aprendizaje. Sin embargo, es crucial verificar la ontología para asegurar que describa todos los elementos del proceso de negocio, incluyendo sinónimos de los términos utilizados en dicho proceso.

Durante las pruebas realizadas, se identificó la importancia de ponderar los elementos utilizados en el proceso, como los roles, las actividades, las tareas, los productos, entre otros. Esto se debe a que cada uno de estos elementos proporciona información relevante para medir la completitud de manera cuantitativa.

La creación de recursos de aprendizaje de forma automática es una tarea complicada debido a que se tienen que considerar diferentes aspectos, entre los cuales se destaca el procesamiento de lenguaje natural, la Web semántica y los elementos necesarios que debe tener el recurso de aprendizaje que se desea crear.

Para la creación de recursos de aprendizaje, los elementos descritos en el nodo de atributos de la ontología (introducción, objetivo, requerimientos funcionales, requerimientos no funcionales, entre otros) son de importancia, debido a que estos son las guías para poder realizar la búsqueda de sus definiciones para poder agregarlas al recurso de aprendizaje.

También se concluye que se lograron con los objetivos planteados. En la Tabla 13 se describen los elementos relacionados al logro de estos.

Tabla 13 Logros de los objetivos

Objetivo	Solución del objetivo
Objetivo general	
Proponer un esquema de evaluación que genere un valor cuantitativo para poder seleccionar los recursos de aprendizaje completos para propósitos de <i>e-learning</i> en el lugar de trabajo.	Considerando la evaluación de la completitud de los recursos de aprendizaje, se obtiene un valor cuantitativo que permitirá al usuario llevar a cabo la selección de los recursos de aprendizaje que mejor cumplan con el atributo de completitud. El tener la información acerca de los recursos de aprendizaje facilita tomar la decisión de que recursos usar.

Continuación Tabla 13

Objetivo	Solución del objetivo
Objetivos específicos	
Definir un esquema de evaluación para ser usado en las revisiones del proceso de construcción de los servicios Web de aprendizaje.	Para definir el esquema de evaluación, primero se estableció el término de completitud en el contexto de los recursos de aprendizaje y el proceso de negocio de referencia. Este objetivo se logra con el esquema de la Ilustración 7.
Proponer un mecanismo para generar recursos de aprendizaje con contenido completo	El mecanismo que genera contenidos completos se refiere a la solución implementada en el sistema ONTY. Este mecanismo se basa en procesos de negocio con estructura ISO 12207. Esto asegura que los recursos de aprendizaje estén alineados con el proceso de negocio.
Validación del modelo propuesto.	Se obtuvo un valor cuantitativo de la evaluación de completitud, lo cual permitió clasificar y seleccionar los recursos de aprendizaje mejor evaluados para su uso en la capacitación en el lugar de trabajo.

7.2 Trabajos futuros

Durante el desarrollo de esta investigación se identificaron aspectos relevantes que podrían incorporarse, representando áreas de oportunidad para la continuidad de la investigación. Como trabajos futuros, se pueden considerar los siguientes:

- ✓ Depurar la bolsa de palabras que se está usando, considerándose sinónimos, pero sin aumentar el tamaño de esta.
- ✓ Considerar recursos de aprendizaje con extensiones de tipo pdf y power point del idioma inglés.
- ✓ Implementar un modelo de evaluación para los metadatos del recurso de aprendizaje y asignarles una ponderación en la métrica de completitud, pero destacando que este modelo únicamente será aplicado a los recursos de aprendizaje que sean descargados de repositorios.
- ✓ Medir la calidad del documento del proceso de negocio que se está utilizando.
- ✓ Evaluar los otros tres componentes restantes que conforman a la secuencia lógica formativa.
- ✓ Crear una herramienta para medir otros atributos de calidad del recurso de aprendizaje, como se muestre en Anexo 7. Modelo de calidad.

7.3 Aportaciones

Esta sección resume las contribuciones principales de la investigación. Se destacan los hallazgos que amplían el conocimiento en el campo y las innovaciones prácticas. Además, se discuten las implicaciones de estos resultados para futuras investigaciones y su impacto potencial en la industria, evidenciando así el valor añadido de este trabajo en el área de estudio.

✓ **Método para medir la completitud en recursos de aprendizaje**

El método para medir la completitud en recursos de aprendizaje es una estrategia estructurada que permite evaluar la integridad y la cobertura de los materiales educativos. Este enfoque se centra en determinar si los recursos cumplen con todos los requisitos y objetivos de aprendizaje establecidos, asegurando que no haya omisiones significativas en el contenido. Mediante este método, se puede verificar que los recursos sean exhaustivos y adecuados, proporcionando una base sólida para su uso en programas de capacitación y desarrollo académico.

✓ **Método para la creación de recursos de aprendizaje completos**

El método para la creación de recursos de aprendizaje completos es un enfoque sistemático que guía el desarrollo de materiales educativos exhaustivos y bien estructurados. Este método asegura que cada recurso aborde todos los aspectos clave del tema, cumpliendo con los objetivos de aprendizaje y proporcionando a los trabajadores la información necesaria de manera clara y coherente.

7.4 Productos académicos

Como productos de los avances logrados con este trabajo de investigación, se obtuvieron los siguientes:

- ✓ **Capítulo de libro** presentado y publicado: Juárez Hernández Julia Guadalupe, Frago Díaz Olivia Graciela, Rojas Pérez Juan Carlos (2024). Propuesta metodológica para evaluar contenidos completos para E-learning. In *International Handbook of Innovation and Assessment of the Quality of Higher Education and Research (Vol. 3)* por la editorial Thomson Reuters indexada en SPI (Ránking: Scholarly Publishers Indicators) Categoría: Editoriales extranjeras. Posición: Q1.
- ✓ **Proyecto del TECNM:** Desarrollo del proyecto titulado “Modelo De Calidad para Evaluar Infraestructura para Entregar Servicios Web que Contienen Recursos de Aprendizaje” en la convocatoria 2023: Proyectos de Desarrollo Tecnológico e Innovación para estudiantes con número 17223.23-P y una vigencia de Enero a Diciembre 2023.
- ✓ **Artículo** presentado y publicado: Juárez Hernández, J. G., Olguín Pérez, M. E., Frago Díaz, O. G., & Rojas Pérez, J. C. (2023). Ontologías de procesos de negocios para evaluar la completitud de recursos de aprendizaje en el ámbito de Ingeniería de Software. *Research in Computing Science*, 1–6. <https://www.rcs.cic.ipn.mx>
- ✓ **Resumen** publicado y presentado: Juárez Hernández, J. G., Frago Díaz, O. G., & Rojas Pérez, J. C. (2023). Propuesta metodológica para evaluar contenidos completos para E-learning. In S. L. DYKINSON (Ed.), *Avances en Educación Superior e Investigación* (3rd ed., p. 293). En el XX Foro Internacional sobre Evaluación de la Calidad de la Investigación y la Educación Superior (FECIES).
- ✓ **Poster** presentado: Morales Martínez, J. F., Juárez Hernández, J. G., & Frago Díaz, O. G. (2023). Tratamiento de la relevancia de un recurso de aprendizaje en el espacio de trabajo. In S. L. DYKINSON (Ed.), *Avances en Educación Superior e Investigación* (3rd ed., p. 294). En el XX Foro Internacional sobre Evaluación de la Calidad de la Investigación y la Educación Superior (FECIES).
- ✓ **Capítulo de libro** presentado y publicado: Juárez Hernández, J. G., Frago Díaz, O. G., Rojas Pérez, J. C., & Álvarez Rodríguez, F. J. (2022). Modelo de Evaluación de Usabilidad para Recursos de Aprendizaje para E-learning. In UNACAR & CIATA.org (Eds.), *Avances Tecnológicos en la Educación y el Aprendizaje* (pp. 222–233).
- ✓ **Artículo** presentado en el 14 Foro de Investigación de la Universidad Politécnica de San Luis Potosí “Generación de Servicios Web de Aprendizaje con base en procesos de negocio”.

7.5 Otras actividades

- ✓ **Seminario:** Presentación del tema de tesis en el seminario “Ontologías de procesos de negocios para evaluar la completitud de recursos de aprendizaje en el ámbito de Ingeniería de Software” para el Centro para las Tecnologías Inteligentes de la Información y sus Aplicaciones (CETINIA).
- ✓ **Estancia:** Universidad Rey Juan Carlos en Mostoles, Madrid, España en el periodo del 9 de Octubre al 31 de Diciembre de 2023.
- ✓ **Certificación:** Gestión de proyectos impartida por Google a través de la plataforma de Coursera, conformada por 6 módulos.
- ✓ **Diplomado:** Diseño de Investigación y Análisis de Datos con R impartido por el Colegio Científico de Datos con una duración de 9 meses iniciando en Septiembre 2022 y terminando en Mayo 2023.
- ✓ **Curso Online:** Procesamiento de Lenguaje Natural impartido por el Colegio Científico de Datos tomado los días 21 y 28 de Mayo de 2023.
- ✓ **Seminario Interinstitucional:** Presentación del tema de tesis en el “Seminario Interinstitucional de Ingeniería de Software” organizado por la Universidad Autónoma de Aguascalientes, los días 10, 11 y 12 de octubre de 2022.
- ✓ **Participación en congresos:** XX Foro Internacional sobre Evaluación de la Calidad de la Investigación y la Educación Superior 2023, Encuentro Nacional de Computación (ENC) 2023, XI Seminario y Escuela Nacional en Aprendizaje e Inteligencia Computacional 2023 y Congreso Internacional de Mejora de Procesos de Software (CIMPS) 2023, XIII Conferencia Conjunta Internacional sobre Tecnologías y Aprendizaje 2022, Encuentro ANUIES-TIC 2022, 1ra Reunión Nacional de la Red Temática Mexicana de Ingeniería de Software (REDMISOFT) 2022, Encuentro Nacional de Computación (ENC) 2021, Congreso Internacional de Mejora de Procesos de Software (CIMPS) 2021, Dev Day 4 Women 2021 y Seminario Internacional de Ciencias de la Computación (SICC) 2020.

Referencias

- Abd Rahman, N. A., & Abdul Hamid, N. H. (2017). E-learning service quality, Case Study: Al-Madinah International University. 2017 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS). <https://doi.org/10.1109/ICRIIS.2017.8002449>
- Abd Rahman, N. A., & Abdul Hamid, N. H. (2018). SWAYAM E-Learning Portal, Case Study: Al-Madinah International University. 2018 5th International Symposium on Emerging Trends and Technologies in Libraries and Information Services (ETTLIS), 41–44.
- Aguirre Osorio, Y., Espinosa Trejos, J. S., Tabares, V., & Duque, N. D. (2016). Web service to support recovery of learning objects in repositories and federations | Servicio Web para Apoyo a la Recuperación de Objetos de Aprendizaje en Repositorios y Federaciones. Proceedings - 2016 11th Latin American Conference on Learning Objects and Technology, LACLO 2016.
- Ahumada Barrios, R., & Puerta Ortiz, F. (1991). La conexidad y el axioma de completez en un conjunto totalmente ordenado k denso, sin elementos primero y ultimo. Integración, 9(2), 95–99.
- Al-Qahtani, M., Al-Qahtani, M., & Al-Misehal, H. (2013). Learner satisfaction of e-Learning in workplace: Case of oil company in Middle East. Proceedings of the 2013 10th International Conference on Information Technology: New Generations, ITNG 2013, 294–298. <https://doi.org/10.1109/ITNG.2013.47>
- Alshammari, M., Anane, R., & Hendley, R. J. (2015). Students' satisfaction in learning style-based adaptation. Proceedings - IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies: Advanced Technologies for Supporting Open Access to Formal and Informal Learning, ICALT 2015, 55–57. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2015.56>
- An, J., & Park, Y. B. (2018). Methodology for Automatic Ontology Generation Using Database Schema Information. Mobile Information Systems, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1359174>
- Andergassen, M., Ernst, G., Guerra, V., Modritscher, F., Moser, M., Neumann, G., & Renner, T. (2015). The evolution of e-learning platforms from content to activity based learning: The case of Learn@WU. Proceedings of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2015, September, 779–784. <https://doi.org/10.1109/ICL.2015.7318127>
- Anggrainingsih, R., Umam, M. Z., & Setiadi, H. (2018). Determining e-learning success factor in higher education based on user perspective using Fuzzy AHP. MATEC Web of Conferences, 154, 0–5. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815403011>
- Aqilah, A. N., Pg Abu Bakar, D. N. N., Lajim, N. D. A., Haji Kamarulzaman, N. H. S., Haji Karim, S. N. F., & Almunawar, M. N. (2018). E-learning services acceptance in higher educational institutes: A case study in Brunei. Education and Information Technologies, 23(6), 2341–2361. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9720-8>
- Asknadze, A., & Conrad, S. (2017). A web service architecture for tracking and analyzing data from distributed E-learning environments. Proceedings - 2017 IEEE 26th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, WETICE 2017, 208–213. <https://doi.org/10.1109/WETICE.2017.52>

- Azanza, G., Moriano, J. A., & Molero, F. (2013). Authentic leadership and organizational culture as drivers of employees' job satisfaction. *Revista de Psicología Del Trabajo y de Las Organizaciones*, 29(2), 45–50. <https://doi.org/10.5093/tr2013a7>
- Basalamah, M. S. A., As'ad, A., & Kamidin, M. (2022). The Influence of Leadership and Training on Teacher Competence and Performance. *Ta'dib: Jurnal Pendidikan Islam*, 26(2), 125–139. <https://doi.org/10.19109/td.v26i2.11839>
- Beaugrande, R. De, & Dressler, W. U. (1997). *Introducción a la lingüística del texto* (S. Bonilla, Ed.; 1st ed.).
- Ben Mahmoud, C., Azaiez, I., Bettahar, F., Abel, M. H., & Gargouri, F. (2015). A learning semantic Web service for generating learning paths. 2015 IEEE/ACIS 14th International Conference on Computer and Information Science, ICIS 2015 - Proceedings, 627–631. <https://doi.org/10.1109/ICIS.2015.7166668>
- Benítez Domínguez, S. (2018). *Evaluación de Capacidades SOAP y REST para Entregar Servicios Web de Aprendizaje presentada* (Tesis de maestría). Tecnológico Nacional de México/CENIDET.
- Berander, P., Damm, L.-O., Eriksson, J., Gorschek, T., Henningsson, K., Jönsson, P., Kågström, S., Milicic, D., Mårtensson, F., Rönkkö, K., & Tomaszewski, P. (2005). Software quality attributes and trade-offs (Issue June).
- Booth, D., Haas, H., McCabe, F., Newcomer, E., Champion, M., Ferris, C., & Orchard, D. (2004). Web Services Architecture, What is a Web service? W3C, February, 98.
- Boud, D., & Garrick, J. (2012). Understanding learning at work. *Understanding Learning at Work*, 39(10), 1–11. <https://doi.org/10.4324/9780203020050-6>
- Bracco, A. (2018). *Normalización de Texto en Español de Argentina*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Brady, A. J., Monk, F. E., & Wagner, J. B. (2001). *Concepts in enterprise resource planning* (B. C. T. T. Learning, Ed.).
- Caballero, L. (2023, December 15). *Entrenamiento de frameworks de Desarrollo Web en Python - Nivel básico*. Frameworks Web.
- Caballero, V. L., Diaz, O. G. F., Salgado, R. S., Perez, J. C. R., & Serna, J. G. G. (2019). Learning Web Services for E-learning in the Workplace. *IEEE Latin America Transactions*, 17(11), 1894–1901. <https://doi.org/10.1109/TLA.2019.8986429>
- Cai, D., Zhang, Y., & Dai, B. (2019). Learning Path Recommendation Based on Knowledge Tracing Model and Reinforcement Learning. 2019 IEEE 5th International Conference on Computer and Communications, ICC3 2019, 1881–1885. <https://doi.org/10.1109/ICCC47050.2019.9064104>
- Campos Sobrino, D. (2020). Métricas de similitud para cadenas de texto. Parte III: Métricas de conjuntos y emparejamiento de caracteres. <https://medium.com/@diego.campos.sobrino/métricas-de-similitud-para-cadenas-de-texto-83bb09cd8591>
- Chang, V. (2016). Review and discussion: E-learning for academia and industry. *International Journal of Information Management*, 36(3), 476–485. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.12.007>
- Cheng, B., Wang, M., Mørch, A. I., Chen, N. S., Kinshuk, & J. Michael, S. (2014). Research on e-learning in the workplace 2000-2012: A bibliometric analysis of the literature. *Educational Research Review*, 11, 56–72. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.01.001>
- Cheng, B., Zhang, Y., & Shi, D. (2018). Ontology-Based Personalized Learning Path Recommendation for Course Learning. Proceedings - 9th International Conference on Information Technology in Medicine and Education, ITME 2018, 531–535. <https://doi.org/10.1109/ITME.2018.00123>

- Chethana, K. M., & Noronha, S. D. (2023). A Review of the Strategies Used in the IT sector for Employee Training and Development. *International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education*, 7(2), 141–155. <https://doi.org/10.47992/ijcsbe.2581.6942.0264>
- Choi, C., & Jeong, H. (2019). Quality evaluation for multimedia contents of e-learning systems using the ANP approach on high speed network.
- Chou, C. L., Teherani, A., Masters, D. E., Vener, M., Wamsley, M., & Poncelet, A. (2014). Workplace learning through peer groups in medical school clerkships. *Medical Education Online*, 19(1). <https://doi.org/10.3402/meo.v19.25809>
- Chow, W. S., & Shi, S. (2014). Investigating Students' Satisfaction and Continuance Intention toward E-learning: An Extension of the Expectation – Confirmation Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 141, 1145–1149. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.193>
- Creutz, I. N., & Wiklund, M. (2014). Learning paradigms in workplace e-learning research. *Knowledge Management & E-Learning*, 6(3), 299–315.
- Cvetkovic, D., Mijatovic, M., Mijatovic, M., & Medic, B. (2017). Web service model for distance learning using cloud computing technologies. 2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2017 - Proceedings, 865–869. <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2017.7973543>
- Daneshgar, F., Toorn, C. Van, & Cha, S. C. E. (2008). E-Learning in workplaces. 2008 ITI 6th International Conference on Information and Communications Technology, ICICT 2008, 65–70. <https://doi.org/10.1109/ITICT.2008.4806643>
- Das, S., Mandal, S. K. Das, & Basu, A. (2018). Cognitive level analysis in a learning cycle. *Proceedings - IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2018*, 449–451. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2018.00111>
- Davenport, T. H., & Short, J. E. (1990). *The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign* (S. M. Review, Ed.).
- Delgado Fernández, P. (2012). *Servicios Web de Aprendizaje* (Tesis de maestría). Tecnológico Nacional de México/CENIDET.
- Dromey, R. G. (1995). A Model for Software Product Quality. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 21(2), 146–162. <https://doi.org/10.1109/32.345830>
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. (2013). *Fundamentals of Business Process Management*.
- El Mhouti, A., Nasseh, A., Erradi, M., & Vasqu  z, J. M. (2017). Enhancing collaborative learning in Web 2.0-based e-learning systems: A design framework for building collaborative e-learning contents. *Education and Information Technologies*, 22(5), 2351–2364. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9545-2>
- Ellinger, A. D. (2005). Contextual factors influencing informal learning in a workplace setting: The case of “reinventing itself company.” *Human Resource Development Quarterly*, 16(3), 389–415. <https://doi.org/10.1002/hrdq.1145>
- Elneel, D. A. H., Kahtan, H., Fakharudin, A. S., Abdulhak, M., Al-Ahmad, A. S., & Alzoubi, Y. I. (2023). The factors influenced by stakeholder identification in E-learning systems: A survey. *Journal of King Saud University - Science*, 35(3), 102566. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102566>
- Entrevista al director de la empresa Pink Elephant Latinoamérica. (2014). <https://pinkelephant-latam.com/>
- Escobar Megch  n, J. A. (2017). *Generador de Servicios Web de Aprendizaje Compuestos a partir de Recursos Educativos* (Tesis de maestría). Tecnológico Nacional de México/CENIDET.

- Essa, S. G., Celik, T., & Human-Hendricks, N. E. (2023). Personalized Adaptive Learning Technologies Based on Machine Learning Techniques to Identify Learning Styles: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 11(April), 48392–48409. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3276439>
- Fahlman, D. (2012). Educational leadership for e-learning in the healthcare workplace. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 13(2), 236–246. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v13i2.1122>
- Febriana, T., & Kurniawan, R. (2017). Adaptive and personalized learning system as workshop complement. 2016 International Conference on Information Technology Systems and Innovation, ICITSI 2016 - Proceedings. <https://doi.org/10.1109/ICITSI.2016.7858217>
- Fragoso, O. G., Santaolaya, R., Munoz, S. J., Valenzuela, B. D., & Rojas, J. C. (2014). Integration of learning Web services into learning management systems. *Proceedings of the 2014 IEEE Central America and Panama Convention, CONCAPAN 2014, Concapan Xxxiv*. <https://doi.org/10.1109/CONCAPAN.2014.7000409>
- Gaona-García, P. A., Marín, C. E. M., & García, E. E. G. (2015). Model of Learning Objects Exchange between LCMS Platforms through Intelligent Agents. *Ingeniería y Universidad*, 19(2), 391–413. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.iyu19-2.mloe>
- Garc, E. (2002). On the Convergence of Formal Ontologies and Standardized. 1–19.
- Graph Everywhere. (2021). El algoritmo de similitud de superposición. <https://www.grapheverywhere.com/el-algoritmo-de-similitud-de-superposicion/>
- Gregorio, J. de J. (2017). Sistema Constructor de Recursos Educativos como Servicios Web de Aprendizaje (Tesis de maestría). Tecnológico Nacional de México/CENIDET.
- Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation*.
- Harrington, H. J., Esseling, E., & Van Nimwegen, H. (1997). *Business process improvement Workbook*. (N. Y. McGraw-Hill, Ed.).
- Havey, M. (2005). *Essential Business Process Modeling*.
- Huang, A. (2008). Similarity measures for text document clustering. *Proceedings of the Sixth New Zealand Computer Science Research Student Conference (NZCSRSC2008)*, Christchurch, New Zealand, 4, 9–56.
- Ilić, M., Mikić, V., Kopanja, L., & Vesin, B. (2023). Intelligent techniques in e-learning: a literature review. In *Artificial Intelligence Review* (Issue May). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10508-1>
- Ingavález-Guerra, P., Otón-Tortosa, S., Hilera-González, J., & Sánchez-Gordón, M. (2023). The use of accessibility metadata in e-learning environments: a systematic literature review. *Universal Access in the Information Society*, 22(2), 445–461. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00851-x>
- International Organization for Standardization. (1992a). ISO 12207. Information technology/ software life cycle processes (3 ed).
- International Organization for Standardization. (1992b). ISO 15504 - Software Process Improvement and Capability Etermination.
- International Organization for Standardization. (1998). ISO 9241-11:1998 Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts (p. 22).
- International Organization for Standardization. (2002). ISO/IEC 9126-2: Software engineering –Product quality – Part 2: External metrics.

- Ismail, H., Hussein, N., Harous, S., & Khalil, A. (2023). Survey of Personalized Learning Software Systems : A Taxonomy of Environments , Learning Content , and User Models. *Education Sciences*, 13(741).
- ISO/IEC 29110. (2016). Systems and software engineering — Lifecycle Profiles for Very Small Entities (VSEs) — Part 5-2-1: Organisational management guide.
- Issa, S., Adekunle, O., Hamdi, F., Dumontier, M., & Zaveri, A. (2021a). Knowledge Graph Completeness : A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 9, 31322–31339. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056622>
- Issa, S., Adekunle, O., Hamdi, F., Dumontier, M., & Zaveri, A. (2021b). Knowledge Graph Completeness : A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 9, 31322–31339. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056622>
- Jeevamol, J., & Renumol, V. G. (2021). An ontology-based hybrid e-learning content recommender system for alleviating the cold-start problem. *Education and Information Technologies*, 26(4), 4993–5022. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10508-0>
- Jingjing, L., Yijian, W., & Wenyun, Z. (2007). MODELING LEARNING CONTENTS BASED ON WEB SERVICES. *Proceedings - NWeSP 2007 3rd International Conference on Next Generation Web Services Practices*, 23–27. <https://doi.org/10.1109/NWESP.2007.8>
- Jokic, S., Pardanjac, M., & Bradonjic, D. (2010). Business and e-learning. *IEEE 8th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, 591–595. <https://doi.org/10.1109/SISY.2010.5647158>
- Joseph, L., & Abraham, S. (2017). Instructional design for learning path identification in an e-learning environment using felder-silverman learning styles model. *2017 International Conference on Networks and Advances in Computational Technologies, NetACT 2017, July*, 215–220. <https://doi.org/10.1109/NETACT.2017.8076769>
- Kanagwa, B., Agaba, J., Tuheirwe, D., & Lunkuse, S. (2011). Improving Learning objects reusability through automatic generation web services. *Proceedings of the 7th International Conference on Computing and ICT Research*, 502–511.
- Kausar, K., Sarwar Rehman, M., Ahmad, S., Iqbal, M., & Khan, A. (2023). Prospects and challenges of e-learning (a review during covid-19 pandemic). *The Seybold Report Journal (TSRJ)*, 18(3), 2250–2264. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/E8K6A>
- Klein, D., & Rendsvig, R. K. (2020). Convergence , continuity , recurrence and Turing completeness in dynamic epistemic (Vol. 00, Issue 0, pp. 1–26). <https://doi.org/10.1093/logcom/exaa035>
- Kothari, C. R., & Wilkinson, M. D. (2020). Web Services and the Semantic Web for Life Science Data. In *Encyclopedia of Database Systems* (pp. 3513–3520). <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7993-3>
- Kumar, P., Saxena, C., & Baber, H. (2021). Learner-content interaction in e-learning- the moderating role of perceived harm of COVID-19 in assessing the satisfaction of learners. *Smart Learning Environments*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00149-8>
- López Caballero, V. (2021). Determinación de Servicios Web de Aprendizaje con base en un Modelo de Procesos. *Tecnológico Nacional de México/CENIDET*.
- Lutkevich, B. (2021). Tokenización. *TechTarget*. <https://www.computerweekly.com/es/definicion/Tokenizacion>
- Lwoga, E. (2014). Critical success factors for adoption of web-based learning management systems in Tanzania. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology (IJEDICT)*, 10(1), 4–21.

- Margaritopoulos, M., Margaritopoulos, T., Mavridis, I., & Manitsaris, A. (2012). Quantifying and Measuring Metadata Completeness. 63(2004), 724–737. <https://doi.org/10.1002/asi>
- Margaritopoulos, T., Margaritopoulos, M., & Mavridis, I. (2009). A Fine-Grained Metric System for the Completeness of Metadata. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 83–94.
- Mashroofa, M. M., Haleem, A., Nawaz, N., & Saldeen, M. A. (2023). E-learning adoption for sustainable higher education. *Heliyon*, 9(6), e17505. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17505>
- McCall, J. A., Richards, P. K., & Walters, G. F. (1977). Factors in Software Quality - Volume 1 - Concept and Definitions of Software Quality. Defense Technical Information Center, 1, 2 and 3(ADA049014), 168.
- Mediani, C., Abel, M., & Djoudi, M. (2015). Towards a Recommendation System for the Learner from a Semantic Model of Knowledge in a Collaborative Environment. 1, 315–327. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19578-0>
- Mendes, I., Pereira, T., & Santos, H. (2017). Self-oriented learning based on intelligent systems into the workplace. EDUNINE 2017 - IEEE World Engineering Education Conference: Engineering Education - Balancing Generalist and Specialist Formation in Technological Carriers: A Current Challenge, Proceedings, 28–32. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE.2017.7918175>
- Meshaal, S., & Saif, A. (2022). Microservices and Web-Services: A Review. *Peta International Journal of Social Science ...*, 1–9.
- Mitre-Hernández, H. A., Javier, G.-G., Antonio, D. A.-S., & Perla, V.-E. (2014). Designing a Strategic Measurement Program for Software Engineering Organizations: Discovering Difficulties and Problems. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(2), 253–269. [https://doi.org/10.1016/s1405-7743\(14\)72215-2](https://doi.org/10.1016/s1405-7743(14)72215-2)
- Montebello, M. (2018). E-learning paradigms: A model to address known issues. *Proceedings of Computing Conference 2017, 2018-Janua(July)*, 1180–1189. <https://doi.org/10.1109/SAI.2017.8252240>
- Moon, T. S., Chee, S. W., Chuak, F. S., Choon, T. O., & Shun, L. S. (2007). Service-oriented e-Learning system. *Proceedings of the 2007 1st International Symposium on Information Technologies and Applications in Education, ISITAE 2007*, 6–11. <https://doi.org/10.1109/ISITAE.2007.4409227>
- Muddam, A. R., & Satti, L. R. (2023). A Review of Cloud Computing for the Evolution of the E-Learning Process. 12(2), 441–445. <https://doi.org/10.21275/SR221218171843>
- Muhammad, A., Zhou, Q., Beydoun, G., Xu, D., & Shen, J. (2016). Learning path adaptation in online learning systems. *Proceedings of the 2016 IEEE 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2016*, 421–426. <https://doi.org/10.1109/CSCWD.2016.7566026>
- Nafea, S. M., Maglaras, L. A., Siewe, F., & Shehab, M. E. (2016). A novel adaptive learning management system using ontology. *2015 IEEE 7th International Conference on Intelligent Computing and Information Systems, ICICIS 2015*, 328–335. <https://doi.org/10.1109/IntelCIS.2015.7397242>
- National Institute of Standards and Technology. (2020). Distancia de coseno, similitud de consenso, distancia de coseno angular, similaridad de coseno angular.
- Navarrete, R., Lujan-Mora, S., & Peñafiel, M. (2014). Use of Open Educational Resources in E-learning for Higher Education (Vol. 23, pp. 164–170).

- Navimipour, N., & Zareie, B. (2015). A model for assessing the impact of e-learning systems on employees' satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 53, 475–485. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.026>
- Norén Creutz, I., Wiklund, M. (2014). Learning paradigms in workplace e-learning research. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, 6, 299–315.
- Ochoa, X., & Duval, E. (2005). Quality Metrics for Learning Object Metadata. 2004.
- Oktaba, H. (2005a). Modelo de Procesos para la Industria de Software: MoProSoft (1.3; Issue August, p. 136). <https://doi.org/10.13140/2.1.2229.5043>
- Oktaba, H. (2005b). Modelo de Procesos para la Industria de Software: MoProSoft (1.3; Issue August, p. 136). <https://doi.org/10.13140/2.1.2229.5043>
- Pashev, G., Rusenova, L., Totkov, G., & Gaftandzhieva, S. (2020). Adaptive workplace e-learning model. *TEM Journal*, 9(2), 613–618. <https://doi.org/10.18421/TEM92-25>
- Pattnayak, J., & Pattnaik, S. (2016). Integration of Web Services with E-Learning for Knowledge Society. *Procedia - Procedia Computer Science*, 92, 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.340>
- Pei, J., Wen, L., Yang, H., Wang, J., & Ye, X. (2018). Estimating Global Completeness of Event Logs : A Comparative Study. *IEEE TRANSACTIONS ON SERVICES COMPUTING*, X(X), 1–18. <https://doi.org/10.1109/TSC.2018.2805912>
- Purohit, L., & Kumar, S. (2021). A Classification Based Web Service Selection Approach. *IEEE Transactions on Services Computing*, 14(2), 315–328. <https://doi.org/10.1109/TSC.2018.2805352>
- Rabahallah, K., & Ahmed-Ouamer, R. (2015). Creating e-learning Web services towards reusability of functionalities in creating e-learning systems. In *IEEE Xplore (Ed.), Global Summit on Computer & Information Technology (GSCIT)* (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1109/GSCIT.2015.7353329>
- Raj, N. S., & Renumol, V. G. (2021). A systematic literature review on adaptive content recommenders in personalized learning environments from 2015 to 2020. In *Journal of Computers in Education* (Issue 0123456789). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00199-4>
- Ramírez Prado, F., & Rama, C. (2014). Los recursos de aprendizaje en la educación a distancia: Nuevos escenario, experiencias y tendencias. *Los Recursos de Aprendizaje En La Educación a Distancia. Nuevos Escenarios, Experiencias y Tendencias.*, 19–34.
- Rantavuori, J., Engeström, Y., & Lipponen, L. (2016). Learning actions, objects and types of interaction: A methodological analysis of expansive learning among pre-service teachers. *Frontline Learning Research*, 4(3), 1–27. <https://doi.org/10.14786/flr.v4i3.174>
- Rawat, S. (2023). E-Learning In Science Education: Opportunities And Challenges. *IDEALISTIC JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH IN PROGRESSIVE SPECTRUMS (IJARPS)*, 02(07), 1–7.
- Rebolledo Castañeda, L. C. (2017). Análisis y Definición de una Métrica para Evaluar la Legibilidad en Servicios Web de Aprendizaje (Tesis de maestría). Tecnológico Nacional de México/CENIDET.
- Rempel, P., & Mader, P. (2016). Preventing Defects : The Impact of Requirements Traceability Completeness on Software Quality. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 5589(c), 1–23. <https://doi.org/10.1109/TSE.2016.2622264>

- Riad, M., Gouraguine, S., Qbadou, M., & Aoula, E.-S. (2023). Towards A New Adaptive E-learning System Based On Learner's Motivation And Machine Learning. *IEEE*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/iraset57153.2023.10152884>
- Rivero Hernández, D. de la C., Vila Labrada, J., & Rivero Hernández, Y. de las M. (2014). Ontologías. integración de esquemas. *TLATEMOANI*, 17(19899300), 17–32. <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.htm>
- Robal, T., & Kalja, A. (2009). Creating interactive learning objects with web services. 20th EAEEIE Annual Conference, EAEEIE 2009 - Formal Proceedings. <https://doi.org/10.1109/EAEEIE.2009.5335479>
- Robson, M., & Ullah, P. (1996). A practical guide to business process re-engineering (H. Gower, Ed.).
- Rovinskiy, D. (2002). Learning Resources Collections : completeness and compactness issues.
- Rovinskiy, D., Synytsya, K., & Podgornov, A. (2003). Quality assessment for collections of learning resources. Proceedings - 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2003, 362–363. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2003.1215124>
- Roy, R., & Konwar, J. (2018). Workplace Happiness: the Key To Employees Retention. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 6(2), 2320–2882.
- Sabharwal, R., Hossain, M. R., Chugh, R., & Wells, M. (2019). Learning Management Systems in the Workplace: A Literature Review. Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, TALE 2018, December, 387–393. <https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615158>
- Saeid, N., & Goodarzi, M. (2019). Applying Path Analysis Model in Explaining the Factors Affecting the Quality and Usefulness of E-Learning : The Students ' Perspective. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, 10(3), 11–22.
- Saidin, S. S., & Iskandar, Y. H. (2016). Proposed Model to Evaluate the Impact of E-Training on Work Performance Among IT Employees in Malaysia. *IEEE Conference on E-Learning, e-Management and e-Services*, 17–22.
- Salinas Roman, H. (2017). Marco Orientado a Objetos para Medir la Calidad en Servicios Web de Aprendizaje (Tesis de maestría). Tecnológico Nacional de México/CENIDET.
- Santorum, M., Carrion-Toro, M., Guacapina, M. B., Acosta-Vargas, P., & Jadan-Guerrero, J. (2021). A Case Study: Developing reusable Learning Objects. Proceedings - 2021 2nd International Conference on Information Systems and Software Technologies, ICI2ST 2021, 79–86. <https://doi.org/10.1109/ICI2ST51859.2021.00019>
- Sanz-rodríguez, J., Margaritopoulos, M., Margaritopoulos, T., Dodero, J. M., Sánchez-alonso, S., & Manitsaris, A. (2010). An Automatic Indicator of the Reusability of Learning Objects Based on Metadata That Satisfies Completeness Criteria. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 482–488.
- Schewe, K. D., Thalheim, B., Binemann-Zdanowicz, A., Kaschek, R., Kuss, T., & Tschiedel, B. (2005). A conceptual view of web-based e-learning systems. *Education and Information Technologies*, 10(1–2), 81–108. <https://doi.org/10.1007/s10639-005-6749-2>
- Shahzad, K., Khan, S. A., Javed, Y., & Iqbal, A. (2023). E-Learning for Continuing Professional Development of University Librarians: A Systematic Review. *Sustainability (Switzerland)*, 15(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su15010849>

- Shakah, G., Al-Oqaily, A. T., & Alqudah, F. (2019). Motivation Path between the difficulties and attitudes of using the E-Learning systems in the Jordanian Universities: Aajloun University as a case study. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(19), 26–48. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i19.10551>
- Shemshack, A., Kinshuk, & Spector, J. M. (2021). A comprehensive analysis of personalized learning components. *Journal of Computers in Education*, 8(4), 485–503. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00188-7>
- Shou, Z., Lu, X., Wu, Z., Yuan, H., Zhang, H., & Lai, J. (2020). On Learning Path Planning Algorithm Based on Collaborative Analysis of Learning Behavior. *IEEE Access*, 8, 119863–119879. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3005793>
- Sicilia, M.-Á., & García, E. (2002). On the convergence of formal ontologies and standardized e-Learning. *International Journal of Distance Education Technologies*, 3(2), 13–29. <https://doi.org/10.4018/jdet.2005040102>
- Singh, H., & Singh, B. P. (2015). E-Training : An Assessment Tool to Measure Business Effectiveness in a Business Organization. 1229–1231.
- Singhal, A. (2001). Recuperación de información moderna: una breve descripción (pp. 35–43). *Boletín del Comité Técnico de Ingeniería de Datos de la IEEE Computer Society*.
- Smith, B. (2002). *Ontology and Information Systems*. Science, 1964, 1–97.
- Sokolov, S. A., Zahariev, A. P., Vlaev, S. M., Iliev, T. B., & Stoyanov, I. S. (2017). Technology e-Learning environment for the hybrid cloud. 2017 IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, SIITME 2017 - Proceedings, 2018-Janua, 451–454. <https://doi.org/10.1109/SIITME.2017.8259945>
- Subramanian, V. (2016). Towards Business Process Management Based Workplace e-Learning. 2016 IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), IEEE, 555–557. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2016.135>
- Tam, V., Lam, E. Y., & Fung, S. T. (2012). Toward a complete e-learning system framework for semantic analysis, concept clustering and learning path optimization. *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2012*, 592–596. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2012.66>
- Tanon, T. P., Stepanova, D., Razniewski, S., Weikum, G., Tanon, T. P., Stepanova, D., Razniewski, S., Mirza, P., Weikum, G., Tanon, T. P., Stepanova, D., Razniewski, S., Mirza, P., & Weikum, G. (2018). Completeness-aware Rule Learning from Knowledge Graphs To cite this version : HAL Id : hal-01840023 Completeness-aware Rule Learning from Knowledge Graphs *.
- Tashtoush, Y. M., Al-Soud, M., Fraihat, M., Al-Sarayrah, W., & Alsmirat, M. A. (2017). Adaptive e-learning web-based English tutor using data mining techniques and Jackson’s learning styles. 2017 8th International Conference on Information and Communication Systems, ICICS 2017, 86–91. <https://doi.org/10.1109/IACS.2017.7921951>
- Theng, L. F., & Mai, N. (2013). Students’ perceptions of a constructivist classroom: A collaborative learning approach. *Proceedings of the 2013 IEEE 63rd Annual Conference International Council for Education Media, ICEM 2013*, 1–11. <https://doi.org/10.1109/CICEM.2013.6820183>
- Thyagarajan, K., & Nayak, R. (2007). Adaptive content creation for personalized e-learning using web services. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(9), 828–836.
- Tversky, A. (1977). Features of similarity. *Psychological Review*, 84(4), 327–352. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.4.327>

- Tversky, A., & Gati, I. (1982). Similarity, separability, and the triangle inequality. *Psychological Review*, 89(2), 123.
- Ullrich, C. (2004). Description of an Instructional Ontology and its Application in Web Services for Education. *Proceedings of Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for E-Learning, SW-EL'04*, 17–23.
- Universidad de Stanford. (2020). Protégé.
- Valenzuela, B. D., Fragoso, O. G., Santaolaya, R., & Muñoz, J. (2017). Educational Resources as Learning Web Services , an Alternative Point of View to Learning Objects . *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, 15(4), 711–719.
- Valenzuela Robles, B. D. (2017). Integración de Recursos de Aprendizaje en Moodle con base en el Modelo de Servicios Web (Tesis de doctorado) [Tesis de doctorado, Tecnológico Nacional de México/CENIDET]. http://187.188.90.136:8880/file.php?code=_LJ-DubQ1I-4
- Virvou, M., Polemi, N., & Kabassi, K. (2006). COMPLETENESS , SECURITY AND PRIVACY IN USER MODELLING FOR WEB-BASED LEARNING. *Second International Conference on Web Information Systems and Technologies*, 293–298. <https://doi.org/10.5220/0001238102930298>
- Vlădoiu, M. (2014). *Towards a Quality Model for Open Courseware and Open Educational Resources*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 213–220.
- Weske, M. (2007). *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*.
- Wu, L., Liu, Q., Zhou, W., Mao, G., Huang, J., & Huang, H. (2020). A Semantic Web-Based Recommendation Framework of Educational Resources in E-Learning. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(4), 811–833. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9395-7>
- Xie, P., Zhou, D., Zhong, S., & Zhang, Z. (2009). An ontology-based service composition approach for integrating E-learning tools. *2009 International Conference on Web Information Systems and Mining, WISM 2009*, 570–574. <https://doi.org/10.1109/WISM.2009.121>
- Xu, W., Wu, Y., & Ouyang, F. (2023). Multimodal learning analytics of collaborative patterns during pair programming in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00377-z>
- Xu, Z., Yin, Z., & El Saddik, A. (2003). A Web Services Oriented Framework for Dynamic E-Learning Systems. *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, 2, 943–946. <https://doi.org/10.1109/ccece.2003.1226050>
- Yamamoto, F. R., Barker, L., & Volda, A. (2023). CIsing Up Service Learning : A Systematic Review of Service Learning Experiences in Computer and Information Science. *ACM Transactions on Computing Education*, 23(3), 1–56. <https://doi.org/10.1145/3610776>
- Yang, F., & Dong, Z. (2017). Learning Path Construction in e-Learning (R. Huang, M. Jemni, N.-S. Chen, & M. J. Spector, Eds.; Primera). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-1944-9>
- Younis, H. A., Ruhaiyem, N. I. R., Ghaban, W., Gazem, N. A., & Nasser, M. (2023). A Systematic Literature Review on the Applications of Robots and Natural Language Processing in Education. *Electronics*, 12(13), 2864. <https://doi.org/10.3390/electronics12132864>

- Yuan, M., & Recker, M. (2018). Does audience matter? Comparing teachers' and nonteachers' application and perception of quality rubrics for evaluating Open Educational Resources. *Educational Technology Research and Development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9605-y>
- Yunusa, A. A., & Umar, I. N. (2021). A scoping review of Critical Predictive Factors (CPFs) of satisfaction and perceived learning outcomes in E-learning environments. In *Education and Information Technologies* (Vol. 26, Issue 1). *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10286-1>
- Zabolotniaia, M., Cheng, Z., Dorozhkin, E. M., & Lyzhin, A. I. (2020). Use of the LMS Moodle for an effective implementation of an innovative policy in higher educational institutions. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(13), 172–189. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i13.14945>
- Zervas, P., & Sampson, D. G. (2014). Facilitating teachers' reuse of mobile assisted language learning resources using educational metadata. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1), 6–16. <https://doi.org/10.1109/TLT.2013.39>
- Zhang, W., & Rieckmann, J. M. (2018). E-Learning Pedagogical Strategy: Present and Trends in Scientific Research. *Proceedings - 9th International Conference on Information Technology in Medicine and Education, ITME 2018*, 480–483. <https://doi.org/10.1109/ITME.2018.00113>
- Zhang, Y., Ghandour, A., & Shestak, V. (2020). Using Learning Analytics to Predict Students Performance in Moodle LMS. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(20), 102–114. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i20.15915>
- Zheng, Z., Li, X., Tang, M., Xie, F., & Lyu, M. R. (2022). Web Service QoS Prediction via Collaborative Filtering: A Survey. *IEEE Transactions on Services Computing*, 15(4), 2455–2472. <https://doi.org/10.1109/TSC.2020.2995571>

Anexos



Anexo 1. Síntesis de los trabajos relacionados

Enfoque de secuencias o rutas de aprendizaje

I. Determining e-learning success factor in higher education based on user perspective using Fuzzy AHP

(Anggrainingsih et al., 2018) mencionan que el objetivo del estudio identificar los factores de éxito de los programas de *e-learning* en la Universidad Sebelas Maret desde la perspectiva de 10 expertos en *e-learning*, 305 profesores y 4195 estudiantes. Para determinar estos factores se utilizó el método del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), el cual consiste en utilizar tres pasos de un cuestionario. El cuestionario se le aplicó a los expertos, profesores y alumnos. Estos cuestionarios consisten en la asignación de pesos a través de la escala de Likert; los valores que se asignaron son: Muy de acuerdo (SS), De acuerdo (S), Normal (N), En desacuerdo (TS) y Totalmente en desacuerdo (STS) y sus pesos cinco (5), cuatro (4), tres (3), dos (2) y uno (1) respectivamente.

Una vez que se aplicaron los cuestionarios a los expertos, profesores y estudiantes se obtuvo con resultados cinco factores a considerar para el éxito de un aprendizaje, entre los cuales destaca la calidad del curso, la relevancia del contenido, la integridad del contenido, las actitudes hacia el alumno y la flexibilidad para tomar el curso

II. Applying path analysis model in explaining the factors affecting the quality and usefulness of e-learning: the students' perspective

El objetivo del estudio de (Saeid & Goodarzi, 2019) es comparar los modelos exitosos de aprendizaje electrónico, al igual medir la calidad del aprendizaje. Los factores claves para el éxito de un modelo de *e-learning* son: alumno, maestro, diseño educativo, servicios de apoyo, infraestructura tecnológica, sistema de gestión financiera, políticas educativas, normas y estándares educativos.

Los autores concluyeron que el factor de calidad con mayor impacto y utilidad fue el de tipo de tecnología, el efecto directo de los métodos de aprendizaje y los factores de contenido e instructor han tenido un efecto indirecto en la calidad y utilidad del *e-learning* desde la perspectiva del estudiante.

Además, que el factor de contenido afecta indirectamente la calidad y utilidad del *e-learning*, cabe mencionar que este factor es uno de los más importantes debido a que al tener una buena calidad en el contenido ayudara a que los usuarios no estén ansiosos y satisfechos con el uso de entornos de aprendizaje electrónico. También que la retroalimentación y las actividades colaborativas en las clases son importantes para promover el aprendizaje, se puede decir que los diferentes métodos de estudio se basan en las diferencias individuales de los estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje y debido a la alta flexibilidad de los entornos de *e-learning*, se tienen en cuenta todos los estilos de aprendizaje a través de varios entornos. Y en el entorno electrónico, la interactividad es la base de la formación del aprendizaje y la interacción en el *e-learning* es consciente.

La responsabilidad del aprendizaje en la educación a distancia es del alumno, y él es completamente autónomo en esto, por lo que el éxito de la educación virtual depende de la Aceptación informada de la voluntad del alumno para aprender.

**III. Motivation path between the difficulties and attitudes of using the e-learning systems in the Jordanian Universities:
Aajloun university as a case study**

(Shakah et al., 2019) tienen como objetivo identificar las dificultades que afectan la motivación para el uso de sistemas *e-learning* por parte de los estudiantes universitarios de la Universidad de Ajloun en Jordania. Tiene como resultado un modelo, conformado por tres niveles, los cuales son: las diversas dificultades del *e-learning*; el cual se considera dentro del nivel de variables externas (factor independiente), la motivación (utilidad y facilidad de uso) del uso del sistema *e-learning* en el nivel mediador, y las actitudes hacia el uso del sistema *e-learning* en el nivel objetivo (factor dependiente).

La investigación se centra en el enfoque de aprendizaje electrónico sincronizado debido a sus beneficios en la conducción de los procesos de aprendizaje a distancia. Los principales beneficios son que la institución educativa podría ahorrar los costos físicos de los procesos de aprendizaje, reducir el estrés laboral dentro del campus y ampliar la capacidad de los estudiantes registrados. Por otro lado, el profesor puede ahorrar tiempo y esfuerzos en proporcionar el material de aprendizaje y aumentar la productividad mediante la realización de más tareas en menos tiempo. Además, los estudiantes podrían recibir los materiales de aprendizaje basados en los estilos de aprendizaje preferidos (es decir, audio, video, imágenes y textos), reducir el tiempo y los esfuerzos que requerían de tomar el curso dentro del campus y usar mejores herramientas de interactividad para aprender.

Las principales motivaciones para que los estudiantes pueden desmotivarse del uso de los sistemas de aprendizaje electrónico son: dificultades en el uso de los sistemas de aprendizaje electrónico, dificultades en los equipos técnicos propios, poca conciencia de los beneficios del aprendizaje electrónico y preocupaciones de privacidad y seguridad.

Los autores concluyen que los tres puntos importantes que apoyan la aplicación de los sistemas de *e-learning* en las universidades.

- Evitar las dificultades de utilizar los sistemas de aprendizaje electrónico.
- Mejorar la motivación de utilizar los sistemas de *e-learning*.
- Asegurar actitudes positivas hacia el uso de sistemas de *e-learning*.

La conexión entre estos tres puntos es importante para asegurar el éxito de las implementaciones del *e-learning* en las universidades. La contribución de este estudio proporciona una visión clara sobre la relación entre las dificultades y actitudes del *e-learning* a través del efecto de impacto de la motivación del *e-learning*.

Además, ellos recomiendan:

- Gestionar la discusión de aprendizaje utilizando instalaciones eficientes. Por lo general, los instructores permiten comunicación de aprendizaje electrónico desde un lado (es decir, las conversaciones de video y audio con los estudiantes están deshabilitadas). Por lo tanto, los estudiantes deben proporcionar sus comentarios en una conversación abierta bajo una buena gestión de la sesión de conversación.
- Los estudiantes deben utilizar los servicios de aprendizaje electrónico (por ejemplo, descargar / cargar materiales) en cualquier momento y desde cualquier lugar. Esto requiere disponibilidad y accesibilidad del servidor *e-learning* durante las horas del día.

- Es necesario respaldar los requisitos de baja tecnología de los sistemas de aprendizaje electrónico, como el uso de dispositivos de baja velocidad, dispositivos de baja capacidad y conexión a Internet. En otro sentido, los servicios de *e-learning* deben diseñarse en base a requisitos de baja tecnología.
- Es necesario aumentar el nivel de conocimiento de los beneficios del *e-learning* a través de muchos procedimientos, como reducir las horas de aprendizaje tradicionales y aumentar las horas de *e-learning*, realizar las asignaciones a través de sistemas de *e-learning*, distribuir los materiales en línea y reducir las jornadas de estudio.
- Capacitar a los estudiantes en el uso de las instalaciones de aprendizaje electrónico.
- Recopilación continua de comentarios de los estudiantes sobre su satisfacción con el uso de los sistemas de aprendizaje electrónico.

IV. Learning path construction in e-learning

(Yang & Dong, 2017) tienen como objetivo desarrollar contenidos de aprendizaje para instruir el aprendizaje, la configuración de entornos de aprendizaje para involucrar el aprendizaje, el diseño de plataformas y herramientas para mejorar el aprendizaje, la organización y estandarización de los recursos de aprendizaje para hacer que los contenidos de aprendizaje sean reutilizables y más formales. Con base en este desarrollo de contenido se definen las rutas de aprendizaje, las cuales se definen como conjunto de Unidades de aprendizaje (UoL, que es la unidad más pequeña que proporciona eventos de aprendizaje para los alumnos, satisfaciendo uno o más objetivos de aprendizaje) en secuencia y planificar cómo sucederá el aprendizaje de los alumnos, que en realidad es un tema crítico en el diseño de plataformas y herramientas.

Además, la construcción de rutas de aprendizaje (o secuenciación del plan de estudios) organiza una serie de actividades de aprendizaje que se difunden con enfoques de enseñanza adecuados para desarrollar el conocimiento de los estudiantes.

Estas rutas de aprendizaje se pueden aplicar en diferentes sistemas de *e-learning*, por ejemplo; sistema de aprendizaje electrónico tradicional, el sistema de aprendizaje electrónico adaptable, el sistema de diseño instruccional, el sistema de tutoría inteligente y el sistema de aprendizaje electrónico orientado a servicios.

Los autores proponen que al implementar estas rutas de aprendizaje en los sistemas *e-learning* es recomendable monitorear el progreso de aprendizaje de los estudiantes y evaluar el rendimiento de aprendizaje de los estudiantes, de modo que podamos construir las mejores rutas de aprendizaje para diferentes tipos de estudiantes de acuerdo con sus habilidades y preferencias de aprendizaje, etc.

V. Adaptive and Personalized Learning System as Workshop Complement

El propósito de la investigación de los autores (Febriana & Kurniawan, 2017) es comprender el estilo de aprendizaje y los conocimientos previos de cada conferenciante como base de recomendaciones para cualquier taller que se aplicará, diseñar la ontología como base para el desarrollo del sistema, diseñar y desarrollar el sistema de acuerdo con los requisitos del usuario, proporcionar modelos de *e-learning* que se ajusten a las necesidades y características de cada profesor, y evaluar el modelo de aprendizaje electrónico propuesto.

Como resultado de la investigación, los autores obtuvieron una ontología con cinco modelos, la cual permite analizar los conocimientos previos, modelos de usuario, modelo de dominio, modelos de contenido y ruta de aprendizaje.

VI. Learning path adaptation in online learning systems.

De acuerdo con (Muhammad et al., 2016), una ruta de aprendizaje se define como una secuencia de tareas o actividades de aprendizaje que se designan para ayudar al estudiante a mejorar su conocimiento o habilidad en la materia en particular. Este trabajo de investigación tiene como objetivo dar una introducción completa a la adaptación de la ruta de aprendizaje para investigadores y profesionales. Menciona para que una ruta de aprendizaje sea eficiente, es necesario definir rutas de aprendizaje apropiadas para cada estudiante, es decir, que la ruta de aprendizaje considere los conocimientos previos del estudiante.

Para entender esta propuesta el autor hace referencia al siguiente ejemplo; tomemos a dos estudiantes, John y Julia, que están interesados en aprender programación Web utilizando un tutorial disponible en los recursos de aprendizaje en línea de su escuela. John tiene la base básica en algoritmos, pero está interesado en ampliar su aprendizaje a la programación. Mientras tanto, Julia es una estudiante de primer año sin ningún conocimiento previo relevante. John y Julia pueden tener diferentes rutas de aprendizaje para lograr el objetivo de competencia establecido en la programación Web. Es probable que Julia requiera una ruta de aprendizaje más larga que la de John.

Como beneficio de definir este tipo de rutas se obtiene que podría reducir la sobrecarga cognitiva y la desorientación del estudiante; en consecuencia, este proceso mejoraría el resultado del aprendizaje de los estudiantes y la eficiencia de la adaptación en los sistemas *e-learning*.

Con base a la revisión sistemática de los autores se concluye que la construcción y optimización de rutas de aprendizaje personalizadas es una cuestión clave en los sistemas *e-learning*, además de encontrar problemas que aún no se solucionan, por ejemplo, relación entre el concepto principal y los complementarios, formulación del problema y la representación del conocimiento involucrado en la adaptación y en la relación con el objetivo de aprendizaje, el alumno y la pedagogía.

VII. Ontology-based personalized learning path recommendation for course learning

(Cheng et al., 2018) proponen un método de generación de rutas de aprendizaje basado en ontologías y un mecanismo de actualización de la ontología de cada alumno, para la creación de cada ruta de aprendizaje se toma como base la ruta de aprendizaje grupal; la cual está diseñada por expertos, es decir maestros o personas expertas en el tema o área.

Para la creación de la ontología se considera el dominio del conocimiento de los alumnos en lugar de su preferencia, al igual se considera el estilo, la capacidad y el orden del aprendizaje. Para el mecanismo de actualización se considera el proceso de aprendizaje general para diseñar la solución completa. De modo que la solución cubre la idea de aprendizaje en secuenciación curricular que ha sido probado por expertos en educación para así mejorar el resultado del aprendizaje de los estudiantes. La secuencia circular es una secuencia de materiales de aprendizaje que corresponde a una serie de unidades de conocimiento en un orden apropiado para lograr un objetivo de aprendizaje.

Los autores concluyen que la solución tiene el potencial de proporcionar una ruta de aprendizaje personalizada satisfactoria para los alumnos de forma continua. En la solución, solo consideran las puntuaciones de los alumnos calificadas por ellos mismos como puntuaciones de rendimiento.

VIII. Instructional Design for Learning Path Identification in an E-learning Environment using Felder-Silverman Learning Styles Model

(Joseph & Abraham, 2017) proponen un sistema para proporcionar contenido electrónico personalizado para los estudiantes basado en el modelo de estilos de aprendizaje de Felder-Silverman.

El autor presenta un caso de estudio, el cual consiste en desarrollar contenido electrónico para estudiantes visuales (fotografías, videos, presentaciones en Power Point, hipervínculos a recursos Web, etc.) del curso de postgrado en Aplicaciones Informáticas en la asignatura Gráficos por Computadora especialmente para el tema Traducción en transformación geométrica 2D.

Para iniciar el caso de estudio primero se les pide a los estudiantes que llenen el cuestionario que contiene las preguntas del índice de estilo de aprendizaje, esto ayudará a proporcionar materiales de aprendizaje adecuados a los alumnos. Posteriormente, se utilizan los algoritmos de clasificación de minería de datos como el árbol de decisión y el algoritmo bayesiano para clasificar a los alumnos según su estilo de aprendizaje.

Los autores concluyen que proporcionar un contenido de aprendizaje personalizado a todos los alumnos se ha convertido en una tendencia popular en el aprendizaje electrónico. Es importante desarrollar métodos adecuados para la comunicación de conocimientos relevantes a un destinatario específico. El diseño instruccional es un método para mejorar sus habilidades y conocimientos. Al igual, el sistema de aprendizaje diseñado está basado en un método de diseño instruccional y verifica la efectividad entre un grupo de estudiantes visuales. Además, el informe de actividad proporciona la ruta de aprendizaje de los estudiantes y la evaluación de los estudiantes nos muestra su desempeño en el aprendizaje.

IX. Students' Satisfaction in Learning Style-Based Adaptation

(Alshammari et al., 2015) mencionan que un alto nivel de satisfacción puede aumentar la motivación de los estudiantes, su compromiso y experiencia y, por tanto, mejorar su aprendizaje. Se implementó un enfoque adaptativo; este enfoque de adaptabilidad implicó la construcción de rutas de aprendizaje personalizadas de acuerdo con el estilo de aprendizaje. Se realizó un experimento controlado en este ambiente de aprendizaje con 60 estudiantes de pregrado para evaluar su nivel de satisfacción con el sistema. Los resultados indican que los estudiantes estaban generalmente satisfechos con su experiencia de aprendizaje. Se puede concluir que la adaptación de los contenidos de aprendizaje de acuerdo con el estilo de aprendizaje puede mejorar la satisfacción del estudiante y mejorar su experiencia y motivación.

X. On Learning Path Planning Algorithm Based on Collaborative Analysis of Learning Behavior

(Shou et al., 2020) proponen un algoritmo de planificación de rutas de aprendizaje basado en el análisis colaborativo del comportamiento de aprendizaje a través del análisis de datos colaborativos de los comportamientos de aprendizaje en línea. El algoritmo, basado en el conjunto de datos de comportamiento de aprendizaje en línea del alumno, primero establece el modelo de grado de interacción de conceptos de puntos de conocimiento y la red de ruta de aprendizaje dirigida, y propone un método de medición de similitud de estructura local entre los nodos de conocimiento de la red de ruta de aprendizaje dirigida. En segundo lugar, sobre la base de la matriz de divergencia de Kullback-Leibler (KLD) del alumno, se propone un método de cálculo de similitud de comportamiento de aprendizaje sobre la base de la similitud de matriz de vector propio, que se utiliza para realizar análisis de conglomerados en alumnos con comportamientos de aprendizaje similares y para analizar la ruta de aprendizaje óptima personalizada de cada tipo de alumno.

Se emplea el conjunto de datos de comportamiento en línea y el conjunto de datos de prueba en línea obtenidos de la plataforma de *e-learning* para realizar un análisis empírico del algoritmo de planificación de la ruta de aprendizaje propuesto. Los resultados muestran que se ha mejorado el efecto de aprendizaje del alumno, verificando la validez y fiabilidad del algoritmo.

XI. A systematic literature review on adaptive content recommenders in personalized learning environments from 2015 to 2020

(Raj & Renumol, 2021) realizan una revisión sistemática con el objetivo de analizar y resumir los estudios sobre recomendación de contenido de aprendizaje en entornos de aprendizaje adaptativos y personalizados. En el aprendizaje adaptativo cada alumno recibe un plan de aprendizaje personalizado de acuerdo con su ritmo de aprendizaje, preferencias de instrucción, objetos de aprendizaje, etc.

Por lo tanto, el sistema de recomendación de contenido en el entorno de aprendizaje personalizado (PLE) debe adaptarse a los atributos del alumno y sugerir recursos de aprendizaje adecuados para ayudar en el proceso de aprendizaje y mejorar los resultados del aprendizaje.

Obteniendo como resultado el análisis de 52 artículos los cuales muestran que el sistema de recomendación más utilizado es el híbrido de dos o más métodos de recomendación como basado en ontología, basado en filtrado colaborativo. Por el contrario, el uso de sistemas de ontología no híbridos se ha reducido en estos años. Además, los diseños se basan en atributos explícitos del alumno. Algunos estudios de sistemas de recomendación analizan las características cognitivas de los alumnos como un atributo implícito. En otros estudios, la selección de atributos de entrada se basa en el estilo de aprendizaje, el nivel de conocimiento y las preferencias de aprendizaje. El patrón de aprendizaje y la ruta de aprendizaje se calculan en estos trabajos para recomendar el contenido.

XII. A comprehensive analysis of personalized learning components

(Shemshack et al., 2021) tienen como objetivo analizar y sintetizar diferentes enfoques de aprendizaje personalizados que consideran diferentes componentes de aprendizaje, de modo que tengamos un acuerdo en evolución sobre modelos y enfoques de aprendizaje personalizados.

Los resultados de esta investigación identificaron los siguientes componentes principales: perfiles y actitudes de los alumnos, conocimientos y creencias previos, rutas de aprendizaje adaptativas personalizadas y entornos de aprendizaje flexibles a su propio ritmo que se generan mediante la analítica del aprendizaje. Estas características destacadas implican que un entorno de aprendizaje personalizado necesitaría ser dinámico para mantener un registro actual de los intereses y actitudes del alumno, las experiencias y el rendimiento pasados, y las actividades e interacciones que probablemente se correspondan con un alumno y un objetivo de aprendizaje en particular. El uso de los rasgos de personalidad y sus técnicas de identificación tiene una influencia enormemente positiva en los entornos de aprendizaje personalizados.

Se encontró que los sistemas de aprendizaje personalizados parecen evolucionar a medida que se desarrolla la tecnología. Estos componentes pueden evolucionar a medida que se aprende sobre la interacción humano-máquina y a usar la tecnología para mejorar las experiencias de aprendizaje.

XIII. A Learning Semantic Web Service for Generating Learning Paths

(Ben Mahmoud et al., 2015) proponen un enfoque para proporcionar a los alumnos rutas de aprendizaje adaptadas a sus solicitudes. Estas rutas de aprendizaje fueron generadas por la composición de los servicios Web semánticos de aprendizaje. Nuestro enfoque definió un servicio Web de aprendizaje (WS) para cada objeto de aprendizaje (LO) para superar los problemas de interoperabilidad y accesibilidad de los objetos de aprendizaje.

XIV. Towards a Quality Model for Open Courseware and Open Educational Resources

El objetivo de (Vlădoiu, 2014) es destacar que no existe un conjunto bien articulado de criterios de calidad que se utilicen para el desarrollo, uso, modificación, evaluación y comparación de recursos educativos. En el trabajo se discuten un conjunto de criterios para asegurar la calidad de cursos y recursos educativos abiertos. Sin embargo, los criterios deben mejorarse ya que los autores prevén el cumplimiento de los estándares ISO/IEC 25000 SQuaRE. Además de un sistema de puntuación que ayude a evaluar de manera cuantificable material didáctico y recursos educativos.

XV. Towards a Recommendation System for the Learner from a Semantic Model of Knowledge in a Collaborative Environment

En (Mediani et al., 2015), los autores proponen una arquitectura para un sistema de recomendación mediante el refinamiento de un modelo semántico de “traces” con indicadores (estado de los alumnos, estado del grupo, progresión de la sesión de aprendizaje) calculados a través de las ecuaciones de bites. La explotación de esos indicadores proporciona recomendaciones al alumno para reforzar puntos de aprendizajes con los alumnos de su comunidad de colaboración.

Los autores concluyen que los “traces” son elementos importantes en entornos colaborativos. Su análisis tiene como objetivo comprender y seguir el aprendizaje de un o un grupo de alumnos y calificar el uso, usabilidad y la aceptabilidad del entorno colaborativo.

XVI. Quality evaluation for multimedia contents of e-learning systems using the ANP approach on high-speed network

El objetivo de (Choi & Jeong, 2019) es destacar que no existe método de evaluación adecuado debido a las complicadas correlaciones entre los atributos de calidad. Este trabajo desarrolla un modelo de evaluación de calidad que calcula los pesos de prioridad de cada atributo de la calidad, al mismo tiempo evalúa la calidad general de un sistema de aprendizaje con resultados numéricos. Primero, el trabajo construye una red de atributos de calidad que refleja las correlaciones entre 4 grupos principales de calidad y 19 sub-atributos. En segundo lugar, calcula los pesos de prioridad de los atributos utilizando el Proceso de Red Analítica (ANP por sus siglas en inglés). Finalmente, utilizando la red de calidad y los pesos, este estudio evalúa tres tipos de sistemas de aprendizaje electrónico empleados por la universidad de Kyunghee Cyber.

Los resultados del trabajo indican que el método de evaluación propuesto proporciona un mecanismo para analizar y comparar objetivamente las cualidades de varios tipos de sistemas de aprendizaje y sugiere pautas para administradores de sistemas de aprendizaje.

XVII. Toward A Complete e-Learning System Framework for Semantic Analysis, Concept Clustering and Learning Path Optimization

(Tam et al., 2012) proponen un marco de un sistema de *e-learning* que integra el análisis semántico, la agrupación de conceptos y la optimización de la ruta de aprendizaje. A través de un análisis semántico explícito de los materiales del curso, posiblemente con la ayuda de los artículos relevantes de la Wiki para cualquier información que falte sobre los conceptos involucrados, para formular los conceptos individuales, y seguido por un algoritmo de agrupación de conceptos basado en la heurística para agrupar los conceptos relevantes antes de encontrar sus medidas de relación. Por último, se utiliza un optimizador evolutivo para devolver la secuencia de aprendizaje óptima tras considerar las secuencias de aprendizaje recomendadas por múltiples expertos que posiblemente contengan puntos de vista contradictorios.

Como resultado se mejoró la agrupación de conceptos y optimización basado en reglas. Su rendimiento se comparó favorablemente con el optimizador de distancia más corta de referencia en varios cursos reales. También, se demostró la importancia del análisis ontológico para el rendimiento general de los sistemas de *e-learning* adaptativos o personalizados, además, que se puede integrar fácilmente en dichos sistemas.

XVIII. A Case Study: Developing reusable Learning Objects

(Santorum et al., 2021) presentan una revisión sistemática de las características, estándares y herramientas para la creación y reutilización de objetos de aprendizaje. La revisión sistemática consistió en 1023 artículos científicos. De los cuales únicamente se consideran 42 artículos, con los cuales se desarrolló un sitio Web basado en la metodología SCRUM, que integra objetos de aprendizaje orientados al uso de herramientas TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), como aporte a la educación virtual generada a raíz de la crisis mundial de la pandemia por la COVID-19. Este estudio sirve de aporte en futuros estudios relacionados con objetos de aprendizaje desarrollados con enfoque SCRUM.

XIX. Cognitive Level Analysis in a Learning Cycle

(Das et al., 2018) proponen un estudio que trata de encontrar qué nivel(es) cognitivo(s) se requiere(n) para completar con éxito un ciclo de aprendizaje. El ciclo de aprendizaje lo ha segmentado en tres partes: objetivos de aprendizaje, materiales de aprendizaje y preguntas de evaluación.

Los autores proponen analizar el texto de los temas dados en los materiales de aprendizaje, basado en las estructuras expositivas del texto y luego categorizarlas. Utilizando las palabras clave de las estructuras expositivas, las relacionamos con los niveles cognitivos de Bloom y tratamos de inferir qué nivel(es) cognitivo(s) se requiere(n) para resolver las preguntas relacionadas con esos temas. Además, tratan de identificar y clasificar si el objetivo de aprendizaje con alguno de los tres componentes que son (a) componente de condición - condiciones específicas en las que se realizará la tarea, (b) componente de rendimiento: comportamiento que puede medirse y (c) componente de criterio - alcanzable en qué grado o grados.

XX. A novel Adaptive Learning Management System Using Ontology

(Nafea et al., 2016) proponen una forma ontológica de abordar la creación de un marco de *e-learning* personalizado. Nuestra metodología propone un modelado de construcción ontológica que incluye un motor versátil autónomo. Este motor excluye cualquier aprendizaje en torno a un espacio específico o cualquier técnica de ajuste; obtiene todos los datos fundamentales de ontologías relacionadas. Tanto el motor como el procedimiento de ajuste se mantienen separados y son

reutilizables libremente el uno del otro. Esta partición, junto con la discreción de los segmentos de adaptación, permite a los creadores de cursos rediseñar y mejorar el marco versátil de *e-learning* de forma iterativa sin necesidad de cambiar el uso actual.

Este enfoque pretende mejorar la flexibilidad, extensibilidad y reutilización de los sistemas de aprendizaje, al tiempo que ofrece experiencias de aprendizaje pedagógicamente eficaces y satisfactorias para los alumnos. Además, las reglas semánticas facilitan la incorporación en tiempo de ejecución de componentes discretos de adaptabilidad para generar una personalización flexible durante el proceso de aprendizaje.

XXI. The Evolution of E-Learning Platforms from Content to Activity Based Learning

(Andergassen et al., 2015) describen la metamorfosis del sistema Learn@WU, una de las plataformas de *e-learning* más utilizadas. La plataforma se utiliza desde 2001, cuando se diseñó para la gestión de contenidos de aprendizaje, complementada con funciones de gestión de comunidades a lo largo de los años. Uno de los principales usos fue el apoyo a la enseñanza mixta en clases grandes de hasta 1000 estudiantes y la provisión de autoevaluación en la fase inicial de los programas. Actualmente la plataforma contiene más de 160,000 materiales de aprendizaje utilizados en los 4000 cursos que se ofrecen cada año.

El estudio indica que la mayoría de los estudiantes prefieren utilizar las autoevaluaciones para memorizar las preguntas en lugar de aprender en profundidad los contenidos, es decir, enviando por descuido los resultados de muchos ejercicios para recibir las soluciones correctas proporcionadas como retroalimentación del sistema.

Para solucionar esta situación se creó un enfoque que implementa la funcionalidad de diseño de aprendizaje y la posibilidad de conectar varios recursos también llamado “flujos de contenido”, que son secuencias cortas de flujo de trabajo que especifican una serie de interacciones del usuario con el recurso dentro de un contexto determinado. Learn@WU es la primera plataforma de aprendizaje electrónico a gran escala que ha adoptado un enfoque basado en el flujo de trabajo para realizar actividades de aprendizaje diferenciadas.

XXII. On Learning Path Planning Algorithm Based on Collaborative Analysis of Learning Behavior

De acuerdo con (Shou et al., 2020), el estudio de la planificación de la ruta de aprendizaje puede ayudar a encontrar patrones de comportamiento de aprendizaje implícitos útiles a partir de los datos de comportamiento de aprendizaje en línea de los alumnos, lo que resulta propicio para ayudar a los principiantes o a los alumnos con baja participación a organizar razonablemente la secuencia de aprendizaje de los puntos de conocimiento en línea. Los autores proponen un algoritmo de planificación de la ruta de aprendizaje basado en el análisis colaborativo del comportamiento de aprendizaje a través del análisis colaborativo de datos de comportamientos de aprendizaje en línea. El algoritmo, basado en el conjunto de datos del comportamiento de aprendizaje en línea del alumno, establece en primer lugar el modelo de grado de interacción conceptual de los puntos de conocimiento y la red dirigida de rutas de aprendizaje, y propone un método de medición de la similitud de la estructura local entre los nodos de conocimiento de la red dirigida de rutas de aprendizaje. En segundo lugar, a partir de la matriz de divergencia de Kullback-Leibler (KLD) del alumno, se propone un método de cálculo de la similitud del

comportamiento de aprendizaje basado en la similitud de la matriz de vectores propios, que se utiliza para realizar análisis de conglomerados de alumnos con comportamientos de aprendizaje similares y para analizar la ruta de aprendizaje óptima personalizada de cada tipo de alumno. Por último, el algoritmo de agrupación y el índice de evaluación de la red compleja dirigida han verificado las ventajas del algoritmo. Se emplea un conjunto de datos de comportamiento online y el conjunto de datos de prueba online obtenidos de la plataforma de *e-learning* para llevar a cabo un análisis empírico del algoritmo de planificación de la ruta de aprendizaje aquí propuesto. Los resultados muestran que se ha mejorado el efecto de aprendizaje del alumno, verificando la validez y fiabilidad del algoritmo.

XXIII. Learning Path Recommendation Based on Knowledge Tracing Model and Reinforcement Learning

De acuerdo con los autores (Cai et al., 2019) en los últimos años, los estudios sobre recomendación y la recomendación de rutas de aprendizaje personalizados. La mayoría de los métodos existentes generan de aprendizaje basados en costes de aprendizaje formulados manualmente por expertos en educación. Sin embargo, este tipo de costes aprendizaje no pueden registrar los cambios en el nivel de proceso de aprendizaje y, por tanto, no reflejan con exactitud la situación de aprendizaje del alumno. Para resolver este problema los autores proponen un método de seguimiento de conocimientos que modela el nivel de conocimientos de los alumnos a lo largo del tiempo, de modo que se pueda predecir con exactitud la situación de aprendizaje de los alumnos. Además, proponen un algoritmo de recomendación de rutas de aprendizaje basado en el modelo de trazado de conocimientos y en el aprendizaje por refuerzo. Se experimento con conjuntos de datos de recursos de aprendizaje. Los resultados de los experimentos demuestran que el método propuesto puede hacer recomendaciones de aprendizaje adecuadas en términos de precisión y eficacia.

XXIV. Ontology-based personalized learning path recommendation for course learning

(Cheng et al., 2018) proponen utilizar un aprendizaje en bucle cerrado para proponer una solución basada en ontologías que incluye un método de ontología y un mecanismo de actualización de la ontología para cada alumno. En concreto, el método de generación utiliza principalmente el dominio de los conocimientos de los alumnos que sus preferencias para generar una ruta de aprendizaje personalizada el orden de aprendizaje diseñado por expertos. Y debido a la dinámica del dominio del conocimiento, se propone un mecanismo de actualización que simula el proceso real de para mantener actualizados los metadatos. Los resultados experimentales muestran que el sistema de recomendación con nuestra solución tiene el potencial de simular con precisión el proceso real de crecimiento de los conocimientos y proporcionar continuamente a los alumnos rutas de aprendizaje personalizadas satisfactorias para el aprendizaje del curso.

XXV. A Semantic Web-Based Recommendation Framework of Educational Resources in E-Learning

(Wu et al., 2020) mencionan que un gran reto en la construcción de recursos educativos es la recomendación inteligente y personalizada de recursos para los alumnos. Los autores proponen un marco de recomendación semántica de recursos educativos basado en la Web semántica y la pedagogía. En este marco, se construye una ontología de dominio para describir la estructura de conocimiento del dominio. Todos los recursos y la cartera de usuarios se describen con tecnología ontológica y un marco de descripción de recursos para soportar la inferencia semántica. A partir de la organización semántica de los recursos, se elaboran un conjunto de reglas de razonamiento basadas en la pedagogía. Estas reglas se elaboran a partir de la síntesis del tipo de conocimiento, la estructura interna del conocimiento y el rendimiento de aprendizaje del alumno. Se realizó un estudio de caso sobre el curso "Teoría y práctica de las bases de datos". En este caso, se recomiendan a los alumnos

distintos materiales de aprendizaje en función de la diferente estructura de conocimientos y el diferente rendimiento en el aprendizaje. Se proponen tres modos de aprendizaje típicos para describir la experiencia de aprendizaje personalizado. Este marco puede servir de guía a profesores y diseñadores de recursos.

XXVI. A Conceptual View of Web-Based E-Learning Systems

(Schewe et al., 2005) parten de un marco general para los sistemas de *e-learning* basados en la Web que se basa en un modelo de capas de abstracción, los autores presentan un enfoque de modelado conceptual, que captura el modelado de los alumnos, el modelado de los cursos, la personalización de los cursos y la gestión de los datos en los sistemas de *e-learning*. Los cursos se modelan mediante grafos de esquema, que se refinan mediante alguna forma de álgebra de procesos. El análisis lingüístico de los campos de palabras que se refieren a un dominio de aplicación ayuda a configurar estos esquemas de cursos. Los alumnos se modelan clasificando las combinaciones de valores según sus propiedades características. Cada tipo de alumno da lugar a intenciones, así como a derechos y obligaciones en el uso de un sistema de aprendizaje. Las intenciones pueden formalizarse como postcondiciones, mientras que los derechos y obligaciones dan lugar a restricciones deónticas. Las intenciones pueden utilizarse para personalizar el sistema de aprendizaje según el tipo de alumno. Por último, la gestión de datos en un sistema de *e-learning* se aborda en dos niveles diferentes que tratan, respectivamente, el contenido de las unidades de aprendizaje individuales y el contenido integrado de todo el sistema. Esto conduce a bases de datos de apoyo y vistas definidas en ellas.

XXVII. The use of accessibility metadata in e-learning environments a systematic literature review

(Ingavélez-Guerra et al., 2023) presentan una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de metadatos de accesibilidad en entornos *e-learning*. El autor menciona que los metadatos de accesibilidad no sólo proporcionan una forma de mejorar la descripción de recursos educativos adaptados, sino que también facilita su búsqueda según las necesidades y preferencias de los estudiantes. La revisión sistemática considero un total de 746 documentos durante el período de 2012 a 2019, de los cuales 31 fueron seleccionados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión de la revisión. Los hallazgos revelaron un uso intensivo de modelos y estándares de accesibilidad en entornos de aprendizaje electrónico; sin embargo, el uso de metadatos de accesibilidad sigue estando desaprovechado. De hecho, no se encontró la evaluación de la accesibilidad y adaptabilidad mediante el uso de sus metadatos. También, ayudaron a establecer desafíos y oportunidades en este campo de investigación, así como brindar una visión general que podría ayudar a quienes generan recursos educativos.

XXVIII. Survey of personalized learning software systems a taxonomy of environments, learning content, and user models

(Ismail et al., 2023) presentan una revisión sistemática de los sistemas de software de aprendizaje personalizado. Los autores analizaron varios sistemas e identificaron que están diseñados para ayudar a los interesados en la educación personalizando una o más facetas del proceso de aprendizaje. Esto se logró explorando y analizando los atributos arquitectónicos comunes entre los sistemas de software de aprendizaje personalizado.

Los autores reconocen y construyen una taxonomía para categorizar y analizar la literatura. En esta revisión sistemática, se consideró un conjunto de 72 sistemas de software de aprendizaje personalizado para ser revisados y categorizados con base en la taxonomía de aprendizaje personalizado propuesta. La taxonomía propuesta considera tres principales componentes arquitectónicos que cualquier sistema de software de aprendizaje personalizado debe de tener, los cuales son: entorno de aprendizaje, modelo de alumno y contenido. Adicionalmente, los autores definen las diferentes realizaciones y atribuciones

de cada componente. Los sistemas estudiados se analizaron de acuerdo con la taxonomía propuesta en función de sus componentes arquitectónicos, su uso, sus puntos fuertes y sus puntos débiles.

Los autores concluyen que gracias a esta revisión sistemática se identificaron los retos actuales del campo que deben resolverse en los próximos años.

XXIX. Personalized adaptive learning technologies based on machine learning techniques to identify learning styles a systematic literature review

(Essa et al., 2023) presentan una revisión sistemática de la literatura sobre tecnologías de aprendizaje adaptativo personalizado basadas en técnicas de aprendizaje automático para identificar estilos de aprendizaje. La revisión analiza las tendencias y brechas actuales en la literatura, incluyendo los modelos de estilos de aprendizaje y las técnicas de aprendizaje automático utilizadas, las plataformas investigadas, los métodos de evaluación empleados y los apoyos de aprendizaje proporcionados.

Los hallazgos sugieren un creciente interés en el uso de enfoques de redes neuronales artificiales para identificar estilos de aprendizaje, pero se ha realizado un trabajo limitado en la comparación de métodos de aprendizaje profundo en este contexto. Los autores destacan la necesidad de una mayor investigación empírica y adopción de algoritmos de aprendizaje profundo para proporcionar una mayor adaptabilidad en la clasificación de estilos de aprendizaje.

XXX. Prospects and challenges of e-learning (a review during covid-19 pandemic)

(Kausar et al., 2023) analizan las perspectivas, los retos y el impacto del aprendizaje electrónico durante la pandemia de COVID-19. Destacan las dificultades a las que se enfrentan profesores y estudiantes, como la mala conexión a Internet, el suministro eléctrico incoherente, los costosos servicios de Internet y la falta de interés. La investigación sugiere que el gobierno ayude a los estudiantes con acceso limitado a Internet y a la tecnología, además, fomente la participación en el aprendizaje electrónico.

También, los autores exploran la evolución del *e-learning*, desde el *e-Learning 1.0* al *e-Learning 3.0*, y analiza diversas plataformas de aprendizaje en línea disponibles. Entre las ventajas del *e-learning* figuran la rapidez en la impartición de las clases, la flexibilidad, el ahorro de costos y la reducción del impacto medioambiental. Sin embargo, también presentan desventajas, como la limitada interacción con los estudiantes y la ausencia de actividades extracurriculares.

Los autores concluyen haciendo hincapié en la necesidad de métodos adecuados para hacer frente a futuras crisis y ofrece sugerencias para que las instituciones académicas superen los retos y mantengan la calidad académica. También destacan la necesidad de mejorar el acceso a la tecnología y la formación tanto de estudiantes como de profesores, así como la importancia de abordar la desigualdad social en el aprendizaje electrónico.

XXXI. Towards a new adaptive e-learning system based on learner's motivation and machine learning

(Riad et al., 2023) presentan un nuevo sistema de aprendizaje electrónico adaptativo basado en la motivación del alumno y en el aprendizaje automático. El sistema está diseñado para proporcionar una ruta de aprendizaje personalizada y seleccionar

los objetos de aprendizaje más adecuados para los alumnos en función de su nivel de motivación. El planteamiento combina la técnica de filtrado basado en el contenido y algoritmos de aprendizaje automático.

Los autores utilizan un método inteligente para un sistema automático de adaptación y recomendación en entornos de *e-learning*. Este método combina el nivel de motivación del alumno, la técnica de filtrado basado en contenidos (CBF) y algoritmos de aprendizaje automático. Los resultados revelan que el método propuesto mejora la precisión de la predicción en comparación con las técnicas tradicionales de filtrado colaborativo (CF). El método también supera a los de filtrado colaborativo en términos de la medida F1, que combina precisión y recuerdo. Los resultados sugieren que la incorporación del nivel de motivación del alumno puede mejorar el rendimiento y la calidad de un sistema inteligente de *e-learning*.

XXXII. The factors influenced by stakeholder identification in e-learning systems a survey

(Elneel et al., 2023) realizan una revisión de la literatura y encuestas a expertos en el campo para identificar los factores más significativos de los sistemas de *e-learning*. Los resultados mostraron dificultades para definir a los interesados y una falta de conocimiento para emplear técnicas apropiadas para identificarlos. Los factores identificados en el estudio ayudan a las industrias a comprender la importancia de identificar a los interesados desde el principio para desarrollar sistemas de *e-learning* estables y confiables. Los autores proporcionan información teórica y práctica sobre la implementación de sistemas de *e-learning* y ofrece recomendaciones para académicos, desarrolladores y reguladores.

Además, discuten los factores afectados por la identificación de los interesados en la implementación de un sistema de *e-learning*. Los factores identificados incluyen la calidad de la información, el tiempo y el costo de desarrollo, la calidad y utilidad del sistema, y la infraestructura y la tecnología. Los resultados de las encuestas realizadas con los participantes involucrados en el desarrollo del sistema de *e-learning* se analizaron para entender el impacto de estos factores. El análisis muestra que un sistema de *e-learning* adecuado es crucial para garantizar la calidad de la información, reducir el tiempo y el costo de desarrollo, mejorar la calidad y utilidad del sistema, y optimizar la infraestructura y la tecnología.

Los hallazgos muestran que los problemas de integración de sistemas que influyen son la calidad de la información, el tiempo, el costo, la utilidad del sistema y la tecnología, pueden impactar la efectividad de los sistemas de *e-learning*. Los autores sugieren que se deben de incluir a los profesores y los alumnos, para tener las habilidades y conocimientos necesarios para utilizar eficazmente los sistemas de *e-learning*. También enfatizan la importancia del apoyo organizacional y la adopción de tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (AI) y la realidad aumentada (AR), para mejorar las experiencias.

Enfoque de servicios Web

I. SWAYAM E-Learning Portal, A Web Mining Perspective

El objetivo de los autores (Abd Rahman & Abdul Hamid, 2018) es analizar el portal SWAYAM utilizando técnicas de minería Web. SWAYAM es una plataforma de aprendizaje electrónico desarrollada por el gobierno de la India con el objetivo de reducir la brecha digital entre los estudiantes.

Los autores identificaron tres tipos de minería de datos:

- Minería de contenido Web (texto, audio, video e imágenes)
- Minería de estructuras Web (hipervínculos, estructura de documentos)
- Minería de uso Web (registros del servidor Web, registros del servidor de aplicaciones)

Con base en el análisis de los tipos de minería se concluye que el número de inscripciones en un curso o ruta de aprendizaje en particular es independiente del número de cursos ofrecidos en alguna disciplina en particular. Como resultado se obtuvo que el total de las inscripciones en todos los cursos es de 13,891, donde el 60% de las inscripciones son en cursos autodirigidos, mientras que el 40% son en cursos programados. Y el mayor número de inscripciones se encuentran en los cursos autodirigidos de Humanidades (2719 alumnos) y Matemáticas (2711 alumnos).

II. E-Learning Paradigms: A model to address known issues

(Montebello, 2018) aborda tres problemas del *e-learning*; el aislamiento, la motivación y la naturaleza impersonal del entorno electrónico.

El aislamiento se refiere a la experiencia de soledad del alumno durante un curso de *e-learning* sin ningún contacto con otros alumnos o educadores. El autor concluye que el simple hecho de participar en una red de personas con intereses similares dentro de una red social ayuda a los estudiantes y hace que todo el proceso sea más efectivo.

La motivación del alumno, la falta de entusiasmo generalmente se debe a que los estudiantes carecen de determinación o simplemente no están interesados en el tema. Además, el autor destaca que la importancia de la retroalimentación ayuda al alumno a su motivación aún más a los estudiantes individuales. El modelo propuesto combina la teoría del aprendizaje por autodeterminación con el enfoque de perfil del alumno correspondiente.

Por último, la sensación impersonal que sienten los alumnos al interactuar con un entorno de *e-learning*. La falta de interacción humana, pero también la naturaleza insensible del hiperespacio, magnifica este problema. Esta se aborda a través de la naturaleza dinámica y adaptativa de las características de la Web 2.0. La Web 2.0 se considera una fase, o la segunda generación, de tecnologías Web que promueven "contenido generado por el usuario junto con mecanismos que permiten y mejoran la interacción del usuario". El autor identifica cuatro rasgos característicos para capturar la esencia de la Web 2.0 presencia, modificación, contenido generado por el usuario y participación social. Estas características, además de reducir el problema del aislamiento, van más allá y promueven la individualidad de los usuarios al tiempo que establecen un elemento de personalización.

El autor concluye que al solucionar estos problemas del *e-learning* ayudará a los futuros entornos de aprendizaje electrónico a optimizar su eficacia y al mismo tiempo abordar una serie de problemas que enfrentan los estudiantes en línea.

III. E-Learning Pedagogical Strategy: Present and Trends in Scientific Research

(W. Zhang & Rieckmann, 2018) tienen como objetivo explorar la investigación de la estrategia pedagógica del *e-learning* con el software de visualización denominado CITESPACE y Excel para enriquecer la investigación teórica relacionada y optimizar las prácticas.

Ellos definen el término estrategia como un plan o método cuidadoso. Esta investigación no solo ha contribuido a la teoría del *e-learning*, sino que también ofrece una perspectiva profesional para que los usuarios elijan un producto o servicio de *e-learning* adecuado. La característica principal de la estrategia pedagógica sobre aprendizaje electrónico se centra en la experiencia del alumno y sus necesidades personales.

Con base a la característica principal se pudo identificar dos puntos esenciales de la estrategia pedagógica del *e-learning*, los cuales son:

- el aprendizaje orientado a las personas promueve productos de *e-learning* personalizados y diversos
- la forma de evaluar el *e-learning* debe considerar el contexto, la entrada, el proceso y el producto bajo el trasfondo interdisciplinario.

IV. E-Learning Service Quality Case Study: Al-Madinah International University

El caso de estudio propuesto por (Abd Rahman & Abdul Hamid, 2017) tiene como objetivo medir la calidad del aprendizaje electrónico en la universidad de Malasia. Para medir la calidad del aprendizaje electrónico el autor utiliza tres atributos principales los cuales son: la satisfacción del usuario, la calidad del sistema y la calidad de la información. Para describir el primer atributo se aplicaron encuestas, estas encuestas se realizaron mediante la búsqueda de la percepción y la experiencia de los usuarios de aprendizaje electrónico de larga y corta distancia, considerando que los de larga distancia son los alumnos que toman en línea las clases y los de corta son los alumnos que toman de manera presencias y en línea. Para medir la calidad del sistema se consideró la forma en la que se tiene acceso a los cursos y al material. Por último, para la calidad de la información se consideró si lo que se proporciona en el curso es suficiente para abordar un tema o es necesario realizar alguna otra investigación.

Los autores concluyen que se ha proporcionado una comprensión profunda de la calidad del servicio de *e-learning* sobre los factores que influyen en la calidad del servicio en un campo educativo. Además, que podría contribuir a ayudar a la institución a encontrar los factores de influencia en el éxito del sistema de aprendizaje electrónico de la institución. A partir del resultado, las instituciones educativas pueden mejorar el sistema de aprendizaje electrónico en función del resultado de los factores que influyen en el nivel de satisfacción de los usuarios.

V. Educational Resources as Learning Web Services, an Alternative Point of View to Learning Objects

El objetivo principal de (Valenzuela et al., 2017) es proporcionar una alternativa a los objetos de aprendizaje mediante SWA (Servicios Web de Aprendizaje). De tal manera que los SWA sean utilizados y reutilizados tanto en SGA (Sistemas Gestores de Aprendizaje) orientados a servicios, así como en aplicaciones cliente tradicional o en aplicaciones Web.

La Ilustración 23 muestra la propuesta de solución donde Moodle es el proveedor con acceso a los componentes Registro y SWA, exponiendo la interfaz y la implementación de los SWA para ser utilizados por otras plataformas educativas. Moodle como cliente, usa SWA recuperados a partir del directorio UDDI, los integra y los despliega formando así temas, cursos o unidades de aprendizaje con dichos recursos educativos.

El componente Esquema de Clasificación, representa un método que facilita la clasificación de los SWA. Este esquema de clasificación tiene cinco grandes clasificadores: área o disciplina (computación, matemáticas, química, biología, etc.), nivel educativo (primaria, secundaria, bachillerato, etc.), formato (HTML, pdf, mp3, jpg, swf, doc, xls, ppt), tipo de SWA (Objetivo, Contenido, Actividad, Evaluación) e idioma, estos a su vez contienen niveles específicos caracterizados por descriptores que permiten identificar un SWA dentro de esta jerarquía. Estos descriptores son usados para asociar los requerimientos del usuario contra los SWA almacenados en la base de datos SWA.

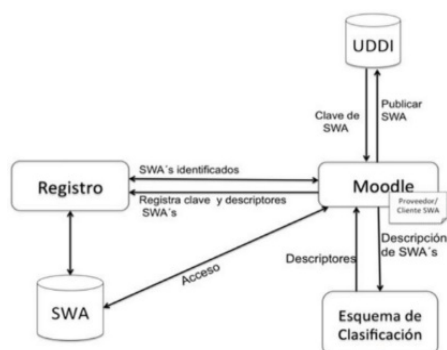


Ilustración 23 Moodle como proveedor y cliente en una arquitectura de integración y clasificación de SWA

Los autores concluyen que al cambiar los recursos de aprendizaje a SWA son más fácil de usar en diferentes plataformas o SGA al igual que mejora su interoperabilidad, así mismo, que los SWA mejoran la integración, el descubrimiento y reutilización de los SWA en contraste a los resultados que se obtienen con estándares de dominio tales como SCORM o IMS.

Esta interoperabilidad, favorece el intercambio de recursos Web de aprendizaje entre plataformas educativas heterogéneas, como se muestra con el desarrollo del módulo de actividad para la plataforma Moodle.

El módulo desarrollado, permite al profesor agregar uno o más SWA al curso instanciado. Así, es posible personalizar un tópico o tema de acuerdo con el tipo de servicio, al nivel educativo y disciplina, además, se pueden agregar recursos en distintos formatos e idiomas.

VI. A Web Service Architecture for Tracking and Analyzing Data from Distributed E-Learning Environments

(Askinadze & Conrad, 2017) proponen una arquitectura basada en servicios para entornos de aprendizaje distribuidos. Esta arquitectura ayuda a rastrear las interacciones de los estudiantes en entornos de aprendizaje heterogéneos y distribuidos, además, se creó un árbol de decisiones para ayudar con la selección de la estrategia adecuada.

La arquitectura propuesta tuvo en cuenta el hecho de que los datos almacenados se pueden utilizar para aplicar la minería de datos para predicciones útiles o para proporcionar otras estadísticas interesantes que se pueden mostrar en un tablero educativo. Además, los proveedores de educación o docentes podrán prepararse para las formas modernas de enseñanza y mejorar aún más su educación.

VII. Web service model for distance learning using cloud computing technologies

El estudio de (Cvetkovic et al., 2017) demuestra que varios docentes entrevistados están de acuerdo en que la computación en la nube mejora la productividad en la preparación de temas didácticos. Sin embargo, una parte de ellos opinan lo contrario debido a que invierten más esfuerzo en la preparación de estos. Pese a estas diferencias, ambos grupos coinciden en que mejora la productividad al realizar cursos electrónicos.

La computación en la nube es una de varias mejoras para los sistemas de información enfocados a la educación. Gracias a esto aumenta la flexibilidad en el intercambio de información y permite una ejecución más rápida de tareas. Además, se reducen los costos al no depender de una infraestructura TI.

VIII. Technology e-learning environment for the hybrid cloud

En el trabajo de (Sokolov et al., 2017) se propone una infraestructura para dar servicio a un nuevo tipo de entorno de *e-Learning* para estudios de tecnología. El objetivo es sentar las bases de una plataforma de eLearning que sea eficiente, escalable, compatible y con un costo total de propiedad reducido.

Los componentes propuestos son un portal frontend para profesores y estudiantes alojado en un servidor Web; backend que da servicio al portal con un componente de equilibrio de carga y una base de datos relacional de código abierto. Los diversos recursos son proporcionados por hardware relativamente asequible y software de código abierto como KVM, Docker y Puppet.

IX. Adaptive E-learning Web-based English Tutor Using Data Mining Techniques and Jackson's Learning Styles

(Tashtoush et al., 2017) proponen un sistema de aprendizaje electrónico adaptativo con un tutor de inglés que ofrece recursos educativos como videos, presentaciones y cuestionarios para brindar al estudiante un entorno de aprendizaje adaptable y atractivo. El sistema tiene como objetivo determinar el patrón de enseñanza para cada alumno.

Para poder determinar el patrón de enseñanza de cada alumno se utilizó la minería de datos. La minería de datos que se utiliza en los sistemas de *e-learning* es para descubrir conocimientos, reglas y muestras ocultos a través del proceso de análisis de la información disponible que puede tener un mayor efecto en la investigación educativa. Al igual de que ayuda a poder clasificar a los alumnos con base a sus características y formas de aprendizaje, con base a estas clasificaciones se puede crear el contenido del curso de *e-learning*.

Para validar el sistema el autor realiza dos experimentos el primero para descubrir el patrón más popular por los estudiantes y se obtuvo como resultado que el patrón más popular es el de (hablar - leer - gramática - escribir). El segundo experimento tuvo como objetivo descubrir el mejor patrón de rendimiento de los estudiantes y los resultados muestran que es el patrón de (hablar - leer - gramática - escribir) es el mejor y obtuvo una puntuación de 87.04%. Los autores concluyen que su sistema con el tutor puede ayudar tanto a los maestros como a los estudiantes a seguir el mejor proceso de aprendizaje y lograr las calificaciones académicas más altas.

X. Creating e-learning Web services towards reusability of functionalities in creating e-learning systems

El objetivo principal de (Rabahallah & Ahmed-Ouamer, 2015) es la reutilización de las (funcionalidades comunes de sistemas de *e-learning* convirtiendo estas funciones en servicios Web y esto permitirá proporcionar funcionalidades a los distintos sistemas de *e-learning*.

Estos servicios Web de aprendizaje electrónico se describen mediante ontologías que tiene en cuenta las características de las funcionalidades de las plataformas de aprendizaje electrónico. Teniendo como ventaja que se reducirá enormemente el tiempo, el esfuerzo y el costo necesarios para crear nuevos sistemas de aprendizaje electrónico.

Las ontologías que se proponen son las siguientes, estas son desarrolladas con OWL-S (Lenguaje de ontología Web para servicios Web). Al convertir las funcionalidades a servicios Web ayuda a los usuarios a crear de forma más rápida las plataformas de *e-learning* y elimina problemas de interoperabilidad.

- Proponen servicios Web de *e-learning*, por ejemplo, servicios Web para la selección de Capítulo, Ejercicio, Simulador y Evaluación.
- Semántica: proponemos ontología de servicios Web, ontología de objetos de aprendizaje y ontología de dominio. La idea es hacer explícita la semántica del contenido de los OA y de la funcionalidad que ofrece cada servicio Web a través de metadatos o anotaciones semánticas, para que los agentes software puedan realizar tareas de búsqueda y selección de recursos (servicios Web o OA).
- Personalización: cada servicio integra el proceso de filtrado (adaptación) para generar las actividades pedagógicas según el perfil del aprendiz.

Los autores concluyen que los servicios Web eliminan muchos problemas de interoperabilidad entre componentes escritos y que se ejecutan en diferentes plataformas de hardware y software. Esto con el fin de que permite al usuario construir nuevos sistemas de *e-learning* eligiendo los servicios Web que se requieren. Al igual que la creación de sistemas robustos sea a un ritmo más rápido.

XI. Service-oriented e-learning system

(Moon et al., 2007) tienen como objetivo construir un conjunto de servicios Web de *e-learning*. Con estos servicios Web, se pueden construir nuevos sistemas de *e-learning* eligiendo los servicios que se requieren. Los servicios Web desarrollados incluyen servicios Web de evaluación, gestión de cursos, calificación, puntuación, metadatos, registro y generación de informes.

- Las principales funciones del servicio Web de evaluación es apoyar a la entrega de la evaluación. Por parte de los profesores pueden cargar, crear, editar y eliminar cuestionarios o asignaciones y los estudiantes, pueden realizar un cuestionario en línea cargado por su profesor.
- Los servicios Web de calificaciones y el de puntuación trabajan juntos para respaldar la automatización en las calificaciones de evaluación.
- El servicio Web de gestión de cursos proporciona las funcionalidades que permiten a los profesores gestionar los recursos de aprendizaje de los cursos impartidos por ellos.
- El servicio Web de metadatos permite a los usuarios crear, modificar y eliminar metadatos asociados con un objeto de aprendizaje en particular.
- El servicio Web de registro admite el registro de nuevos usuarios. El administrador de un sistema de eLearning puede crear nuevos usuarios, editar el perfil de los usuarios existentes y eliminar el perfil de usuario utilizando este servicio.
- El servicio Web de generación de informes, genera informes de análisis sobre el desempeño de los estudiantes en cada prueba.

Los autores concluyen que en lugar de construir un sistema de *e-learning* desde cero, se puede ensamblar eligiendo las funcionalidades requeridas de un conjunto de servicios Web relacionados con *e-learning*. Los servicios Web eliminan muchos problemas de interoperabilidad entre componentes escritos y ejecutados en diferentes plataformas de hardware y software.

En este estudio, se construye un conjunto de servicios Web de *e-learning* que permiten al usuario construir nuevos sistemas de *e-learning* eligiendo los servicios que se requieren.

XII. Modeling learning contents based on Web services

(Jingjing et al., 2007) proponen un modelo de interacción para compartir, crear y redactar cursos de aprendizaje electrónico de manera efectiva. Con este modelo ayuda a resolver problemas de personalización, secuenciación, reutilización y duplicación de objetos de aprendizaje al crear cursos de aprendizaje complicados y compartir recursos de aprendizaje en diferentes plataformas.

Las principales ventajas de cambiar los objetos de aprendizaje a servicios Web son:

- Se pueden utilizar una serie de criterios de servicios Web (WSDL, SOAP, UDDI, DAML, OWL, etc.) para describir y descubrir servicios de aprendizaje, lo que contribuye a la reutilización de los contenidos de aprendizaje.
- Los servicios de aprendizaje son más expresivos, flexibles e interoperables que los objetos de aprendizaje tradicionales. Esta característica se deriva de los servicios Web.
- Algunas herramientas de aprendizaje podrían encapsularse en servicios de aprendizaje, lo que permite la reutilización de estas herramientas en diferentes plataformas y la integración de otros servicios de aprendizaje para lograr experiencias de aprendizaje especiales.
- La capacidad de secuenciación y navegación se mejora porque las funciones de secuenciación y navegación se pueden implementar mediante un servicio de seguimiento respaldado por LMS u otros servicios Web en el momento del diseño del curso.

XIII. Integration of Web Services with E-Learning for Knowledge Society

(Pattnayak & Pattnaik, 2016) tienen como objetivo la creación de una sociedad del conocimiento a través del *e-learning* con el apoyo de servicios Web.

El mayor desafío educativo actual no es solo ayudar a los estudiantes a adquirir el conjunto de conocimientos y habilidades deseados, sino también permitirles aprender cómo tener éxito trabajando creativamente con creatividad e innovación para contribuir a la creación de la sociedad del conocimiento. La educación en una sociedad del conocimiento debería permitir a los alumnos participar en la creación de nuevos conocimientos como parte normal de sus vidas. La integración de servicios Web con todos y cada uno de los componentes del sistema de e-learning le da una nueva dirección a e-learning al permitir que el alumno sea el potencial productor de contenido.

El aprendizaje electrónico debe generar nuevas formas y herramientas de recopilación de datos, manipulación y almacenamiento de conocimientos, transformación de información y trabajo conjunto a distancia y en el tiempo para construir una sociedad del conocimiento de manera eficiente y transferir el conocimiento global de manera efectiva a los nuevos contextos de justicia social.

XIV. Model of Learning Objects Exchange between LCMS Platforms through Intelligent Agents

(Gaona-García et al., 2015) plantean un método eficaz para permitir la interoperabilidad entre plataformas de objetos de aprendizaje con el objetivo de conectar objetos de aprendizaje. Esta característica facilita la reutilización de contenidos almacenados en diferentes plataformas LCM, con el fin de ofrecer información relevante a través de una red académica. Esto proporciona una forma de comunicación confiable, basada en la confianza Web depositada entre las instituciones que utilizan plataformas.

El módulo de comunicación simplifica los procesos de gestión y control, permitiendo el acceso a una mayor cantidad de objetos de aprendizaje basados en especificaciones SCORM, de manera similar a las actividades de actualización de materiales para mejorar su calidad.

Se definieron dos facetas para el uso de objetos de aprendizaje. La primera faceta proviene de los recursos educativos apoyados por SCORM, promoviendo el uso de esta especificación y fomentando la interoperabilidad entre diferentes repositorios. La segunda faceta proviene de los metadatos LOM utilizados para permitir procesos de búsqueda y reutilización de material en diversas plataformas.

XV. Creating Interactive Learning Objects with Web Services

En (Robal & Kalja, 2009), los autores proponen un marco para el uso de servicios Web para el desarrollo de objetos de aprendizaje interactivos, como simuladores y herramientas prácticas para la formación basada en la Web, aprovechando características como la interoperabilidad, la modularidad y la extensibilidad que ofrece el paradigma de los servicios Web.

La implementación del servicio en una plataforma y lenguaje de programación no perturba su uso en otro lenguaje en otra plataforma, debido al uso de servicios Web y la entrada-salida estandarizada. Así, hemos conseguido interoperabilidad de los objetos de aprendizaje.

Los autores concluyen que el desarrollo de objetos de aprendizaje educativos como servicios Web aumentará su interoperabilidad y reutilización al mismo tiempo que se reduce el tiempo y el esfuerzo dedicado a la creación de dichos objetos para sistemas independientes. Además, las aplicaciones desarrolladas con varios lenguajes y desplegadas en diferentes plataformas pueden integrarse y comunicarse, permitiendo compartir y utilizar los objetos de aprendizaje.

Por último, los servicios Web como aplicaciones que pueden ejecutarse en cualquier lugar en cualquier tecnología o plataforma son un enfoque prometedor para desarrollar objetos de aprendizaje reutilizables y accesibles de forma ubicua.

XVI. Integration of Learning Web Services into Learning Management Systems

En (Fragoso et al., 2014), los autores describen qué son los servicios Web de aprendizaje y presenta un análisis de las características que son importantes para facilitar la integración y la gestión de los servicios Web de aprendizaje.

Los autores concluyen que La mayoría de los sistemas gestores de aprendizaje analizados en este trabajo son herramientas conocidas y han entregado resultados bien aceptados para procesos de enseñanza-aprendizaje. Es por esto por lo que, si bien se pueden crear nuevas plataformas orientadas a servicios Web de aprendizaje, un buen inicio es extender la funcionalidad de las más conocidas.

XVII. Improving Learning objects reusability through automatic generation Web services

El objetivo de (Kanagwa et al., 2011) es definir las reglas de transformación y desarrollo de una plataforma que puede utilizarse para transformar los objetos de aprendizaje en servicios Web.

Los autores mencionan que gracias a su herramienta se consiguió una composición flexible cuando los objetos de aprendizaje se expresan como servicios. El uso del lenguaje de ejecución empresarial de servicios Web (BPEL, por sus siglas en inglés) permite una orquestación innovadora de los recursos de aprendizaje con la interoperabilidad incorporada en la arquitectura orientada a servicios.

Los autores concluyen que su enfoque orientado a servicios para el desarrollo de objetos de *e-learning* en contraposición a los estándares conflictivos e incompatibles que ha habido en el pasado, está en línea con los desarrollos generales de la infraestructura Web, específicamente la Web 2.0 que se centra en la fácil reutilización, crecimiento e interoperabilidad de los componentes de *e-learning*.

XVIII. Using Learning Analytics to Predict Students Performance in Moodle LMS

(Y. Zhang et al., 2020) tienen como objetivo descubrir las posibilidades de mejorar el proceso de aprendizaje y reducir el número de estudiantes con bajo rendimiento a través del análisis de plugins de Moodle que nos permite medir la evaluación de la actividad y el éxito de los estudiantes.

Se consideran 124 participantes para identificar las relaciones entre el número de registros durante el curso y las calificaciones finales para realizar un análisis de correlación para determinar el impacto de la actividad educativa de los estudiantes en el sistema Moodle sobre la evaluación final.

Los resultados revelan que la afiliación se correlaciona con el rendimiento general, pero no afecta a la selección de materiales de formación. Además, se muestra que los estudiantes que obtuvieron las calificaciones más altas realizaron al menos 210 registros durante el curso. Se observa que la parte predominante de los estudiantes prefiere completar las tareas antes de la fecha límite. También, los sistemas de gestión del aprendizaje pueden utilizarse para predecir el éxito de los estudiantes y estimular mejores resultados durante el estudio. Se propone que los resultados se utilicen en las instituciones de enseñanza superior para detectar con antelación a los estudiantes que tienen dificultades en un curso.

XIX. Use of Open Educational Resources in E-learning for Higher Education

(Navarrete et al., 2014) tienen como objetivo lograr una comprensión preliminar del potencial de la disponibilidad de los Recursos Educativos Abiertos (OER, por sus siglas en inglés) para ser utilizados en entornos de aprendizaje electrónico.

Se plantea un caso de prueba el cual consiste en una exploración de la viabilidad del uso de OER para complementar los entornos de aprendizaje electrónico para la Educación Superior en Informática de Ecuador. La búsqueda de OER adecuados para ser utilizados con este fin se ha realizado en todas las categorías de sitios Web, incluyendo proyectos de acceso abierto de prestigiosas universidades.

Como resultado han mostrado una amplia disponibilidad de OER, particularmente en la modalidad de Informática. Los profesores pueden utilizar y adaptar los recursos incluidos en cada curso para complementar o apoyar el aprendizaje a través de entornos de *e-learning*. El uso de estos es posible porque las licencias de uso son libres y sin restricciones.

También, se analizaron 28 sitios Web de OER. En esta revisión, se descubrió que un problema importante es la arquitectura de la información en los sitios Web. La estructuración o categorización de los recursos es diferente en cada uno de estos sitios Web, por lo que la búsqueda se convierte en una actividad que requiere mucho tiempo. Además, la selección de los recursos adecuados requiere un esfuerzo adicional para evaluar su calidad. Estos problemas podrían desalentar la búsqueda y recuperación de OER.

XX. Use of the LMS Moodle for an Effective Implementation of an Innovative Policy in Higher Educational Institutions

(Zabolotniaia et al., 2020) proponen utilizar las herramientas Moodle LMS (sistema de gestión del aprendizaje) para garantizar la aplicación eficaz de una política innovadora de la institución de enseñanza superior. El sistema Moodle proporciona un proceso educativo integral a través de su amplio contenido educativo, un sistema de control, seguimiento y evaluación de la calidad del conocimiento. Moodle permite simular acciones profesionales en un espacio educativo virtual que permite a la universidad formar especialistas avanzados y garantizar un alto nivel de sus competencias profesionales basadas en habilidades duras y blandas. Además, se ha considerado la actitud perceptiva y cognitiva de los estudiantes y profesores universitarios hacia la implantación de la plataforma educativa LMS Moodle.

Los autores concluyen que actualmente se utiliza el modelo de evaluación subjetiva del proceso innovador con claros factores significativos de la percepción de los cambios. Dicho modelo permite comprender la actitud colectiva hacia la política de la universidad y destacar los ajustes mentales necesarios para trabajar con los recursos humanos dentro de la adaptación social y la difusión de la innovación.

XXI. Facilitating Teachers' Reuse of Mobile Assisted Language Learning Resources Using Educational Metadata

(Zervas & Sampson, 2014) proponen el marco Mobile2Learn, cuyo objetivo es apoyar el intercambio y la reutilización de recursos para el aprendizaje de idiomas asistido por móvil en el contexto del desarrollo de cursos. Además, se realiza un análisis cuantitativo de la reutilización de los recursos MALL desarrollados con el marco Mobile2Learn propuesto.

Los resultados de este análisis proporcionan evidencia de que la integridad de los campos de metadatos relacionados con los objetivos educativos basados en el Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas (MCER) puede influir fuertemente en la reutilización que tiene lugar entre los usuarios del Marco Mobile2Learn.

XXII. A Web Services Oriented Framework for Dynamic E-Learning Systems

(Z. Xu et al., 2003) proponen un marco orientado a los servicios Web para los sistemas de *e-learning*, con el fin de proporcionar un modelo de integración flexible en el que todos los componentes y aplicaciones de aprendizaje estén bien definidos, se descubran eficazmente y se conecten de forma flexible. Los servicios Web proporcionan un entorno de despliegue esencial para realizar sistemas dinámicos de *e-learning/e-business* facilitando la interacción entre aplicaciones. Utilizando el marco, los proveedores de servicios de aprendizaje podrán publicar sus objetos o aplicaciones de aprendizaje de forma universal y

los solicitantes de servicios de aprendizaje podrán recuperar esos servicios en cualquier lugar y en cualquier momento con cualquier dispositivo a través de protocolos de comunicación. Los valores clave de interoperabilidad y reutilización en la arquitectura propuesta mejoran los futuros sistemas de *e-learning* para comunicarse de forma más eficiente y compartir datos con mayor facilidad.

XXIII. Description of an instructional ontology and its application in Web services for education

(Ullrich, 2004) propone una ontología que puede servir para que *e-learning* alcance todo su potencial. La ontología capta la función instructiva de un recurso de aprendizaje, es decir, su "esencia" desde la perspectiva de la enseñanza/aprendizaje, un aspecto que aún no está cubierto por los estándares de metadatos de objetos de aprendizaje. Ofrece las conocidas ventajas de las ontologías: puede proporcionar a los humanos un vocabulario compartido y puede servir de base para la interoperabilidad semántica para las máquinas. El autor describe la necesidad de la ontología y utiliza varios servicios Web educativos que pueden beneficiarse de ella. Para ejemplificar la generalidad de la ontología. Además, la ontología describe cómo se puede acoplar a varias representaciones del conocimiento utilizadas actualmente en los sistemas de *e-learning*.

XXIV. Adaptive Content Creation for Personalized e-Learning Using Web Services

(Thyagarajan & Nayak, 2007) mencionan que un tema que supone un reto en la educación en línea es proporcionar apoyo de personalización a los alumnos cuando el *e-learning* tiene lugar en un entorno abierto y dinámico. Seleccionando y combinando activos de aprendizaje apropiados en un objeto de aprendizaje, se pueden tener en cuenta las necesidades y preferencias del alumno. Además, al implementar un servicio Web en un entorno de aprendizaje adaptativo, se puede garantizar la reutilización de los contenidos de aprendizaje. Los autores abordan los problemas de la selección e integración automática de materiales de aprendizaje apropiados para un alumno que utiliza servicios Web basados en los conocimientos iniciales del alumno, sus objetivos, sus preferencias, etc. Se describe un sistema que proporciona contenidos de aprendizaje a las industrias e instituciones multimedia que trabajan en Adobe Flash. En lugar de proporcionar al alumno datos estáticos, el enfoque se basa en el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje a partir de una oferta dinámica de servicios. Además, el enfoque se basa en objetos de aprendizaje reutilizables que describen un proceso de aprendizaje como una composición de objetivos de aprendizaje. Sobre la base de los objetivos de aprendizaje, así como de los servicios Web, se pueden seleccionar, componer e invocar dinámicamente los servicios adecuados para alcanzar un objetivo de aprendizaje específico.

XXV. Web Service to Support Recovery of Learning Objects in Repositories and Federations

(Aguirre Osorio et al., 2016) proponen un servicio Web para la evaluación de los metadatos de los OA (Objetos de aprendizaje) de forma automática, el cuál recibe una lista con los resultados de una búsqueda y la retorna organizada de acuerdo con el nivel de calidad de los metadatos, que se establece a partir de la aplicación de métricas de evaluación. Lo anterior con la finalidad de que los usuarios finales puedan encontrar los OAs con los requerimientos que especificaron y visualicen como resultados aquellos que tengan mejores condiciones.

Cabe destacar que la lista de estos objetos junto con sus metadatos es entregada al servicio Web a través de un archivo en formato XML, donde se procederá a extraer los metadatos necesarios y evaluarlos de acuerdo con una serie de métricas, estas métricas son Reusabilidad, Disponibilidad, Completitud, Consistencia y Coherencia.

Se realizaron pruebas al FROAC (Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje Colombia) el cual no contaba con un servicio que apoye la recuperación de los OA, sino que simplemente se realizaba búsquedas en estos repositorios y se obtenía

todo lo disponible de manera aleatoria. Finalmente se compararon los resultados de las búsquedas con el servicio Web aplicado contra los resultados obtenidos sin el servicio Web, y se encontró que, gracias a la herramienta desarrollada por esta obra, la lista con los resultados de una búsqueda fue retornados de manera ordenada, los más cercanos a 1 (los mejores resultados) se obtuvieron primero, y los más cercanos a 0 (los peores resultados) se obtuvieron al último, todo gracias a la aplicación de las métricas antes mencionadas.

XXVI. An Ontology-based Service Composition Approach for Integrating E-learning Tools

Los autores (Xie et al., 2009) mencionan que la tecnología de servicios Web ofrece la posibilidad de integrar diferentes herramientas de *e-learning* en una plataforma de *e-learning*. Aunque la tecnología de los servicios Web permite integrar diferentes herramientas de aprendizaje electrónico en una plataforma de aprendizaje electrónico, no existe una forma eficaz y eficiente de componer diferentes servicios. Los autores presentan un enfoque de composición de servicios basado en ontología, que incluye un modelo de composición de servicios Web orientado al *e-learning* basado en ontología, y un método de composición de servicios que considera tanto los requisitos funcionales como los no funcionales del servicio, para integrar herramientas de software de *e-learning*. Para validar su enfoque propone un experimento de composición de servicios. El resultado del experimento demuestra que su enfoque tiene un rendimiento y una eficacia mucho mayor.

XXVII. Web Service QoS Prediction via Collaborative Filtering: A Survey

Los autores (Zheng et al., 2022) mencionan que el creciente número de servicios Web que compiten entre sí y ofrecen funcionalidades similares, la predicción de la calidad del servicio (QoS) adquiere cada vez más importancia para diversos enfoques de los servicios Web que tienen en cuenta la calidad del servicio. El filtrado colaborativo (FC), que es una de las técnicas de predicción personalizada con más éxito en los sistemas de recomendación, se ha aplicado ampliamente a la predicción de la calidad del servicio Web. Los autores tienen como objetivo resumir y analizar el estado del arte de los enfoques de predicción de la calidad del servicio de los servicios Web de FQ y discuten sus características y diferencias. También presentan varios conjuntos de datos de QoS de servicios Web que se han utilizado como puntos de referencia para evaluar la precisión de la predicción.

XXVIII. A Classification Based Web Service Selection Approach

Los autores (Purohit & Kumar, 2021) mencionan para la selección de un servicio Web adecuado que cumpla los requisitos del usuario final es una tarea ardua. La mayoría de los sistemas existentes utilizan la calidad del servicio (QoS) como parámetro predominante para la selección de servicios Web, sin ningún tipo de preprocesamiento o filtrado. Estos sistemas tienen en cuenta todos los servicios Web candidatos durante el proceso de selección y requieren un procesamiento innecesario de aquellos servicios Web que están muy por debajo de las expectativas del usuario final. Los autores proponen un enfoque para la selección de servicios Web basado en parámetros de QoS. El método propuesto comienza con el prefiltrado de los servicios Web candidatos mediante una técnica de clasificación. Se aplica un método PROMETHEE mejorado, que denominamos PROMETHEE Plus, a la mayoría de los servicios Web elegibles y se adopta un mecanismo de evaluación de pesos híbrido basado en el método de desviación maximizada. Se seleccionan los servicios Web que más se ajustan a los requisitos de calidad del servicio del usuario final. Los autores realizan experimentos con un conjunto de datos de servicios Web del mundo real. Los resultados experimentales muestran que su enfoque ofrece mejores resultados en términos de satisfacción del usuario final y eficiencia que otros enfoques similares existentes.

XXIX. A systematic literature review on the applications of robots and natural language processing in education

(Younis et al., 2023) muestran una revisión sistemática de la literatura sobre las aplicaciones de los robots y el procesamiento del lenguaje natural (*NLP*, por sus siglas en inglés) en la educación. Los autores se centran en el uso de robots y técnicas de *NLP* en varios entornos educativos, incluyendo necesidades especiales, jardines de infantes, escuelas y universidades.

Los autores enfocaron la búsqueda utilizando palabras clave, entre las cuales se encuentran inteligencia artificial, aprendizaje y enseñanza, educación, robot, estudiantes universitarios y universidad.

La revisión sistemática considero doce revistas científicas de alta reputación para el periodo de 2014 a 2023 con un factor de impacto elevado, de las cuales se extrajeron 82 artículos científicos.

Con el análisis de estos artículos se identificó resultados positivos en términos de mejorar la creatividad, el compromiso y los resultados de aprendizaje de los estudiantes. El uso de robots en la educación resultó ser efectivo en varios entornos y materias educativas. Sin embargo, también hay algunas desventajas a considerar, como las consideraciones éticas como la privacidad de los datos y la equidad algorítmica, la necesidad de colaboración entre educadores y desarrolladores de tecnología, y las limitaciones de los estudios de investigación actuales.

Además, se identificó que la integración de robots y *NLP* en la educación ofrece numerosos beneficios, como la instrucción personalizada, el aprendizaje colaborativo, la calificación automatizada y el apoyo al aprendizaje de idiomas. Sin embargo, también hay desafíos en la implementación de estas tecnologías, como la necesidad de formación docente y la posible exclusión de ciertos estudiantes o estilos de aprendizaje.

El uso de robots y *NLP* tiene el potencial de transformar la educación, personalizar el aprendizaje, fomentar la colaboración, proporcionar eficiencia y retroalimentación, mejorar el aprendizaje de idiomas y equipar a los estudiantes con habilidades esenciales. Los autores mencionan que es importante priorizar las consideraciones éticas, enseñar a los profesores, promover la inclusividad y el compromiso, y continuar evolucionando estas tecnologías.

XXX. Intelligent techniques in e-learning a literature review

(Ilić et al., 2023) realizan una revisión de la literatura que explora el uso de técnicas inteligentes en el *e-learning*. Los autores discuten la importancia de incorporar tecnologías inteligentes en los sistemas de aprendizaje en línea para mejorar la experiencia de aprendizaje. Los autores analizan y categorizan las diferentes técnicas inteligentes utilizadas en el *e-learning* y se examina su impacto en las actitudes, motivación y rendimiento de los estudiantes. La revisión concluye que las soluciones respaldadas por IA pueden ofrecer experiencias de aprendizaje personalizadas y destaca los desafíos y el potencial de implementar técnicas inteligentes en el *e-learning*.

También, se discute el uso de técnicas inteligentes en la educación en línea, centrándose específicamente en la modelización del aprendizaje, las analíticas de aprendizaje, la evaluación adaptativa y el aprendizaje personalizado. Se destaca la importancia de recopilar y analizar datos sobre los estudiantes para proporcionar una experiencia de aprendizaje personalizada. Además, se explora el concepto de modelos de aprendizaje abiertos, que permiten a los estudiantes ver y analizar sus propios datos.

Además, se discuten varias técnicas utilizadas en el *e-learning* para analizar y mejorar los resultados del aprendizaje. Estas técnicas incluyen la destilación para el juicio humano, el descubrimiento con modelos, el seguimiento del conocimiento, las

analíticas de aprendizaje y la evaluación adaptativa. Estas técnicas pueden ayudar a mejorar los resultados del aprendizaje y proporcionar instrucción personalizada en entornos de *e-learning*.

Así mismo se discute la importancia de la personalización en el *e-learning* y proporciona una revisión de las técnicas de personalización más utilizadas. Los autores sugieren que se deben realizar estudios comparativos para determinar las ventajas y desventajas de las diferentes técnicas y encontrar la mejor combinación de técnicas para crear un sistema de *e-learning* personalizado.

XXXI. CISing up service learning a systematic review of service learning experiences in computer and information science

(Yamamoto et al., 2023) presentan una revisión sistemática de los beneficios del servicio de aprendizaje en informática y ciencias de la información (CIS), entre los cuales se destaca que proporcionan a los estudiantes experiencias del mundo real puede influir positivamente a la comunidad.

Aunque el servicio de aprendizaje en informática y ciencias de la información (CIS) tiene muchos beneficios también conlleva costos, como la falta de recursos y de conocimientos técnicos. Los autores subrayan la necesidad de una evaluación más rigurosa y de beneficios equitativos para todas las partes interesadas.

Los autores analizan 84 informes de experiencias para comprender los beneficios y los costos del aprendizaje del servicio de aprendizaje en informática y ciencias de la información (CIS) para así poder ofrecer recomendaciones para las mejores prácticas.

XXXII. Microservices and web-services a review

(Meshaal & Saif, 2022) analizan las diferencias entre microservicios y servicios Web desde el punto de vista teórico. Los autores proporcionan una visión general de los principios y preocupaciones de cada estilo, así como una revisión detallada de los protocolos de implementación de los servicios Web (SOAP y REST). Los autores también exploran los desafíos de implementar microservicios sobre servicios Web y los compara en términos de acoplamiento débil.

Los autores destacan que los microservicios aún están en las primeras etapas de exploración. La mayor fortaleza de los microservicios es su distribución generalizada, pero la mayor debilidad es la dificultad de programar sistemas distribuidos. Los autores también discuten los desafíos de gestionar cambios en los servicios que pueden tener efectos secundarios en otros servicios y las amenazas de seguridad aumentadas debido a la comunicación en red.

Adicionalmente los autores realizan una comparación entre los servicios Web REST y SOAP. Los parámetros que consideran los autores para la comparación son el tiempo de respuesta, la arquitectura, la seguridad, la fiabilidad y la eficiencia.

Los autores concluyen que los microservicios están menos acoplados que los servicios Web, lo que los hace más adecuados para lograr los principios de SOAP. Sin embargo, hay situaciones a considerar al implementar microservicios, como lidiar con diferentes idiomas y gestionar especificaciones de comportamiento. La comparación entre REST y SOAP muestra que REST tiene ventajas en términos de tiempo de respuesta y facilidad de uso, mientras que SOAP es confiable y seguro.

XXXIII. A review of cloud computing for the evolution of the e-learning process

(Muddam & Satti, 2023) abordan el uso de la computación en la nube en la evolución del proceso de enseñanza. Los autores exploran los beneficios de la computación en la nube en términos de escalabilidad, flexibilidad y seguridad para las plataformas de *e-learning*. También, los autores discuten los desafíos y las posibles soluciones en la implementación de la computación en la nube en el sector educativo, por otro lado, los autores discuten los beneficios e implicaciones de usar la computación en la nube en los sistemas de *e-learning*.

La computación en la nube permite una mayor accesibilidad, ahorro de costos y escalabilidad en la educación. También permite la colaboración y el aprendizaje remoto. Sin embargo, existen desafíos como la conectividad a Internet y la necesidad de software y recursos especializados. Los autores enfatizan la necesidad de investigación y desarrollo para mejorar las experiencias de aprendizaje personalizadas y abordar las preocupaciones de seguridad y privacidad. En general, el *e-learning* basado en la nube tiene el potencial de mejorar la educación, pero requiere una planificación e implementación cuidadosas.

Enfoque de procesos de capacitación en empresas o en el lugar de trabajo

I. Adaptive workplace e-learning model.

En (Pashev et al., 2020) proponen un modelo formal para facilitar la adaptabilidad en términos de perseguir objetivos personales y corporativos. Ellos mencionan que la formación en el lugar de trabajo es un proceso dinámico que puede tener lugar en la práctica como una formación de mentores cara a cara o como un autoaprendizaje en línea. Al implementar el autoaprendizaje en línea o auto estudio asistido por computadoras se tiene que considerar los siguientes componentes:

- Participantes en el proceso de aprendizaje: aprendiz; entrenador; gerente
- Objetivos de aprendizaje: metas individuales del alumno; metas corporativas (definidas por el gerente)
- Contexto del lugar de trabajo en el que se lleva a cabo la formación
- Oportunidades de adaptabilidad, flexibilidad y adaptación del sistema en el contexto del lugar de trabajo

Este tipo de aprendizaje comúnmente es aplicado en entornos escolares o universitarios. Sin embargo, el aprendizaje en el lugar de trabajo es algo diferente del aprendizaje escolar o universitario en términos del alumno, el contenido del aprendizaje y el contexto del aprendizaje. Los autores se basan en la hipótesis de que los resultados de la medición del desempeño son el indicador de los empleados para sus necesidades de aprendizaje personalizadas.

Con base a esta hipótesis, ellos crear un sistema de software que los apoya al diseño y presentación conceptual de los procesos de trabajo, metas de la empresa, metas personales y los factores externos involucrados en los procesos, indicadores claves que son importantes para el logro de las metas planteadas, digitalización / digitalización de documentos involucrados en el flujo de documentos de la organización, procesamiento y recuperación de metadatos, capacidades para indexación semántica de documentos, modelado de indicadores clave de éxito, diseño de modelos de procesos de negocio, modelado de adaptabilidad del sistema y por ultimo a crear oportunidades para analizar y evaluar el avance hacia el logro de las metas, retroalimentación y recomendaciones del sistema.

II. Learning Web services for e-learning in the workplace.

(V. L. Caballero et al., 2019) proponen un método que consiste en generar recursos de aprendizaje a partir de un modelo de procesos de negocio con el fin de relacionar las tareas reales con los recursos de aprendizaje. Como salida de este modelo se van a obtener SWA-C los cuales son recursos de aprendizaje empacados en servicios Web. La principal función de los SWA-C es entregar un recurso de aprendizaje a un cliente para propósitos de capacitación.

El método propuesto está conformado por tres actividades, las cuales se describen a continuación:

- **Identificación del proceso de negocio**, esta actividad tiene el objetivo de identificar las actividades, tareas y roles.
- **Identificación del recurso de aprendizaje**, esta actividad consiste en que las tareas identificadas ayudaran a definir los recursos de aprendizaje
- **Empacar el recurso de aprendizaje como servicio Web**, la finalidad de esta actividad es empacar los recursos de aprendizaje en servicios Web para su publicación e invocación.

Los SWA-C contruidos son considerados relevantes para el proceso de negocio, es decir que el recurso que se entrega está fuertemente relacionado con una tarea que se realiza en un proceso organizacional.

La principal aportación de este trabajo es un método que permite generar recursos de aprendizaje para capacitación en el lugar de trabajo, debido a que toma en cuenta las tareas que se llevan a cabo en la empresa y que las personas requieren aprender.

III. Learning management systems in the workplace: A literature review

(Sabharwal et al., 2019) tienen como objetivo estudiar los factores de usabilidad de los sistemas de gestión de aprendizaje (LMS), su implementación y adopción, así como sus limitaciones y barreras, con un énfasis específico en LMS en los lugares de trabajo.

El autor menciona que la usabilidad que debe tener las plataformas de aprendizaje. La usabilidad se define como una medida del grado en que los usuarios pueden usar un producto o sistema para lograr sus objetivos de manera efectiva, eficiente y satisfactoria; esto significa que los usuarios recibirán una formación rápida y eficaz si el grado de usabilidad del LMS es alto. Además, el autor menciona que la formación online se está volviendo más importante, ya sea para la educación o el aprendizaje basado en habilidades en el lugar de trabajo. Esta forma contemporánea de impartir formación no solo elimina tener que acceder físicamente al material de aprendizaje, sino que también aumenta la interacción entre el formador y el alumno. La satisfacción laboral se puede determinar aumentando el nivel de motivación de los empleados y, si bien existen numerosas formas, los programas de capacitación eficientes y efectivos son vitales porque aumentan las habilidades y los ayudan a adquirir nuevos conocimientos.

La principal función de un LMS en los lugares de trabajo es garantizar que el personal pueda recibir formación con los conocimientos, las habilidades y los comportamientos relevantes que se esperan en un lugar de trabajo, con el objetivo de permitir que el personal complete de manera eficiente las tareas relacionadas con el trabajo. La selección de un LMS adecuado dentro de una organización depende de muchos factores: interfaz de usuario, soporte y servicio, características, propuestas de venta únicas, velocidad de innovación y adaptabilidad y comentarios de los consumidores

Desde la perspectiva de los factores de usabilidad, un LMS debe ser intuitivo, fácil de aprender y reducir la ambigüedad. Para proporcionar valor, un LMS debe permitir a los administradores o gerentes tener fácil acceso a las capacidades de generación de informes, tener una curva de aprendizaje baja y ofrecer funcionalidades y características que se puedan utilizar para involucrar a los alumnos en cualquier entorno educativo.

IV. Does audience matter? Comparing teachers' and nonteachers' application and perception of quality rubrics for evaluating Open Educational Resources

En el trabajo de (Yuan & Recker, 2018) se examinó la eficacia y utilidad de diversas rubricas de evaluación de calidad REA aplicados por dos grupos de participantes (docentes y no docentes). En la cual, la mayoría tuvo dificultad en la aplicación y su percepción difería. Es decir, los maestros preferían rubricas más flexibles, debido a su experiencia, mientras que los no docentes preferían rúbricas con pautas detalladas. Los hallazgos de este estudio brindaron sugerencias para los desarrolladores de rúbricas al identificar indicadores con baja confiabilidad o aplicabilidad. Por lo tanto, los desarrolladores deben tener en cuenta la audiencia objetivo, especialmente en lo que respecta al conocimiento y la experiencia previos, al desarrollar rúbricas para evaluar la calidad de los REA.

V. Self-Oriented Learning based on Intelligent Systems into the Workplace

De acuerdo con (Mendes et al., 2017) la implementación de sistemas de aprendizaje inteligentes con contenidos autorregulados está relacionado a las exigencias y complejidad de tareas. Su principal objetivo es apoyar el aprendizaje autodirigido en el lugar de trabajo, para mejorar los niveles de desempeño y las habilidades. Este tipo de sistema se enriquece con las contribuciones de sus miembros. Su objetivo es que pueda funcionar como un complemento útil, para mejorar la ejecución profesional y los niveles de desempeño, con el consecuente impacto en el negocio de la empresa.

VI. Review and discussion: E-learning for academia and industry

El objetivo principal del trabajo de (Chang, 2016) es realizar una revisión de la literatura sobre el impacto del *e-learning* en la academia y en la industria. El autor menciona que la mejor forma de implementar el *e-learning* en las empresas o académicamente es usar el aprendizaje interactivo.

Este tipo de aprendizaje es la combinación del aprendizaje electrónico y el aprendizaje presencial para garantizar que el proceso de aprendizaje pueda estimular los intereses de los alumnos, informar de su progreso y tener tutores para proporcionar comentarios y guiar a los alumnos para cumplir los objetivos de aprendizaje. Las principales ventajas del aprendizaje interactivo son que pueden ayudar a los alumnos a alcanzar sus objetivos, tener mejores índices de satisfacción con el aprendizaje y puede garantizar que los empleados estén equipados con las habilidades y los conocimientos más recientes para completar sus tareas mejor, más rápido y con mayor eficiencia.

A partir de esta revisión, el autor concluye que el aprendizaje interactivo es un método para la capacitación del personal en la industria y el ambiente académico, validando su propuesta, con cinco ejemplos exitosos de eficacia del aprendizaje interactivo.

VII. Proposed model to evaluate the impact of e-training on work performance among IT Employees in Malaysia

(Saidin & Iskandar, 2016) proponen un modelo de investigación, donde gracias a este modelo se va a poder evaluar la efectividad de la capacitación electrónica en el desempeño laboral. Al igual mencionan que la palabra e-training abarca todo tipo de aprendizaje electrónico, capacitación electrónica y tecnologías basadas en la Web, por ejemplo, elementos fundamentales de sus procesos de capacitación.

Además, mencionan que la capacitación electrónica tiene muchas ventajas tanto para los empleados como para la organización. Por ejemplo, mejora continuamente sus habilidades y conocimiento, al igual, les permite acceder al contenido en cualquier momento y en cualquier lugar.

Los autores concluyen que la capacitación electrónica ayuda a interrelacionar las variables medibles de ajuste de tecnología de tareas y ajuste de tecnología social. También que la tecnología es un papel importante para el impacto en la formación electrónica, así como en el rendimiento del empleado.

VIII. A model for assessing the impact of e-learning systems on employees' satisfaction

(Navimipour & Zareie, 2015) proponen un modelo y un marco para evaluar el impacto del *e-learning* en la satisfacción de los empleados. Teniendo como objetivo mejorar la satisfacción de los empleados mediante sistemas de *e-learning* y qué tipos de actividades de formación o enseñanza son eficaces para aumentar su satisfacción en el aprendizaje.

Las principales aportaciones de este trabajo de investigación son los siguientes:

- Mejorar nuestra comprensión de cómo definir y evaluar la satisfacción de los empleados con los sistemas de aprendizaje electrónico.
- Proporcionar un modelo y un marco para evaluar el impacto del aprendizaje electrónico en la satisfacción de los empleados.
- Contribuir a una mejor comprensión de las estrategias de instrucción para diseñar y promover sistemas de *e-learning* en las organizaciones.
- Mejorar los resultados del aprendizaje y la enseñanza.
- Explorar los desafíos futuros del aprendizaje electrónico.

Los autores definen a la satisfacción como sentimientos positivos o respuestas agresivas; mientras que otros lo definieron como la brecha entre la ganancia esperada y la ganancia real.

Con base en esta definición ellos encontraron que la satisfacción de los empleados al tomar un curso o capacitación se mide considerando los siguientes parámetros: se toma en cuenta la tecnología educativa utilizada, las dimensiones de la tecnología educativa (la calidad del sistema de aprendizaje, la disponibilidad de los sistemas y el uso del conocimiento del sistema, el sistema de soporte técnico y el sistema fácil de usar), el contenido educativo (dimensiones de calidad de contenido, cantidad de contenido de aprendizaje, flexibilidad espacial y temporal, efectividad del contenido y grupos de trabajo). Además, los empleados indicaron una mayor creencia de que un programa de capacitación en aprendizaje electrónico podría utilizarse para mejorar las habilidades, la motivación y el conocimiento.

IX. E-learning in workplaces

El objetivo principal de la investigación de (Daneshgar et al., 2008) es establecer el concepto de *e-learning* a partir de estudios anteriores y desarrollos recientes en el lugar de trabajo con el fin de proporcionar directrices para el desarrollo del *e-learning* adecuado para las organizaciones.

Se manejan diferentes definiciones de *e-learning* entre las cuales se destacan las siguientes: el concepto de aprendizaje permanente, en el que las personas mejoran y desarrollan continuamente sus conocimientos y habilidades para tener éxito en un mundo que cambia rápidamente, *e-Learning* promueve el aprendizaje y la personalización ubicuos y a su propio ritmo. Estas ventajas hacen que el aprendizaje electrónico sea más adecuado para la economía en constante cambio que los enfoques de aprendizaje más tradicionales y atrae mucho interés de investigación en el campo del aprendizaje electrónico. Con base a las definiciones anteriores el autor define al *e-learning* como: “El uso de diversas herramientas tecnológicas basadas en la Web, distribuidas en la Web o aptas para la Web, con fines educativos”. Además, menciona que la adopción del *e-learning* es una tendencia mundial. Es una estrategia prometedora que tiene el potencial de brindar una mayor experiencia de aprendizaje de manera ubicua con un costo menor.

Estas definiciones el autor las aplica en las instituciones educativas y en el lugar de trabajo, pero indica que existen varias similitudes, por ejemplo: la promoción del aprendizaje colaborativo; el objetivo común de diseñar un entorno de aprendizaje electrónico orientado al alumno; y los problemas muy similares de tecnología y entrega que enfrentan ambos entornos contextuales. Sin embargo, existen diferencias, por ejemplo: los enfoques de aprendizaje de los estudiantes universitarios difieren mucho de los empleados en general; el éxito del aprendizaje electrónico en el lugar de trabajo a menudo está

vinculado al proceso de negocio, mientras que el éxito del aprendizaje electrónico en la educación superior se centra en el resultado del aprendizaje del estudiante; y los empleados tienen más oportunidades de participar en el proceso de diseño de *e-learning*.

X. Towards Business Process Management based Workplace e-Learning

(Subramanian, 2016) propone el diseño de un marco de aprendizaje que este apegado al proceso de negocio. El marco está basado en el BPM (Gestión de procesos de negocio, por sus siglas en inglés), porque este ayuda a mapear el funcionamiento de la empresa a gran escala y ayudara a definir con facilidad el itinerario del aprendizaje.

El aprendizaje debe estar alineado al modelo y los objetivos del negocio para que se puedan cubrir las necesidades y desarrollar las competencias del empleado. La forma en que el empleado obtendrá los conocimientos será a través de un itinerario de aprendizaje, el cual estará formado por una serie de objetivos y actividades.

La contribución de este trabajo fue el diseño, desarrollo y validez de un marco para el aprendizaje orientado a procesos.

XI. Critical success factors for adoption of Web-based learning management systems in Tanzania

(Lwoga, 2014) menciona que los factores relacionados con la calidad (instructor y sistema) fueron un predictor clave de la utilidad percibida y la satisfacción del usuario, y se encontró que la calidad de la información afecta significativamente la utilidad percibida. Además, la utilidad percibida fue un determinante clave de la satisfacción del usuario, que a su vez predijo la intención de uso continuo de los estudiantes dentro del sistema de aprendizaje electrónico bajo análisis. El modelo desarrollado combinó siete variables: calidad de la información, calidad del sistema, calidad del servicio, calidad del instructor, utilidad percibida, satisfacción del usuario e intención de uso continuo. Los resultados muestran que los factores de calidad (instructor y sistema) fueron un predictor de la utilidad percibida y la satisfacción del usuario, y se encontró que la calidad de la información afecta significativamente la utilidad percibida. Además, la utilidad percibida fue un determinante clave de la satisfacción del usuario, que a su vez predijo la intención de uso continuo de los sistemas de aprendizaje electrónico. Es importante que los diseñadores y proveedores de sistemas de aprendizaje electrónico y los instructores de cursos consideren todos estos factores para la aceptación y el uso efectivos de los sistemas y servicios de aprendizaje electrónico.

XII. Investigating Students' Satisfaction And Continuance Intention Toward E-Learning: An Extension Of The Expectation–Confirmation Model

(Chow & Shi, 2014) proponen examinar el factor ECM (modelo de confirmación de expectativa) de PAE (expectativa posterior a la adopción) como explicación de las experiencias posteriores a la adopción de los estudiantes en el aprendizaje electrónico. Se proponen cuatro factores clave de garantía de calidad (es decir, el proceso de aprendizaje, la interacción del tutor, la interacción con los compañeros y el diseño del curso) para ampliar la comprensión de la experiencia de los estudiantes en el aprendizaje electrónico. Los resultados demuestran que la confirmación de los estudiantes sobre el uso del *e-learning* tiene un impacto directo en los cuatro factores propuestos. De estos cuatro factores, el proceso de aprendizaje y el diseño del curso son los únicos dos factores que tienen una influencia directa tanto en SAT (satisfacción de los usuarios) como en IC (intención de continuidad). Sin embargo, es interesante notar que la interacción del tutor y la interacción con los compañeros no juegan un papel para predecir el SAT de los estudiantes y el CI del *e-learning*.

XIII. A scoping review of Critical Predictive Factors (CPFs) of satisfaction and perceived learning outcomes in E-learning environments

(Yunusa & Umar, 2021) realizan un estudio para revisar artículos basados en la satisfacción y el aprendizaje percibido como variables de criterio en contextos de educación de *e-learning*. Se incluyen 53 artículos entre los cuales se destaca que el modelo DeLone & McLean Information Systems Success (D & MISS) es el paradigma más utilizado en los estudios de satisfacción y aprendizaje percibido, mientras que el enfoque en la investigación cuantitativa es el método de investigación más implementado. Además, los resultados muestran que Estados Unidos de América produjo la mayor cantidad de literatura sobre satisfacción y aprendizaje.

También proponen un modelo de factores predictivo de satisfacción y aprendizaje, su modelo puede utilizarse para evaluar cualquier sistema de e-Learning en la educación superior, ya que encapsula todos los componentes de los sistemas de e-learning extraídos de la revisión. Los factores que se consideran son; los factores ambientales, los factores de personalidad y situacionales, la dinámica de la comunicación y los factores organizacionales.

XIV. An ontology-based hybrid e-learning content recommender system for alleviating the cold-start problem

(Jeevamol & Renumol, 2021) proponen un sistema de recomendación de contenido basado en ontologías (OB) para abordar el problema del inicio en frío del nuevo usuario. En el modelo de recomendación propuesto, la ontología se utiliza para modelar al alumno y los objetos de aprendizaje con sus características. Las técnicas de filtrado colaborativas y basadas en contenido se utilizan en el modelo de recomendación para generar las N recomendaciones principales basadas en las calificaciones de los alumnos.

Las ontologías se utilizan para almacenar el conocimiento del dominio sobre el alumno y los objetos de aprendizaje y el historial de aprendizaje de cada alumno. Se llevaron a cabo experimentos para evaluar el rendimiento y la precisión de la predicción del modelo propuesto en condiciones de arranque en frío utilizando las métricas de evaluación de error absoluto medio, precisión y recuperación. Los resultados experimentales muestran que el rendimiento y la precisión de los algoritmos propuestos son mejores en las condiciones de arranque en frío. Además, el algoritmo propuesto genera recomendaciones más confiables y personalizadas mediante el uso de conocimientos de dominio ontológico y calificaciones históricas de los estudiantes.

XV. Educational Leadership for E-Learning in the Healthcare Workplace

En (Fahlman, 2012), el autor propone que el liderazgo educativo efectivo puede marcar la diferencia en la resolución de problemas complejos que afectan el mercado educativo actual impulsado por la demanda. Las necesidades continuas de desarrollo profesional y de habilidades de los recursos humanos se pueden gestionar mejor a través de un liderazgo estratégico distribuido combinado con un liderazgo de servicio. Juntos, estos dos enfoques pueden ofrecer el puente crítico para un liderazgo educativo efectivo para el aprendizaje electrónico dentro del lugar de trabajo.

El liderazgo combinado puede proporcionar el puente fundamental para incorporar un aprendizaje electrónico efectivo para mejorar las habilidades para satisfacer las necesidades del siglo XXI.

XVI. Learner Satisfaction of e-Learning in Workplace: Case of Oil Company in Middle East

El objetivo de (Al-Qahtani et al., 2013) es identificar los factores que afectan la satisfacción de los estudiantes en una gran corporación en Arabia Saudita. Al adoptar una perspectiva organizativa/tecnológica para el sistema de *e-Learning*.

Se seleccionó un modelo adecuado como marco teórico inicial que caracteriza varios factores subyacentes para la satisfacción de los estudiantes en el mundo actual. El estudio de caso fue a través de cuatro entrevistas semiestructuradas con empleados seleccionados de la organización, no se pudieron realizar preguntas sobre la Oportunidad de Respuesta del Instructor, la Actitud del Instructor hacia el *e-Learning* y el nivel Percibido de Interacción factores que aparecen en el modelo teórico propuesto desarrollado originalmente para la Educación Superior.

Las entrevistas mostraron que el sistema *e-Learning* no proporcionó ninguna funcionalidad de interacción y comunicación entre los estudiantes. Una de las principales motivaciones para que la organización del estudio de caso adopte el método de *e-Learning* es la necesidad de “administrar el aprendizaje electrónico de los empleados”.

El diseño instruccional interactivo es un factor esencial para la satisfacción y el éxito en el aprendizaje, por lo que se recomienda que las organizaciones implementen, utilicen y promuevan funciones de interacción y comunicación en sus cursos de *e-Learning* para mejorar la experiencia de aprendizaje permanente en el lugar de trabajo.

Además, el estudio identificó factores adicionales que pueden ser relevantes para las grandes corporaciones de Medio Oriente. Esto, a su vez, facilitará el desarrollo de un cuestionario de encuesta que cruce culturas distintivamente diferentes.

XVII. Learning paradigms in workplace e-learning research

El objetivo de (Norén Creutz, I., Wiklund, 2014) es explorar las investigaciones académicas sobre el aprendizaje electrónico en el lugar de trabajo, publicados entre 2000 y 2013.

Los resultados indican que el contexto general del aprendizaje electrónico se describe en términos de diseño, modelos de aprendizaje, eficacia, motivación de los empleados y actitudes hacia el uso de la tecnología. El aprendizaje se deja a menudo sin definir o se sitúa como una cuestión marginal en relación con el tema específico estudiado. La constatación de que el aprendizaje no se problematiza explícitamente en la mayoría de los estudios indica que la relación entre el e-learning y el aprendizaje, incluido el permanente. En este estudio, el *e-learning* se considera en gran medida un concepto vago y complejo que trata de todo menos del aprendizaje.

XVIII. Designing a Strategic Measurement Program for Software Engineering Organizations: Discovering Difficulties and Problems

(Mitre-Hernández et al., 2014) realizan un estudio para observar y analizar los métodos de medición tales como el método balanceado objetivo-cuantificadores, medición practica y el cuadro de mando integral y medición dirigida por metas para el diseño de un programa.

Los resultados muestran un panorama de los problemas y dificultades comunes, que son útiles a considerar cuando se diseñó un programa, al igual se llegó a la conclusión que al considerar hitos que involucren el objetivo estratégico ayudara a crear un programa alineado a la organización y justificar las utilidades o beneficios de la integración.

XIX. Workplace learning through peer groups in medical school clerkships

(Chou et al., 2014) examinan las percepciones de los estudiantes sobre cómo lograron el aprendizaje en el lugar de trabajo en el contexto de grupos de compañeros formados intencional o aleatoriamente. Se utilizó el método de una encuesta sobre las relaciones con los compañeros con preguntas abiertas basadas en un marco de aprendizaje en el lugar de trabajo, incluyendo los temas de las relaciones en el lugar de trabajo, la naturaleza de las prácticas de trabajo y la selección de tareas y actividades. Se realizó un análisis de contenido cualitativo para caracterizar las experiencias de los estudiantes.

Como resultado los grupos de compañeros proporcionaron abundantes recursos, incluyendo la orientación anticipada sobre las expectativas de los estudiantes, las mejores prácticas en la interacción, consejos útiles en la transición entre las rotaciones, e información sobre las reglas implícitas de las pasantías. Además, los estudiantes logran muchos aspectos del aprendizaje en el lugar de trabajo en las prácticas a través de grupos formales o informales de compañeros de trabajo. En estos grupos, los compañeros proporcionan recursos accesibles, en tiempo real y relevantes para ayudarse mutuamente a navegar por las transiciones, aclarar las funciones y las tareas, gestionar los retos interpersonales y disminuir el aislamiento.

XX. Learning actions, objects and types of interaction: A methodological analysis of expansive learning among pre-service teachers

(Rantavuori et al., 2016) crean una metodología para entender el aprendizaje colaborativo. El estudio parte de analizar un proceso de aprendizaje colaborativo entre profesores finlandeses de educación infantil que planifican su propio aprendizaje de forma autorregulada. Este considera la teoría de la actividad histórica cultural y la teoría del aprendizaje expansivo. También, se examina la teoría del aprendizaje expansivo como un posible marco conceptual y metodológico para entender el aprendizaje colaborativo.

Como resultado apareció un mini ciclo expansivo casi completo de acciones de aprendizaje. Sin embargo, el análisis de los pasos de formación del objeto compartido reveló un proceso iterativo más complejo. A medida que el proceso de aprendizaje expansivo se movía epistémicamente desde el cuestionamiento hasta el análisis, el modelado y la implementación, también se movía interactivamente desde la coordinación hasta la cooperación y la comunicación. Las transiciones y las perturbaciones fueron cruciales para la dinámica del aprendizaje expansivo.

XXI. Students' Perceptions of a Constructivist Classroom: A Collaborative Learning Approach

(Theng & Mai, 2013) tienen como objetivo estudiar la percepción de los estudiantes sobre el aprendizaje colaborativo basado en la Web con un entorno de aprendizaje constructivista que está diseñado sobre la base del principio de aprendizaje constructivista de Jonassen.

Participan 104 estudiantes de primer curso de grado como muestras de investigación. Están expuestos al entorno de aprendizaje constructivista que está integrado en una asignatura común que se ofrece a todos los estudiantes de la Licenciatura en Informática que en la Universidad Internacional INTI. Este entorno de aprendizaje constructivista se centra en un proyecto estudiantil de desarrollo de una aplicación multimedia interactiva que requiere que los estudiantes utilicen diversas habilidades, herramientas de software y enfoques para resolver los problemas de mala estructura.

Se utiliza un conjunto de cuestionarios para recoger las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje colaborativo en grupo en el entorno de aprendizaje constructivista. Esta encuesta se lleva a cabo una vez finalizado el proyecto y el resultado se analiza utilizando el SPSS para evaluar la fiabilidad de los ítems de la encuesta y realizar un análisis factorial.

Estos datos estadísticos se utilizan para descubrir algunos hechos significativos y sus relaciones subyacentes, y mejora la comprensión de cómo los estudiantes perciben el aprendizaje colaborativo basado en la Web en este entorno.

XXII. Authentic leadership and organizational culture as drivers of employees' job satisfacción

(Azanza et al., 2013) realizan un estudio para examinar cómo las culturas organizativas orientadas a la flexibilidad. Lo cual está basada en el apoyo y la innovación, puede aportar un gran valor en la economía competitiva actual. Este tipo de cultura organizativa puede ser un tipo de cultura para el liderazgo auténtico, que, a su vez, tiene efectos positivos en las actitudes de los empleados. Para validar el estudio se consideraron los datos de 571 empleados pertenecientes a varias organizaciones privadas españolas.

Los resultados muestran que el liderazgo auténtico media parcialmente la relación positiva entre las culturas organizativas orientadas a la flexibilidad y la satisfacción laboral de los empleados. Estos resultados hacen avanzar la teoría sobre la integración de la cultura organizativa en la investigación sobre el liderazgo auténtico y proporcionan directrices para mejorar la satisfacción laboral de los empleados.

XXIII. Multimodal learning analytics of collaborative patterns during pair programming in higher education

De acuerdo con (W. Xu et al., 2023) la programación en parejas (PP), como modo de resolución colaborativa de problemas (CPS) en la enseñanza de la programación informática, requiere que dos estudiantes trabajen en pareja para co-construir conocimientos y resolver problemas. Teniendo en cuenta la compleja multimodalidad de la programación en parejas causada por los discursos, comportamientos y socio-emociones de los estudiantes, es de vital importancia examinar sus patrones de colaboración desde una perspectiva holística, multimodal y dinámica. Pero faltan estudios que investiguen las pautas de colaboración generadas por la multimodalidad. Los autores proponen el análisis del aprendizaje multimodal (MMLA) para recopilar datos de procesos y productos multimodales de 19 parejas de estudiantes universitarios con el fin de examinar diferentes patrones de colaboración basados en las características cuantitativas, estructurales y transicionales. Los resultados revelaron cuatro patrones de colaboración (es decir, un patrón de consenso alcanzado, un patrón de argumentación, un patrón orientado al individuo y un patrón de ensayo y error), asociados con diferentes niveles de proceso y resultados sumativos. Se aportaron implicaciones teóricas, pedagógicas y analíticas para orientar la investigación y la práctica futuras.

XXIV. E-learning services acceptance in higher educational institutes: A case study in Brunei

Los autores (Aqilah et al., 2018) estudian la aceptación de los servicios de *e-learning* en las instituciones de enseñanza superior de Brunei Darussalam. La investigación tuvo siete hipótesis, relativas a variables independientes, intermedias y dependientes. Las variables independientes incluyen las características del profesor, el diseño de los contenidos de aprendizaje, los materiales didácticos y el carácter lúdico; mientras que las variables intermedias son los beneficios percibidos y la facilidad de uso percibida. Por otra parte, la variable dependiente en esta investigación es la intención de utilizar el *e-learning*. Se realizó un análisis de regresión múltiple para comprobar las hipótesis propuestas. El análisis de los datos de esta investigación

ha confirmado que las características del profesor, los materiales didácticos, la facilidad de uso percibida y la intención de utilizar el *e-learning* se corresponden con los beneficios percibidos. Por otra parte, el diseño del contenido didáctico y la intención de utilizar el *e-learning* se relacionan positivamente con la facilidad de uso percibida y, por último, la variable lúdica se relaciona positivamente con la intención de utilizar el *e-learning*.

XXV. Enhancing collaborative learning in Web 2.0-based e-learning systems: A design framework for building collaborative e-learning contents

De acuerdo con (El Mhouthi et al., 2017) hoy en día, la implicación de las tecnologías Web 2.0 en el *e-learning* permite vislumbrar nuevas formas de enseñanza y aprendizaje, abogando por un lugar importante a la colaboración y la interacción social. Sin embargo, en los sistemas de *e-learning*, aprender de forma colaborativa no siempre es tan fácil, ya que una de las dificultades a la hora de organizar cursos de *e-learning* puede ser que estos cursos no estén adaptados a este tipo de aprendizaje basado en la colaboración. En la mayoría de las ocasiones, estos cursos se construyen de forma individual, una forma que no estimula el aprendizaje colaborativo y social. El autor propone una solución conceptual para el diseño informático y el desarrollo del conocimiento pedagógico, que deben estar en adecuación con las actuales prácticas de *e-learning* basadas en las características de la Web 2.0: *e-learning* colaborativo. Igualmente presenta un proceso de diseño-desarrollo online y colaborativo de contenidos *e-learning* como mapas conceptuales, proceso que tiene lugar en un entorno online. El aspecto novedoso de este enfoque es que el contenido generado siguiendo el proceso propuesto es cada vez menos el producto de un único autor, sino que éste es el resultado de un trabajo en equipo, y está adaptado a las prácticas de *e-learning* colaborativo. Los resultados encontrados validan el interés de los profesores implicados hacia el enfoque propuesto.

XXVI. Research on e-learning in the workplace 2000–2012: A bibliometric analysis of the literatura

(Cheng et al., 2014) presentan una revisión sistemática de 324 artículos sobre el *e-learning* en el lugar de trabajo publicados en revistas académicas y actas de congresos entre 2000 y 2012. Los resultados identifican seis temas de investigación en este campo, que se clasifican a su vez en cuatro dimensiones: el *e-learning* para la formación continua y el desarrollo profesional, el *e-learning* en el sector sanitario (como una de las iniciativas de *e-learning* más prolíficas), el uso de los medios sociales para el *e-learning* y la integración de la gestión del conocimiento con el *e-learning*. Al incorporar los resultados del análisis con las revisiones pertinentes, este estudio ofrece una imagen completa y una visión holística del ámbito del *e-learning* en el lugar de trabajo, y sugiere direcciones para futuros trabajos.

XXVII. Workplace happiness: The key to employees retention

(Roy & Konwar, 2018) investigan la relación entre la satisfacción en el lugar de trabajo y la retención de empleados. Destaca la importancia de crear un ambiente de trabajo positivo e identifica factores como las relaciones superior-subordinado, las relaciones entre compañeros de trabajo, la integración entre la vida laboral y personal, el reconocimiento, la atención plena y las entrevistas de permanencia como elementos esenciales para fomentar la felicidad en el lugar de trabajo. Los autores enfatizan que aumentar la felicidad en el lugar de trabajo no es solo una estrategia sostenible para la retención de empleados, sino también una ventaja competitiva clave para las organizaciones. Al invertir en estos factores, las organizaciones pueden mejorar la felicidad en el lugar de trabajo, aumentar las tasas de retención de empleados y obtener una ventaja competitiva en el mercado.

Los autores sugieren que un ambiente de trabajo positivo, las oportunidades de crecimiento personal y el equilibrio entre la vida laboral y personal son importantes para la satisfacción de los empleados. Sin embargo, un número significativo de participantes expresó la intención de abandonar su organización actual en los próximos 12 meses. Se enfatiza la necesidad de que las organizaciones prioricen la creación de una cultura de trabajo positiva y aborden los factores que contribuyen a la satisfacción laboral para mejorar las tasas de retención de empleados. También, sugiere estrategias como una mejor integración entre la vida laboral y personal, reconocimiento, atención plena, entrevistas de permanencia de empleados y fomentar relaciones positivas con supervisores y compañeros de trabajo para mejorar la felicidad en el lugar de trabajo y la retención de empleados. Además, reconoce limitaciones como los datos auto informados y un tamaño de muestra limitado, y sugiere investigaciones futuras para explorar más a fondo estos factores e intervenciones.

XXVIII. E-learning adoption for sustainable higher education

(Mashroofa et al., 2023) examinan los factores que influyen en la adopción del *e-learning* y su impacto en la sostenibilidad de la enseñanza en las universidades estatales de Sri Lanka. Utiliza la Teoría del Comportamiento Planificado (TCP) como marco y formula varias hipótesis para probar las relaciones entre diferentes variables. También considera el efecto mediador de la intención de comportamiento y los efectos moderadores del género, el nivel de alfabetización informática y la posición académica. El método de investigación utilizado es cuantitativo y los datos se analizan utilizando el Modelado de Ecuaciones Estructurales (SEM).

La población del estudio estaba formada por académicos permanentes adscritos a universidades públicas de Sri Lanka. El tamaño de la muestra fue de 357 para una población de 5.399 personas, y se utilizó una técnica de muestreo estratificado para seleccionar la muestra. El estudio utilizó un método cuantitativo bajo el supuesto filosófico del positivismo. Los investigadores aplicaron el Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM) para comprobar la asociación entre los factores.

Los autores como resultado muestran que la actitud y el control conductual percibido influyen en el uso del *e-learning*, pero no en la norma subjetiva. Mientras que la intención conductual media en la relación entre la actitud y el control conductual percibido y el uso del *e-learning*, la norma subjetiva media en la asociación entre la intención conductual y la sostenibilidad en la enseñanza. El género, la posición académica y el nivel de conocimientos informáticos moderan las relaciones causales de los factores que influyen en la sostenibilidad en la enseñanza.

Finalmente, los autores concluyen que la actitud, el control conductual, la intención conductual y el comportamiento de uso del *e-learning* son los factores que influyen en la sostenibilidad en la enseñanza. Los autores recomiendan a las universidades que desarrollen infraestructuras, formen a los miembros del personal y establezcan una oficina para el desarrollo de la sostenibilidad.

XXIX. E-learning for continuing professional development of university librarians a systematic review

(Shahzad et al., 2023) realizan una revisión sistemática sobre el *e-learning* para el desarrollo profesional continuo (CPD) de los bibliotecarios universitarios. El estudio tiene como objetivo identificar los factores que influyen en el *e-learning* para el CPD, los desafíos que se enfrentan en la adopción del *e-learning* y las mejores prácticas para diseñar una cartera de *e-learning* eficiente. Los autores realizaron una búsqueda utilizando 16 bases de datos y herramientas digitales líderes, e incluyeron 30 artículos de investigación con factor de impacto alto para su análisis. Los hallazgos revelan que los factores como la supervivencia organizacional, los cambios continuos, la adopción de tecnologías emergentes y el crecimiento profesional

fomentan el *e-learning* para el CPD. Los autores también identifican desafíos como dificultades técnicas, falta de fondos, dependencia de modelos convencionales y cargas de trabajo abrumadoras en la adopción del *e-learning*. Los autores proponen un marco para el desarrollo de una cartera de *e-learning* efectiva basada en el análisis temático de estudios existentes. Además, los autores proporcionan ideas teóricas para los investigadores y consideraciones prácticas para los implementadores de políticas en el desarrollo de programas de *e-learning* sostenibles para bibliotecarios universitarios.

XXX. A review of the strategies used in the IT sector for employee training and development

(Chethana & Noronha, 2023) revisan las estrategias utilizadas en el sector de las tecnologías de información (TI) para la formación y el desarrollo de los empleados, haciendo hincapié en su importancia en la actual infraestructura. Los autores analizan el impacto de estas estrategias en el rendimiento y la productividad de los empleados, cubriendo aspectos como la formación en línea, el desarrollo del liderazgo y la satisfacción de los empleados.

Además, los autores analizan los programas de formación y desarrollo de Infosys y Wipro, dos empresas de TI. Infosys revisa anualmente sus iniciativas de formación para identificar y abordar problemas, mientras que Wipro cuenta con un programa de desarrollo del liderazgo denominado Encuesta sobre las Cualidades de los Líderes de Wipro. Los autores también abordan el marco de análisis SWOC, utilizado para analizar los puntos fuertes, las debilidades, las oportunidades y los retos de una organización.

Por último, los autores ofrecen una lista de referencias relacionadas con el impacto de la formación y el desarrollo en el rendimiento de los empleados, incluidos estudios sobre diversas industrias y países, y estudios de casos sobre empresas como Infosys y Tata Consultancy Services.

XXXI. The influence of leadership, technology acceptance and training on performance

(Basalamah et al., 2022) exploran el impacto del liderazgo, la aceptación de la tecnología y la formación en el rendimiento en el campo de la Gestión de Recursos Humanos. La revisión identifica varios indicadores de rendimiento, como la calidad, la cantidad, la puntualidad, la rentabilidad, la necesidad de supervisión y el impacto interpersonal. Los autores sugieren que el liderazgo, la aceptación de la tecnología y la formación influyen significativamente en el rendimiento.

Además, se profundizan en las dimensiones y los indicadores del liderazgo y la aceptación de la tecnología. Los indicadores de liderazgo incluyen el desarrollo de los empleados, la motivación, el desarrollo de habilidades y el cambio de comportamiento, mientras que los indicadores de aceptación de la tecnología abarcan la facilidad de uso y la utilidad percibidas.

La formación se destaca como un elemento crucial para mejorar las habilidades y los conocimientos y, en consecuencia, el rendimiento de los empleados. Los indicadores de formación incluyen objetivos, metas de formación, formadores, métodos de formación, materiales de formación y alumnos.

También, se analizan los efectos positivos del liderazgo, la aceptación de la tecnología y la formación en el rendimiento de los empleados. Subraya la importancia de los estilos de liderazgo eficaces, el papel de la tecnología de la información y la necesidad de una formación adecuada para mejorar el rendimiento.

XXXII. E-learning in science education opportunities and challenges

(Rawat, 2023) aborda las oportunidades y desafíos del *e-learning* en la educación científica, destacando ventajas como la flexibilidad y accesibilidad, así como desafíos como la necesidad de infraestructura tecnológica y experiencias prácticas de laboratorio. El autor examina el estado actual del *e-learning* en la educación científica en India y se discuten varias herramientas y recursos disponibles para *el e-learning*, como Webcómic, aprendizaje basado en juegos, laboratorios virtuales y recursos de bibliotecas electrónicas. También, aborda los desafíos y obstáculos del *e-learning* en India, incluyendo la brecha digital, problemas de infraestructura, barreras del idioma, formación de profesores y evaluación.

Enfoque de completitud en recursos de aprendizaje

I. A Model for Software Product Quality

(Dromey, 1995) define un modelo que apoya a la construcción de software de calidad a través de la definición de estándares de codificación específicos del lenguaje, la clasificación sistemática de defectos de calidad y el desarrollo de auditores de código automatizados para detectar defectos en el software. El autor define a la completitud como: *“Una función posee la propiedad de ser completa si tiene todos los elementos necesarios para definir e implementar la función para que cumpla su rol de forma que no afecte la fiabilidad o la funcionalidad”*.

II. Knowledge Graph Completeness: A Systematic Literature Review

El objetivo de (Issa et al., 2021b) es proporcionar a los investigadores y conservador de datos una comprensión completa y más profunda de los trabajos existentes sobre la integridad de los datos y sus propiedades, fomentando así una mayor experimentación y desarrollo de nuevos enfoques centrados en la integridad como una dimensión de calidad de datos. Ellos definen siete tipos de completitud:

- Completitud de esquema: *“El esquema de un conjunto de datos se considera completo si contiene todas las clases y propiedades necesarias para una tarea determinada”*.
- Completitud de propiedad: *“Grado en que los valores de una propiedad específica están disponibles para una tarea determinada”*.
- Completitud de población: *“Grado en que todos los objetos del mundo real de un tipo particular están representados en un conjunto de datos”*.
- Completitud de entrelazado: *“Grado en que las instancias están interconectadas en un conjunto de datos con respecto a algunos conjuntos de datos de referencia”*.
- Completitud de metadatos: *“Grado en el que las propiedades y los valores de los metadatos no faltan en un conjunto de datos para una tarea determinada”*.
- Completitud de etiquetado: *“Grado en que las entidades del conjunto de datos tienen una etiqueta legible por humanos”*.

Para todas estas definiciones los autores crean una métrica para medirlas y da la solución a un problema que se presenta en la medición de calidad en la integridad de los datos respecto a Big Data.

III. Convergence, continuity, recurrence and Turing completeness in dynamic epistemic

La contribución principal de (Klein & Rendsvig, 2020) consiste en un marco en el que la lógica epistémica dinámica satisface los requisitos para ser un sistema dinámico topológico, interconectando lógicas dinámicas discretas con mapeos continuos de sistemas dinámicos. Ellos utilizan la máquina de Turing para validar su modelo, el cual consiste en definir un autómata e ingresarle datos de entrada y validar su comportamiento, como se muestra en la Ilustración 24.

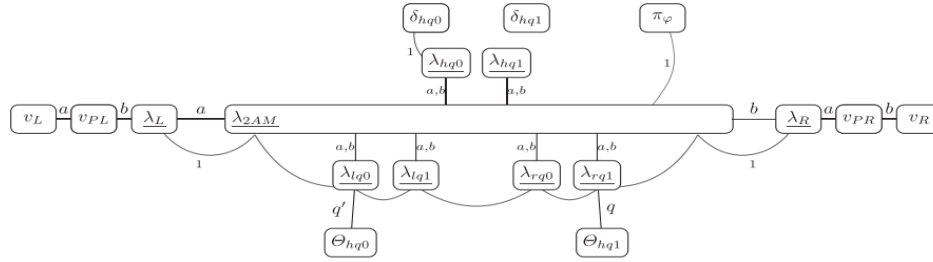


Ilustración 24 Validación del modelo con la maquina de Turing

IV. Estimating Global Completeness of Event Logs: A Comparative Study

(Pei et al., 2018) proponen medir la completitud de los registros de eventos, estos son la base de las técnicas y herramientas de minería de procesos que extraen información sobre el comportamiento del proceso para una mejor comprensión y optimización de los procesos.

V. Preventing Defects: The Impact of Requirements Traceability Completeness on Software Quality

(Rempel & Mader, 2016) mencionan la importancia de la completitud en la trazabilidad en los requerimientos de software en proyectos de pequeña o gran escala, ellos realizan la implementación de su modelo en un proyecto y utilizan regresión de Poisson para el análisis. Así mismo, formalizar la forma de medirla. Para ellos la completitud la definen como el número de los enlaces de traza que faltan con respecto a las necesidades de un caso de uso de trazabilidad.

VI. Completeness-aware Rule Learning from Knowledge Graphs

(Tanon et al., 2018) proponen utilizar metainformación de completitud para evaluar la calidad de las reglas aprendidas de los gráficos de conocimiento los cuales son grandes colecciones de hechos principalmente enciclopédicos que se utilizan ampliamente en el reconocimiento de entidades, la búsqueda estructurada, la respuesta a preguntas y otras tareas. La evaluación experimental tanto en conjuntos de datos reales como sintéticos muestra que los enfoques de clasificación de reglas propuestos tienen una precisión notablemente mayor que los métodos de última generación para descubrir hechos faltantes.

VII. An Automatic Indicator of the Reusability of Learning Objects Based on Metadata

(Sanz-rodríguez et al., 2010) proponen un indicador de reutilización, que se puede calcular automáticamente utilizando los metadatos que describen los objetos. Para que se aplique este indicador de reutilización, los registros de metadatos deben alcanzar una cierta completitud, garantizando que el material esté adecuadamente descrito.

VIII. Completeness, security and privacy in user modelling for Web-based learning

(Virvou et al., 2006) crean un entorno de aprendizaje personalizado, para personalizar el aprendizaje necesitan la información sobre los usuarios, como los conocimientos, las habilidades y las necesidades previas de los alumnos, que se mantienen en los modelos de usuario a largo y corto plazo.

IX. Quality Metrics for Learning Object Metadata

(Ochoa & Duval, 2005) proponen medir la completitud de los metadatos de los objetos de aprendizajes almacenados en los repositorios. Además, proponen métricas que las valide, entre las características que midieron son: integridad, precisión, procedencia, conformidad con las expectativas, consistencia lógica y coherencia, oportunidad y accesibilidad.

X. Learning Resources Collections: completeness and compactness issues

(Rovinskiy, 2002) menciona que la clave para determinar la calidad del aprendizaje en la educación a distancia es la disponibilidad de los recursos de aprendizaje para todos los participantes. Al igual, el autor indica que un curso de aprendizaje está completo cuando contiene para cada objetivo del curso todos los recursos necesarios de todos los tipos necesarios (contenido, actividad y evaluación).

XI. On the Convergence of Formal Ontologies and Standardized

(Sicilia & García, 2002) hace un análisis de los aspectos prácticos de la representación de instancias de metadatos en los objetos de aprendizaje y los representa en ontologías formales, una ventaja de representar a los objetos de aprendizaje en ontologías es proporcionar un mejor soporte para el desarrollo de herramientas “inteligentes”, ya que la semántica de los lenguajes de definición de ontologías es más rica que la de RDF y también de esquemas XML de estructuración de información simple.

XII. A Fine-Grained Metric System for the Completeness of Metadata

(T. Margaritopoulos et al., 2009) proponen un sistema para medir la completitud de los metadatos que es capaz de seguir la jerarquía de los metadatos tal como la establece el esquema de metadatos y medir el efecto de múltiples valores.

Los autores mencionan que la completitud de un registro solo puede medirse contra las especificaciones del estándar de metadatos o el perfil de aplicación utilizado por cualquier aplicación dada. El estándar o el perfil de la aplicación prescribe un cierto número de campos como marcadores de posición necesarios de información para describir un recurso. La completitud se puede considerar como el grado de cobertura de estos marcadores de posición y sus valores pueden oscilar en un continuo desde su presencia total hasta su ausencia absoluta.

La forma en que se diseñó el sistema métrico anterior para la completitud de los metadatos ofrece la capacidad de diferenciar la medida para cualquier ligera variación en la cantidad de información cargada en los campos de metadatos que actúan como marcadores de posición de valores. Una ventaja significativa del sistema métrico propuesto es su capacidad para proporcionar medidas específicas de completitud en campos específicos de un registro que contiene alguna estructura interna, como es el caso de los campos agregados.

Una aplicación potencial de la medición de la completitud podría ser en los casos en que las medidas específicas de completitud se pueden utilizar como criterios adicionales para filtrar los resultados producidos por un motor de búsqueda. Por ejemplo, al buscar objetos de aprendizaje con palabras clave específicas, un profesor que prepara una lección puede querer asegurarse de que los metadatos de los resultados devueltos contengan una cierta cantidad de información educativa. Por lo tanto, el profesor podría establecer un valor umbral para la medida de integridad de los metadatos de los objetos de aprendizaje devueltos en elementos específicos (campos educativos) y filtrar los resultados de acuerdo con este criterio.

XIII. Quantifying and Measuring Metadata Completeness

(M. Margaritopoulos et al., 2012) proponen un sistema de métricas de grano fino para medir la completitud de los metadatos, basado en la completitud del campo. Un campo de metadatos se considera un contenedor de múltiples piezas de información.

En este sentido, el sistema propuesto es capaz de seguir la jerarquía de metadatos establecida por el esquema de metadatos y medir el efecto de múltiples valores de campos multivalor.

El sistema propuesto define la completitud a nivel de campo de una manera recursiva siguiendo la jerarquía del esquema de metadatos. El resultado es un conjunto de métricas que tiene en cuenta las necesidades y requisitos del nivel de aplicación (determinados por factores de ponderación especificados por el proceso o actividad particular de la aplicación de metadatos) y pueden implementarse fácilmente por medios automatizados.

XIV. Quality assessment for collections of learning resources

En (Rovinskiy et al., 2003), los autores proponen medir la completitud y la densidad en una colección de recursos de aprendizaje. Para medir estas características, cada recurso se representa como un punto en el espacio de metadatos multidimensionales y se analiza la distribución de los recursos dentro de este espacio. La calidad de la colección depende de la calidad de cada uno de sus componentes, la calidad de la descripción de los recursos (metadatos) y la calidad de la gestión de la colección.

El autor menciona que una colección de objetos de aprendizaje cumple la condición de completitud si contiene para cada objetivo todos los recursos necesarios de todos los tipos necesarios.

Como resultado se obtuvo que Las dos características principales del conjunto de objetos de aprendizaje y la completitud, se pueden utilizar en la evaluación general de la calidad de la colección y son complementarias de los recursos individuales y su evaluación de la calidad de los metadatos.

Anexo 2. Elementos de los productos del proceso de negocio

Sección 1: Análisis y diseño

El Diagrama 2 muestra los elementos que conforman el documento de análisis y diseño, este documento contiene la descripción textual y grafica de la estructura de los componentes de software.

- ✓ **Arquitectónica:** Contiene la estructura interna del sistema, es decir la descomposición del sistema en subsistemas. Así como la identificación de los componentes que integran los subsistemas y las relaciones de interacción entre ellos.
 - **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
 - **Objetivo:** Descripción de un logro.
 - **Diagrama casos de uso**
 - **Definición:** Descripción breve de lo que se va a visualizar en el diagrama.
 - **Descripción del diagrama:** Explicación del diagrama con la descripción de cada elemento que lo compone.
 - **Imagen del diagrama:** Representación visual del diagrama descrito en el punto anterior, debe de estar en buena calidad y tamaño para que se visualice de manera correcta.
 - **Diagrama de colaboración**
 - **Definición:** Descripción breve de lo que se va a visualizar en el diagrama.
 - **Descripción del diagrama:** Explicación del diagrama con la descripción de cada elemento que lo compone.
 - **Imagen del diagrama:** Representación visual del diagrama descrito en el punto anterior, debe de estar en buena calidad y tamaño para que se visualice de manera correcta.
 - **Diagrama de componentes**
 - **Definición:** Descripción breve de lo que se va a visualizar en el diagrama.
 - **Descripción del diagrama:** Explicación del diagrama con la descripción de cada elemento que lo compone.
 - **Imagen del diagrama:** Representación visual del diagrama descrito en el punto anterior, debe de estar en buena calidad y tamaño para que se visualice de manera correcta.
- ✓ **Detallada:** Contiene el detalle de los componentes que permiten de manera evidente su construcción y prueba en el ambiente de programación.
 - **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
 - **Objetivo:** Descripción de un logro.
 - **Diagrama de clases**
 - **Definición:** Descripción breve de lo que se va a visualizar en el diagrama.
 - **Descripción del diagrama:** Explicación del diagrama con la descripción de cada elemento que lo compone.

- **Imagen del diagrama:** Representación visual del diagrama descrito en el punto anterior, debe de estar en buena calidad y tamaño para que se visualice de manera correcta.
- **Diagrama de despliegue**
 - **Definición:** Descripción breve de lo que se va a visualizar en el diagrama.
 - **Descripción del diagrama:** Explicación del diagrama con la descripción de cada elemento que lo compone.
 - **Imagen del diagrama:** Representación visual del diagrama descrito en el punto anterior, debe de estar en buena calidad y tamaño para que se visualice de manera correcta.
- **Diagrama de secuencia**
 - **Definición:** Descripción breve de lo que se va a visualizar en el diagrama.
 - **Descripción del diagrama:** Explicación del diagrama con la descripción de cada elemento que lo compone.
 - **Imagen del diagrama:** Representación visual del diagrama descrito en el punto anterior, debe de estar en buena calidad y tamaño para que se visualice de manera correcta.

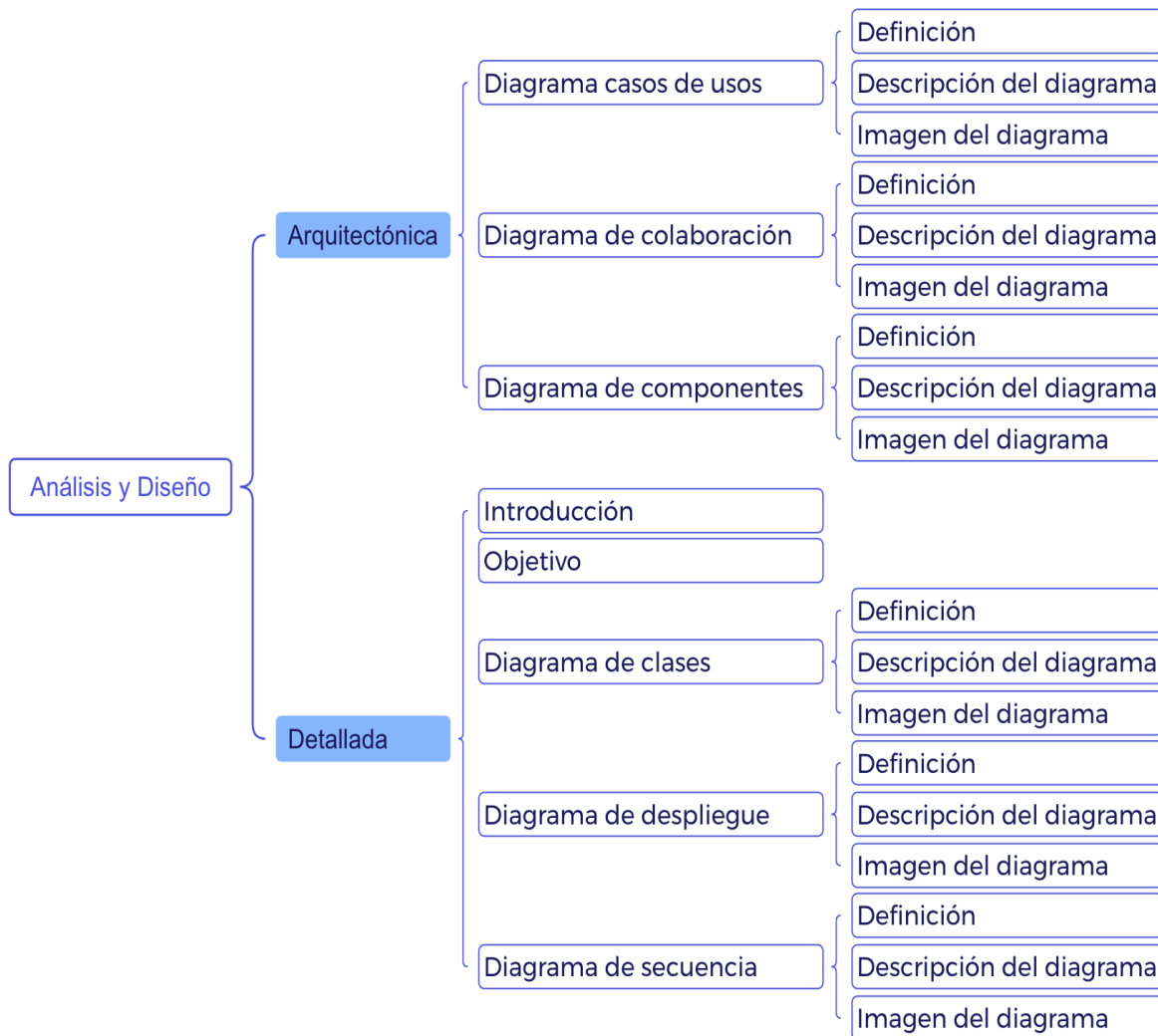


Diagrama 2 Elementos del documento de análisis y diseño

Sección 2: Componentes

El Diagrama 3 muestra los elementos que conforman el documento de componentes, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Título:** Nombre con el que se le identifica al documento.
- ✓ **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- ✓ **Objetivo:** Descripción de un logro.
- ✓ **Descripción:** Conjunto de unidades de código relacionadas.

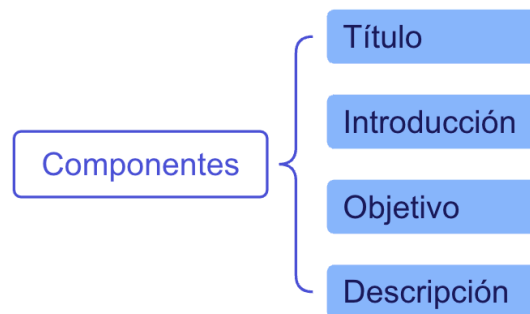


Diagrama 3 Elementos del documento de componentes

Sección 3: Software

El Diagrama 4 muestra los elementos que conforman el documento de software, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Título:** Nombre con el que se le identifica al documento.
- ✓ **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- ✓ **Objetivo:** Descripción de un logro.
- ✓ **Descripción:** Sistema de software, destinado a un cliente o usuario, constituido por componentes agrupados en subsistemas, posiblemente anidados.

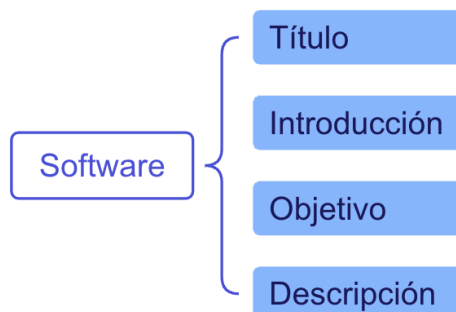


Diagrama 4 Elementos del documento de software

Sección 4: Manual de usuario

El Diagrama 5 muestra los elementos que conforman el documento del manual de usuario, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- ✓ **Objetivo:** Descripción de un logro.
- ✓ **Explicación del sistema:** Descripción de los conceptos y las guías necesarias para su utilización, detallando las funciones de sus pestañas o atajos y las opciones disponibles a través de los diferentes menús.

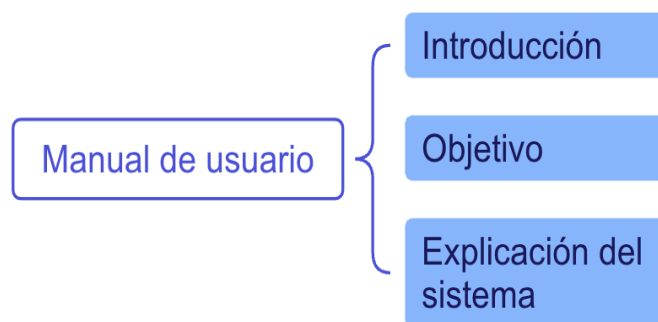


Diagrama 5 Elementos del documento manual de usuario

Sección 5: Manual de operación

El Diagrama 6 muestra los elementos que conforman el documento del manual de operación, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- ✓ **Objetivo:** Descripción de un logro.
- ✓ **Explicación del funcionamiento del sistema:** Descripción de los conceptos y las guías necesarias para su utilización, detallando las funciones de sus pestañas o atajos y las opciones disponibles a través de los diferentes menús.

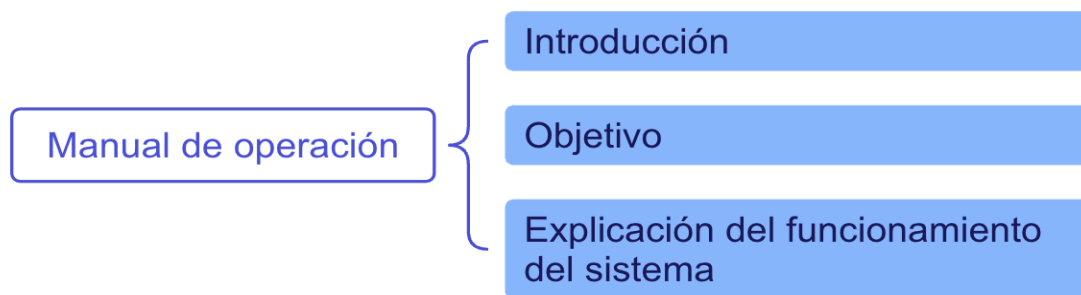


Diagrama 6 Elementos del documento manual de operación

Sección 6: Manual de mantenimiento

El Diagrama 7 muestra los elementos que conforman el documento del manual de mantenimiento, entre los cuales se encuentran:

✓ Instalación

- **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- **Objetivo:** Descripción de un logro.
- **Requisitos por considerar**
 - **Sistema operativo:** Descripción del sistema operativo que se usa para que se ejecute correctamente el software, el tipo de sistema operativo (32 o 64 bits), RAM que se necesita.
 - **Memoria:** Descripción de la cantidad de memoria que se requiere para ejecutar el software.
 - **IDE de instalación:** Descripción de los entornos donde se desarrolló, el tipo y la dirección de donde se obtuvo.
- **Instalación de la herramienta**

✓ Mantenimiento

- **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- **Objetivo:** Descripción de un logro.
- **Descripción de las principales funciones**
 - **Nombre:** Escrito con el que se le identifica a la función, comúnmente es llamada como la acción que realiza.
 - **Atributos:** Descripción que define una propiedad de un objeto, elemento o archivo.
 - **Métodos:** Subrutinas que manipulan los datos definidos por la clase y, en muchos casos, brindan acceso a esos datos.
 - **Descripción de los métodos:** Escrito detallado del funcionamiento del método, considerando las entradas y las salidas.

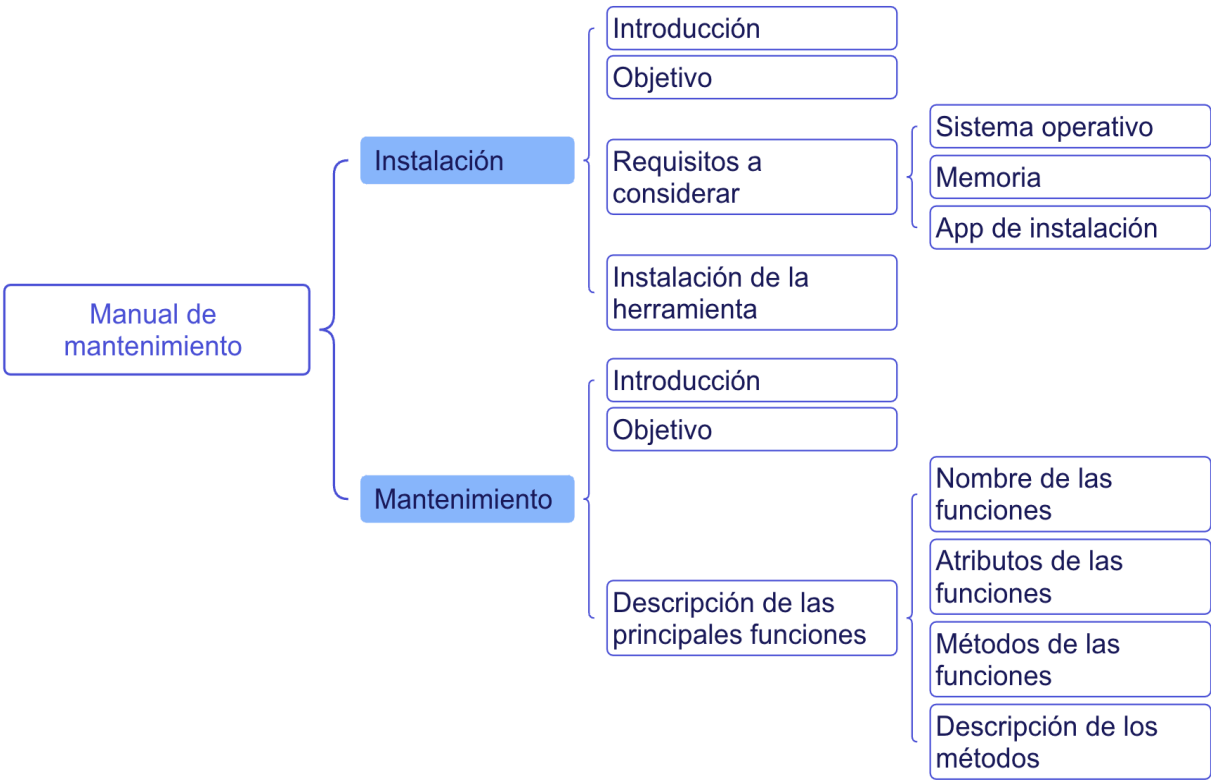


Diagrama 7 Elementos del documento manual de mantenimiento

Sección 7: Reporte de actividades

El Diagrama 8 muestra los elementos que conforman el documento del reporte de actividades, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Nombre de la actividad realizada:** Escrito con el que se identifica la actividad que se realizó.
- ✓ **Fecha de inicio:** Fecha en la que se comenzó a realizar la actividad.
- ✓ **Fecha de término:** Fecha en la que se finaliza la actividad.
- ✓ **Nombre del responsable:** Nombre de la persona encargada de realizar esta actividad.
- ✓ **Mediciones**
 - **Tiempo de producción:** Cantidad de tiempo (días, horas, semanas o meses) que tomó el desarrollo del producto.
 - **Tiempo de corrección:** Cantidad de tiempo (días, horas, semanas o meses) que tomó la corrección del producto.
 - **Tiempo de verificación:** Cantidad de tiempo (días, horas, semanas o meses) que tomó la verificación del producto.
 - **Tiempo de validación:** Cantidad de tiempo (días, horas, semanas o meses) que tomó la validación del producto.
 - **Defectos encontrados:** Descripción de los defectos encontrados en el producto.

- **Tamaño del producto:** Peso del producto a entregar al cliente o usuario.

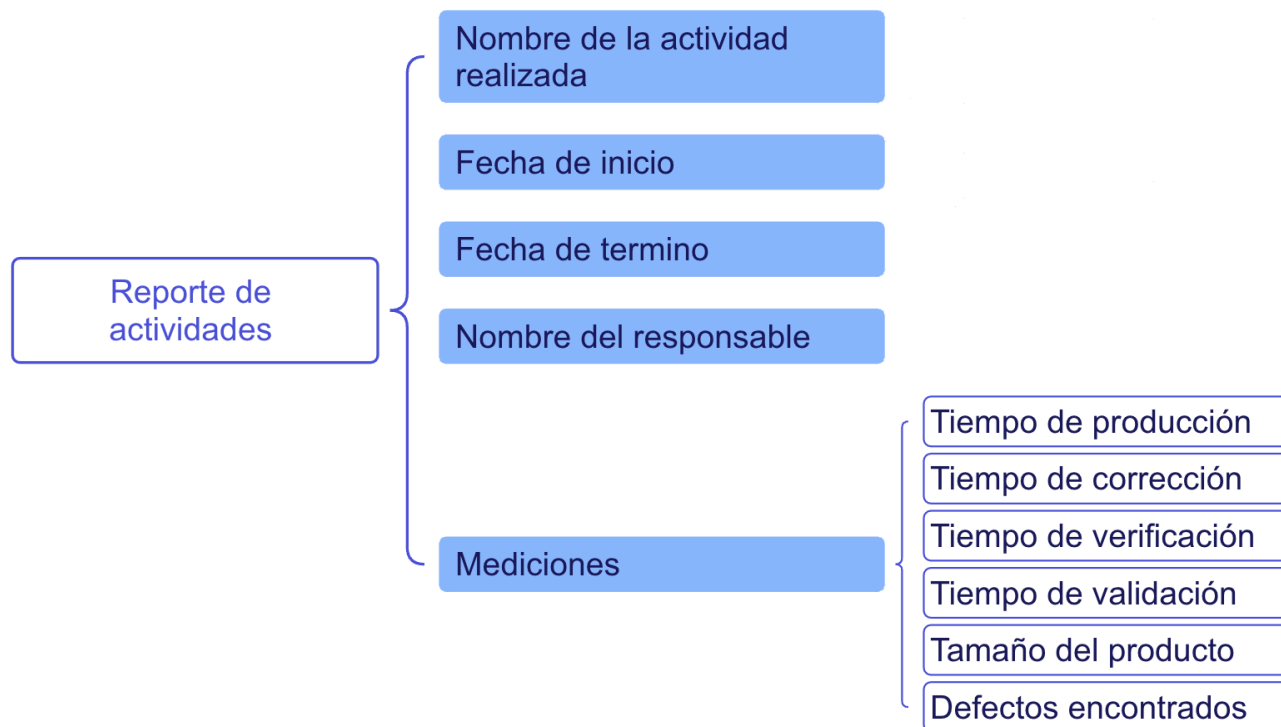


Diagrama 8 Elementos del documento reporte de actividades

Sección 8: Registro de rastreo

El Diagrama 9 muestra los elementos que conforman el documento del registro de rastreo, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Documento de los requerimientos:** Registro donde se captura la información sobre las distintas versiones del documento de requerimientos.
- ✓ **Documento de análisis y diseño:** Registro donde se captura la información sobre las distintas versiones del documento de análisis y diseño.
- ✓ **Componentes:** Registro donde se captura la información sobre las distintas versiones de los componentes que conforman el software.
- ✓ **Documento del plan de pruebas:** Registro donde se captura la información sobre las distintas versiones del documento de plan de pruebas.

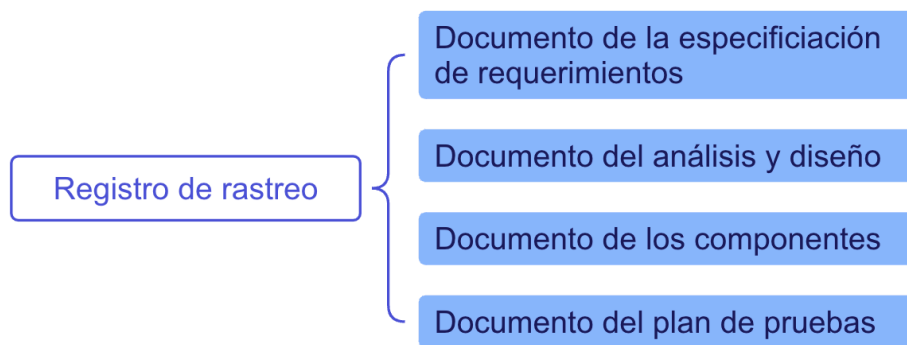


Diagrama 9 Elementos del documento registro de rastreo

Sección 9: Plan de pruebas de sistema

El Diagrama 10 muestra los elementos que conforman el documento del plan de pruebas de sistema, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- ✓ **Objetivo:** Descripción de un logro.
- ✓ **Pruebas de acuerdo con los requerimientos**
 - **Nombre:** Escrito con el que se identifica la prueba que se realizó.
 - **Datos generales**
 - **Requisitos por probar:** Requisito funcional que se evaluará.
 - **Ejecutor:** Nombre de la persona encarga de realizar la prueba.
 - **Fecha y hora de ejecución:** Fecha y hora en la que realizó la prueba.
 - **Evaluador por desarrollador:** Nombre del desarrollador que evaluó y dio seguimiento a la prueba.
 - **Evaluador por cliente:** Nombre del cliente que evaluó y dio seguimiento a la prueba.
 - **Desarrollo**
 - **Objetivo:** Descripción de un logro.
 - **Condiciones de ejecución:** Condiciones que se deben cumplir al iniciar las pruebas de sistema.
 - **Entradas:** Variables que deben cumplirse antes de ejecutar la prueba de sistema.
 - **Acciones:** Pasos que debe seguir el ejecutor de la prueba de sistema.
 - **Resultados esperados:** Resultados que se deben cumplir al finalizar la prueba de sistema.
 - **Resultados obtenidos:** Resultados obtenidos al finalizar la prueba de sistema.
 - **Evaluación de la prueba:** Evaluación asignada por los evaluadores.
 - **Acciones correctivas:** En caso de presentarse defectos se describe la corrección a realizar.
 - **Aprobación:** Comúnmente marcada como “Aceptada” cuando los resultados satisfacen a ambos evaluadores, en caso contrario se marca como “No aceptada”.



Diagrama 10 Elementos del documento plan de pruebas de sistema

Sección 10: Reporte de pruebas de sistema

El Diagrama 11 muestra los elementos que conforman el documento del reporte de pruebas de sistema, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- ✓ **Objetivo:** Descripción de un logro.
- ✓ **Nombre del proyecto:** Nombre asignado al proyecto que se está desarrollando.
- ✓ **Participantes:** Lista de personas encargados de realizar las pruebas de sistema.
- ✓ **Fecha:** Fecha cuando se realizaron las pruebas de sistema.
- ✓ **Lugar:** Lugar donde se realizaron las pruebas de sistema.
- ✓ **Duración:** Cantidad de tiempo (horas, días, semanas o meses) que tomó realizar las pruebas de sistema.
- ✓ **Defectos encontrados**
 - **Nombre del defecto:** Nombre asignado al defecto.

- **Descripción:** Explicación breve del defecto encontrado.
- **Ubicación del defecto:** Descripción donde se ubica el defecto.

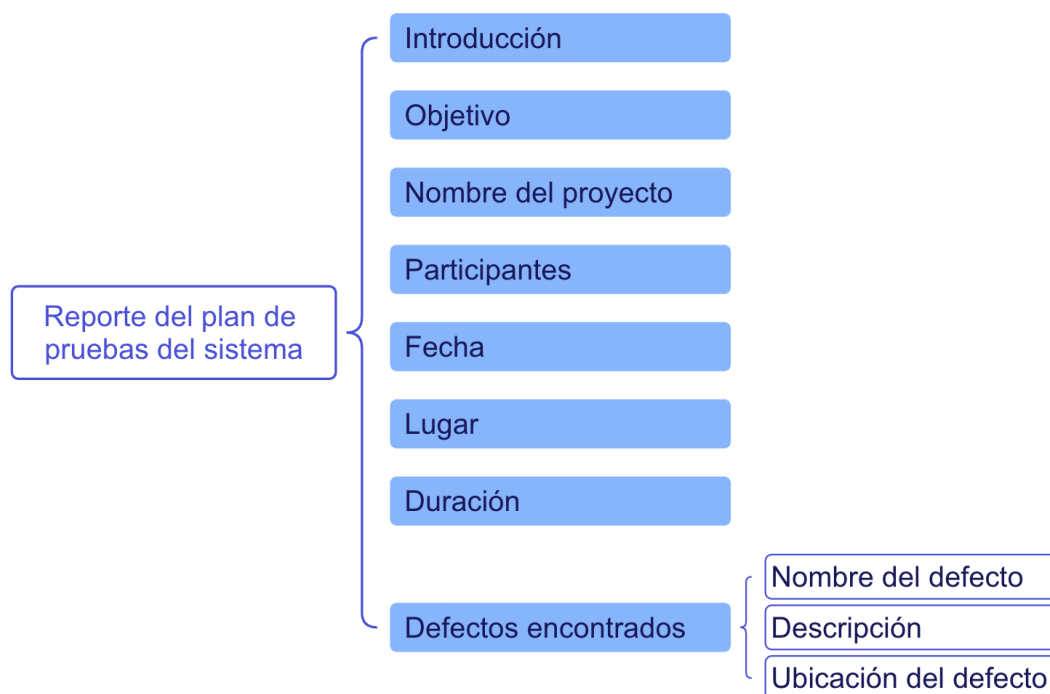


Diagrama 11 Elementos del documento reporte de pruebas de sistema

Sección 11: Plan de pruebas de integración

El Diagrama 12 muestra los elementos que conforman el documento del plan de pruebas de integración, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- ✓ **Objetivo:** Descripción de un logro.
- ✓ **Orden de integración**
 - **Id:** Identificador único que corresponde al orden de integración.
 - **Nombre:** Nombre asignado al componente que se va a integrar.
 - **Descripción:** Breve escrito donde se describe el componente que se va a integrar.
- ✓ **Pruebas para validar la integración**
 - **Id:** Identificador único que corresponde a la prueba de integración.
 - **Nombre:** Nombre asignado a la prueba de integración.
 - **Autor:** Nombre de la persona asignada que dará seguimiento a la prueba.
 - **Fecha:** Fecha cuando se realizarán las pruebas de integración.
 - **Descripción:** Descripción de lo que se probará en la integración.

- **Actores:** Personal encargado de realizar las pruebas de integración.
- **Precondiciones:** Condiciones que se deben cumplir antes de iniciar las pruebas de integración.
- **Flujo normal:** Flujo adecuado que debe seguir la prueba de integración.
- **Flujo alternativo:** Flujo alternativo que sigue la prueba de integración en caso de un defecto.
- **Postcondiciones:** Condiciones que se deben cumplir al finalizar las pruebas.

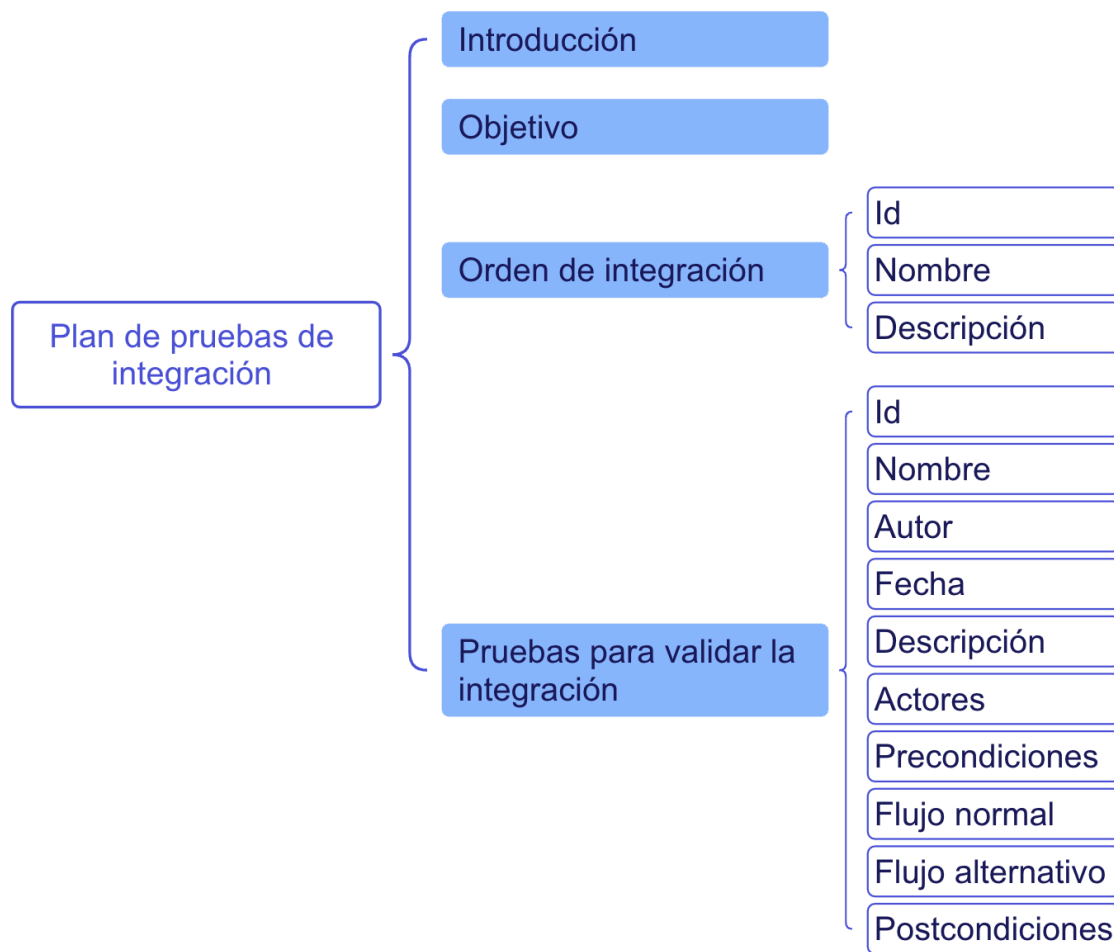


Diagrama 12 Elementos del documento plan de pruebas de integración

Sección 12: Reporte de pruebas de integración

El Diagrama 13 muestra los elementos que conforman el documento del reporte de pruebas de integración, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- ✓ **Objetivo:** Descripción de un logro.
- ✓ **Nombre del proyecto:** Nombre asignado al proyecto que se está desarrollando.
- ✓ **Participantes:** Lista de personas encargados de realizar las pruebas de integración.

- ✓ **Fecha:** Fecha cuando se realizaron las pruebas de sistema.
- ✓ **Lugar:** Lugar donde se realizaron las pruebas de sistema.
- ✓ **Duración:** Cantidad de tiempo (horas, días, semanas o meses) que tomó realizar las pruebas de sistema.
- ✓ **Defectos encontrados**
 - **Nombre del defecto:** Nombre asignado al defecto.
 - **Descripción:** Explicación breve del defecto encontrado.
 - **Ubicación del defecto:** Descripción donde se ubica el defecto.

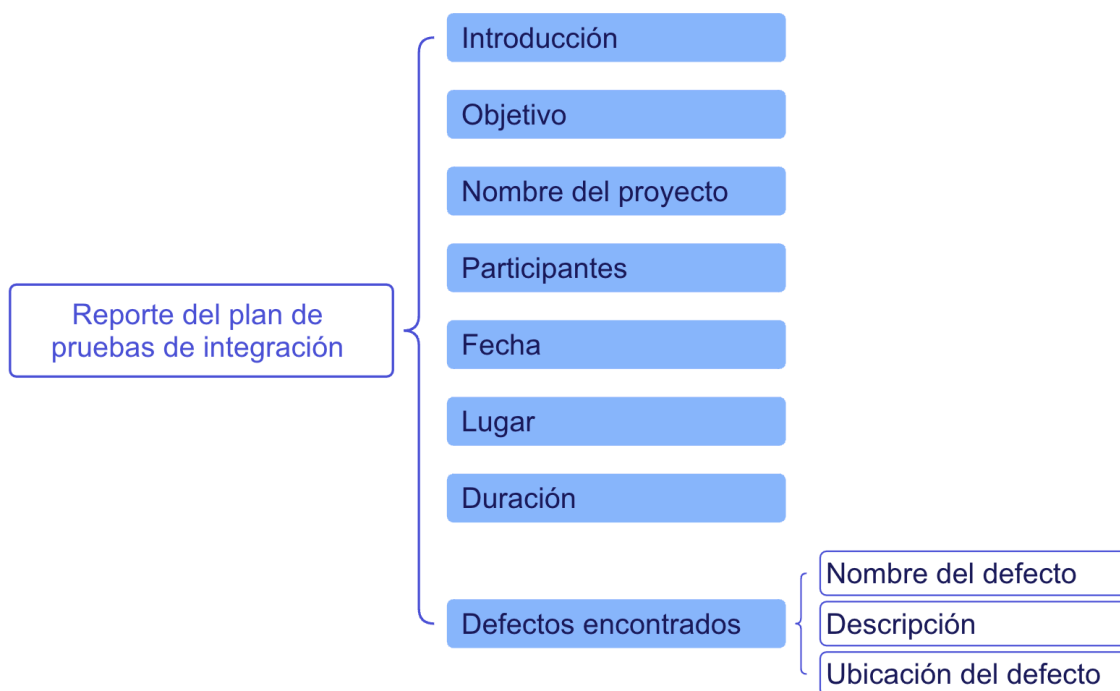


Diagrama 13 Elementos del documento reporte de pruebas de integración

Sección 13: Reporte de verificación

El Diagrama 14 muestra los elementos que conforman el documento del reporte de verificación, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- ✓ **Objetivo:** Descripción de un logro.
- ✓ **Nombre del proyecto:** Nombre asignado al proyecto que se está desarrollando.
- ✓ **Participantes:** Lista de personas encargados de realizar las pruebas de sistema.
- ✓ **Fecha:** Fecha cuando se realizaron las pruebas de sistema.
- ✓ **Lugar:** Lugar donde se realizaron las pruebas de sistema.
- ✓ **Duración:** Cantidad de tiempo (horas, días, semanas o meses) que tomó realizar las pruebas de sistema.

- ✓ **Elementos verificados:** Requerimiento o requerimientos (funcionales y no funcionales) evaluados con el fin de determinar si el producto satisface la especificación de requerimientos.
- ✓ **Defectos encontrados**
 - **Nombre del defecto:** Nombre asignado al defecto.
 - **Descripción:** Explicación breve del defecto encontrado.
 - **Ubicación del defecto:** Descripción donde se ubica el defecto.
- ✓ **Comentarios y/o observaciones:** Descripción de los comentarios y/o observaciones durante o al final de la verificación.

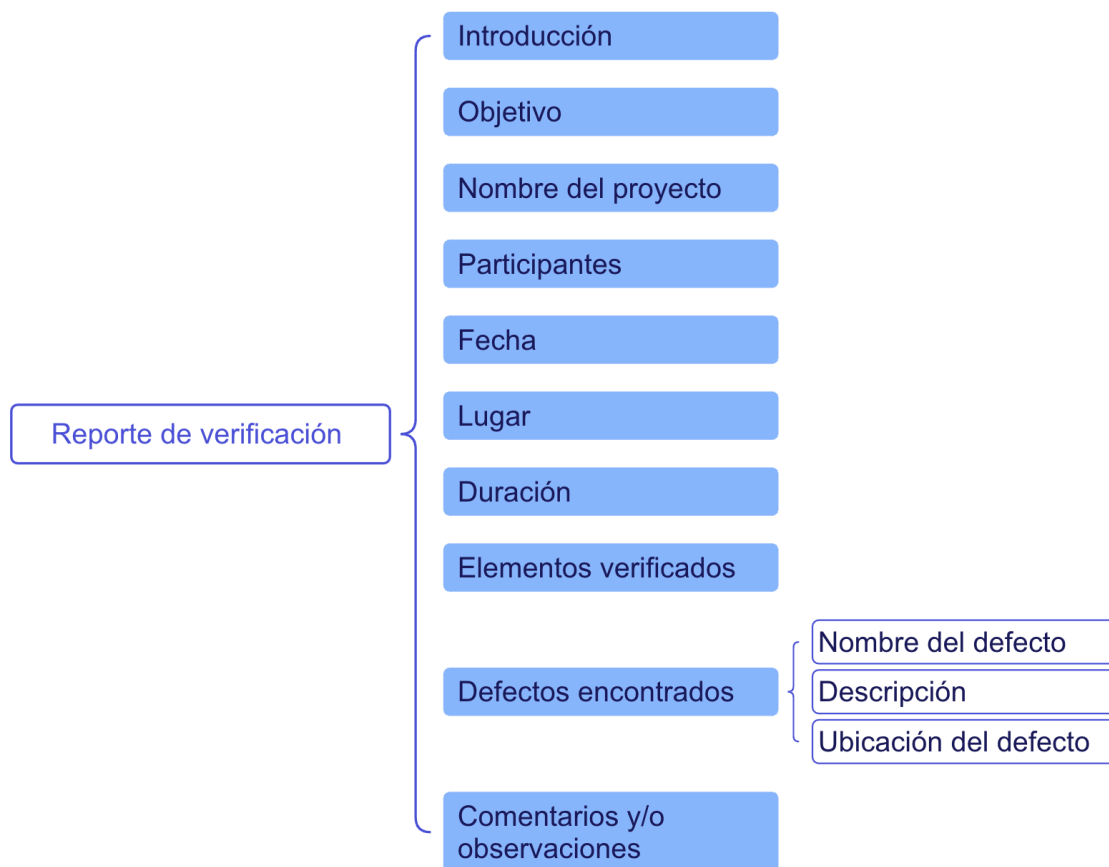


Diagrama 14 Elementos del documento reporte de verificación

Sección 14: Reporte de validación

El Diagrama 15 muestra los elementos que conforman el documento del reporte de validación, entre los cuales se encuentran:

- ✓ **Introducción:** Descripción del tema de forma general donde se incluyen los puntos principales que se va a encontrar en el documento.
- ✓ **Objetivo:** Descripción de un logro.
- ✓ **Nombre del proyecto:** Nombre asignado al proyecto que se está desarrollando.

- ✓ **Participantes:** Lista de personas encargados de realizar las pruebas de sistema.
- ✓ **Fecha:** Fecha cuando se realizaron las pruebas de sistema.
- ✓ **Lugar:** Lugar donde se realizaron las pruebas de sistema.
- ✓ **Duración:** Cantidad de tiempo (horas, días, semanas o meses) que tomó realizar las pruebas de sistema.
- ✓ **Elementos verificados:** Requerimiento o requerimientos (funcionales y no funcionales) evaluados con el fin de determinar si el producto satisface la especificación de requerimientos.
- ✓ **Defectos encontrados**
 - **Nombre del defecto:** Nombre asignado al defecto.
 - **Descripción:** Explicación breve del defecto encontrado.
 - **Ubicación del defecto:** Descripción donde se ubica el defecto.
- ✓ **Comentarios y/o observaciones:** Descripción de los comentarios y/o observaciones durante o al final de la verificación.

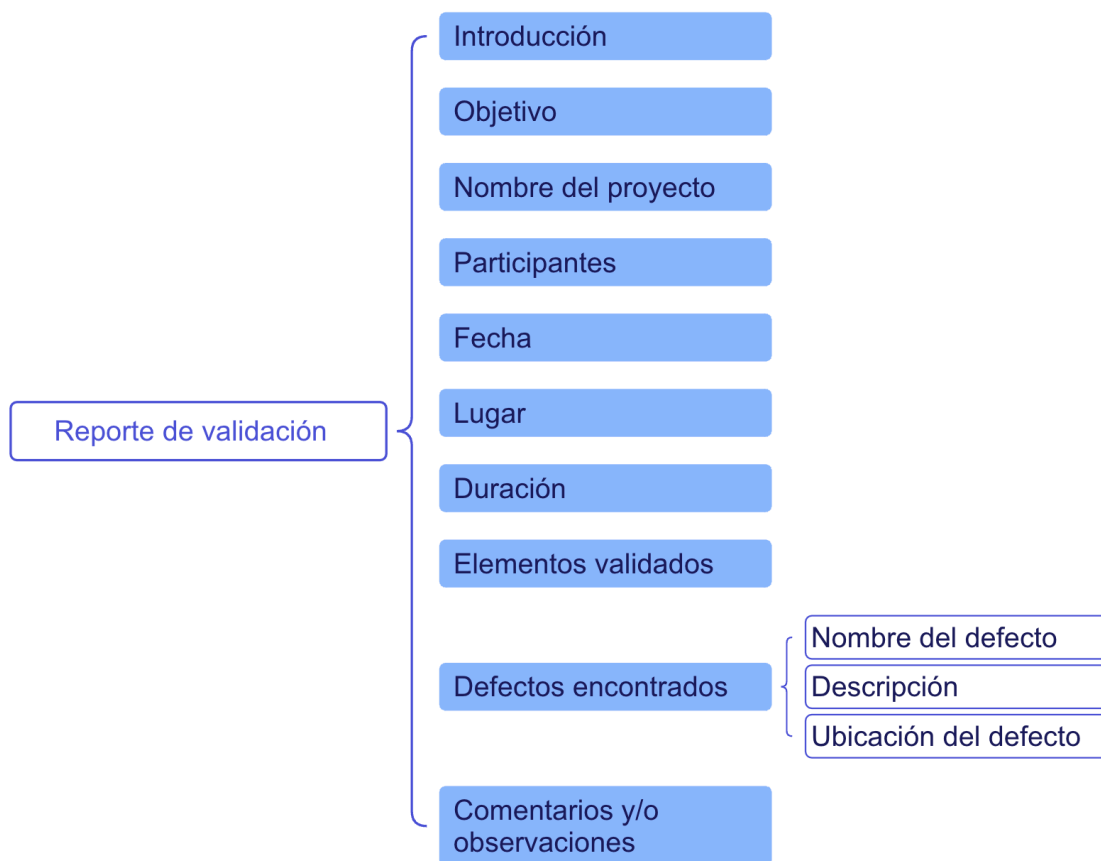


Diagrama 15 Elementos del documento reporte de validación

Anexo 3: Medición de la completitud de los recursos de aprendizaje

Sección 1: Análisis y diseño

Para calcular la completitud de análisis y diseño es necesario primero calcular la completitud de forma independiente de sus secciones principales (ecuación 15).

$$Completitud_{Pr8} = \sum Sec_1 + \sum Sec_2 \quad (15)$$

Donde:

$Pr_8 = \{\text{Análisis y diseño}\}$

$\sum Sec_1$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Arquitectónica}

$\sum Sec_2$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Detallada}

Para calcular la completitud de Sec1 {Arquitectónica} se utiliza la ecuación 16:

$$\sum Sec_1 = W_{Sec11} \times Coherencia_{Sec11} + W_{Sec12} \times Coherencia_{Sec12} + \sum Sec_{13} + \sum Sec_{14} + \sum Sec_{15} \quad (16)$$

Donde:

$\sum Sec_1$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Arquitectónica}

W_{Sec11} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{Sec11}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{Sec12} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{Sec12}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

$\sum Sec_{13}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {{Diagrama de casos de uso}}

$\sum Sec_{14}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {{Diagrama de colaboración}}

$\sum Sec_{15}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {{Diagrama de componentes}}

De la ecuación 17 a la ecuación 19 se describe la forma de calcular la completitud de las sumatorias que conforman la ecuación 9.

$$\sum Sec_{13} = W_{Sec131} \times Coherencia_{Sec131} + W_{Sec132} \times Coherencia_{Sec132} + W_{Sec133} \times Coherencia_{Sec133} \quad (17)$$

Donde:

$\sum Sec_{13}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Diagrama de casos de uso}

W_{Sec131} = Peso de la sección de {Definición}

$Coherencia_{Sec131}$ = Valor de la coherencia de la sección {Definición}

W_{Sec132} = Peso de la sección de {Descripción del diagrama}

$Coherencia_{Sec132}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción del diagrama}

W_{Sec133} = Peso de la sección de {Imagen del diagrama}

$Coherencia_{Sec133}$ = Valor de la coherencia de la sección {Imagen del diagrama}

$$\sum Sec_{14} = W_{Sec141} \times Coherencia_{Sec141} + W_{Sec142} \times Coherencia_{Sec142} + W_{Sec143} \times Coherencia_{Sec143} \quad (18)$$

$\sum Sec_{14}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Diagrama de colaboración}

W_{Sec141} = Peso de la sección de {Definición}

$Coherencia_{Sec141}$ = Valor de la coherencia de la sección {Definición}

W_{Sec142} = Peso de la sección de {Descripción del diagrama}

$Coherencia_{Sec142}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción del diagrama}

W_{Sec143} = Peso de la sección de {Imagen del diagrama}

$Coherencia_{Sec143}$ = Valor de la coherencia de la sección {Imagen del diagrama}

$$\sum Sec_{15} = W_{Sec151} \times Coherencia_{Sec151} + W_{Sec152} \times Coherencia_{Sec152} + W_{Sec153} \times Coherencia_{Sec153} \quad (19)$$

$\sum Sec_{15}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Diagrama de componentes}

W_{Sec151} = Peso de la sección de {Definición}

$Coherencia_{Sec151}$ = Valor de la coherencia de la sección {Definición}

W_{Sec152} = Peso de la sección de {Descripción del diagrama}

$Coherencia_{Sec152}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción del diagrama}

W_{Sec153} = Peso de la sección de {Imagen del diagrama}

$Coherencia_{Sec153}$ = Valor de la coherencia de la sección {Imagen del diagrama}

Para calcular la completitud de la sección de {Detallada} se utiliza la ecuación 20:

$$\sum Sec_2 = W_{Sec21} \times Coherencia_{Sec21} + W_{Sec22} \times Coherencia_{Sec22} + \sum Sec_{23} + \sum Sec_{24} + \sum Sec_{25} \quad (20)$$

Donde:

$\sum Sec_2$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Detallada}

W_{Sec21} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{Sec21}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{Sec22} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{Sec22}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

$\sum Sec_{23}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Diagrama de clases}

$\sum Sec_{24}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Diagrama de despliegue}

$\sum Sec_{25}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Diagrama de secuencia}

De la ecuación 21 a la ecuación 23 se describe la forma de calcular la completitud de las sumatorias que conforman la ecuación 20.

$$\sum Sec_{23} = W_{Sec231} \times Coherencia_{Sec231} + W_{Sec232} \times Coherencia_{232} + W_{Sec233} \times Coherencia_{233} \quad (21)$$

Donde:

$\sum Sec_{23}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Diagrama de clases}

W_{Sec231} = Peso de la sección de {Definición}

$Coherencia_{Sec231}$ = Valor de la coherencia de la sección {Definición}

W_{sec232} = Peso de la sección de {Descripción del diagrama}

$Coherencia_{sec232}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción del diagrama}

W_{sec233} = Peso de la sección de {Imagen del diagrama}

$Coherencia_{sec233}$ = Valor de la coherencia de la sección {Imagen del diagrama}

$$\sum Sec_{24} = W_{sec241} \times Coherencia_{sec241} + W_{sec242} \times Coherencia_{242} + W_{sec243} \times Coherencia_{243} \quad (22)$$

$\sum Sec_{24}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Diagrama de despliegue}

W_{sec241} = Peso de la sección de {Definición}

$Coherencia_{sec241}$ = Valor de la coherencia de la sección {Definición}

W_{sec242} = Peso de la sección de {Descripción del diagrama}

$Coherencia_{sec242}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción del diagrama}

W_{sec243} = Peso de la sección de {Imagen del diagrama}

$Coherencia_{sec243}$ = Valor de la coherencia de la sección {Imagen del diagrama}

$$\sum Sec_{25} = W_{sec251} \times Coherencia_{sec251} + W_{sec252} \times Coherencia_{252} + W_{sec253} \times Coherencia_{253} \quad (23)$$

$\sum Sec_{25}$ = sumatoria de la completitud de la sección de {Diagrama de secuencia}

W_{sec251} = Peso de la sección de {Definición}

$Coherencia_{sec251}$ = Valor de la coherencia de la sección {Definición}

W_{sec252} = Peso de la sección de {Descripción del diagrama}

$Coherencia_{sec252}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción del diagrama}

W_{sec253} = Peso de la sección de {Imagen del diagrama}

$Coherencia_{sec253}$ = Valor de la coherencia de la sección {Imagen del diagrama}

Sección 2: Componentes

Para calcular la completitud de componentes se utiliza la ecuación 24, la cual está conformada por los atributos que debe de tener el recurso de aprendizaje.

$$Completitud_{Pr11} = W_{sec1} \times Coherencia_{sec1} + W_{sec2} \times Coherencia_{sec2} + W_{sec3} \times Coherencia_{sec3} + W_{sec4} \times Coherencia_{sec4} \quad (24)$$

Donde:

Pr_{11} = {Componente del software}

W_{sec1} = Peso de la sección de {Título}

$Coherencia_{sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Título}

W_{sec2} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{sec3} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{sec3}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

W_{sec4} = Peso de la sección de {Descripción}

$Coherencia_{sec4}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción}

Sección 3: Software

Para calcular la completitud de software se utiliza la ecuación 25, la cual está conformada por los atributos que debe de tener el recurso de aprendizaje.

$$Completitud_{Pr13} = W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4} \quad (25)$$

Donde:

$Pr_{13} = \{\text{Software}\}$

W_{Sec1} = Peso de la sección de {Título}

$Coherencia_{Sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Título}

W_{Sec2} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{Sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{Sec3} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{Sec3}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

W_{Sec4} = Peso de la sección de {Descripción}

$Coherencia_{Sec4}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción}

Sección 4: Manual de usuario

Para calcular la completitud de manual de usuario se utiliza la ecuación 26, la cual está conformada por los atributos que debe de tener el recurso de aprendizaje.

$$Completitud_{Pr4} = W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} \quad (26)$$

Donde:

$Pr_4 = \{\text{Manual de usuario}\}$

W_{Sec1} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{Sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{Sec2} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{Sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

W_{Sec3} = Peso de la sección de {Explicación del sistema}

$Coherencia_{Sec3}$ = valor de la coherencia de la sección {Explicación del sistema}

Sección 5: Manual de operación

Para calcular la completitud de manual de operación se utiliza la ecuación 27, la cual está conformada por los atributos que debe de tener el recurso de aprendizaje.

$$Completitud_{Pr12} = W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} \quad (27)$$

Donde:

$Pr_{12} = \{\text{Manual de operación}\}$

W_{Sec1} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{Sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{Sec2} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{Sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

W_{Sec3} = Peso de la sección de {Explicación del funcionamiento del sistema}

$Coherencia_{Sec3}$ = Valor de la coherencia de la sección {Explicación del funcionamiento del sistema}

Sección 6: Manual de mantenimiento

Para calcular la completitud del manual de mantenimiento es necesario primero calcular la completitud de forma independiente de las dos secciones principales.

$$Compleitud_{Pr15} = \sum Sec_1 + \sum Sec_2 \quad (28)$$

Donde:

Pr_{15} = {Manual de mantenimiento}

$\sum Sec_1$ sumatoria de la completitud de la sección de {Instalación}

$\sum Sec_2$ sumatoria de la completitud de la sección de {Mantenimiento}

Para calcular la completitud de la sección (Sec1) de {Instalación} se utiliza la ecuación 29:

$$\sum Sec_1 = W_{Sec11} \times Coherencia_{Sec11} + W_{Sec12} \times Coherencia_{Sec12} + \sum Sec_{13} + W_{Sec14} \times Coherencia_{Sec14} \quad (29)$$

Donde:

$\sum Sec_1$ sumatoria de la completitud de la sección de {Instalación}

W_{Sec11} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{Sec11}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{Sec12} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{Sec12}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

$\sum Sec_{13}$ sumatoria de la completitud de la sección {Requisito a considerar}

Sec_{14} = Peso de la sección de {Instalación de la herramienta}

$Coherencia_{Sec14}$ = Valor de la coherencia de la sección {Instalación de la herramienta}

Para poder utilizar la ecuación 29 es necesario primero calcular la completitud de la sección de {Requisito a considerar}:

$$\sum Sec_{13} = W_{Sec131} \times Coherencia_{Sec131} + W_{Sec132} \times Coherencia_{Sec132} + W_{Sec133} \times Coherencia_{Sec133} \quad (30)$$

Donde:

$\sum Sec_{13}$ sumatoria de la completitud de la sección {Requisito a considerar}

W_{Sec131} = Peso de la sección de {Sistema operativo}

$Coherencia_{Sec131}$ = Valor de la coherencia de la sección {Sistema operativo}

W_{Sec132} = Peso de la sección de {Memoria}

$Coherencia_{Sec132}$ = Valor de la coherencia de la sección {Memoria}

W_{Sec133} = Peso de la sección de {App de instalación}

$Coherencia_{Sec133}$ = Valor de la coherencia de la sección {App de instalación}

Para terminar de medir la completitud del entregable, es necesario medir la completitud de {Mantenimiento} descrita en la ecuación general marcada como 28.

$$\sum Sec_2 = W_{Sec21} \times Coherencia_{Sec21} + W_{Sec22} \times Coherencia_{Sec22} + \sum Sec_{23} \quad (31)$$

Donde:

$\sum Sec_2$ sumatoria de la completitud de la sección {Mantenimiento}

W_{Sec21} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{Sec21}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{Sec22} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{Sec22}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

$\sum Sec_{23}$ sumatoria de la completitud de la sección {Descripción de las principales funciones}

Para poder utilizar la ecuación 31 es necesario primero calcular la completitud de la sección de {Descripción de las principales funciones}:

$$\begin{aligned} \sum Sec_{23} = & W_{Sec231} \times Coherencia_{Sec231} + W_{Sec232} \times Coherencia_{Sec232} + W_{Sec233} \times Coherencia_{233} \\ & + W_{Sec234} \times Coherencia_{234} \end{aligned} \quad (32)$$

Donde:

$\sum Sec_{23}$ sumatoria de la completitud de la sección {Descripción de las principales funciones}

W_{Sec231} = Peso de la sección de {Nombre}

$Coherencia_{Sec231}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre}

W_{Sec232} = Peso de la sección de {Atributos}

$Coherencia_{Sec232}$ = Valor de la coherencia de la sección {Atributos}

W_{Sec233} = Peso de la sección de {Métodos}

$Coherencia_{Sec233}$ = Valor de la coherencia de la sección {Métodos}

W_{Sec234} = Peso de la sección de {Descripción de los métodos}

$Coherencia_{Sec234}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción de los métodos}

Sección 7: Reporte de actividades

Para calcular la completitud del reporte de actividades es necesario primero calcular la completitud de forma independiente de las secciones principales.

$$\begin{aligned} Completitud_{Pr2} = & W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4} \\ & + \sum Sec_5 \end{aligned} \quad (33)$$

Donde:

Pr_2 = {Reporte de actividades}

W_{Sec1} = Peso de la sección de {Nombre de la actividad realizada}

$Coherencia_{Sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre de la actividad realizada}

W_{Sec2} = Peso de la sección de {Fecha de inicio}

$Coherencia_{Sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Fecha de inicio}

W_{Sec3} = Peso de la sección de {Fecha de término}

$Coherencia_{Sec3}$ = Valor de la coherencia de la sección {Fecha de término}

W_{Sec4} = Peso de la sección de {Nombre del responsable}

$Coherencia_{Sec4}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre del responsable}

ΣSec_5 sumatoria de la completitud de la sección {Mediciones}

Para calcular la completitud de {Mediciones} se utiliza la ecuación 34:

$$\begin{aligned} \Sigma Sec_5 = & W_{Sec51} \times Coherencia_{Sec51} + W_{Sec52} \times Coherencia_{Sec52} + W_{Sec53} \times Coherencia_{Sec53} \\ & + W_{Sec54} \times Coherencia_{Sec54} + W_{Sec55} \times Coherencia_{Sec55} + W_{Sec56} \times Coherencia_{Sec56} \end{aligned} \quad (34)$$

Donde:

ΣSec_5 sumatoria de la completitud de la sección {Mediciones}

W_{Sec51} = Peso de la sección de {Tiempo de producción}

$Coherencia_{Sec51}$ = Valor de la coherencia de la sección {Tiempo de producción}

W_{Sec52} = Peso de la sección de {Tiempo de corrección}

$Coherencia_{Sec52}$ valor de la coherencia de la sección {Tiempo de corrección}

W_{Sec53} = Peso de la sección de {Tiempo de verificación}

$Coherencia_{Sec53}$ valor de la coherencia de la sección

W_{Sec54} = Peso de la sección de {Tiempo de validación}

$Coherencia_{Sec54}$ valor de la coherencia de la sección

W_{Sec55} = Peso de la sección de {Defectos encontrados}

$Coherencia_{Sec55}$ valor de la coherencia de la sección

W_{Sec56} = Peso de la sección de {Tamaño del producto}

$Coherencia_{Sec56}$ valor de la coherencia de la sección

Sección 8: Registro de rastreo

Para calcular la completitud de registro de rastreo se utiliza la ecuación 35, la cual está conformada por las secciones que debe de tener el recurso de aprendizaje.

$$Completitud_{Pr9} = W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4} \quad (35)$$

Donde:

Pr_9 = {Registro de rastreo}

W_{Sec1} = Peso de la sección de {Documento de requerimientos}

$Coherencia_{Sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Documento de requerimientos}

W_{sec2} = Peso de la sección de {Documento de análisis y diseño}

$Coherencia_{sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Documento de análisis y diseño}

W_{sec3} = Peso de la sección de {Componentes}

$Coherencia_{sec3}$ = Valor de la coherencia de la sección {Componentes}

W_{sec4} = Peso de la sección de {Documento del plan de pruebas}

$Coherencia_{sec4}$ = Valor de la coherencia de la sección {Documento del plan de pruebas}

Sección 9: Plan de pruebas de sistema

Para calcular la completitud del plan de pruebas de sistema es necesario primero calcular la completitud de forma independiente de los componentes principales.

$$Completitud_{Pr7} = W_{sec1} \times Coherencia_{sec1} + W_{sec2} \times Coherencia_{sec2} + \sum Sec_3 \quad (36)$$

Donde:

Pr_7 = {Plan de pruebas de sistema}

W_{sec1} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{sec2} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

$\sum Sec_3$ sumatoria de la completitud de la sección {Pruebas de acuerdo con requerimientos}

Para calcular la completitud de {Pruebas de acuerdo con requerimientos} se utiliza la ecuación 37:

$$\sum Sec_3 = W_{sec31} \times Coherencia_{sec31} + \sum Sec_{32} + \sum Sec_{33} \quad (37)$$

Donde:

$\sum Sec_3$ sumatoria de la completitud de la sección {pruebas de acuerdo con requerimientos}

W_{sec31} = Peso de la sección de {Nombre}

$Coherencia_{sec31}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre}

$\sum Sec_{32}$ sumatoria de la completitud de la sección {Datos generales}

$\sum Sec_{33}$ sumatoria de la completitud de la sección {Desarrollo}

Para calcular la completitud de la sección de {Datos generales} se utiliza la ecuación 38:

$$\begin{aligned} \sum Sec_{32} = & W_{sec321} \times Coherencia_{sec321} + W_{sec322} \times Coherencia_{sec322} + W_{sec323} \times Coherencia_{sec323} \\ & + W_{sec324} \times Coherencia_{sec324} + W_{sec325} \times Coherencia_{sec325} \end{aligned} \quad (38)$$

Donde:

$\sum Sec_{32}$ sumatoria de la completitud de la sección {Datos generales}

W_{sec321} = {Requisito a probar}

$Coherencia_{sec321}$ = Valor de la coherencia de la sección {Requisito a probar}

W_{sec322} = Peso de la sección de {Ejecutor}

$Coherencia_{Sec322}$ = Valor de la coherencia de la sección {Ejecutor}

W_{Sec323} = Peso de la sección de {Fecha y hora de ejecución}

$Coherencia_{Sec323}$ = Valor de la coherencia de la sección {Fecha y hora de ejecución}

W_{Sec324} = Peso de la sección de {Evaluador por desarrollador}

$Coherencia_{Sec324}$ = Valor de la coherencia de la sección {Evaluador por desarrollador}

W_{Sec325} = Peso de la sección de {Evaluador por cliente}

$Coherencia_{Sec325}$ = Valor de la coherencia de la sección {Evaluador por cliente}

Para calcular la completitud de la sección de {Desarrollo} se utiliza la ecuación 39:

$$\begin{aligned} \sum Sec_{33} = & W_{Sec331} \times Coherencia_{Sec331} + W_{Sec332} \times Coherencia_{332} + W_{Sec333} \times Coherencia_{333} \\ & + W_{Sec334} \times Coherencia_{334} + W_{Sec335} \times Coherencia_{335} + W_{Sec336} \times Coherencia_{336} \\ & + W_{Sec337} \times Coherencia_{337} + W_{Sec338} \times Coherencia_{338} + W_{Sec339} \times Coherencia_{339} \end{aligned} \quad (39)$$

Donde:

$\sum Sec_{33}$ sumatoria de la completitud de la sección {Desarrollo}

W_{Sec331} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{Sec331}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

W_{Sec332} = Peso de la sección de {Condiciones de ejecución}

$Coherencia_{Sec332}$ = Valor de la coherencia de la sección {Condiciones de ejecución}

W_{Sec333} = Peso de la sección de {Entradas}

$Coherencia_{Sec333}$ = Valor de la coherencia de la sección {Entradas}

W_{Sec334} = Peso de la sección de {Acciones}

$Coherencia_{Sec334}$ = Valor de la coherencia de la sección {Acciones}

W_{Sec335} = Peso de la sección de {Resultados esperados}

$Coherencia_{Sec335}$ = Valor de la coherencia de la sección {Resultados esperados}

W_{Sec336} = Peso de la sección de {Resultados obtenidos}

$Coherencia_{Sec336}$ = Valor de la coherencia de la sección {Resultados obtenidos}

W_{Sec337} = Peso de la sección de {Evaluación de la prueba}

$Coherencia_{Sec337}$ = Valor de la coherencia de la sección {Evaluación de la prueba}

W_{Sec338} = Peso de la sección de {Acciones correctivas}

$Coherencia_{Sec338}$ = Valor de la coherencia de la sección {Acciones correctivas}

W_{Sec339} = Peso de la sección de {Aprobación}

$Coherencia_{Sec339}$ = Valor de la coherencia de la sección {Aprobación}

Sección 10: Reporte de pruebas de sistema

Para calcular la completitud del reporte de pruebas de sistema es necesario primero calcular la completitud de forma independiente de las secciones principales.

$$\begin{aligned}
 \text{Compleitud}_{Pr14} &= W_{Sec1} \times \text{Coherencia}_{Sec1} + W_{Sec2} \times \text{Coherencia}_{Sec2} + W_{Sec3} \times \text{Coherencia}_{Sec3} \\
 &+ W_{Sec4} \times \text{Coherencia}_{Sec4} + W_{Sec5} \times \text{Coherencia}_{Sec5} + W_{Sec6} \times \text{Coherencia}_{Sec6} \\
 &+ W_{Sec7} \times \text{Coherencia}_{Sec7} + \sum Sec_8
 \end{aligned} \tag{40}$$

Donde:

Pr_{14} = {Reporte de pruebas de sistema}

W_{Sec1} = Peso de la sección de {Introducción}

Coherencia_{Sec1} = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{Sec2} = Peso de la sección de {Objetivo}

Coherencia_{Sec2} = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

W_{Sec3} = Peso de la sección de {Nombre del proyecto}

Coherencia_{Sec3} = Valor de la coherencia de la sección {Nombre del proyecto}

W_{Sec4} = Peso de la sección de {Participantes}

Coherencia_{Sec4} = Valor de la coherencia de la sección {Participantes}

W_{Sec5} = Peso de la sección de {Fecha}

Coherencia_{Sec5} = Valor de la coherencia de la sección {Fecha}

W_{Sec6} = Peso de la sección de {Lugar}

Coherencia_{Sec6} = Valor de la coherencia de la sección {Lugar}

W_{Sec7} = Peso de la sección de {Duración}

Coherencia_{Sec7} = Valor de la coherencia de la sección {Duración}

$\sum Sec_8$ sumatoria de la completitud de la sección {Defectos encontrados}

Para calcular la completitud de la sección de {Defectos} encontrados se utiliza la ecuación 41:

$$\sum Sec_8 = W_{Sec81} \times \text{Coherencia}_{Sec81} + W_{Sec82} \times \text{Coherencia}_{Sec82} + W_{Sec83} \times \text{Coherencia}_{Sec83} \tag{41}$$

Donde:

$\sum Sec_8$ sumatoria de la completitud de la sección {Defectos encontrados}

W_{Sec81} = Peso de la sección de {Nombre del defecto}

$\text{Coherencia}_{Sec81}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre del defecto}

W_{Sec82} = Peso de la sección de {Descripción}

$\text{Coherencia}_{Sec82}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción}

W_{Sec83} = Peso de la sección de {Ubicación del defecto}

$\text{Coherencia}_{Sec83}$ = Valor de la coherencia de la sección {Ubicación del defecto}

Sección 11: Plan de pruebas de integración

Para calcular la completitud del plan de pruebas de integración es necesario primero calcular la completitud de forma independiente de los componentes principales.

$$Completitud_{Pr10} = Sec_1 \times Coherencia_{Sec1} + Sec_2 \times Coherencia_{Sec2} + \sum Sec_3 + \sum Sec_4 \quad (42)$$

Donde:

Pr_{10} = {Plan de pruebas de Integración}

W_{sec1} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{Sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{sec2} = Peso de la sección de {Objetivos}

$Coherencia_{Sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivos}

$\sum Sec_3$ sumatoria de la completitud de la sección {Orden de integración}

$\sum Sec_4$ sumatoria de la completitud de la sección {Pruebas para validar la integración}

Para calcular la completitud de la sección de {Orden de integración} de la ecuación 42 se utiliza la ecuación 43:

$$\sum Sec_3 = W_{Sec31} \times Coherencia_{Sec31} + W_{Sec32} \times Coherencia_{Sec32} + W_{Sec33} \times Coherencia_{Sec33} \quad (43)$$

Donde:

$\sum Sec_3$ sumatoria de la completitud de la sección {Orden de integración}

W_{sec31} = Peso de la sección de {Id}

$Coherencia_{Sec31}$ = Valor de la coherencia de la sección {Id}

W_{sec32} = Peso de la sección de {Nombre}

$Coherencia_{Sec32}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre}

W_{sec33} = Peso de la sección de {Descripción}

$Coherencia_{Sec33}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción}

Para calcular la completitud de {Pruebas para validar la integración} ubicada en la ecuación 42 se utiliza la ecuación 44:

$$\begin{aligned} \sum Sec_4 = & W_{Sec41} \times Coherencia_{Sec41} + W_{Sec42} \times Coherencia_{Sec42} + W_{Sec43} \times Coherencia_{Sec43} \\ & + W_{Sec44} \times Coherencia_{Sec44} + W_{Sec45} \times Coherencia_{Sec45} + W_{Sec46} \times Coherencia_{Sec46} \\ & + W_{Sec47} \times Coherencia_{Sec47} + W_{Sec48} \times Coherencia_{Sec48} + W_{Sec49} \times Coherencia_{Sec49} \\ & + W_{Sec410} \times Coherencia_{Sec410} \end{aligned} \quad (44)$$

Donde:

$\sum Sec_4$ sumatoria de la completitud de la sección {pruebas para validar la integración}

W_{sec41} = Peso de la sección de {Id}

$Coherencia_{Sec41}$ = Valor de la coherencia de la sección {Id}

W_{sec42} = Peso de la sección de {Nombre}

$Coherencia_{Sec42}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre}

W_{sec43} = Peso de la sección de {Autor}

$Coherencia_{sec43}$ = Valor de la coherencia de la sección {Autor}

W_{sec44} = Peso de la sección de {Fecha}

$Coherencia_{sec44}$ = Valor de la coherencia de la sección {Fecha}

W_{sec45} = Peso de la sección de {Descripción}

$Coherencia_{sec45}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción}

W_{sec46} = Peso de la sección de {Actores}

$Coherencia_{sec46}$ = Valor de la coherencia de la sección {Actores}

W_{sec47} = Peso de la sección de {Precondiciones}

$Coherencia_{sec47}$ = Valor de la coherencia de la sección {Precondiciones}

W_{sec48} = Peso de la sección de {Flujo normal}

$Coherencia_{sec48}$ = Valor de la coherencia de la sección {Flujo normal}

W_{sec49} = Peso de la sección de {Flujo alternativo}

$Coherencia_{sec49}$ = Valor de la coherencia de la sección {Flujo alternativo}

W_{sec410} = Peso de la sección de {Postcondiciones}

$Coherencia_{sec410}$ = Valor de la coherencia de la sección {Postcondiciones}

Sección 12: Reporte de pruebas de integración

Para calcular la completitud del reporte de pruebas de integración es necesario primero calcular la completitud de forma independiente de los componentes principales.

$Compleitud_{pr13}$

$$\begin{aligned}
 &= W_{sec1} \times Coherencia_{sec1} + W_{sec2} \times Coherencia_{sec2} + W_{sec3} \times Coherencia_{sec3} \\
 &+ W_{sec4} \times Coherencia_{sec4} + W_{sec5} \times Coherencia_{sec5} + W_{sec6} \times Coherencia_{sec6} \\
 &+ W_{sec7} \times Coherencia_{sec7} + \sum Sec_8
 \end{aligned} \tag{45}$$

Donde:

Pr_{13} = {Reporte de pruebas de Integración}

W_{sec1} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{sec2} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

W_{sec3} = Peso de la sección de {Nombre del proyecto}

$Coherencia_{sec3}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre del proyecto}

W_{sec4} = Peso de la sección de {Participantes}

$Coherencia_{sec4}$ = Valor de la coherencia de la sección {Participantes}

W_{sec5} = Peso de la sección de {Fecha}

$Coherencia_{Sec5}$ = Valor de la coherencia de la sección {Fecha}

W_{Sec6} = Peso de la sección de {Lugar}

$Coherencia_{Sec6}$ = Valor de la coherencia de la sección {Lugar}

W_{Sec7} = Peso de la sección de {Duración}

$Coherencia_{Sec7}$ = Valor de la coherencia de la sección {Duración}

$\sum Sec_8$ sumatoria de la completitud de la sección {Defectos encontrados}

Para calcular la completitud de {Defectos encontrados} ubicada en la ecuación 45 se utiliza la ecuación 46:

$$\sum Sec_8 = W_{Sec81} \times Coherencia_{Sec81} + W_{Sec82} \times Coherencia_{Sec82} + W_{Sec83} \times Coherencia_{Sec83} \quad (46)$$

Donde:

$\sum Sec_8$ sumatoria de la completitud de la sección {Defectos encontrados}

W_{Sec81} = Peso de la sección de {Nombre del defecto}

$Coherencia_{Sec81}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre del defecto}

W_{Sec82} = Peso de la sección de {Descripción}

$Coherencia_{Sec82}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción}

W_{Sec83} = Peso de la sección de {Ubicación del defecto}

$Coherencia_{Sec83}$ = Valor de la coherencia de la sección {Ubicación del defecto}

Sección 13: Reporte de verificación

Para calcular la completitud del reporte de verificación es necesario primero calcular la completitud de forma independiente de las secciones principales.

$$\begin{aligned} Completitud_{Pr5} = & W_{Sec1} \times Coherencia_{Sec1} + W_{Sec2} \times Coherencia_{Sec2} + W_{Sec3} \times Coherencia_{Sec3} \\ & + W_{Sec4} \times Coherencia_{Sec4} + W_{Sec5} \times Coherencia_{Sec5} + W_{Sec6} \times Coherencia_{Sec6} \\ & + W_{Sec7} \times Coherencia_{Sec7} + W_{Sec8} \times Coherencia_{Sec8} + \sum Sec_9 + W_{Sec10} \times Coherencia_{Sec10} \end{aligned} \quad (47)$$

Donde:

Pr_5 = {Reporte de verificación}

W_{Sec1} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{Sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{Sec2} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{Sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

W_{Sec3} = Peso de la sección de {Nombre del proyecto}

$Coherencia_{Sec3}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre del proyecto}

W_{Sec4} = Peso de la sección de {Participantes}

$Coherencia_{Sec4}$ = Valor de la coherencia de la sección {Participantes}

W_{Sec5} = Peso de la sección de {Fecha}

$Coherencia_{Sec5}$ = Valor de la coherencia de la sección {Fecha}

W_{sec6} = Peso de la sección de {Lugar}

$Coherencia_{sec6}$ = Valor de la coherencia de la sección {Lugar}

W_{sec7} = Peso de la sección de {Duración}

$Coherencia_{sec7}$ = Valor de la coherencia de la sección {Duración}

W_{sec8} = Peso de la sección de {Elementos verificados}

$Coherencia_{sec8}$ = Valor de la coherencia de la sección {Elementos verificados}

$\sum Sec_9$ sumatoria de la completitud de la sección {Defectos encontrados}

Sec_{10} = Peso de la sección de {Comentarios y/o observaciones}

$Coherencia_{sec10}$ = Valor de la coherencia de la sección {Comentarios y/o observaciones}

Para calcular la completitud de la sección 9 (Sec_9) llamada {Defectos encontrados} ubicada en la ecuación 47 se utiliza la ecuación 48:

$$\sum Sec_9 = W_{sec91} \times Coherencia_{sec91} + W_{sec92} \times Coherencia_{sec92} + W_{sec93} \times Coherencia_{sec93} \quad (48)$$

Donde:

$\sum Sec_9$ sumatoria de la completitud de la sección {Defectos encontrados}

W_{sec91} = Peso de la sección de {Nombre del defecto}

$Coherencia_{sec91}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre del defecto}

W_{sec92} = Peso de la sección de {Descripción}

$Coherencia_{sec92}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción}

W_{sec93} = Peso de la sección de {Ubicación del defecto}

$Coherencia_{sec93}$ = Valor de la coherencia de la sección {Ubicación del defecto}

Sección 14: Reporte de validación

Para calcular la completitud del reporte de validación es necesario primero calcular la completitud de forma independiente de las secciones principales.

$$\begin{aligned} Completitud_{Pr6} = & W_{sec1} \times Coherencia_{sec1} + W_{sec2} \times Coherencia_{sec2} + W_{sec3} \times Coherencia_{sec3} \\ & + W_{sec4} \times Coherencia_{sec4} + W_{sec5} \times Coherencia_{sec5} + W_{sec6} \times Coherencia_{sec6} \\ & + W_{sec7} \times Coherencia_{sec7} + W_{sec8} \times Coherencia_{sec8} + \sum Sec_9 + W_{sec10} \times Coherencia_{sec10} \end{aligned} \quad (49)$$

Donde:

Pr_6 = {Reporte de validación}

W_{sec1} = Peso de la sección de {Introducción}

$Coherencia_{sec1}$ = Valor de la coherencia de la sección {Introducción}

W_{sec2} = Peso de la sección de {Objetivo}

$Coherencia_{sec2}$ = Valor de la coherencia de la sección {Objetivo}

W_{sec3} = Peso de la sección de {Nombre del proyecto}

$Coherencia_{sec3}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre del proyecto}

W_{sec4} = Peso de la sección de {Participantes}

$Coherencia_{sec4}$ = Valor de la coherencia de la sección {Participantes}

W_{sec5} = Peso de la sección de {Fecha}

$Coherencia_{sec5}$ = Valor de la coherencia de la sección {Fecha}

W_{sec6} = Peso de la sección de {Lugar}

$Coherencia_{sec6}$ = Valor de la coherencia de la sección {Lugar}

W_{sec7} = Peso de la sección de {Duración}

$Coherencia_{sec7}$ = Valor de la coherencia de la sección {Duración}

W_{sec8} = Peso de la sección de {Elementos validados}

$Coherencia_{sec8}$ = Valor de la coherencia de la sección {Elementos validados }

$\sum Sec_9$ sumatoria de la completitud de la sección {Defectos encontrados}

Sec_{10} = Peso de la sección de {Comentarios y/o observaciones}

$Coherencia_{sec10}$ = Valor de la coherencia de la sección {Comentarios y/o observaciones}

Para calcular la completitud de la sección 9 (Sec_9) llamada {Defectos encontrados} ubicada en la ecuación 49 se utiliza la ecuación 50:

$$\sum Sec_9 = W_{sec91} \times Coherencia_{sec91} + W_{sec92} \times Coherencia_{sec92} + W_{sec93} \times Coherencia_{sec93} \quad (50)$$

Donde:

$\sum Sec_9$ sumatoria de la completitud de la sección {Defectos encontrados}

W_{sec91} = Peso de la sección de {Nombre del defecto}

$Coherencia_{sec91}$ = Valor de la coherencia de la sección {Nombre del defecto}

W_{sec92} = Peso de la sección de {Descripción}

$Coherencia_{sec92}$ = Valor de la coherencia de la sección {Descripción}

W_{sec93} = Peso de la sección de {Ubicación del defecto}

$Coherencia_{sec93}$ = Valor de la coherencia de la sección {Ubicación del defecto}

Anexo 4. Requerimientos funcionales del sistema ONTY

Las funciones que debe de realizar el sistema son:

No.	ID	Requisito de Software	Descripción
1	RF01	Pantalla de bienvenida Onty2.	El sistema Onty2 debe de tener la información general del proyecto, por ejemplo: el nombre y los logos.
			Las opciones que realice la pagina debe de ir en botones separados en la parte de arriba.
2	RF02	Tener un menú.	El menú debe de estar ubicado en la parta de arriba con las diferentes opciones que cuneta el sistema Web Onty2.
3	RF03	Botón de “Cancelar”.	Tener un botón de cancelar en cada pantalla para que regrese a la pantalla de bienvenida.
4	RF04	Cargar un recurso de aprendizaje.	Permitir cargar el archivo en formato pdf o docx que se desea evaluar.
			Mostrar un mensaje de confirmación de la carga del recurso de aprendizaje.
5	RF05	Seleccionar el producto que se desea evaluar.	Identificar y seleccionar el nombre del producto del proceso de negocio que se desea evaluar.
6	RF06	Crear un bloc de notas.	Crear un bloc de notas para escribir las secciones que conforman el recurso de aprendizaje.
7	RF07	Identificar las secciones del recurso de aprendizaje .	Identificar los títulos de las secciones que conforman el recurso de aprendizaje.
8	RF08	Crear una ontología.	Identificar las actividades, tareas, roles, productos y atributos en el proceso de negocio.
9	RF09	Buscar las secciones en la ontología.	Leer el bloc de notas y buscar el nombre de la sección en la ontología.
10	RF10	Medir la coherencia.	Medir la coherencia de las diferentes secciones del recurso de aprendizaje.
11	RF11	Evaluar la completitud.	Medir la completitud que tiene el recurso de aprendizaje.
12	RF12	Creación de un recursos de aprendizaje de tipo contenido.	El sistema debe de crear un recursos de aprendizaje de tipo contenido con base en los atributos definidos en la ontología.
			Mostrar un mensaje de la creación correcta del recurso de aprendizaje.
12	RF12	Servicios Web.	Todas las funciones que tenga el sistema Web Onty2 serán empacadas como servicios Web.

Anexo 5. Análisis y Diseño del sistema ONTY

Casos de uso

La Ilustración 25 muestra el diagrama de casos de uso del sistema Web Onty2 donde se visualizan las acciones que va a realizar la herramienta que nos ayudara a la evaluación de los recursos de aprendizaje.

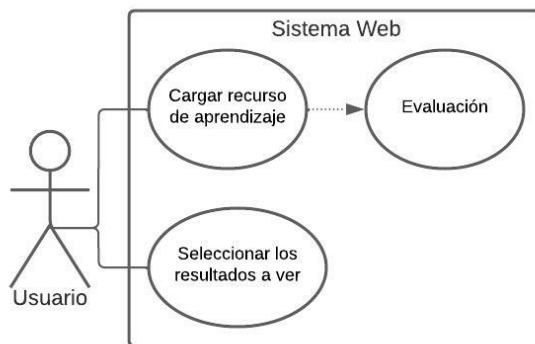


Ilustración 25 Diagrama de casos de uso

Secuencia

La Ilustración 26 muestra el diagrama de secuencia del sistema Web Onty2 con la comunicación de los actores que se involucran al momento de realizar una evaluación de un recurso de aprendizaje. Para usar la herramienta primero el usuario debe de cargar un recurso de aprendizaje, luego la herramienta le muestra una notificación de la carga exitosa; posteriormente la herramienta identifica las secciones del recurso de aprendizaje y estas son enviadas a la ontología para buscarlas, además, la herramienta mide la coherencia que existe entre las secciones del recurso de aprendizaje. Por último, la herramienta calcula la completitud del recurso de aprendizaje y se la muestra al usuario.

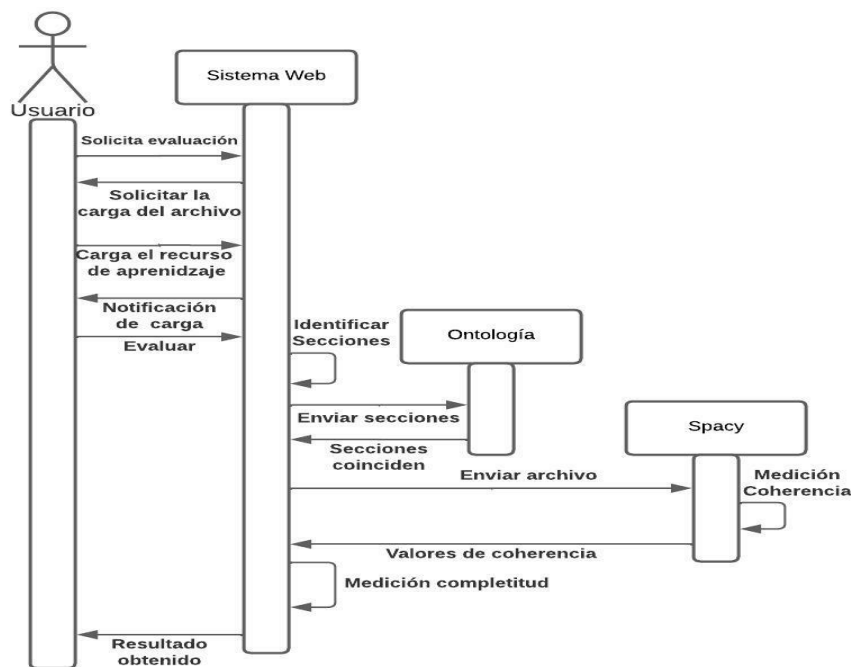


Ilustración 26 Diagrama de secuencia

Componentes

La Ilustración 27 muestra el diagrama de componentes del sistema Web Onty2 donde se visualizan los tres nodos con que contara la herramienta. El primero es el equipo donde se ejecuta la herramienta y los otros dos nodos son los elementos que se necesita para realizar la evaluación de la completitud.

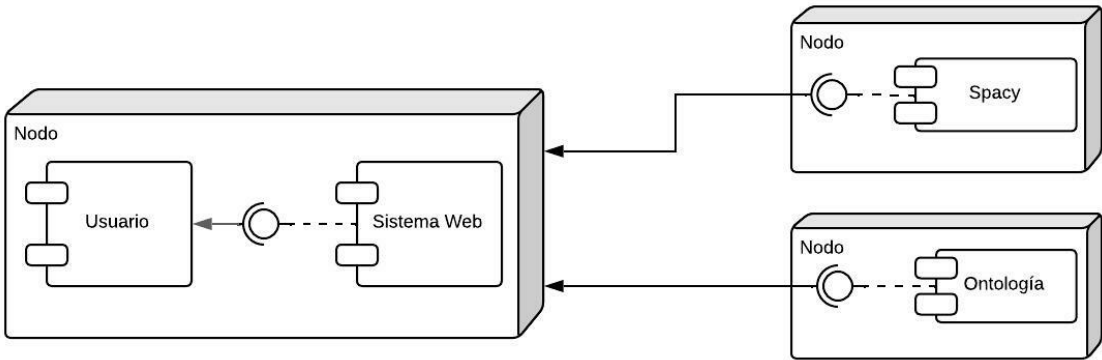


Ilustración 27 Diagrama de componentes

Despliegue

La Ilustración 28 muestra el diagrama de despliegue del sistema Web Onty2 donde se visualiza la arquitectura de ejecución de un sistema, incluyendo nodos como entornos de ejecución de hardware o software, y el middleware que los conecta. Se tendrá dos servidores, uno donde se alojará la base de datos donde se almacenarán los usuarios que utilizan el sistema al igual que la ontología para realizar las consultas y otro servidor donde se tendrá almacenado el sistema Web Onty2 y los servicios Web que consumirán el sistema Web Onty2.

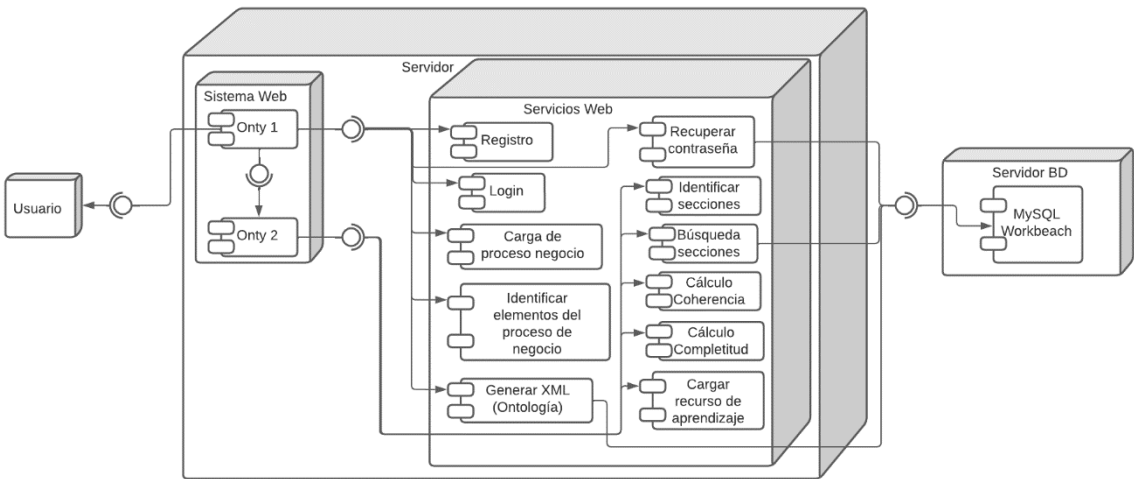


Ilustración 28 Diagrama de despliegue

Anexo 6. Requerimientos de interfaz de usuario

No.	ID	Requisito de Software	Descripción
1	RIU01	Debe tener una pantalla de bienvenida .	La pantalla de bienvenida está conformada por los logos de la institución, el nombre del proyecto y una descripción.
2	RIU02	Debe de mostrar una pantalla para cargar el recurso de aprendizaje, relacionado con el RF04.	Mostrar las instrucciones de cómo realizar la carga y tener el apartado para cargarlo. Al cargarlo debe de mostrar una alerta de la carga correcta.
3	RIU03	Debe de tener una pantalla para seleccionar el recurso a evaluar.	Mostrar una lista desplegable para seleccionar el nombre del producto del proceso de negocio a evaluar.
4	RIU04	Debe de tener un botón para evaluar el recurso.	En la parte de debajo de forma central debe de tener el botón para realizar le evaluación del recurso de aprendizaje.
5	RIU05	Debe de tener una pantalla de resultados .	Mostrar una lista desplegable para seleccionar los diferentes resultados (Secciones identificadas, Valor de coherencia y Valor de completitud) y dependiendo de los resultados seleccionados mostrar su valor.
6	RIU06	Color de fondo	El color del fondo de las paginas será el blanco #FFFFFF
7	RIU07	Color de fuente	El color de la fuente que utilizará la herramienta será el color negro #000000
8	RIU08	Iconos	Los iconos que llevara el sistema serán los de la institución que la realiza y la institución que la utilizara.
			Los iconos se ubicarán en las esquinas del sistema.

Anexo 7. Modelo de calidad

El Diagrama 16 muestra el modelo de calidad con los principales atributos identificados que pueden medirse en los recursos de aprendizaje de tipo contenido. Es importante destacar que en este trabajo de investigación solo se está evaluando el atributo de completitud.

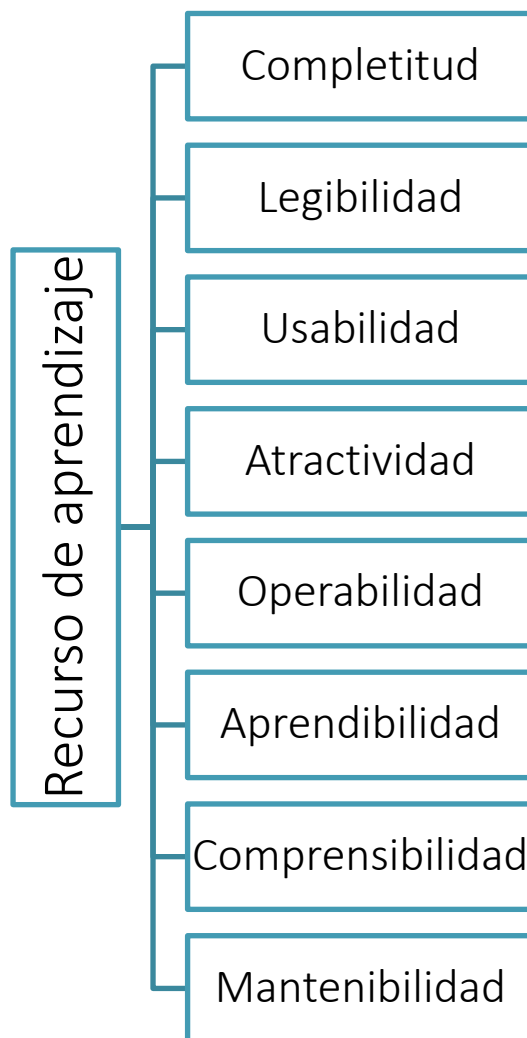


Diagrama 16 Modelo de calidad para los recursos de aprendizaje