



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Modelo para la integración de implementaciones aisladas de sistemas de información en instituciones de educación superior: Prueba de Concepto Smart Learning Environment - Universidad de las Fuerzas

Armadas – ESPE

Caicedo García, Kevin Omar y Lopez Fonseca, David Alejandro

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Software

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero de Software

Dr. Fonseca Carrera, Efraín Rodrigo

17 de febrero del 2023

Análisis de similitud



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

CAICEDO_LOPEZ_TESIS

5% Similitudes

1% Texto entre comillas
< 1% similitudes entre comillas


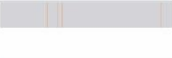








2% Idioma no reconocido

Nombre del documento: CAICEDO_LOPEZ_TESIS.docx ID del documento: cbc3032f258c6da06ab750c4d0cc4c3c8545d2a4 Tamaño del documento original: 3.2 Mo	Depositante: EFRAIN RODRIG FONSECA CARRERA Fecha de depósito: 17/2/2023 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 17/2/2023	Número de palabras: 15.962 Número de caracteres: 105.215
--	---	---

Ubicación de las similitudes en el documento:














Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 link.springer.com Mechanisms for the Construction of the Service-Oriented Inform... 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (92 palabras)
2	 Andaluz Colala, Paola Alexandra.docx Andaluz Colala, Paola Alexandra #cb0073 El documento proviene de mi grupo 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (83 palabras)
3	 link.springer.com Scholarship Management at the University of Trás-os-Montes an... 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (76 palabras)
4	 TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR FONSECA CRISTIAN.pdf TRABAJO... #f20a0a El documento proviene de mi grupo 6 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (64 palabras)
5	 Cervantes_Jessica_Rivas_Mariam_UIC202251.pdf Cervantes_Jessica_Rivas... #08e2f2 El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (65 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.espe.edu.ec Planificación estratégica de sistemas de información de la ... #19f460	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (39 palabras)
2	 Documento de otro usuario #19f460 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (17 palabras)
3	 www.slidshare.net Bases teóricas	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (16 palabras)
4	 books.google.com Software Architect's Handbook: Become a successful software a...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (12 palabras)
5	 www.scielo.org.pe Serie de Redacción Científica: Revisiones Sistemáticas	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (15 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.espe.edu.ec Framework Inteligente para el desarrollo, integración y des...	5%		Palabras idénticas : 5% (836 palabras)
2	 biblioteca.espe.edu.ec	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (95 palabras)
3	 biblioteca.espe.edu.ec	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (83 palabras)
4	 repositorio.espe.edu.ec Estudio de la necesidad de disponer de una estructura pa...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (66 palabras)
5	 repositorio.espe.edu.ec Mobile Manipulator Robot Control Through Virtual Hardwa...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (68 palabras)
6	 repositorio.espe.edu.ec Las tecnologías de información y comunicación para facilit...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (45 palabras)

Fuente mencionada (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1  <https://doi.org/10.1590/51806-37562018000000088>



Certificación



Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Software

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, **“Modelo para la integración de implementaciones aisladas de sistemas de información en instituciones de educación superior: Prueba de Concepto Smart Learning Environment – Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE”** fue realizado por los señores **Caicedo García Kevin Omar** y **Lopez Fonseca David Alejandro**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 de febrero del 2023

Firma:



Dr. Fonseca Carrera, Efraín Rodrigo

C. C. 1710979574

Responsabilidad de autoría



Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Software

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, Caicedo García Kevin Omar y Lopez Fonseca David Alejandro, con cédulas de ciudadanía n° 1850131556 y 1805111125, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Modelo para la integración de implementaciones aisladas de sistemas de información en instituciones de educación superior: Prueba de Concepto Smart Learning Environment - Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 14 de febrero del 2023

Firma

Caicedo García, Kevin Omar

C. C.: 1850131556

Firma

Lopez Fonseca, David Alejandro

C.C.: 1805111125

Autorización de publicación



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Software

Autorización de Publicación

Nosotros, **Caicedo García Kevin Omar** y **Lopez Fonseca David Alejandro**, con cédulas de ciudadanía n° 1850131556 y 1805111125, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Modelo para la integración de implementaciones aisladas de sistemas de información en instituciones de educación superior: Prueba de Concepto Smart Learning Environment - Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad

Sangolquí, 14 de febrero del 2023

Firma



Caicedo García, Kevin Omar

C. C.: 1850131556

Firma



Lopez Fonseca, David Alejandro

C.C.: 1805111125

Dedicatoria

Quiero dedicar este logro a mis padres por formarme en la persona que soy hoy en día. A través de su combinación de reglas y libertades, me ayudaron a ser responsable con mi vida, aprender de mis decisiones, tanto las buenas como las malas, y a superar los desafíos. También quiero dedicarles esta tesis a mis queridos hermanos, con la esperanza de que pueda ser un modelo a seguir y brindarles mi apoyo para que puedan alcanzar sus objetivos.

Kevin Omar Caicedo García

A mi madre, que me ha apoyado siempre en mis estudios y a mis abuelos por haber cuidado de mi durante mi niñez y adolescencia. Sin ellos esto no habría sido posible.

David Alejandro Lopez Fonseca

Agradecimiento

Quisiera extender mi gratitud a toda mi familia, ya que son una parte fundamental de mi vida y me han apoyado incondicionalmente en mi trayectoria académica. También agradecer a mi amigo y compañero de tesis, por su amistad sincera durante todos estos años y su ayuda para continuar y culminar mis estudios, por mostrarme muchas de las alegrías que da la vida universitaria y su apoyo incondicional.

Kevin Omar Caicedo García

Agradezco a mi familia, que me ha acompañado durante todos estos años en los momentos de alegría y tristeza. Agradezco a mi amigo y compañero de tesis por su amistad incondicional. Finalmente agradezco a todos los miembros de la comisión Prueba Piloto Moodle que contribuyeron al desarrollo de este proyecto.

David Alejandro Lopez Fonseca

Índice de contenido

Análisis de similitud	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación.....	5
Resumen	15
Abstract.....	16
Capítulo I	17
Introducción	17
Antecedentes	17
Problemática	19
Justificación.....	25
Objetivos	26
Objetivo General	26
Objetivos Específicos.....	26
Alcance	27
Hipótesis.....	29
Capítulo II	30
Estado del Arte.....	30
Planteamiento de la revisión de literatura preliminar.....	30

Criterios de inclusión y exclusión.....	30
Grupo de Control.	31
Cadena de búsqueda.....	33
Proceso de selección.....	36
Resumen general y conclusión del estado del arte.	44
Metodología.....	45
Identificación de la problemática.	46
Definición de los objetivos de la solución.....	46
Diseño y desarrollo.	46
Demostración.....	46
Evaluación.	47
Comunicación.....	47
Marco Teórico.....	47
Red de categorías.....	47
Fundamentación Científica de la Variable Independiente.	49
Arquitectura de Software.	49
Application Programming Interface (API).	50
Web Services.....	50
Fundamentación Científica de la Variable Dependiente.	51
Tecnologías de la Información.	51

	10
Sistemas de Información.....	52
Desarrollo de Sistemas de Información.	53
Implementación de Sistemas de Información Aislados.	53
Capitulo III	54
Construcción de la Solución	54
Selección de herramientas.....	58
Spring Boot.....	58
Angular	59
Implementación	59
Automatización de procesos.....	61
Creación de aulas virtuales	62
Matriculación de Estudiantes	69
Ingreso de notas.....	70
Pruebas	73
Capítulo IV.....	75
Validación del Modelo de Comunicación	75
Entrevista	75
Encuesta	76
Conclusiones	79
Recomendaciones.....	80

Trabajos Futuros	81
Bibliografía	83
Apéndices.....	89

Índice de Tablas

Tabla 1: <i>Matriz de congruencia Metodológica</i>	27
Tabla 2: <i>Artículos del grupo de control</i>	32
Tabla 3: <i>Trazabilidad de la cadena de búsqueda</i>	34
Tabla 4: <i>Estudios Primarios</i>	36
Tabla 5: <i>Lista de procesos a ser automatizados</i>	54

Índice de Figuras

Figura 1: <i>Primer efecto de la problemática</i>	20
Figura 2: <i>Segundo efecto de la problemática</i>	20
Figura 3: <i>Tercer efecto de la problemática</i>	21
Figura 4: <i>Cuarto efecto de la problemática</i>	22
Figura 5: <i>Primera causa de la problemática</i>	22
Figura 6: <i>Segunda causa de la problemática</i>	23
Figura 7: <i>Tercera causa de la problemática</i>	24
Figura 8: <i>Cuarta causa de la problemática</i>	24
Figura 9: <i>Árbol de Problemas</i>	25
Figura 10: <i>Fases de la metodología Design Science Research</i>	45
Figura 11: <i>Red de categorías de la variable independiente</i>	48
Figura 12: <i>Red de categorías de la variable dependiente</i>	48
Figura 13: <i>Proceso de creación de aulas virtuales</i>	55
Figura 14: <i>Proceso de ingreso de notas</i>	56
Figura 15: <i>Modelo de comunicación propuesto</i>	56
Figura 16: <i>Modelo de comunicación de estudio</i>	57
Figura 17: <i>Herramientas del modelo de comunicación</i>	58
Figura 18: <i>Modelo de comunicación aplicado al caso de estudio</i>	60
Figura 19: <i>Ejecución de un proceso a través de interfaz de usuario</i>	61
Figura 20: <i>Ejecución de un proceso utilizando tareas preprogramadas</i>	62
Figura 21: <i>Estructura genérica para un curso</i>	63
Figura 22: <i>Proceso para la creación de una Tarea</i>	64
Figura 23: <i>Proceso para la creación de un Foro</i>	65

Figura 24: <i>Proceso para la creación de una Prueba</i>	65
Figura 25: <i>Proceso para la creación de una categoría en el libro de calificaciones</i>	66
Figura 26: <i>Proceso para la creación de un curso</i>	67
Figura 27: <i>Interfaz creación de cursos</i>	68
Figura 28: <i>Instalación del plugin DL_SERVICE</i>	68
Figura 29: <i>Diseño de Base de Datos</i>	69
Figura 30: <i>Validación implementada para la agregación de usuarios a un curso</i>	70
Figura 31: <i>Interfaz matriculación de estudiantes</i>	70
Figura 32: <i>Proceso para el ingreso de notas</i>	71
Figura 33: <i>Interfaz ingreso de notas</i>	71
Figura 34: <i>Proceso de manejo de tokens de acceso</i>	72
Figura 35: <i>Gráfico de resultados, satisfacción del sistema de integración</i>	77
Figura 36: <i>Gráfico resultados, beneficios del sistema de integración</i>	78

Resumen

Las Unidades de Tecnologías de la Información y la Comunicación (UTIC) de las instituciones de educación superior (IES) afrontan el reto de integrar sistemas de información aislados con el objeto de facilitar la interoperabilidad y fomentar la automatización de procesos. Luego de realizar una revisión básica de literatura y llevar a cabo un análisis exploratorio a un grupo de funcionarios de la UTIC en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE se identificaron múltiples problemas derivados de la existencia sistemas de información aislados como la duplicación de información, la inconsistencia en los datos y la necesidad de realizar procesos de forma manual. Este proyecto tiene como propósito desarrollar un modelo de comunicación genérico que permita la integración de implementaciones aisladas de sistemas de información en instituciones de educación superior. La metodología empleada para el desarrollo del proyecto fue Design Science Research (DSR) debido a su capacidad para generar resultados innovadores. El modelo propuesto fue validado mediante una prueba de concepto en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, la cual consistió en establecer comunicación entre los sistemas de información *MOODLE* y *BANNER*, y automatizar procesos como la generación de aulas virtuales y el ingreso de notas parciales. En consecuencia, se obtuvieron múltiples beneficios de la automatización siendo la más importante la reducción del tiempo necesario para completar los procesos.

Palabras clave: integración, sistemas de información, instituciones de educación superior, modelo de comunicación, automatización.

Abstract

The Information and Communication Technology Units (ICTUs) of higher education institutions (HEIs) face the challenge of integrating isolated information systems in order to facilitate interoperability and promote process automation. After conducting a basic literature review and carrying out an exploratory analysis to a group of officials from the ICTU at the Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, multiple problems derived from the existence of isolated information systems were identified, such as data duplication, data inconsistency, and the need to perform manual processes. The purpose of this project is to develop a generic communication model that allows for the integration of isolated implementations of information systems in higher education institutions. The methodology used for the project development was Design Science Research (DSR) due to its ability to generate innovative results. The proposed model was validated through a proof-of-concept at the Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, which involved establishing communication between the MOODLE and BANNER information systems and automating processes such as the generation of virtual classrooms and the input of partial grades. As a result, multiple benefits were obtained from the automation, the most important being the reduction of the time necessary to complete the processes.

Key words: integration, information systems, higher education institutions, communication model, automation.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Según (Rainer & Brad, 2021), los sistemas de información son un conjunto de componentes interrelacionados que permiten recolectar, almacenar y procesar información para un propósito específico. Los sistemas de información son utilizados en todo tipo de organizaciones y tienen un papel fundamental en el desarrollo de las mismas, gracias a los beneficios que proveen como la reducción de costes operacionales, el incremento en la calidad de servicios y la optimización del proceso de toma de decisiones (Martins, et al., 2019). En otras palabras, los sistemas de información son considerados como herramientas que tienen el potencial de mejorar significativamente el rendimiento de una organización (Hermanto, 2018).

Las instituciones de educación superior (IES) al ser las responsables de la formación profesional de las personas se ven en la necesidad de manejar de forma eficiente el almacenamiento y procesamiento de la información de todos sus usuarios (Soegoto, 2019). El número de estudiantes que accede a la educación superior ha tenido un incremento considerable en los últimos años, lo que implica un crecimiento exponencial en la cantidad de datos que se generan y administran en estas instituciones (Adejo & Thomas, 2017). Por otro lado, las tecnologías de la información han adquirido un papel importante dentro del ámbito educativo dado que facilitan la implementación de mejoras en la calidad de la enseñanza y el aprendizaje (Bøe, Gulbrandsen, & Sørrebø, 2015). Bajo este contexto, las IES invierten muchos recursos en el desarrollo de su infraestructura tecnológica, específicamente en el despliegue de sistemas de información que satisfagan las necesidades educativas de su alumnos y docentes, y con los requerimientos operacionales de su personal administrativo (Jhon, 2015).

Evidentemente, para las IES los sistemas de información también son esenciales para su funcionamiento, por lo que generalmente cuentan con sistemas informáticos que se encargan de múltiples tareas que pueden ir desde la gestión del aprendizaje hasta el manejo de cursos y aulas virtuales (Barata, Silva, Martinho, Cruz, & Guerra, 2014). Sin embargo, cuando los datos son manejados por sistemas de información que no están interconectados, su gestión puede volverse intrincada (Kurniawan, 2018).

Las IES que utilizan sistemas de información independientes suelen padecer dificultades como la inconsistencia y la redundancia en los datos. En consecuencia, la ejecución de procesos de negocio y la administración de la información se vuelve muy compleja. Las universidades requieren de sistemas de información integrados para poder proporcionar flujos de datos consistentes, y de esta manera mejorar la eficiencia y la eficacia de sus servicios (Özturan, Bozanta, Basarir-Ozel, & Akar, 2015). Tener sistemas de información de alta calidad permite que los administradores de las TI puedan hacer frente a los constantes cambios en los requerimientos informáticos dentro de una universidad (Musti, 2020). En casos como el de las IES dentro del sector público, la correcta utilización de sistemas de información es crítica, pues necesitan datos precisos sobre el estado de sus procesos con el fin de tener acceso a valoraciones gubernamentales como acreditaciones o solicitudes de aumento de presupuesto (Veloz, Medina, Menendez, & Gomez, 2019).

La Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE es una Institución de Educación Superior (IES) Ecuatoriana de reconocido prestigio; sin embargo, los problemas descritos respecto a los sistemas de información de las IES no son ajenos a la realidad que se vive dentro de esta universidad dentro de su Unidad de Tecnologías de la Información y la Comunicación (UTIC). Este escenario es el idóneo para realizar una prueba de concepto de un modelo de integración de sistemas de información aislados.

Problemática

En esta investigación se pretende abordar la problemática: **implementación de sistemas de información aislados en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE**. De aquí en adelante se denominará a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Contexto Bajo Estudio (CBE).

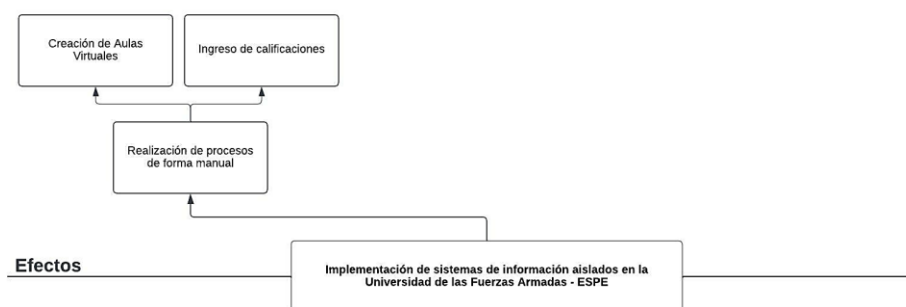
Para la definición de esta problemática se efectuaron 2 procesos. Primero, una revisión básica de literatura. Segundo, un análisis exploratorio que consistió en la aplicación de una entrevista¹ a un grupo de funcionarios de la UTIC y en la realización de un estudio etnográfico dentro de sus instalaciones. Adicionalmente, se identificaron dos sistemas de información dentro del CBE cuyo estado actual es la representación fidedigna de la problemática descrita. Estos son, el sistema educativo *BANNER*, encargado del manejo de la información de docentes, alumnos y personal administrativo, y la plataforma de aprendizaje *EDUCATIVA* que tiene por objeto la creación y administración de aulas virtuales para todos los cursos que se apertura durante un periodo académico.

A partir de los resultados obtenidos del análisis exploratorio y de la revisión básica de literatura, se pudo identificar los principales efectos de la problemática.

La realización de procesos de forma manual. Durante las entrevistas se mencionó que en la actualidad los siguientes procesos se realizan manualmente: generación de aulas virtuales, matriculación de estudiantes en aulas virtuales, asignación de docentes en aulas virtuales e ingreso de notas de los estudiantes al sistema educativo *BANNER*. El CBE cuenta con alrededor de 30.000 estudiantes por lo que resulta preocupante que estos procesos aún no se encuentren automatizados (ver figura 1).

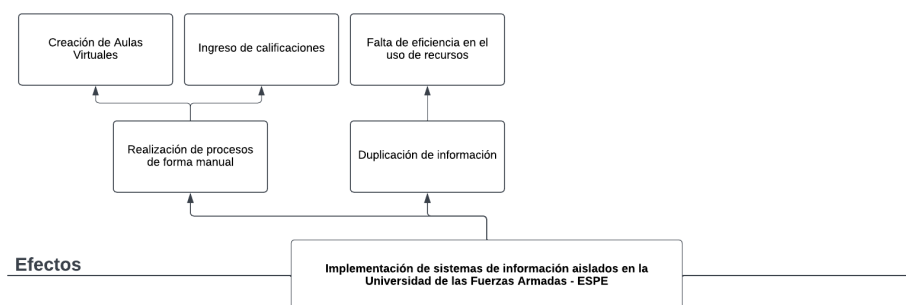
¹ Los insumos de la entrevista se encuentran accesibles en el apéndice 1

Figura 1

Primer efecto de la problemática

La necesidad de duplicación de información. Existen instancias en las que la información albergada en el sistema educativo *BANNER* tanto de docentes como estudiantes es duplicada en otros sistemas. A pequeña escala, esto no representaría un problema serio; sin embargo, en un sistema que alberga a más de 30.000 usuarios la duplicación puede implicar un desperdicio de recursos tecnológicos considerable. La plataforma *EDUCATIVA* es un claro ejemplo de este problema (ver figura 2).

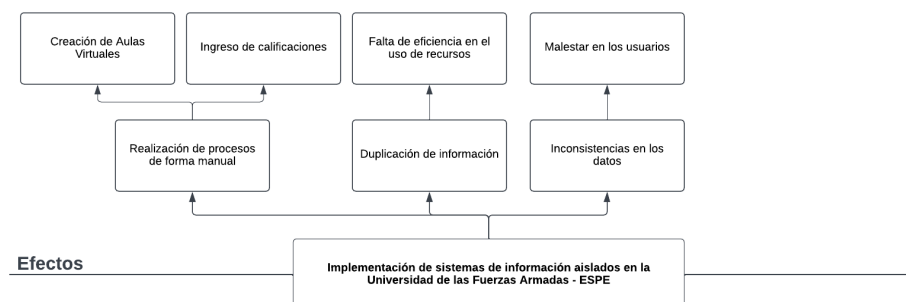
Figura 2

Segundo efecto de la problemática

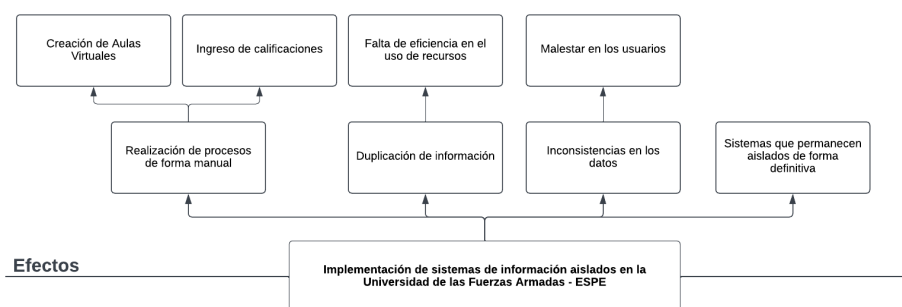
La existencia de múltiples casos de inconsistencias en los datos. Al tener información duplicada en distintos sistemas, procesos tales como la actualización de datos pueden volverse complejos, pues cada vez que se realice cambios en los datos dentro de un sistema es necesario contar con un proceso de actualización que garantice que este cambio se vea reflejado también en otros sistemas. Durante las entrevistas se mencionó que el sistema encargado de prácticas preprofesionales es el principal afectado por la inconsistencia de datos, pues se debe dar soporte continuo a sus usuarios debido a que es muy común que haya problemas por información errónea (ver figura 3).

Figura 3

Tercer efecto de la problemática



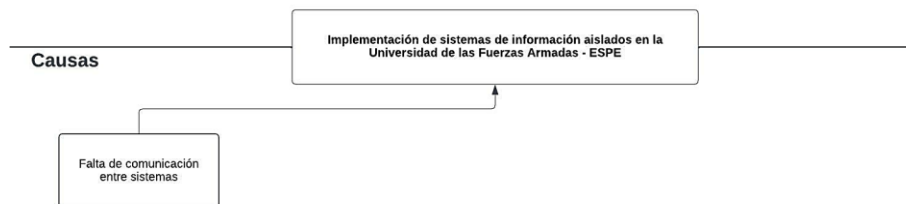
Sistemas de información que permanezcan aislados de forma definitiva. Dado que el sistema educativo *BANNER* alberga los datos de toda la comunidad universitaria, cualquier otro subsistema que opere dentro del CBE debería estar enlazado a este. Sin embargo, los entrevistados mencionaron que han existido ocasiones en las que debido a varios factores que ciertos sistemas no se han podido integrar con *BANNER*, dejándolos perpetuamente aislados (ver figura 4).

Figura 4*Cuarto efecto de la problemática*

Al igual que los efectos, las causas de la problemática se identificaron en base a los resultados obtenidos del análisis exploratorio y de la revisión básica de literatura.

La falta de comunicación entre sistemas. De forma puntual, se puede tomar el caso de la plataforma de aprendizaje *EDUCATIVA* la cual no tiene ningún medio de comunicación con el sistema educativo *BANNER*, es decir, está aislada, pues no puede intercambiar información con otros sistemas que están dentro del CBE. La ausencia de comunicación es precisamente la causante de que todos los procesos relacionados con la generación de aulas virtuales tengan que realizarse de forma manual (ver figura 5).

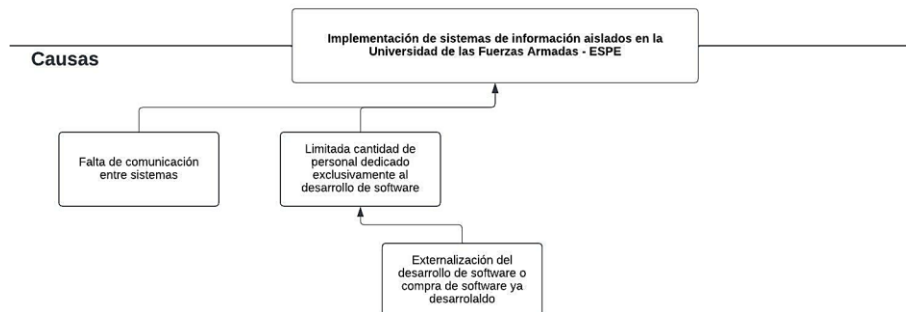
Figura 5*Primera causa de la problemática*



La limitada cantidad de personal dedicado exclusivamente al desarrollo de software. Dentro del CBE las unidades o departamentos que necesitan de algún modulo o sistema de software deben enviar los requerimientos a la Unidad de Tecnologías de la Información y Comunicación (UTIC), donde se realiza un análisis y se determina si su personal puede construir el software. Sin embargo, debido al reducido número de desarrolladores disponibles, estos suelen estar ya ocupados en otros proyectos y no pueden asumir la carga de trabajo; por lo que, no se tiene más alternativa que relegar el desarrollo del software a un tercero o simplemente adquirir un software ya desarrollado (ver figura 6).

Figura 6

Segunda causa de la problemática

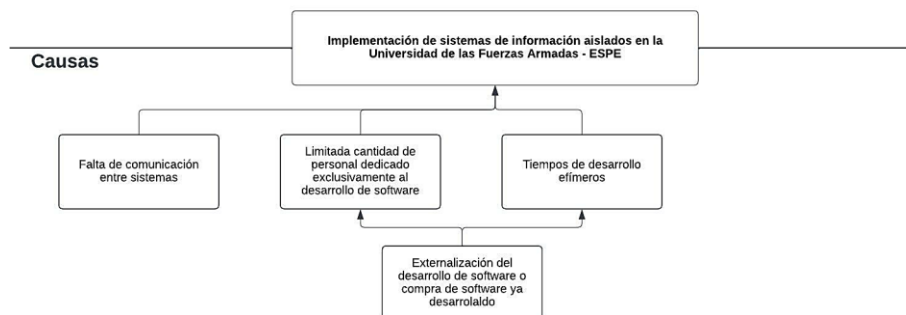


Tiempos de desarrollo efímeros. Otro factor que obliga a externalizar el proceso de desarrollo de software es el poco tiempo disponible hasta la entrega del producto final. Las fechas límite denotan la urgencia que existe para implementar un sistema dentro del CBE. Entonces, si se considera la escasez

de tiempo y la falta de desarrolladores es prácticamente inevitable que el software tenga que comprarse a un tercero (ver figura 7).

Figura 7

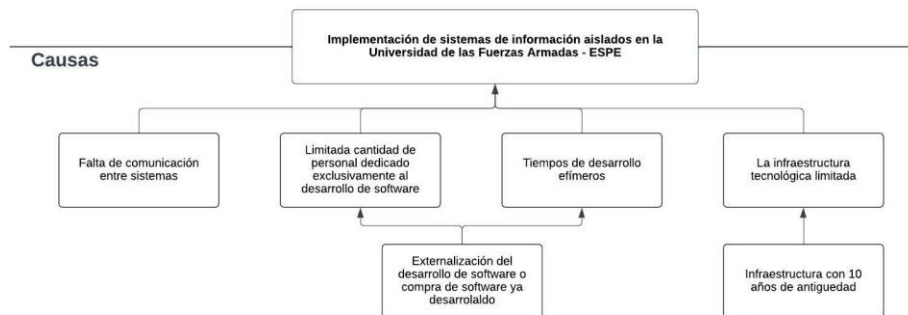
Tercera causa de la problemática



La infraestructura tecnológica limitada. Actualmente, todos los sistemas de información del CBE funcionan sobre una infraestructura propia, es decir, todos los servidores y el resto de los equipos necesarios se encuentran físicamente dentro del CBE. Esta infraestructura ya tiene 10 años de antigüedad y al tratarse de una institución pública para que se apruebe y financie la adquisición de nuevos recursos tecnológicos es necesario cumplir con un proceso burocrático muy extenso. Esto implica que cualquier sistema que se quiera desarrollar, tiene que ajustarse a los recursos que le ofrece una infraestructura de hace una década (ver figura 8).

Figura 8

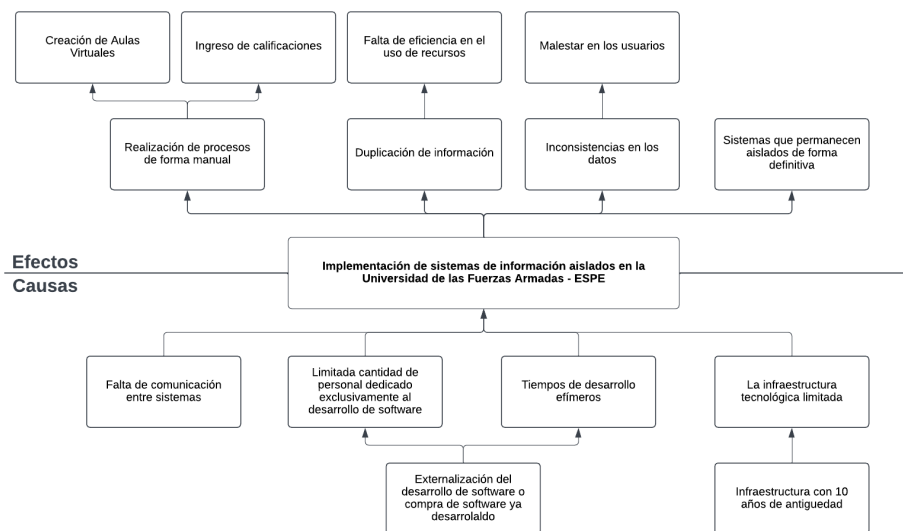
Cuarta causa de la problemática



De esta forma se obtuvo el árbol de problemas mostrado en la figura 9 que sintetiza el estado de la situación actual.

Figura 9

Árbol de Problemas



Justificación

Los sistemas de información son uno de los componentes más importantes dentro de una organización, pues tienen la capacidad de reunir, procesar, distribuir y compartir datos de forma oportuna y de manera integrada (Almazan, Tovar, & Quintero, 2017). Sin embargo, ante la situación actual dentro del CBE, es evidente la necesidad de definir lineamientos sobre como establecer la

comunicación entre sistemas de información. Este fue el motivante del presente proyecto, el cual fue guiado por los objetivos que se describen a continuación.

Objetivos

Objetivo General

Integrar implementaciones aisladas de sistemas de información en instituciones de educación superior, a través de un modelo de comunicación genérico, validado mediante una prueba de concepto en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Objetivos Específicos

- i. Definir la situación actual en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE respecto a la problemática en torno a la implementación de sistemas de información aislados, mediante un análisis exploratorio.
- ii. Realizar un estudio de viabilidad de la integración de sistemas de información aislados de las instituciones de educación superior, por medio de un mapeo de literatura preliminar.
- iii. Desarrollar un modelo de comunicación para integrar sistemas de información aislados en las instituciones de educación superior, siguiendo los lineamientos de la metodología de desarrollo ágil SCRUM.
- iv. Determinar el grado de satisfacción de los stakeholders involucrados, sobre la funcionalidad del modelo de comunicación para sistemas de información aislados de las instituciones de educación superior, mediante un estudio mixto basado en entrevistas y encuestas aplicadas al personal de la UTIC y a docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Alcance

Este proyecto tiene como alcance estructurar el prototipo de un modelo de comunicación, para integrar implementaciones aisladas de sistemas de información a través de una prueba de concepto en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Con la finalidad de tener una guía en el alcance del presente proyecto, se plantea una matriz de congruencia metodológica, la cual nos permite plantear preguntas de investigación relacionadas a cada uno de los objetivos específicos.

Tabla 1

Matriz de congruencia Metodológica

OBJETIVO ESPECÍFICO	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN
<p>i. Definir la situación actual en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE respecto a la problemática en torno a la implementación de sistemas de información aislados, mediante un análisis exploratorio.</p>	<p>RQ1- ¿De qué manera transgrede en la comunidad universitaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la existencia de sistemas de información aislados?</p> <p>RQ2- ¿Cuáles son las causas por las cuales se han desarrollado o implementado sistemas de información aislados dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE?</p>
<p>ii. Realizar un estudio de viabilidad de la integración de sistemas de información aislados de las instituciones de educación superior, por medio de un mapeo de literatura preliminar</p>	<p>RQ3- ¿Cómo se estructuran los modelos de comunicación que permiten la integración de sistemas de información?</p>

OBJETIVO ESPECÍFICO	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN
	<p>RQ4- ¿Cuáles son las tecnologías que permiten el intercambio de datos entre distintos sistemas de información?</p> <p>RQ5- ¿Qué formato de datos se utiliza durante la comunicación entre sistemas de información independientes?</p> <p>RQ6- ¿Qué aspectos relevantes se deben tomar en cuenta al momento de integrar sistemas de información en instituciones de educación superior?</p>
<p>iii. Desarrollar un modelo de comunicación para integrar sistemas de información aislados en las instituciones de educación superior, siguiendo los lineamientos de la metodología de desarrollo ágil SCRUM.</p>	<p>RQ7- ¿Cuáles son los elementos que componen la arquitectura del modelo de comunicación propuesto?</p>
<p>iv. Determinar el grado de satisfacción de los stakeholders involucrados, sobre la funcionalidad del modelo de comunicación para sistemas de información aislados de las instituciones de educación superior, mediante un estudio mixto basado en entrevistas y</p>	<p>RQ8- ¿Han logrado ser mitigados los efectos de la problemática identificada?</p> <p>RQ9- ¿Qué ventajas se han obtenido tras la automatización de procesos?</p>

OBJETIVO ESPECÍFICO	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN
encuestas aplicadas al personal de la UTIC y a docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.	RQ10- ¿Cuál es el grado de satisfacción de los docentes respecto al nuevo método de ingreso de calificaciones? RQ11- ¿Cuál es el nivel de conocimiento que tienen los docentes sobre los beneficios que conlleva la integración de sistemas aislados?

Hipótesis

Un modelo de comunicación permite la integración de implementaciones aisladas de sistemas de información.

Capítulo II

En este capítulo se describen los resultados del estudio del estado del arte, se presenta la metodología utilizada que guió el proyecto de titulación y se detalla el marco teórico a través del desarrollo de una red de categorías que tienen como base las variables de investigación.

Estado del Arte

El estudio del estado del arte se llevó a cabo mediante una revisión de literatura preliminar con el objeto de corroborar la viabilidad de la propuesta de un modelo de comunicación que permite la integración de sistemas de información aislados. SCOPUS fue la base de datos bibliográfica escogida para la realización de este estudio ya que ofrece una amplia cobertura en términos de revistas científicas, editores y países, lo que permite una búsqueda exhaustiva de la literatura en una determinada área de investigación.

Planteamiento de la revisión de literatura preliminar.

Luego de haber definido los antecedentes, problemática y el tema del presente proyecto, se planteó el objetivo de búsqueda y las preguntas de investigación, los cuales corresponden con el objetivo específico 2 y a las preguntas de investigación 3, 4, 5, y 6.

Criterios de inclusión y exclusión.

Los criterios de inclusión y exclusión (CIE) son un aspecto esencial durante la ejecución de una revisión de literatura preliminar, pues estos definen las características que se buscan o se descartan en los artículos y determinan si un estudio es apto o no para la investigación (Patino & Juliana, 2018). A continuación, se detallan los criterios de inclusión (CI) y exclusión (CE).

Serán incluidos:

- **CI1:** Artículos que especifican el procedimiento seguido para la integración de sistemas de información.

- **CI2:** Artículos donde se detalle las tecnologías utilizadas para la integración de sistemas de información.
- **CI3:** Artículos que describan la arquitectura de modelos de comunicación empleados para integrar sistemas de información.
- **CI4:** Artículos que identifiquen dificultades que se presentan durante el proceso de integración de sistemas de información.

Serán excluidos:

- **CE1:** Artículos donde se aborde la problemática de la comunicación entre los sistemas de información aislados, pero cuyo contexto no sea una institución de educación superior.
- **CE2:** Artículos publicados antes de enero de 2017.
- **CE3:** Artículos publicados en conferencias o revistas que no estén registradas en indicadores de calidad científica como SCImago Journal & Country Rank.

Grupo de Control.

El grupo de control (GC) es un grupo de estudios que cumplen con los criterios de inclusión y que son elegidos de forma consensuada por los investigadores que llevan a cabo el estudio del estado del arte. El propósito del GC es encaminar la revisión de literatura, y proveer de los términos y palabras claves necesarias para formular la cadena de búsqueda.

Para seleccionar los estudios que forman parte del GC, cada investigador propone artículos científicos relacionados con el tema en cuestión, estos se analizan y discuten hasta llegar a un consenso donde finalmente se decide que estudios conformaran el GC. En la tabla 2 se muestran los estudios seleccionados para el GC y los términos relevantes de cada uno.

Tabla 2

Artículos del grupo de control

Código	Título	Términos relevantes
CS1	A Secured Interoperable Data Exchange Model	Information systems, data sharing, integration, interoperability
CS2	A novel application integration architecture for the education industry	Application integration, education informatization, information platform, web service
CS3	Mechanisms for the Construction of the Service-Oriented Information System of Educational Institution Based on Technologies of Data Integration and Virtualization	Integration, data, web-services, information, systems
CS4	A model of information sharing based on isolated information system	Isolated, information island, information sharing, system
CS5	Scholarship Management at the University of Trás-os-Montes and Alto Douro: An Update to the Current Ecosystem	Information Systems, higher education institutions, information systems ecosystems

Los términos relevantes de los estudios fueron obtenidos de las palabras claves listadas por los propios autores en los abstract o resúmenes. También fueron consideradas aquellos términos que eran reiterados constantemente a lo largo de la redacción de los artículos y entre artículos.

Cadena de búsqueda.

La construcción de la cadena de búsqueda involucra la selección de los términos relevantes y la utilización de estos para realizar búsquedas en diferentes bases de datos digitales con el objetivo de encontrar artículos científicos relacionados con la problemática del proyecto.

De acuerdo al objetivo de la búsqueda y los términos relevantes presentados en la tabla 2, se crearon cuatro contextos en los cuales se agrupan los términos y sus sinónimos, detallados a continuación

- Objeto: El destinatario de la acción.
- Mecanismos: Herramientas empleadas en la implementación.
- Propósito: Describe la razón de ser del estudio.
- Contexto: Entorno donde se desenvuelve el estudio.

Para que sea considerada como ideal, la cadena de búsqueda debe cumplir las siguientes características:

- El número de artículos obtenidos es asequible para el análisis.
- Los artículos obtenidos se relacionan con el tema de investigación y están acorde a los criterios de inclusión y exclusión.
- La mayoría de los artículos del grupo de control se encuentran entre los resultados obtenidos por la cadena de búsqueda.

Una vez identificados y agrupados los términos relevantes, se estructuró la cadena de búsqueda de manera que se aprovechen las diferentes aproximaciones y combinaciones posibles de los términos relevantes para obtener los mejores resultados. En este proceso se utilizan conectores lógicos para

especificar cómo se relacionan los términos en la cadena de búsqueda, como "AND" para relacionar contextos y "OR" para relacionar sinónimos.

Además, se realizó un proceso iterativo de prueba - error - corrección en donde se prueba diferentes combinaciones de términos y se evalúan los resultados obtenidos para mejorar la búsqueda. Este proceso permitió probar diferentes combinaciones de los términos relevantes de cada uno de los contextos descritos, hasta eventualmente obtener la cadena de búsqueda que se adapta a las necesidades específicas de la investigación y que arroje como resultado los artículos científicos más significativos para el estudio.

La tabla 3 especifica las distintas consultas de búsqueda que se utilizaron en la base de datos digital SCOPUS durante el proceso de prueba.

Tabla 3

Trazabilidad de la cadena de búsqueda

Cadena de Búsqueda	Número de Artículos Obtenidos
ALL (("integrated") OR ("isolated") OR ("integration"))	
AND (("web services") OR ("rest")) AND ("information") AND ("systems")	102892
ALL (("integrated") OR ("isolated")) AND (("web services") OR ("rest")) AND ("information") AND ("systems")	59115
ALL (("integrated") OR ("isolated") OR ("integration")) AND (("web services") OR ("rest")) AND ("information")	4215

Cadena de Búsqueda	Número de Artículos
	Obtenidos
<p>AND ("systems") AND (TITLE-ABS-KEY ("higher education") OR TITLE-ABS-KEY ("university") OR TITLE-ABS-KEY ("educational"))</p>	
<p>ALL (("integrated") OR ("isolated") OR ("integration")) AND (("web services") OR ("rest")) AND ("information") AND ("systems") AND (TITLE-ABS-KEY ("higher education") OR TITLE-ABS-KEY ("university") OR TITLE-ABS-KEY ("educational")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP"))</p>	1727
<p>ALL (("integrated") OR ("isolated") OR ("integration")) AND (("web services") OR ("rest")) AND ("information") AND ("systems") AND (TITLE-ABS-KEY ("higher education") OR TITLE-ABS-KEY ("university") OR TITLE-ABS-KEY ("educational")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017))</p>	591

En la tabla 3 se puede observar cada una de las etapas del proceso iterativo que permitió mejorar la calidad de los artículos obtenidos. En conclusión, se eligió la cadena de búsqueda que produjo

591 estudios relacionados con el objetivo de la investigación. Adicionalmente, estos estudios fueron sometidos a un proceso de selección.

Proceso de selección.

Está compuesto de 3 etapas: selección de Estudios Candidatos, selección de Estudios Relevantes y finalmente selección de Estudios primarios.

Los Estudios Candidatos son todos aquellos obtenidos al aplicar la cadena de búsqueda, para este caso se obtuvieron *591 estudios candidatos*.

Los Estudios Relevantes se obtienen a partir de la lectura del título, el contenido del abstract y las palabras clave. Cada investigador lleva a cabo esta revisión teniendo en cuenta los CIE y en consenso se determinan los Estudios Relevantes. De esta manera se determina el grado de relevancia que tiene el estudio para la investigación. En base a este criterio, se escogieron 15 estudios que se consideró tenían información significativa respecto a la integración de sistemas de información aislados.

Finalmente, para la selección de los Estudios Primarios, es necesario la lectura y análisis de todo el contenido de los Estudios Relevantes. Todos los investigadores deben completar este proceso, para luego llevar a cabo una discusión en la que mediante un consenso se decidirá cuáles serán los estudios primarios. Luego del análisis exhaustivo de los 15 Estudios Relevantes, por mutuo acuerdo se decidió descartar a 5, dejando un total de 10 Estudios Primarios (ver tabla 4).

Tabla 4

Estudios Primarios

Código	Título	Cita
EP1	A Secured Interoperable Data Exchange Model	(Bahaa, Sayed, & Elfangary, 2018)

Código	Título	Cita
EP2	Mechanisms for the construction of the service-oriented information system of educational institution based on technologies of data integration and virtualization	(Koskin, Uzharinskiy, Averchenkov, Ivkina, & Rytov, 2017)
EP3	Development of a SOA Platform to Support the Integration of Software Components Based on Mobile Devices for a Smart Campus	(Capote, et al., 2017)
EP4	Scholarship management at the university of Trás-os-Montes and Alto Douro: An update to the current ecosystem	(Borges, Justino, Gonçalves, Barroso, & Reis, 2017)
EP5	Service-Oriented Computing for Effective Management of Academic Records: In Case of Debre Markos University Burie Campus	(Mamo, 2020)
EP6	A novel application integration architecture for the education industry	(Yang, et al., 2020)
EP7	Implementing Web Services using PHP Soap Approach	(Hammoudeh & Al-Ajlan, 2020)
EP8	Mi Universidad mobile application: an accessible door to educative services of the University	(Diaz, Osorio, Harari, Amadeo, & Schiavoni, 2020)
EP9	The effects of the critical success factors for ERP implementation on the comprehensive achievement of the crucial roles of	(Somya, Manongga, & Pakereng, 2018)

Código	Título	Cita
	information systems in the higher education sector	
EP10	Implementing Web-Oriented Services at the University Library	(Andrukhiv, et al., 2021)

En la tabla 4 se pueden observar los títulos de todos los estudios primarios, dichos estudios fueron revisados detalladamente por cada uno de los investigadores con el objeto de dar respuesta a las preguntas de investigación y finalizar el estudio de factibilidad.

Resúmenes de los Estudios Primarios.

EP1: A Secured Interoperable Data Exchange Model

El artículo presenta un modelo de intercambio de datos aplicado en dos universidades en Egipto que permita la comunicación entre distintos sistemas de educación. El modelo se basa en el servicio de cómputo en la nube PaaS (Platform as a Service) y en el protocolo CPEAP (Cross Platform Educational Application Protocol) diseñado para facilitar la comunicación entre distintos componentes. El modelo está compuesto de ocho componentes, que se clasifican en dos tipos, internos que incluyen todos los servicios desplegados en la plataforma en la nube y externos que son aquellos que comunican al exterior con los componentes internos. El modelo también toma en consideración la seguridad y privacidad de los datos, por ello presenta un flujo seguro de transmisión de datos, tomando como referencia PKI (Public Key Infrastructure) donde toda la información se encripta utilizando llaves públicas y privadas.

EP2: Mechanisms for the construction of the service-oriented information system of educational institution based on technologies of data integration and virtualization

El artículo propone la implementación de un sistema de información integrado en la Universidad Estatal de Orel, Rusia. Este sistema está basado en una arquitectura orientada a servicios (SOA), y posee dos componentes principales. Primero, un servidor de integración que será el encargado de recoger y administrar todos los flujos de información dentro de la Universidad, esto incluye 4 procesos fundamentales: mantener un único modelo de datos para todos los subsistemas, mantener la integridad de la información en bases de datos, organizar el intercambio de datos entre aplicaciones y proporcionar interfaces de acceso para conectar nuevos subsistemas. Segundo, desarrollo de servicios web, que se construirán según las necesidades de la organización y serán el medio de comunicación entre el servidor de integración y el resto de los componentes.

EP3: Development of a SOA Platform to Support the Integration of Software Components Based on Mobile Devices for a Smart Campus

El artículo se desarrolla en la Institución Universitaria Antonio José Camacho y se centra en la construcción de una plataforma basada en los principios de arquitectura orientada a servicios. Para ello proponen un modelo donde se agrega una capa intermedia entre el sistema de información principal llamado Academusoft y el resto de los subsistemas que operan en la Universidad. Esta capa intermedia actuará como un puente por donde transitarán todos los procesos académicos, financieros y administrativos. La capa intermedia constará con tres niveles de abstracción. Primero, la capa de procesos que contiene todas las reglas y lógica de negocio. Segundo la capa de servicios cuyo propósito es ser el medio de comunicación entre las otras dos capas. Tercero, la capa de aplicación donde se encuentran todos los recursos de TI que dan soporte a la plataforma.

EP4: Scholarship Management at the University of Trás-os-Montes and Alto Douro: An Update to the Current Ecosystem

La problemática que presenta el artículo es sobre el manejo en la asignación de becas para la realización de investigaciones científicas en la Universidad de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal.

Debido al incremento en las actividades de investigación y en consecuencia la disponibilidad de becas, el proceso de asignación actual de becas no soporta una demanda tan alta de solicitudes. La universidad cuenta con 3 sistemas de información principales. Central User Management, encargado de distribuir tokens de identificación y acceso. GesDoc, encargo de la administración de documentos oficiales. ERP, encargado de manejar recursos humanos y financiero. La solución que se presenta en el artículo es la creación de una aplicación web que integre servicios de cada uno de estos sistemas para crear un solo flujo que abarque desde la recepción de la aplicación hasta la asignación de la beca. Para lograr la integración de estos sistemas se utilizó servicios web, y el formato JSON para el intercambio de datos.

EP5: Service-Oriented Computing for Effective Management of Academic Records: In Case of Debre Markos University Burie Campus

El artículo habla sobre la necesidad que tienen las IES de manejar de forma eficiente un volumen de datos educativos que está en constante crecimiento. En este caso, se describe la ineficiencia del sistema actual que provee registros académicos en la Universidad Debre Markos, Etiopia. Para solventar esta problemática, se propone el diseño e implementación de un Sistema de Registro Orientado a Servicios. La arquitectura del sistema constara de tres capas. Cliente, donde estarán las interfaces web. Servidor web, donde estarán alojando todos los servicios web. Servidor de base de datos, donde se almacenará toda la información. Este enfoque orientado a servicios facilitará la integración de nuevas funcionalidades al sistema.

EP6: A novel application integration architecture for the education industry

El artículo trata la problemática que enfrenta la universidad Normal del Este de China al contar con subsistemas de información aislados. Se describe los principales efectos de la problemática siendo estos la duplicación de datos, la ineficiencia de trabajo y la mala experiencia de usuario. Para solventar estas dificultades, se propone la arquitectura de una plataforma de integración de información basada en modelos de composición de datos y servicios web. La arquitectura propuesta consta de 3

componentes. Front-End, que tendrá todas las interfaces de usuario. Capa de Servicios, encargada de manejar las peticiones provenientes del Front-End. Módulo de Servicios, que a su vez estará dividido en submódulos donde cada uno tendrá una función específica, por ejemplo, el submódulo de permisos se encarga de autenticar usuarios y asignar roles.

EP7: Implementing Web Services Using PHP Soap Approach

El artículo describe los beneficios que tiene el uso de servicios web, específicamente su capacidad para integrar aplicaciones de forma fácil y rápida. Bajo este contexto se propone el enfoque PHP SOAP, y como este se puede acoplar en plataformas de aprendizaje en línea como Moodle y Sakai. El beneficio principal es que permite a instituciones educativas compartir material de estudio de forma remota y genérica, es decir, se puede compartir datos con instituciones en otras ciudades o países, y no es necesario que las instituciones tengan la misma plataforma de aprendizaje. La arquitectura basada en servicios propuesta en el artículo cuenta con tres componentes: proveedor de servicios (dueño de los servicios y encargado de publicarlos), almacén de servicios (lugar donde se guardan todos los servicios) y solicitante de servicios (interfaz web que requiere información).

EP8: Mi Universidad mobile application: an accessible door to educative services of the University

El artículo se enfoca en el desarrollo de una aplicación móvil a través de la cual se puede acceder a múltiples servicios académicos en la Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Para ello, la aplicación utiliza APIs (Application Programming Interfaces) que permiten la integración de cualquier servicio que sea relevante y cumpla con los requisitos de seguridad. La arquitectura de la aplicación está dividida en dos partes. Backend, donde se encuentran todas las APIs, las cuales fueron desarrolladas en Lumen framework del lenguaje PHP, y utilizan API Key/Secret junto con el estándar OAuth para verificar la identidad de los usuarios. Y frontend, interfaces de usuario construidas en Angular, un framework de desarrollo que trabaja con HTML5, CSS3 y Typescript.

EP9: Service-Oriented Business Intelligence (SoBI) for Academic and Financial Data Integration in University

La arquitectura orientada a servicios (SOA) tiene el potencial de mejorar la educación superior al reducir la complejidad de integrar nuevos sistemas, permitir la reutilización de servicios, aumentar la interoperabilidad y mejorar la agilidad del sistema de aprendizaje. El uso de servicios compartidos y soluciones de computación en la nube también puede ayudar a las instituciones de educación superior a crear una gestión de servicios eficiente y de bajo costo a través de la colaboración y un entorno abierto. La creación de un ecosistema moderno de educación superior interconectado es importante para los actores en el campo de la educación. Este documento propone la adopción de SOA en universidades e instituciones educativas como una solución para crear un nuevo entorno educativo con información y cursos digitales de fácil acceso para respaldar los objetivos educativos y profesionales de los alumnos.

EP10: Implementing Web-Oriented Services at the University Library

El artículo habla sobre la necesidad que tienen las instituciones de educación superior en Ucrania de incorporar nuevas tecnologías de información y comunicación dentro de sus procesos académicos. De forma específica, se resalta el rol que cumplen las bibliotecas, y como estas se deben adaptar a las necesidades de un ambiente educativo en constante cambio. Se plantea la implementación de un sistema de información bibliotecario (ALIS) que se encargará de la administración de todos los datos y además permitirá la integración parcial o total de sistemas de información autónomos ya existentes a través de servicios web. Respecto a la integración de sistemas, es necesario considerar factores como la capacitación adecuada del personal, disponer de soluciones de hardware/software y comprender los beneficios de trabajar en un sistema integrado.

La siguiente etapa consistió en utilizar la información obtenida de cada uno de los estudios primarios para responder a las preguntas de investigación planteadas en esta revisión preliminar de literatura.

Respuesta a las preguntas de investigación.

¿Cómo se estructuran los modelos de comunicación que permiten la integración de sistemas de información?

Los estudios primarios contienen diferentes modelos de comunicación. Sin embargo, se pudo identificar un elemento en común en la mayoría de ellos, la comunicación jamás se da de forma directa entre dos sistemas de información, esta siempre se realiza a través de una capa intermedia (Koskin, Uzharinskiy, Averchenkov, Ivkina, & Rytov, 2017), (Capote, et al., 2017), (Mamo, 2020), (Yang, et al., 2020). Esta capa intermedia, podría considerarse como un puente en el cual la información es procesada y enviada a su respectivo destinatario.

¿Cuáles son las tecnologías que permiten el intercambio de datos entre distintos sistemas de información?

El mecanismo predominante empleada para integrar sistemas de información son los servicios web (Borges, Justino, Gonçalves, Barroso, & Reis, 2017), (Mamo, 2020), (Hammoudeh & Al-Ajlan, 2020), (Yang, et al., 2020), (Andrukhiv, et al., 2021), (Somya, Manongga, & Pakereng, 2018). Esto se debe gracias a que los servicios web brindan una forma genérica de comunicación y tienen la capacidad de conectar dos sistemas independientemente del software que ejecuten (Neumann, Laranjeiro, & Bernardino, 2018).

¿Qué formato de datos se utiliza durante la comunicación entre sistemas de información independientes?

Debido a que el método de facto para integrar sistemas de información son los servicios web, dentro de esta categoría los más utilizados pertenecen al estilo de arquitectura REST. A su vez, los formatos de datos más usados para la creación de servicios REST son JSON - Javascript Markup Language y XML - Extensible Markup Language (Borges, Justino, Gonçalves, Barroso, & Reis, 2017), (Bahaa, Sayed, & Elfangary, 2018).

¿Qué aspectos relevantes se deben tomar en cuenta al momento de integrar sistemas de información en instituciones de educación superior?

El aspecto más recurrente concierne a la seguridad de los. Debido a que el contenido de la información transportada entre sistemas puede ser sensible, es necesario emplear técnicas que permitan garantizar la confidencialidad e integridad de los datos (Bahaa, Sayed, & Elfangary, 2018), (Díaz, Osorio, Harari, Amadeo, & Schiavoni, 2020), (Yang, et al., 2020).

Resumen general y conclusión del estado del arte.

El estudio del estado del arte permitió determinar la factibilidad de la propuesta de solución del presente trabajo, dado que fueron identificadas particularidades únicas que otras propuestas similares no presentan.

Los modelos de comunicación encontrados presentaron características comunes como la utilización de servicios web siendo la tecnología de facto para integrar sistemas, el uso de los formatos JSON y XML para estructurar la información y principalmente el empleo de capas intermedias que actúan como puentes entre sistemas aislados y que se encargan del procesamiento e intercambio de información.

Si bien es cierto el modelo que se busca proponer en el presente trabajo investigativo tiene semejanzas con los encontrados durante el estudio del estado del arte, este cuenta con propiedades que lo distinguen y hacen único. El modelo por proponer es completamente genérico, es decir, que puede aplicarse en diferentes ambientes con distintas tecnologías. Siempre que un sistema de información sea accesible desde el exterior a través de servicios web el modelo podrá aplicarse. Además el modelo fue concebido considerando a la integración como un proceso incremental para de esta manera alinearse con los lineamientos de la metodología de desarrollo ágil SCRUM.

Tomando todo esto en consideración, se valida la factibilidad de la propuesta de solución, al contar tanto con la sustentación bibliográfica necesaria y con cualidades únicas que lo diferencian de las demás.

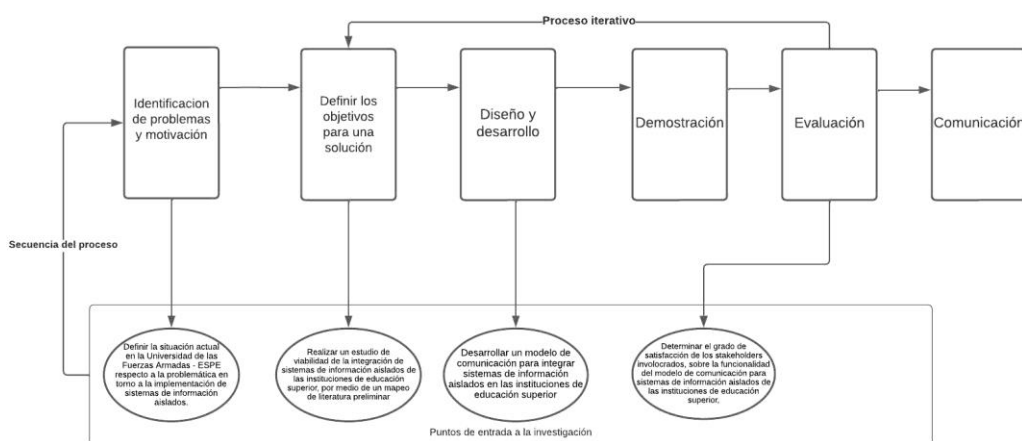
Metodología.

La metodología elegida para el desarrollo del presente proyecto fue Design Science Research (DSR), ya que se consideró adecuada para abordar la problemática de implementaciones aisladas de sistemas de información. La aplicación de esta metodología permite obtener resultados innovadores y un profundo conocimiento del contexto en el que se está trabajando (Thuan, Drechsler, & Antunes, 2019). Además, esta metodología es iterativa, lo que permite regresar a pasos anteriores si no se logra el objetivo deseado (Van der Merwe, Gerber, & Smuts, 2020).

La figura 10 presenta las fases de la metodología Design Science Research.

Figura 10

Fases de la metodología Design Science Research.



Cada una de las fases de la metodología seleccionada se definen a continuación.

Identificación de la problemática.

Esta primera fase de la metodología tiene como objetivo definir y delimitar el problema que se desea abordar en el presente proyecto, para ello se llevó a cabo un estudio de la situación actual, mediante el uso de técnicas de levantamiento de información como la realización de entrevistas, observación directa y también una revisión de literatura, esto con la finalidad de encontrar relación entre los problemas encontrados en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y otros ámbitos a nivel mundial.

Definición de los objetivos de la solución.

En esta fase, se definieron los objetivos específicos del proyecto y se utilizó una matriz de congruencia metodológica para determinar los lineamientos a seguir para alcanzar cada uno de ellos. Además, se establecieron los límites y alcances del estudio. El planteamiento de preguntas de investigación (RQ) ayudó a los investigadores a enfocar su trabajo en el camino correcto para lograr un producto final exitoso.

Diseño y desarrollo.

En esta fase, mediante el diseño de un prototipo, se propone un modelo conceptual, se estiman recursos tecnológicos y humanos, además de comportamientos esperados. Finalmente, el modelo conceptual será llevado a la práctica y puesto en funcionamiento.

En esta fase, se diseñó un prototipo y se propuso un modelo conceptual basado en él. Se determinaron los recursos tecnológicos y humanos necesarios y se anticiparon los comportamientos esperados. Luego, se llevó el modelo conceptual a la práctica y se puso en funcionamiento.

Demostración.

En esta fase, se busca evaluar el rendimiento del prototipo. Primero, se verifican las funciones básicas y luego se utilizan técnicas de simulación para demostrar el correcto funcionamiento del prototipo final. El objetivo es asegurar que el prototipo funciona de manera adecuada.

Evaluación.

En esta fase, el objetivo es comprobar que el prototipo funciona correctamente. Además, esta etapa permite detectar problemas y planificar acciones para solucionarlos. Es en este momento donde se demuestra que la metodología utilizada es iterativa, lo que permite volver a etapas anteriores de diseño o desarrollo si es necesario. El propósito es garantizar el buen funcionamiento del prototipo.

Comunicación.

Una vez que se hayan alcanzado los resultados esperados, se presentará el modelo final del prototipo junto con sus conclusiones correspondientes. La utilización de esta metodología tiene diversas ventajas tanto en el campo de la investigación como en el de desarrollo del proyecto, entre las cuales se pueden mencionar:

- Posibilidad de generar varias opciones de diseño en el proceso iterativo.
- Utilización de métodos rigurosos para construir y evaluar el prototipo.
- Detección temprana de fallas y errores.
- El fomento de la investigación para asegurar la innovación del prototipo.

Cada una de estas fases está vinculada con los objetivos establecidos para el proyecto.

Marco Teórico.**Red de categorías.**

Con el objetivo de estructurar de forma lógica los fundamentos teóricos del presente estudio, se estructuró una red de categorías tanto para la variable dependiente como para la variable independiente. Para hacerlo, se partió de la hipótesis de trabajo planteada en el capítulo anterior donde las variables se establecieron de la siguiente manera:

VI²: Modelo de comunicación.

VD³: Implementaciones aisladas de sistemas de información.

Las redes de categorías para las variables independiente y dependiente se muestran en las figuras 11 y 12, respectivamente.

Figura 11

Red de categorías de la variable independiente

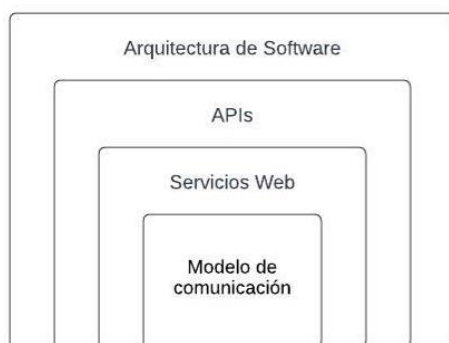
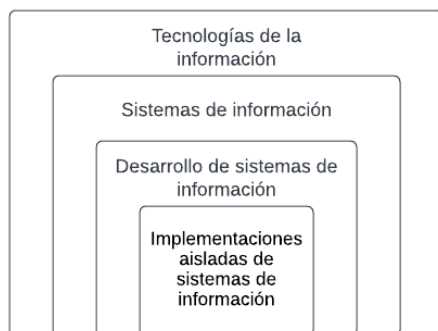


Figura 12

Red de categorías de la variable dependiente



² VI: Variable independiente

³ VD: Variable dependiente

Fundamentación Científica de la Variable Independiente.

Arquitectura de Software.

La arquitectura es un diseño que describe la estructura fundamental de un sistema. Proporciona una estructura clara y establece la forma en que los diferentes elementos del sistema puedan comunicarse entre sí y trabajar de forma conjunta (Jaiswal, 2019).

La arquitectura de software se caracteriza por:

- Ser una parte integral de un sistema.
- Tomar en cuenta el contexto en el que se utilizará el sistema y definir cómo operará el sistema en ese entorno.
- Mostrar a las partes interesadas como la estructura del sistema satisface los requerimientos.

También se considera a la arquitectura de software como la abstracción de un sistema. Por lo general, un sistema de software está conformado por múltiples estructuras. La arquitectura de software se encarga de definir y detallar esas estructuras, los elementos que las conforman y las relaciones que tienen entre sí (Ingeno, 2018).

Entre las arquitecturas más utilizadas en la actualidad se tiene:

Software Oriented Architecture (SOA).

Como su nombre lo indica este tipo de arquitectura está basada en la exposición de procesos de negocio a través de servicios. Consiste en separar un sistema, en una serie de subsistemas agrupados de acuerdo con las funciones que cumplen dentro de una organización. Cada subsistema se encarga del manejo de tareas específicas, y de ser necesario se comunica con otros subsistemas para cumplir objetivos de negocio (Niknejad, Hussin, & Amiri, 2019).

Microservice Architecture.

Se lo considera como la evolución de SOA. Esta arquitectura está basada en tres principios: un programa debe cumplir una sola tarea, los programas deben poder trabajar juntos y los programas deben utilizar una interfaz universal. La característica principal es que los servicios son completamente independientes unos de otros, lo que implica que son fácilmente escalables, y que la falla de un servicio no compromete al sistema entero. Sin embargo, esto también significa que será necesaria la duplicación de información y que, en algunos casos, se tendrá que reformular las reglas de negocio para que se adapten a este tipo de arquitectura (Cerny, Donahoo, & Trnka, 2018).

Application Programming Interface (API).

En términos generales, las API se pueden definir como herramientas de software diseñadas para permitir la comunicación entre dos aplicaciones informáticas. A través de un conjunto de protocolos y rutinas, permiten que una aplicación digital interactúe con un programa asociado describiendo el tipo de datos que se pueden obtener, cómo hacerlo y el formato en el que se almacenará la información. Estas interfaces tienen diferentes niveles de complejidad, abarcan desde enlaces simples a bases de datos hasta Web Gateway con configuraciones específicas (Borgogno & Colangelo, 2019). Las APIs funcionan como cajas negras, es decir, ocultan los procesos internos de un sistema mientras proporciona una interfaz específica para que cualquier cliente autorizado puedan acceder a sus funcionalidades (Nguyen, Di Rocco, Di Sipio, Di Ruscio, & Di Penta, 2021).

Web Services.

Los servicios web son un método estandarizado de intercambio de información que utiliza el protocolo HTTP para transmitir datos. Tienen la capacidad de integrar sistemas informáticos independientemente de sus configuraciones de hardware, sistemas operativos y aplicaciones de software. Por lo tanto, son uno de los métodos más populares para facilitar la comunicación de sistemas con dominio intraorganizacional e interorganizacional (Sunyaev, 2020). Existen dos tipos principales de servicios web: SOAP (Simple Object Access Protocol) y REST (Representational state transfer). Sin

embargo, en la actualidad el uso de servicios SOAP es ínfimo, por lo que solo se estudiará a los servicios REST.

REST

Se define como un conjunto de restricciones que crea un estilo de arquitectura de software que puede ser utilizado para múltiples propósitos como la creación de servicios web. Para que un servicio web pueda considerarse RESTful debe cumplir las siguientes restricciones:

- El acoplamiento entre el cliente y el servidor debe ser débil.
- No es necesario mantener sesiones, en otras palabras, cada petición debe ser independiente de las otras.
- Contar con una interfaz genérica para gestionar todas las interacciones entre el cliente y el servidor de forma unificada.
- El servidor debe contar con una arquitectura de múltiples capas.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que según los requerimientos del sistema algunas restricciones pueden ser ignoradas. Por ejemplo, páginas web dinámicas que utilicen sesiones de usuario (Balachadar, 2017).

Fundamentación Científica de la Variable Dependiente.

Tecnologías de la Información.

Las Tecnologías de Información son una serie de herramientas, sistemas y procesos que se utilizan para recopilar, guardar, procesar, transmitir y distribuir información, incluyendo hardware, software, redes de comunicación y servicios de telecomunicaciones con la finalidad de ayudar a mejorar la eficiencia, productividad y la capacidad de tomar decisiones informadas (Pollard, Wood, & Turban, 2017).

Las tecnologías de la información en el contexto de la práctica empresarial se ha convertido en una herramienta que ayuda a las empresas a mejorar sus operaciones y ofrecer ventajas competitivas en el mercado global. Estas tecnologías también son esenciales para el desarrollo e implementación de una estrategia de innovación en las empresas, ya que permiten una gestión eficiente del conocimiento (Bernal-Jiménez & Rodríguez-Ibarra, 2019).

Sistemas de Información.

El término "sistemas de información" se refiere a una aplicación que permite realizar ciertas tareas, pero hay varias interpretaciones diferentes de lo que es un sistema de información.

“Los sistemas de información es un conjunto único de hardware, software, bases de datos, telecomunicaciones, personas y procedimientos que están configurados para recolectar, manipular, almacenar y procesar datos en información” (Stair & Reynolds, 2017).

“Los sistemas de información son un conjunto de elementos o componentes interrelacionados que recopilan (entrada), manipulan (procesan), almacenan y difunden (salida) datos e información y proporcionan una reacción correctiva (mecanismo de retroalimentación) para satisfacer un objetivo” (Stair & Reynolds, 2017).

Estas definiciones se enfocan en dos aspectos diferentes: por un lado, destacan los componentes que conforman el sistema y, por otro lado, enfatizan el papel que juegan estos componentes en una organización.

Dado que los sistemas de información son una combinación de diferentes componentes que trabajan juntos para recopilar, procesar y distribuir datos e información. Estos componentes incluyen hardware, software, bases de datos, telecomunicaciones, personas y procedimientos, Es importante destacar que la información es un producto final del procesamiento de datos y que los sistemas de información son esenciales para la mayoría de las organizaciones en la actualidad (Rainer & Brad, 2021).

Desarrollo de Sistemas de Información.

El desarrollo de sistemas de información es considerado una actividad mediante el cual se crean sistemas que satisfagan las necesidades de una organización, este proceso a su vez incluye subtarefas de investigación, análisis, diseño, programación, prueba, implementación, operación y mantenimiento (Pollard, Wood, & Turban, 2017).

La importancia de la planificación en el desarrollo de sistemas de información es esencial para garantizar el éxito del proyecto, especialmente a medida que el tamaño del mismo aumenta. Muchas empresas han experimentado problemas como retrasos, presupuestos excesivos y expectativas no cumplidas en proyectos de gran envergadura. Sin embargo, una planificación cuidadosa puede minimizar la probabilidad de estos problemas (Stair & Reynolds, 2017).

Implementación de Sistemas de Información Aislados.

La implementación de sistemas de información aislados se refiere al proceso mediante el cual se establecen sistemas de información independientes y desconectados de otros sistemas o redes externas. Estos sistemas suelen ser utilizados en entornos críticos o de alta seguridad, donde es necesario asegurar la privacidad y la integridad de la información (Costan, Lebedev, Devadas, & Srinivas, 2016).

En la actualidad la implementación de sistemas de información aislados se logra a través de la utilización de mecanismos de seguridad, como SGX (Software Guard eXtensions), que permiten la ejecución de código en un entorno aislado y protegido, donde se garantiza la privacidad y seguridad de los datos almacenados y procesados en el sistema (Zheng, et al., 2021).

Capítulo III

Construcción de la Solución

Con el objeto de mitigar los efectos de la problemática identificada en el presente proyecto, se desarrolló un prototipo funcional que atiende algunas de las necesidades planteadas por el equipo de desarrollo de la Unidad de Tecnologías de la Información y la Comunicación (UTIC) respecto a la existencia de sistemas de información aislados dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

En el estudio de la situación actual descrito en el Capítulo I, se identificó la realización de procesos de forma manual como un efecto producido por la implementación de sistemas de información aislados. Se determinaron 4 procesos fundamentales que se requiere sean automatizados. La tabla 5 muestra dichos procesos.

Tabla 5

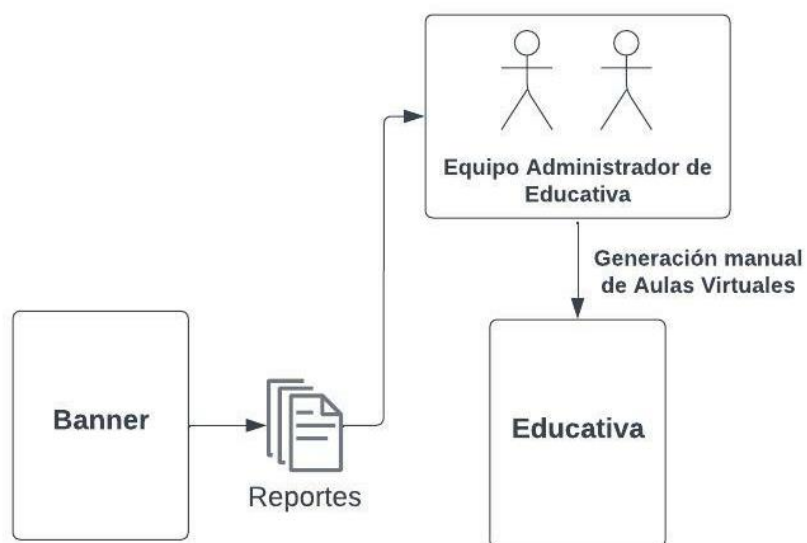
Lista de procesos a ser automatizados

# Proceso	Descripción
1	Generación de aulas virtuales.
2	Matriculación de estudiantes en aulas virtuales.
3	Asignación de docentes en aulas virtuales.
4	Ingreso de notas de los estudiantes al sistema <i>BANNER</i> .

En la actualidad, todo proceso relacionado con aulas virtuales se realiza dentro de la plataforma de aprendizaje *EDUCATIVA*. Por otro lado, se tiene al ERP de la universidad llamado *BANNER* donde se almacena toda la información pertinente para la gestión de aulas virtuales. Sin embargo, al no existir ningún medio de comunicación entre estos dos sistemas, no se tiene otra alternativa más que generar reportes desde *BANNER* detallando la información sobre las aulas virtuales requeridas para un periodo académico. Estos reportes son enviados al equipo a cargo de la administración de *EDUCATIVA* y se les da un periodo de tiempo para generar manualmente todas las aulas virtuales de acuerdo con las especificaciones de los reportes (ver figura 13).

Figura 13

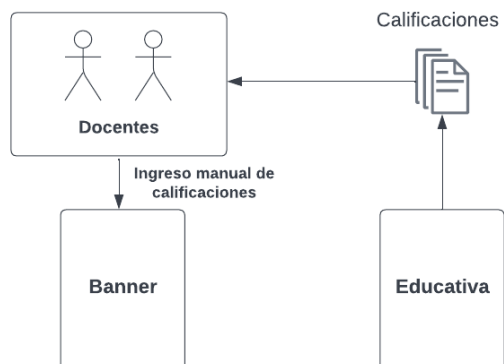
Proceso de creación de aulas virtuales



Respecto a las calificaciones, las notas parciales de los estudiantes deben registrarse obligatoriamente en el sistema *BANNER*. No obstante, debido a la falta de comunicación, las notas generadas en *EDUCATIVA* no se reflejan en *BANNER* por lo que los docentes se ven en la necesidad de ingresar de forma manual la nota parcial de cada estudiante en *BANNER* (ver figura 14).

Figura 14

Proceso de ingreso de notas

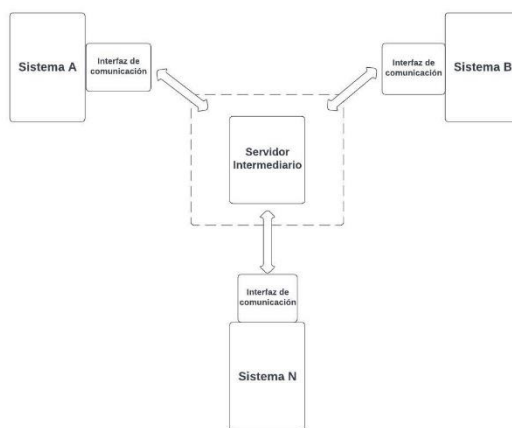


Ante esta problemática, se plantea un modelo de comunicación cuyo objetivo es permitir el intercambio de datos entre sistemas de información aislados, de esta manera se busca optimizar el uso de recursos tecnológicos y fomentar la automatización de procesos.

El modelo de comunicación fue diseñado en base a la información obtenida de la lectura y análisis de los estudios primarios seleccionados durante la revisión de literatura preliminar realizada en el capítulo II. En la figura 15 se puede observar la arquitectura del modelo.

Figura 15

Modelo de comunicación propuesto



Cada uno de los componentes del modelo se detallan a continuación

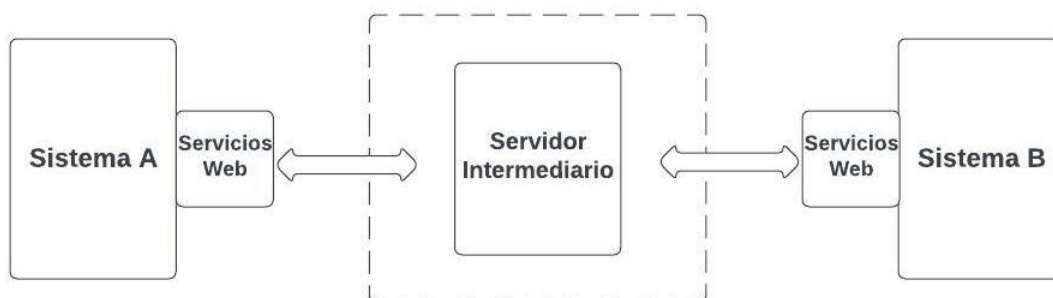
- **Sistema A:** Primer sistema de información a ser interconectado
- **Sistema B:** Segundo sistema de información a ser interconectado
- **Sistema N:** N sistema de información a ser interconectado
- **Servidor intermediario:** Servidor encargado de administrar la comunicación entre el sistema A, B, N.
- **Interfaz de comunicación:** El medio que utilizaran los sistemas genéricos para comunicarse con aplicaciones externas.

Para la implementación de este modelo de comunicación es obligatorio que los sistemas tengan soporte para el uso y creación (de ser necesario) de la interfaz de comunicación.

Para la aplicación de este modelo de comunicación en este estudio se tomó en consideración dos sistemas como se observa en la Figura 16.

Figura 16

Modelo de comunicación de estudio



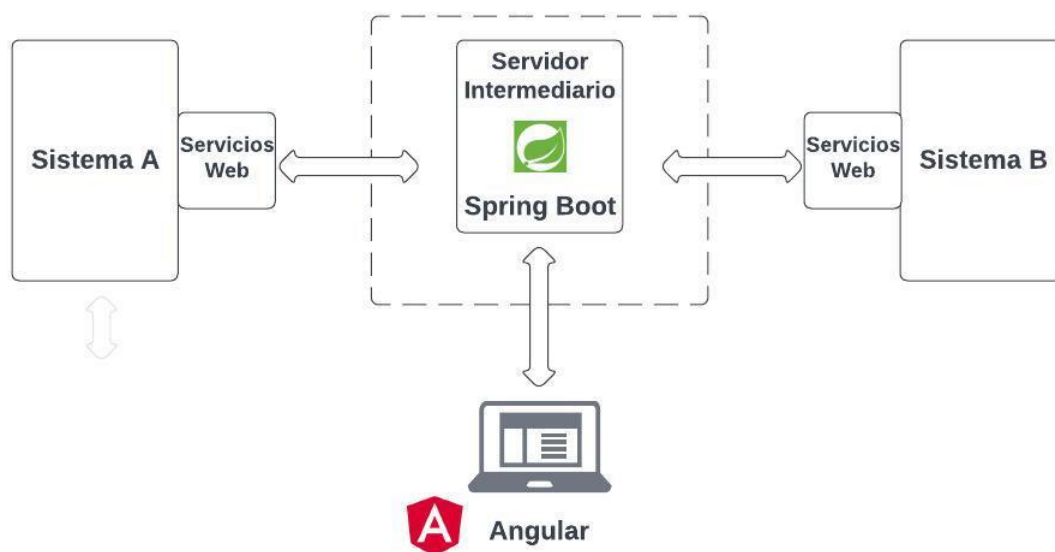
Cada uno de los sistemas tanto A como B son independientes por lo que no dependen del servidor intermediario para su funcionamiento, este solo permite que sea posible la interacción entre ambos sistemas.

Selección de herramientas

Las herramientas que se empleen dependen completamente de las indicadas por UTIC, el modelo debe adaptarse al ambiente en el que se vaya a trabajar. Las herramientas utilizadas se presentan en la figura 17.

Figura 17

Herramientas del modelo de comunicación



Como se puede observar se ha agregado un elemento adicional al diagrama, este representa un cliente que se conecta con el servidor intermediario. La adición de este cliente es necesaria cuando se requiera tener interfaces de usuario que permitan la administración de los procesos que se realizan dentro del servidor intermediario.

Spring Boot

Es un framework del lenguaje de programación JAVA que ayuda a los desarrolladores a crear Aplicaciones Web o Microservicios basados en Spring de forma rápida y sencilla. Se caracteriza por permitir la creación aplicaciones sin necesidad de tener que escribir archivos de configuración de forma

repetitiva. Además, cuenta con muchos módulos preconfigurados que permiten el uso de herramientas como SpringMVC, JPA, MongoDB, SpringSecurity, etc (Prasad R, 2017).

Spring Boot abandona los tediosos archivos de configuración XML de metodologías tradicionales y en su lugar emplea un desarrollo basado en anotaciones/etiquetas, el cual reduce significativamente la dificultad del desarrollo. Al integrar frameworks de terceros, Spring Boot puede configurar y administrar automáticamente dependencias, lo que permite a los desarrolladores concentrarse en la implementación de lógicas de negocio (Suryotrisongko, Jayanto, & Tjahyanto, 2021).

Angular

Es un framework open source del lenguaje de programación Javascript que contiene todos los componentes necesarios para desarrollar de manera escalable aplicaciones web de tamaño medio o grande. Algunos de los beneficios de utilizar Angular son:

- Separación clara entre la interfaz de usuario y la lógica de la aplicación.
- Mecanismo simple para modularizar la aplicación con soporte para la carga diferida de módulos.
- La inyección de dependencias brinda una forma limpia de implementar un acoplamiento flexible entre componentes y servicios.
- Cada componente pasa por un ciclo de vida bien definido.

Es importante mencionar que Angular también soporta Typescript como lenguaje de desarrollo. Typescript es un superconjunto de Javascript y se lo considera un lenguaje fuertemente tipado, es decir, contiene reglas sintácticas sobre como la escritura del código que ayudan a prevenir bugs y errores en tiempos de ejecución (Moiseev & Fain, 2018).

Implementación

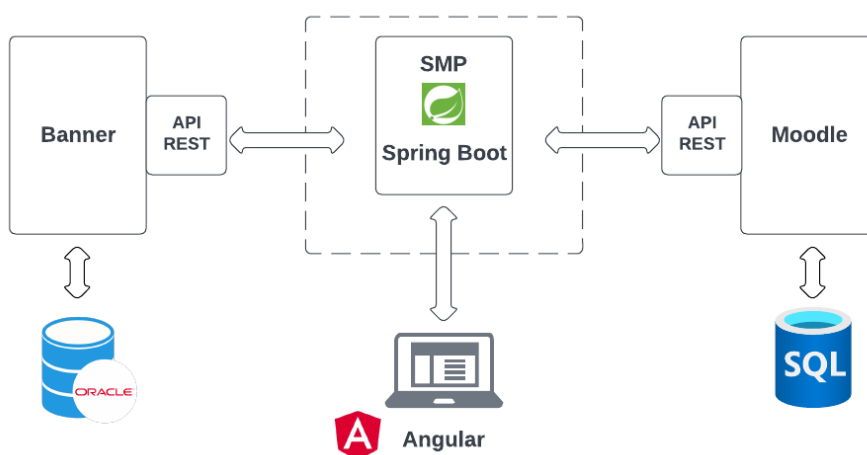
Para el proceso de implementación se aplicó el modelo de comunicación planteado para permitir el intercambio de datos entre los sistemas de información *BANNER* y Moodle, y demostrar los

beneficios de la integración de dichos sistemas mediante la automatización de los procesos descritos en la Tabla 5.

En la figura 18 se observa la aplicación del modelo a este caso de estudio específico.

Figura 18

Modelo de comunicación aplicado al caso de estudio



Se tomó la decisión de reemplazar la plataforma *EDUCATIVA* previamente mencionada debido a sus limitaciones técnicas. En su lugar, se utilizó Moodle, que se define como una plataforma de aprendizaje de código abierto que facilita la creación de entornos de estudio personalizados y proporciona herramientas flexibles que mejoran el aprendizaje mixto y virtual (KC, 2017).

Adicionalmente, se escogió a Moodle debido a que cuenta con servicios web implementados de forma nativa, y tiene documentación oficial sobre cómo crear servicios web propios de ser necesario.

Para este caso de estudio se decidió nombrar al Servidor Intermedio como Servidor de Manejo de Procesos (SMP).

Como se puede observar en la figura 18, se establece una comunicación bidireccional, es decir que a través del SMP, Moodle puede enviar y recibir datos desde *BANNER* y viceversa. Esta

comunicación es posible gracias a la implementación de APIs REST tanto en Moodle como en *BANNER*. De igual manera, el rol que cumple el SMP es fundamental ya que será el encargado de hacer las peticiones de datos a los dos sistemas, de estructurar la información en el formato adecuado según el sistema lo requiera, y de manejar los errores o excepciones que puedan generarse durante la comunicación.

Automatización de procesos

Antes de continuar, es preciso mencionar que todos los procesos descritos a continuación a excepción del ingreso de notas pueden ejecutarse en dos modalidades, a través de una interfaz de usuario o por medio de una tarea preprogramada.

- A través de interfaz de usuario: como su nombre lo describe el usuario podrá interactuar con una interfaz en la que podrá configurar ciertas opciones antes de ejecutar el proceso (ver figura 19).
- Tarea preprogramada: el proceso se ejecutará de forma automática cada cierto intervalo de tiempo. En este caso, el intervalo será de 24 horas (ver figura 20).

Figura 19

Ejecución de un proceso a través de interfaz de usuario

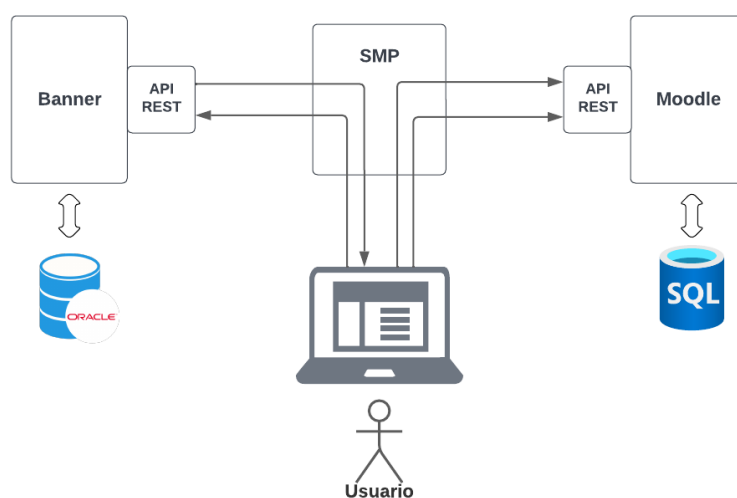
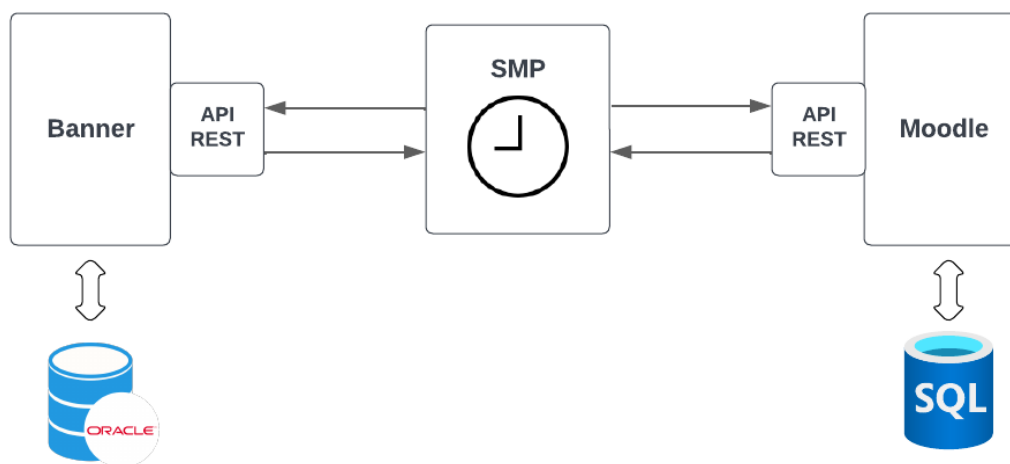


Figura 20

Ejecución de un proceso utilizando tareas preprogramadas



Creación de aulas virtuales

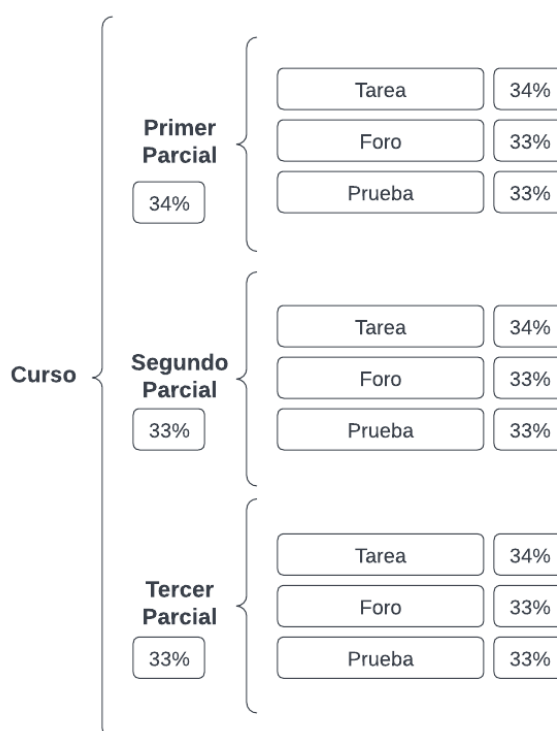
Para la automatización del proceso de creación de aulas virtuales se tuvo que tomar en cuenta algunos requerimientos adicionales:

- El usuario podrá definir una estructura genérica con la que se crearán las aulas virtuales. Esta estructura constara de dos niveles: secciones y actividades. Un curso estará conformado por secciones, y a su vez una sección podrá contener actividades (ver figura 21).
- Se podrá agregar 3 tipos de actividades a una sección: Tarea, Foros y Pruebas (ver figura 21).
- El usuario podrá asignar pesos a todas las secciones y actividades. Cada actividad tendrá asignado un porcentaje que simboliza el peso que tendrá para el cálculo de la nota de una sección. De igual manera, cada sección tendrá asignado un porcentaje que simboliza el peso que tendrá para el cálculo de la nota final del curso (ver figura 21).

- Una vez se haya terminado el proceso de creación de un aula virtual, se deberá asignar al docente de forma inmediata.
- Se debe notificar al docente que el aula virtual ha sido creada mediante un correo electrónico.

Figura 21

Estructura genérica para un curso



Moodle cuenta con un servicio web nativo que permite la creación de cursos. Sin embargo, no cuenta con servicios web que permitan la creación de actividades como tareas, foros y pruebas; por consiguiente, tampoco cuenta con un servicio web que permita vincular una actividad con el libro de calificaciones de un curso. En consecuencia, fue preciso desarrollar servicios web que permitieran realizar todas estas actividades, para ello, fue necesario el análisis del comportamiento de la base de datos de Moodle cada vez que se creaba una tarea, un foro y una prueba desde la interfaz gráfica. Se

identificó las tablas en las que la base genera nuevos registros, el formato y datos que contenía cada uno de esos registros. Este proceso fue realizado de forma iterativa hasta entender y documentar por completo el proceso de creación de cada actividad y cómo relacionarla con un ítem de calificación.

Las figuras 22, 23 y 24 describen paso a paso, las tablas en las que se insertan nuevos registros cuando se crean las actividades.

Figura 22

Proceso para la creación de una Tarea

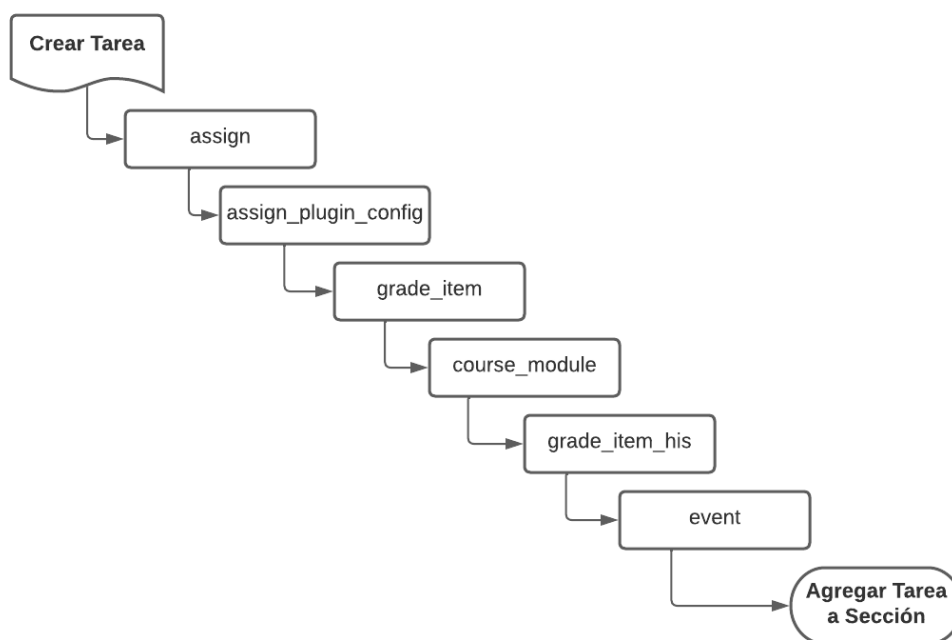
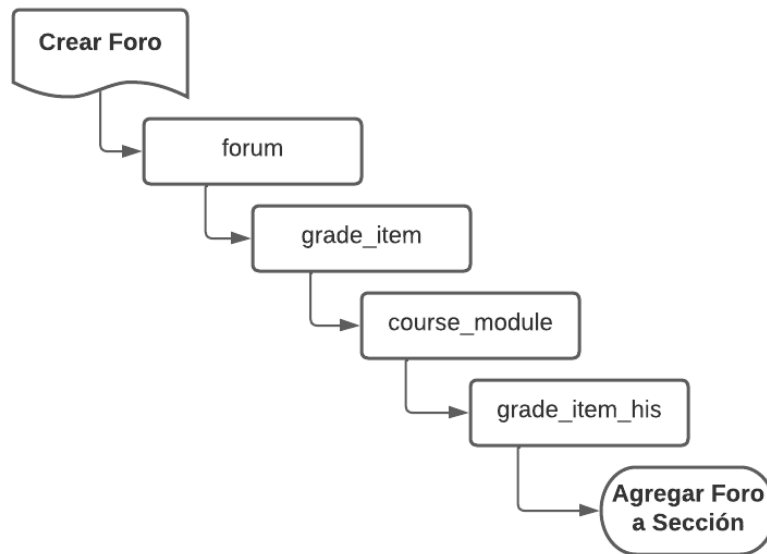
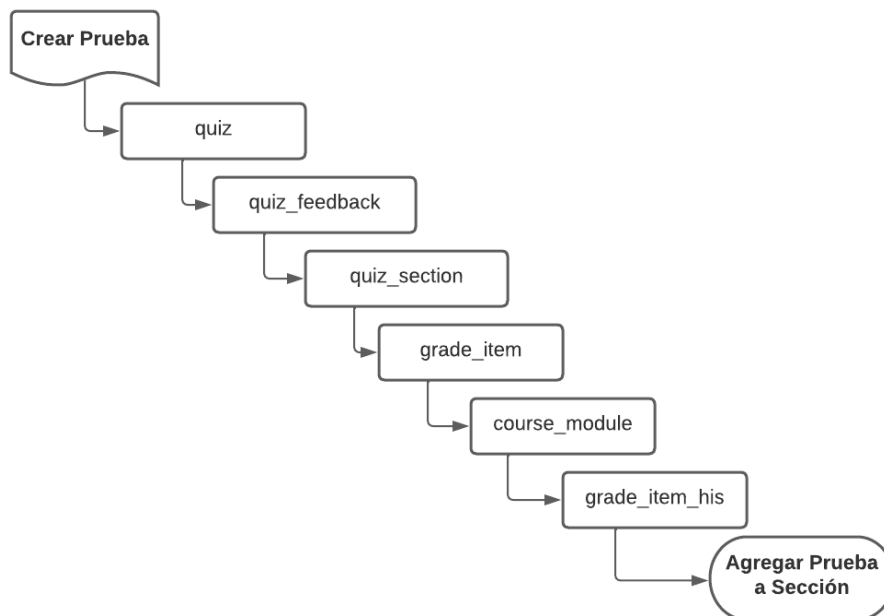


Figura 23

Proceso para la creación de un Foro

**Figura 24**

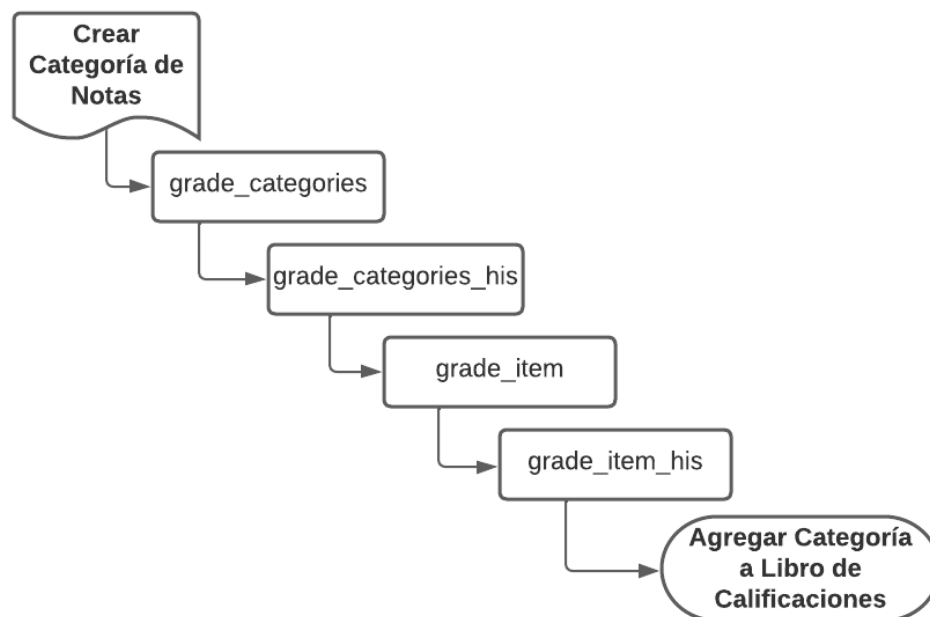
Proceso para la creación de una Prueba



Respecto al libro de calificaciones, se realizó un análisis similar al ya descrito para determinar cómo crear categorías, y asignarles puntuaciones. Este proceso se puede observar en la figura 25.

Figura 25

Proceso para la creación de una categoría en el libro de calificaciones

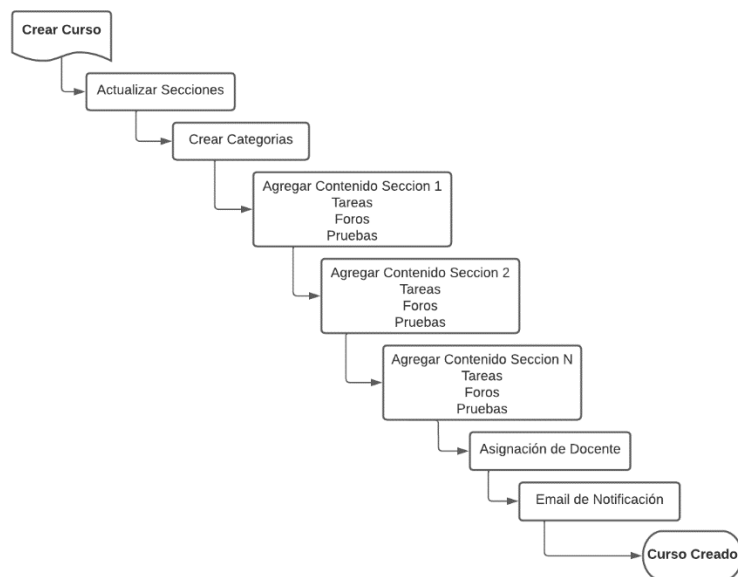


Para la asignación del docente Moodle cuenta con un servicio web propio que permite matricular participantes en un curso, por lo que solo se debe asignar el rol apropiado. El email de notificación se envió utilizando un servicio web que proveído por un desarrollador de UTIC.

La figura 26 muestra el procedimiento completo que se siguió para la creación de un curso.

Figura 26

Proceso para la creación de un curso



- Primero, se utiliza el servicio web propio de Moodle para crear un curso con el número de secciones necesarias.
- Segundo, se actualiza el nombre de las secciones a los que tenga el archivo de configuración.
- Tercero, por cada sección del curso se crea una categoría con el mismo nombre dentro del libro de calificaciones.
- Cuarto, se agrega las actividades a cada sección.
- Quinto, se asigna al docente.
- Sexto, se genera un correo electrónico para notificar al docente de la creación del curso.

Para este proceso también se creó una interfaz de usuario como se puede observar en la figura

27.

Figura 27

Interfaz creación de cursos

Todos los servicios web desarrollados para la creación de actividades y modificación del libro de calificaciones fueron incluidos dentro de un plugin llamado DL_SERVICE. Este plugin debe ser instalado de forma manual, y su instalación es obligatoria si se quiere tener acceso a estas funcionalidades.

Afortunadamente la instalación de plugins en Moodle es simple y rápida (ver figura 28).

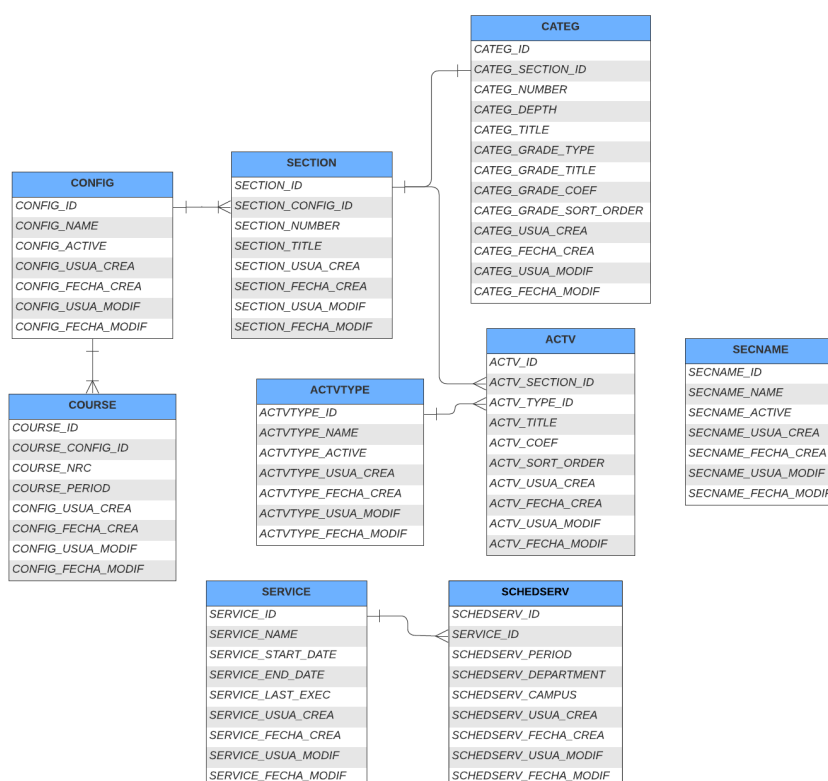
Figura 28

Instalación del plugin DL_SERVICE

Finalmente, es necesario contar con una base de datos donde guardar las configuraciones genéricas que se utilizarán durante la creación de las aulas virtuales para que estas pueden ser reutilizadas en ocasiones futuras. La figura 29 muestra el modelo de la base de datos utilizada.

Figura 29

Diseño de Base de Datos



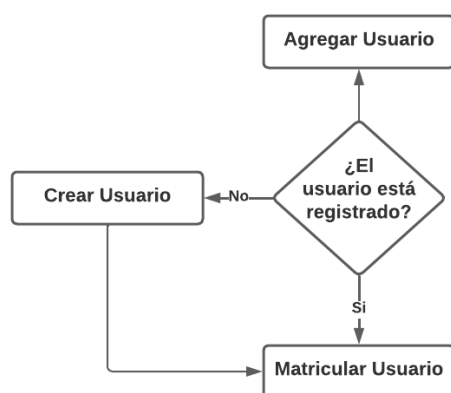
Matriculación de Estudiantes

El proceso es similar a la asignación de docentes, pues se hace uso del mismo servicio web, pero en este caso se especifica el rol de estudiante. No obstante, es importante aclarar que tanto este proceso como el de asignación de docentes cuentan con una validación sobre la existencia del usuario. Si el usuario (estudiante/docente) que se va a matricular en un curso no está registrado en Moodle,

automáticamente se creará un usuario con los datos de esa persona, y una vez finalizada la creación del usuario se lo matriculará en el curso. Por el contrario, si el usuario ya está registrado, lo matriculara directamente en el curso (ver figura 30).

Figura 30

Validación implementada para la agregación de usuarios a un curso



La interfaz de usuario para este proceso se puede observar en la figura 31.

Figura 31

Interfaz matriculación de estudiantes

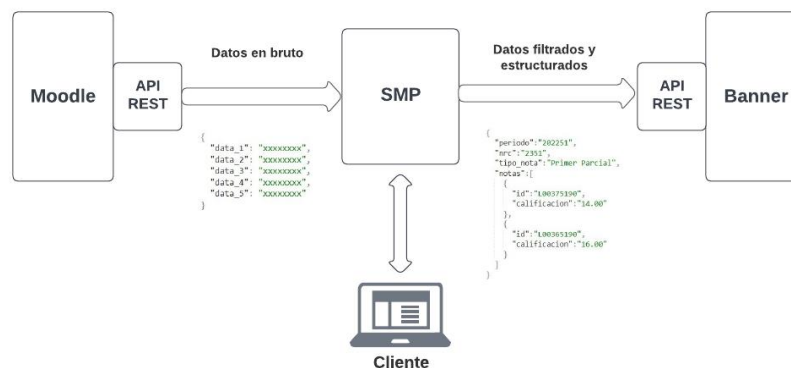
Ingreso de notas

Moodle cuenta con un servicio web nativo que permite obtener todos los ítems de calificación de un curso. Dado que los docentes solo tienen la necesidad de ingresar las notas parciales al sistema

BANNER, se diseñó una función que permite filtrar los datos que se recibe del servicio de Moodle. Esta función descarta todos los datos innecesarios, y estructura la información de manera adecuada, antes de enviarla hacia *BANNER* (ver figura 32).

Figura 32

Proceso para el ingreso de notas



Cabe recalcar que para este procedimiento es necesaria la intervención del usuario, en este caso el docente.

Al ser las notas información sensible acerca de un estudiante se realizó la implementación de configuraciones de seguridad que permitieran garantizar la confidencialidad e integridad de los datos.

La interfaz de usuario para este proceso se puede ver en la figura 33.

Figura 33

Interfaz ingreso de notas

Nombre	PRIMER PARCIAL	SEGUNDO PARCIAL	TERCER PARCIAL
ALBAN VARGAS RICHARD STEVE	17.00		
ARIAS VILUCA XAVIER SEBASTIAN	13.75		
BOLAFOS MORENO MATEO SEBASTIAN	17.00		
CHILI AGUIA FACATO JONATHAN PABLO	12.00		
CRIVELLO ORTA ERICK DAMIAN	17.00		
ERIQUEZ NAVARRETE STEPHEN DAVID	16.00		
ESCOBARI LEIVA DAVID KEVIN	12.00		
JAYA HERRERA CARLOS ANDRES	15.43		
LAMONES GALVANES JOHN JAIRO	12.00		
NAVAS DAVALA BENATO MATHIAS	15.00		
PALLANZO TAPIA ANDRES VINICIO	16.75		

Manejo de tokens de acceso

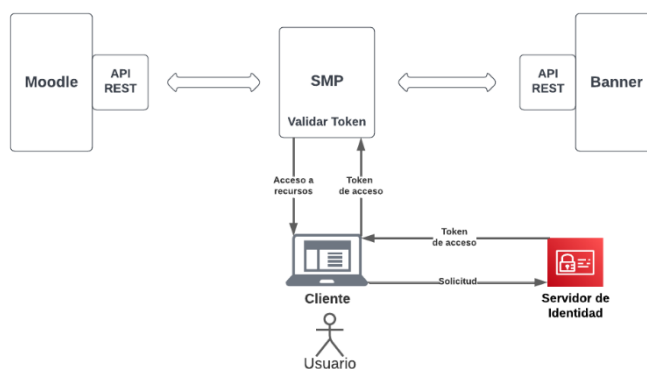
Un token de seguridad es un identificador único que se utiliza para autenticar y autorizar las llamadas a una API. En el desarrollo de un software, se puede utilizar tokens de seguridad para garantizar la seguridad y privacidad de los datos que se transmiten a través de la API. Al utilizar tokens de seguridad, el servidor puede verificar la identidad del cliente que está haciendo la llamada y determinar si tiene permiso para acceder a los datos solicitados. Esto ayuda a prevenir accesos no autorizados y protege la integridad de los datos.

En este sistema se utilizaron tokens para autenticar y validar las llamadas a la API, garantizando la seguridad y privacidad de los datos transferidos. Con los tokens, el servidor pudo verificar la identidad del cliente y determinar si tenía permiso para acceder a los datos solicitados, previniendo accesos no autorizados.

El proceso de autenticación y autorización consiste en que, el cliente hace una solicitud de un token al servidor de identidades, quien verifica su identidad y le envía un token de acceso. El cliente incluye este token en las llamadas a la API y el servidor valida el token antes de permitir al cliente realizar los procesos deseados, si el token no es válido la solicitud es rechazada (ver figura 34).

Figura 34

Proceso de manejo de tokens de acceso



Pruebas

UTIC cuenta con un framework de desarrollo que tiene dos ambientes:

- Develop, ambiente de desarrollo.
- Prod, ambiente de producción.

Por políticas de seguridad de la Universidad durante todo el desarrollo se tuvo acceso únicamente al ambiente Develop.

Durante el desarrollo debido a limitaciones en el tiempo solo se utilizaron dos tipos de pruebas:

- Pruebas unitarias
- Pruebas de integración

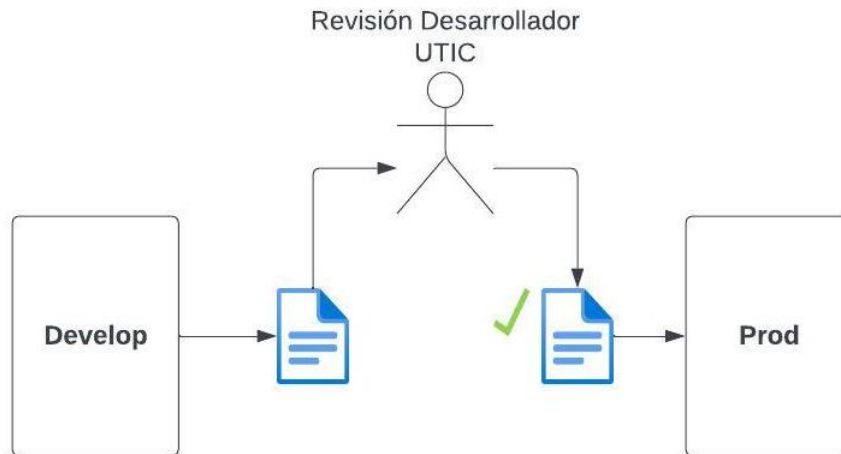
Las pruebas unitarias se utilizaron principalmente para verificar el correcto funcionamiento del plugin DL_SERVICE. Esto debido a que el proceso de generación de aulas virtuales depende en gran medida de las funciones asociadas a este plugin.

Como se ha explicado previamente cada uno de los procesos que se han automatizado, se descomponen a su vez en pequeños subprocesos y precisamente las pruebas de integración permitieron validar la orquestación de todos estos subprocesos.

Finalmente, es importante recalcar que para pasar el código al ambiente Prod, era necesaria la revisión y aprobación de un miembro del equipo de desarrollo de UTIC como se puede observar en la figura 35.

Figura 35

Pase de código al ambiente Prod



Capítulo IV

Validación del Modelo de Comunicación

En el capítulo III se implementó el modelo de comunicación propuesto a través de una prueba de concepto que consistió en integrar a los sistemas de información *MOODLE* y *BANNER*. Con el objeto de definir el nivel de satisfacción de los usuarios respecto a las ventajas de la integración de estos sistemas se realizó un estudio mixto conformado por una entrevista conducida al personal de la UTIC, y una encuesta aplicada a docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Entrevista

Con la finalidad de obtener un contraste entre la situación inicial, cuando los sistemas de información se encontraban aislados, y la situación actual, cuando los sistemas ya han sido integrados, se estructuró una entrevista⁴ que trata dos puntos principales.

- Conocer que efectos de la problemática identificada en el capítulo I han logrado ser mitigados gracias a la implementación del modelo de comunicación.
- Conocer si la automatización de procesos ha sido beneficiosa, y ha cumplido con las expectativas del personal de UTIC.

Al momento de conducir las entrevistas, como introducción, se explicó de forma breve en qué consistió la prueba de concepto que se implementó. A continuación, se formularon las preguntas definidas en el diseño de la entrevista de validación.

Los resultados de las entrevistas fueron alentadores y se describen a continuación.

Respecto al primer punto, los entrevistados mencionaron que han existido múltiples beneficios de la integración de los sistemas entre los que destacan dos principales. Primero, la automatización de procesos, específicamente de los procesos de generación de aulas virtuales, de matriculación de

⁴ Los insumos de la entrevista se encuentran accesibles en el apéndice 2

estudiantes y asignación de docentes en aulas virtuales. Los entrevistados resaltaron su complacencia en que ya no se tengan que realizar ninguno de estos procedimientos de forma manual.

Segundo, la reducción significativa de inconsistencias en la información. Los entrevistados mencionaron que previamente existían muchas instancias en las que era necesario realizar correcciones dentro de las aulas virtuales. Sin embargo, gracias a la integración esto se ha logrado reducir en gran medida pues la información se toma directamente del sistema *BANNER*.

Respecto al segundo punto, los entrevistados coincidieron en que el beneficio principal que han obtenido es la reducción del tiempo necesario para completar los procesos que han sido automatizados. Los entrevistados afirmaron que anteriormente el tiempo requerido para la generación de aulas virtuales era de al menos 7 días, en la actualidad este proceso se completa en tan solo 1 día. Es claro, que es una reducción de tiempo muy considerable, que contribuye de manera sustancial a disminuir la carga de trabajo y que permite dedicar el tiempo ganado en otras actividades como una mejor planificación académica. En general, los entrevistados expresaron estar conformes con las ventajas que les ha brindado la automatización de procesos.

Finalmente, cabe recalcar que los entrevistados manifestaron su agrado con las tareas preprogramadas, pues estas tienen por objeto actualizar los datos dentro de las aulas virtuales sin requerir la intervención del usuario, afirmaron que es muy conveniente contar con un proceso automático que se ejecute de forma diaria y se encargue de solventar inconsistencias respecto a matriculación de estudiantes, asignación de docentes o la creación de las propias aulas virtuales.

Encuesta

En la siguiente sección se describirá la validación del sistema de integración entre la plataforma Moodle y Banner. Para evaluar la satisfacción del sistema, se realizó una encuesta⁵ a 19 docentes de la Universidad. La encuesta consistió en 6 preguntas con una escala de Likert de 1 a 5, donde 1

⁵ Los insumos de la encuesta se encuentran accesibles en el apéndice 3

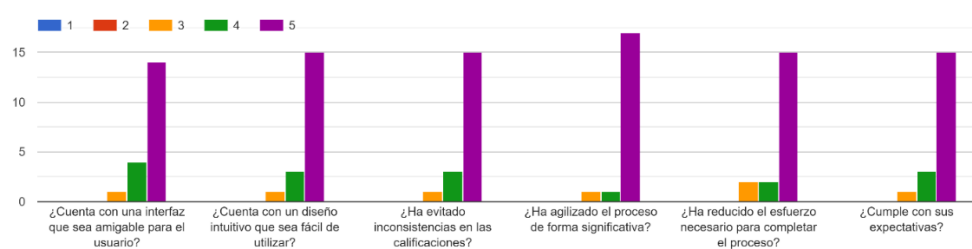
representaba "Totalmente en desacuerdo" y 5 "Totalmente de acuerdo", y una pregunta de selección múltiple.

En la figura 36 se muestran los resultados obtenidos en las seis preguntas de la encuesta.

Figura 36

Gráfico de resultados, satisfacción del sistema de integración

El nuevo método para ingresar calificaciones:



La primera pregunta, "¿Cuenta con una interfaz que sea amigable para el usuario?", 14 de los docentes respondieron con un 5, mientras que 4 respondieron con un 4 y 1 con un 3. Esto indica que la mayoría de los encuestados considera que el sistema cuenta con una interfaz amigable y fácil de usar.

En cuanto a la segunda pregunta, "¿Cuenta con un diseño intuitivo que sea fácil de utilizar?", 15 de los docentes respondieron con un 5, mientras que 3 respondieron con un 4 y 1 con un 3. Estos resultados demuestran que la mayoría de los docentes considera que el sistema cuenta con un diseño intuitivo y fácil de utilizar.

La pregunta tres, "¿Ha evitado inconsistencias en las calificaciones?", 15 de los docentes respondieron con un 5, mientras que 3 respondieron con un 4 y 1 con un 3, lo que indica que la mayoría de los docentes considera que el sistema ha logrado evitar las inconsistencias en las calificaciones.

La cuarta pregunta, "¿Ha agilizado el proceso de forma significativa?", 17 de los docentes respondieron con un 5, 1 con un 4 y 1 con un 3. Estos resultados indican que la mayoría de los

encuestados considera que el sistema ha agilizado significativamente el proceso de pase de calificaciones.

La quinta pregunta, "¿Ha reducido el esfuerzo necesario para completar el proceso?", 15 de los docentes respondieron con un 5, 2 con un 4 y 2 con un 3. Estos resultados muestran que la mayoría de los encuestados considera que el sistema ha logrado reducir el esfuerzo necesario para completar el proceso.

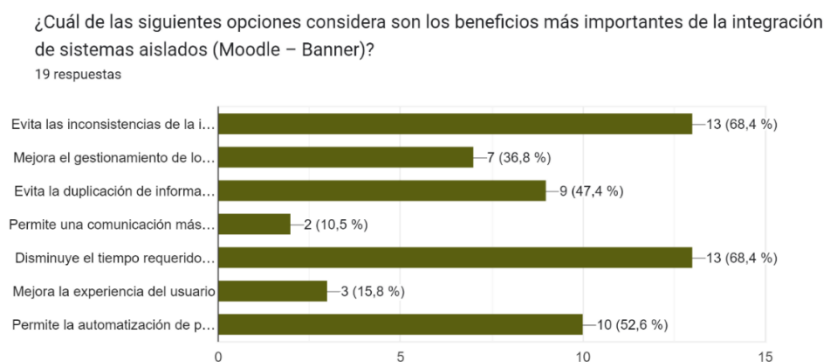
Finalmente, la sexta pregunta, "¿Cumple con sus expectativas?", 15 de los docentes respondieron con un 5, mientras que 3 respondieron con un 4 y 1 con un 3, lo que indica que la mayoría de los docentes considera que el sistema cumple con sus expectativas.

Los resultados de las 6 preguntas de la encuesta sugieren una alta satisfacción con el sistema de integración entre *MOODLE* y *BANNER*, y una mejora en la eficiencia y consistencia del proceso de pase de calificaciones. Estos resultados son importantes en la valoración del éxito del sistema y su contribución a la mejora de los procesos educativos en la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE.

También se agregó una pregunta adicional donde se buscaba conocer los beneficios más importantes de tener el sistema de integración. Los resultados de dicha pregunta se encuentran en la figura 37.

Figura 37

Gráfico resultados, beneficios del sistema de integración



Los resultados acerca de los beneficios muestran que, los docentes consideran que el sistema de integración evita las inconsistencias de la información, disminuye el tiempo requerido para completar procesos y permite la automatización de procesos.

Conclusiones

Ante la existencia de problemas como la duplicación de información, la inconsistencia en los datos, la realización de procesos de forma manual y en general el malestar que todo esto provocaba en los usuarios surgió la necesidad de analizar estos casos aparentemente independientes y determinar cuál era su origen. A través de un análisis exploratorio se encontró que los problemas descritos eran efectos originados de una misma problemática, la cual se definió como Implementación de Sistemas de Información Aislados en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Se identificaron múltiples causas de esta problemática siendo la principal y más evidente la falta de comunicación entre sistemas de información.

Como solución a la problemática identificada se propuso la utilización de un modelo de comunicación genérico que permitiera integrar sistemas aislados. Para validar esta solución se realizó un estudio de factibilidad en el que se llevó a cabo una revisión de literatura preliminar donde se analizaron aspectos como tecnologías, formatos y características relevantes para lograr la integración de sistemas de información.

Se encontraron varios modelos, y se identificó las características que estos compartían siendo las principales: la utilización de una capa intermedia para el gestionamiento de la comunicación entre dos o más sistemas de información, el uso de servicios web como la tecnología de facto para integrar sistemas, y JSON y XML como los formatos más empleados para estructurar datos. Adicionalmente, se tomó en consideración el tema de seguridad y como garantizar la integridad y confidencialidad de la información. De esta manera, se validó la factibilidad del modelo de comunicación propuesto.

El modelo de comunicación está conformado por 3 elementos: sistemas de información, servidor intermediario e interfaces de comunicación.

El modelo de comunicación fue implementado mediante una prueba de concepto que consistió en integrar a los sistemas de información *BANNER* y *MOODLE*. Se utilizaron las tecnologías mostradas en la figura 18 y se empleó la metodología de desarrollo ágil scrum. De esta manera, fue posible la integración de los sistemas y paralelamente la automatización de procesos como generación de aulas virtuales, matriculación de estudiantes, asignación de docentes y el ingreso de notas parciales.

Finalmente, la conducción de una entrevista al personal de UTIC permitió verificar su satisfacción y conformidad respecto a las ventajas que brinda la integración de sistemas de información. La disminución de carga laboral y la disminución de tiempos necesarios para completar tareas se reconocieron como beneficios directos de la automatización de procesos. Adicionalmente, la encuesta aplicada a los docentes comprobó su complacencia con el nuevo método de ingreso de notas parciales al que calificaron como fácil de utilizar, intuitivo y eficiente en términos de tiempo y esfuerzo requeridos.

Recomendaciones

Para la correcta definición de una problemática se recomienda la realización de un estudio de la situación actual que permita identificar sus causas y efectos. De esta manera se alcanza un entendimiento claro sobre la problemática, y de todos los factores que están directa o indirectamente relacionados con ella.

Para estructurar una solución bien fundamentada se recomienda un análisis del estado del arte en torno a la problemática identificada, de esta manera se puede conocer si ya han existido investigadores que han afrontado problemas similares y como los han superado, la obtención de este conocimiento es importante pues puede contribuir en la construcción de nuevas soluciones más sofisticadas que se adapten a nuevos contextos.

Durante la implementación del modelo de comunicación propuesto, se recomienda encarecidamente el uso de metodologías de desarrollo ágil, específicamente scrum. Gracias a su naturaleza iterativa, y la entrega periódica de nuevas funcionalidades hace que el proceso de integración se divida y simplifique, es decir la comunicación entre sistemas se realiza de forma incremental y de acuerdo con las necesidades que tenga el usuario.

Para verificar el grado de satisfacción de los usuarios respecto a la integración de sistemas se recomienda el uso de herramientas de recolección de datos como encuestas y entrevistas. La entrevista es apropiada cuando el número de usuarios es relativamente pequeño, de otra forma, una encuesta es una buena alternativa para conocer que piensa el usuario sobre la solución implementada y si esta ha logrado cumplir con sus expectativas.

Para finalizar, se recomienda que la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE reclute profesionales y forme un equipo destinado exclusivamente al desarrollo de software que se encargue de afrontar los problemas derivados de la implementación de sistemas de información aislados.

Trabajos Futuros

Este trabajo prueba la viabilidad de la integración de sistemas dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Sin embargo, esta es solo una etapa inicial, una pequeña demostración de conceptos que pueden aplicarse en proyectos aún más grandes.

Como trabajos futuros, se espera en algún momento alcanzar una integración total de todos los sistemas de información de la Universidad con *BANNER*, este supone muchos retos pues cada sistema opera de una manera diferente y el intercambio de datos también debe administrarse de forma adecuada según el tipo de información que se maneje, sin embargo, como ya se ha demostrado esto es viable y trae consigo varios beneficios a los usuarios finales.

Luego de alcanzar la integración total, se espera que la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE cuente con desarrolladores expertos que tengan la capacidad de vender soluciones tecnológicas de integración de sistemas a otras Universidades del país.

Bibliografía

- Adejo, O., & Thomas, C. (2017). An integrated system framework for predicting students' academic performance in higher educational institution. *International Journal of Computer Science and Information Technology (IJCSIT)*, 149-157.
- Adhabi, E., & Anozie, C. B. (2017). Literature review for the type of interview in qualitative research. *International Journal of Education*, 9(3), 86-97.
- Almazan, D. A., Tovar, Y. S., & Quintero, J. M. (2017). Influencia de los sistemas de información en los resultados organizacionales. *Contaduría y administración* 62, 303–320.
- Andrukhiv, A., Fedushko, S., Sokil, M., Zakharchenko, A., Shvorob, I., & Markovets, O. (2021). Implementing Web-Oriented Services at the University Library. *IT&AS*, (págs. 87-99).
- Bahaa, A., Sayed, A., & Elfangary, L. (2018). A Secured Interoperable Data Exchange Model. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 253-260.
- Balachadar, B. M. (2017). *RESTful Java Web Services: A pragmatic guide to designing and building RESTful APIs using Java*. Packt Publishing Ltd.
- Barata, R., Silva, S., Martinho, D., Cruz, L., & Guerra, L. (2014). Open APIs in Information Systems for Higher Education. *Eunis*, 71-80. Obtenido de https://www.eunis.org/download/2014/papers/eunis2014_submission_71.pdf
- Bernal-Jiménez, M. C., & Rodríguez-Ibarra, D. L. (2019). Las tecnologías de la información y comunicación como factor de innovación y competitividad empresarial. *Scientia et Technica*, 85-96.

- Bøe, T., Gulbrandsen, B., & Sørebo, Ø. (2015). How to stimulate the continued use of ICT in higher education: Integrating information systems continuance theory and agency theory. *Computers in Human Behavior*, 375-384.
- Borges, J., Justino, E., Gonçalves, P., Barroso, J., & Reis, R. (2017). Scholarship management at the University of Trás-os-Montes and Alto Douro: an update to the current ecosystem. *In Recent Advances in Information Systems and Technologies* (págs. 790-796). Springer International Publishing.
- Borgogno, O., & Colangelo, G. (2019). Data sharing and interoperability: Fostering innovation and competition through APIs. *Computer Law & Security Review*, 35(5), 105314.
- Capote, F. E., Aristizábal, L. F., Calero, A. M., Bolaños, C. A., Cano, S., & Collazos, C. A. (2017). Development of a SOA platform to support the integration of software components based on mobile devices for a smart campus. *Colombian Conference on Computing* (págs. 680-692). Springer International Publishing.
- Cerny, T., Donahoo, M., & Trnka, M. (2018). Contextual understanding of microservice architecture: current and future directions. *ACM SIGAPP Applied Computing Review*, 17(4), (págs. 29-45).
- Costan, V., Lebedev, I., Devadas, & Srinivas. (2016). Sanctum: Minimal Hardware Extensions for Strong Software Isolation. *25th USENIX Security Symposium*, 857-874.
- Diaz, J., Osorio, A., Harari, I., Amadeo, P., & Schiavoni, A. (2020). Mi Universidad mobile application: an accessible door to educative services of the University. *15th Iberian conference on information systems and technologies (CISTI)* (págs. 1-6). IEEE.
- Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., & Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 162-167.

Hammoudeh, M. A., & Al-Ajlan, A. S. (2020). Implementing Web Services using PHP Soap Approach.

International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM), 14(10), 34-45.

Hermanto, A. (2018). Integration of EA and IT service to improve performance at higher education

organizations. *MATEC Web of Conferences (Vol. 154, p. 03008)*. EDP Sciences.

Ingeno, J. (2018). *Software Architect's Handbook: Become a successful software architect by*

implementing effective architecture concepts. Packt Publishing Ltd.

Jaiswal, M. (2019). Software architecture and software design. *International Research Journal of*

Engineering and Technology (IRJET), 2395-0056.

Jhon, S. P. (2015). The integration of information technology in higher education: A study of faculty's

attitude towards IT adoption in the teaching process. *Contaduría y administración*, 230-252.

KC, D. (2017). Evaluation of moodle features at kajaani university of applied sciences—case study.

Procedia computer science, 116, 121-128.

Koskin, A., Uzharinskiy, A., Averchenkov, A., Ivkina, N., & Rytov, M. (2017). Mechanisms for the

construction of the service-oriented information system of educational institution based on

technologies of data integration and virtualization. *Conference on Creativity in Intelligent*

Technologies and Data Science (págs. 177-186). Springer International Publishing.

Kurniawan, B. (2018). Integrated Information System for Radio Frequency Identification Based

Administration and Academic Activities on Higher Education. *IOP Conference Series: Materials*

Science and Engineering (Vol. 407, No. 1, p. 012097). IOP Publishing.

Lawrence, S., & Kitchenham, B. A. (2001). Principles of Survey Research. Part 1: Turning Lemons into

Lemonade. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 16-18.

- Mamo, R. (2020). Service-Oriented Computing for Effective Management of Academic Records: In Case of Debre Markos University Burie Campus. *International Journal of Modern Education & Computer Science*, 48-53.
- Martins, J., Branco, F., Gonçalves, R., Au-Yong-Oliveira, M., Oliveira, T., Naranjo-Zolotov, M., & Cruz-Jesus, F. (2019). Assessing the success behind the use of education management. *Telematics and Informatics*, 182-193.
- Mohamad, Z., Yahaya, J., Deraman, A., & Mansor, Z. (2020). s-SCMM: A Simplified Software Configuration Management Model for Software Services in Public University. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 654-661.
- Moiseev, A., & Fain, Y. (2018). *Angular Development with TypeScript*. Simon and Schuster.
- Musti, K. (2020). Management information systems for higher education institutions: challenges and opportunities. *Quality management implementation in higher education: Practices, models, and case studies*, (págs. 110-131).
- Neumann, A., Laranjeiro, N., & Bernardino, J. (2018). An Analysis of Public REST Web Service APIs. *IEEE Transactions on Services Computing*, 957-970.
- Nguyen, P. T., Di Rocco, J., Di Sipio, C., Di Ruscio, D., & Di Penta, M. (2021). Recommending API Function Calls and Code Snippets to Support Software Development. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2417 - 2438.
- Niknejad, N., Hussin, A., & Amiri, I. (2019). Literature review of service-oriented architecture (SOA) adoption researches and the related significant factors. *The impact of service oriented architecture adoption on organizations*, 9-41.

- Özturan, M., Bozanta, A., Basarir-Ozel, B., & Akar, E. (2015). A roadmap for an integrated university information system based on connectivity issues: Case of Turkey. *The International Journal of Management Science and Information Technology*, 1-22.
- Patino, C., & Juliana, F. (2018). Inclusion and exclusion criteria in research studies: definitions and why they matter. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 44, 84-84. doi:<https://doi.org/10.1590/S1806-37562018000000088>
- Pollard, C., Wood, G., & Turban, E. (2017). *Information Technology for Management: On-Demand Strategies for Performance, Growth and Sustainability*. John Wiley & Sons.
- Prasad R, S. (2017). *Beginning Spring Boot 2: Applications and Microservices with the Spring Framework*. Apress.
- Rainer, K. R., & Brad, P. (2021). *Introduction to information systems*. John Wiley & Sons.
- Reynolds, G. W., & Stair, R. M. (2020). *Principles of information systems*. Cengage Learning.
- Soegoto, H. (2019). The Application of Integrated Executive Information System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 662, No. 2, p. 022007)*. IOP Publishing.
- Somya, R., Manongga, D., & Pakereng, M. (2018). Service-Oriented Business Intelligence (SoBI) for Academic and Financial Data Integration in University. *International Seminar on Application for Technology of Information and Communication* (págs. 1-5). IEEE.
- Stair, R., & Reynolds, G. (2017). *Fundamentals of Information Systems*. Cengage Learning.
- Sunyaev, A. (2020). *Internet Computing, Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-Based Technologies*. Springer Nature.

- Suryotrisongko, H., Jayanto, D. P., & Tjahyanto, A. (2021). Design and development of backend application for public complaint systems using microservice spring boot. *Procedia Computer Science*, 736-743.
- Thuan, N. H., Drechsler, A., & Antunes, P. (2019). Construction of Design Science Research Questions. *Communications of the Association for Information Systems*, 332-363.
- Van der Merwe, A., Gerber, A., & Smuts, H. (2020). Guidelines for Conducting Design Science Research in Information Systems. *ICT Education: 48th Annual Conference of the Southern African Computer Lecturers' Association* (págs. 163-178). Northern Drakensberg: Springer International Publishin.
- Veloz, G., Medina, G., Menendez, J., & Gomez, O. (2019). Towards a Harmonized Quality Framework for in-house Software Development in Higher Education Institutions. *Ingenieria de Software e Ingenieria del Conocimiento. Jornadas Iberoamericanas, XIV*, 29-42.
- Yang, D., Wang, D., Zhou, H., Wang, Y., Song, S., & Dong, Q. (2020). A novel application integration architecture for the education industry. *Procedia Computer Science* 176, 1813-1822.
- Zheng, W., Wu, Y., Wu, X., Feng, C., Sui, Y., Luo, X., & Zhou, Y. (2021). A survey of Intel SGX and its applications. *Frontiers of Computer Science*, 1-15.

Apéndices